



New trend in object oriented image analysis - ontology

Zeynep Şener*^{ORCID}, Melis Uzar^{ORCID}

Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Geomatics Engineering, 34220, Esenler, Istanbul, Turkey

Highlights:

- Object extraction from LiDAR system data
- Establishment of the ontology infrastructure
- Integration of image objects with ontology

Keywords:

- Object based image analysis
- Object extraction
- Fuzzy logic
- Ontology
- Data heterogeneity
- Interoperability

Article Info:

Research Article
Received: 08.11.2018
Accepted: 20.05.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.480562

Acknowledgement:

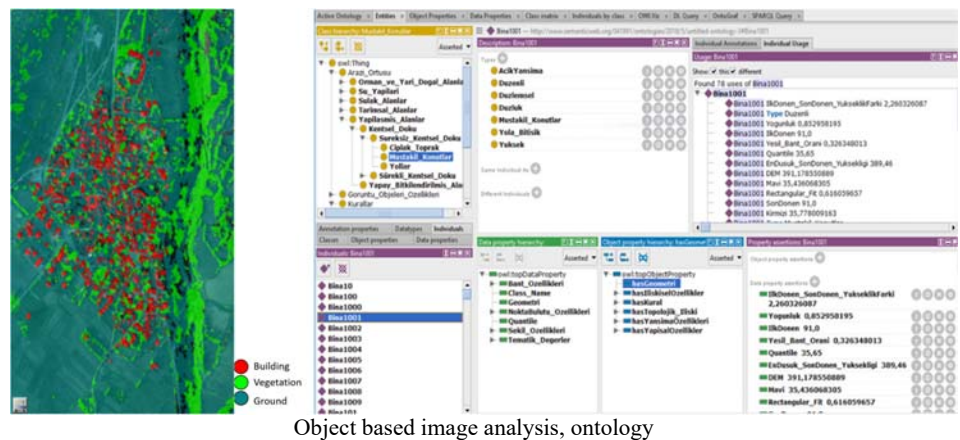
The authors wish to thank BİRLİK HARİTA Ltd. and Sinan Altınışık for providing the data set

Correspondence:

Author: Zeynep Şener
e-mail:
zaltunkaya@gmail.com
phone: +90 212 383 5276

Graphical/Tabular Abstract

Evaluation of object based image analysis with ontology



Object based image analysis, ontology

Figure A. The evaluation of object based image analysis with ontology

Purpose: The main aim of this study is to develop a semantic model for image analysis and object extraction studies by using object based image analysis with LiDAR system data, fuzzy logic classification method and ontology. The primary objectives are the object extraction from LiDAR system data and the establishment of the ontology infrastructure in order to ensure that image objects comply with the principles of interoperability, reusability and shareability.

Theory and Methods:

There are three methods used in this study. First, object extraction was made using object based image analysis. Second, ontology development studies were made to conceptualize the semantic knowledge of image objects and object classes. Third, the classified image objects, which were obtained by object extraction, have been integrated with ontology.

Results:

Findings indicate that the most common problem in image analysis and object extraction processes was class confusion. In order to solve existing problems such as class confusion and concept complexity and to obtain accurate and real-like results regarding acquirement of implicit information, sharing and reusing information, ontology based object extraction approach can be applied.

Conclusion:

The completion of deficiencies in the conceptual information representation of the GEOBIA based on expert knowledge is important for the development of the semantic model of image objects. Therefore, even a non-expert person will be able to save time and reduce cost easily in studies related to image analysis with a conceptualized, automated and formalized data structure.



Nesne tabanlı görüntü analizinde yeni trend - ontoloji

Zeynep Şener*^{ID}, Melis Uzar^{ID}

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, 34220, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Nesne tabanlı görüntü analizi
- Semantik sınıflandırma
- Mekansal ontoloji

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 08.11.2018
Kabul: 20.05.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.480562

Anahtar Kelimeler:

Nesne tabanlı görüntü analizi,
nesne çıkarımı,
bulanık mantık,
mekansal ontoloji,
veri heterojenliği,
birlikte çalışabilirlik

ÖZET

Kent yönetiminde, yaşam alanlarına ait problemlerin çözümü, sağlıklı ve sürdürülebilir kentlerin oluşturulması, akıllı şehirlerin altyapısının kurulması gibi amaçlar için mekânsal bilgi içeren verilerden yararlanılmaktadır. Bu sebeple mekansal verilerin toplanması, işlenmesi, değerlendirilmesi ve en nihayetinde bilgiye dönüştürülmesi kent yöneticilerinin hızlı ve doğru kararlar verilebilmesi için önem arz etmektedir. Son yıllarda, mekansal verilerin değerlendirilmesi çalışmalarında, nesne çıkarım tekniklerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi için farklı yöntem ve algoritmalar geliştirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda kullanılan mekansal veriler, çoğunlukla farklı veri kaynaklarından elde edilmesi sebebiyle farklı teknik özelliklere (geometrik, radyometrik, zamansal çözünürlük, vb.) sahip veriler olduğundan, mekansal semantik kavramı özelinde heterojen bir yapı göstermektedir. Bu heterojen yapı uzman bilgisinin kavramsallaştırılması, birlikte çalışabilirlik ve yeniden kullanılabilirlik konularında problemler oluşturmaktadır. Ontoloji, uzman bilgisinin kavramsallaştırılarak semantik olarak tam açıklanmış ve birbirleri ile bağlı bir yapı sunması sebebi ile nesne çıkarımı çalışmalarında heterojenlikten kaynaklanan sorunların giderilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Kırklareli ili, Evrencik bölgesine ait LiDAR sistem verileri kullanılarak ontoloji destekli nesne çıkarımı hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda nesne tabanlı görüntü analiz yöntemi, bulanık mantık ile sınıflandırma kullanılarak nesne çıkarımı yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda doğruluk analizi yapılmış ve geliştirilen kural seti ile genel doğruluk değeri 0,88 ve kappa değeri ise 0,74 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kavramsal sınıf tanımları, nesne ve veri özellikleri, kurallar ve aksiyomlar tanımlanarak ontoloji geliştirilmiştir. Sınıflandırılmış görüntü nesnelere ontoloji ile entegrasyonu gerçekleştirilerek semantik altyapı modeli kurulmuştur.

New trend in object oriented image analysis - ontology

H I G H L I G H T S

- Object oriented image analysis
- Semantic classification
- Geospatial ontology

Article Info

Research Article
Received: 08.11.2018
Accepted: 20.05.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.480562

Keywords:

Object oriented image analysis,
object classification,
fuzzy logic,
geospatial ontology,
data heterogeneity,
interoperability

ABSTRACT

Spatial data is used for many purposes in city administration such as solving problems of living areas, establishing healthy and sustainable cities and establishing the infrastructure of smart cities. For this reason, collection, processing, evaluation and transformation of spatial data are important for quick and accurate decisions of city administrators. In recent decades, different methods and algorithms have been developed in order to improve and optimize object extraction techniques for spatial data. However, spatial data have different technical characteristics (geometric, radiometric, temporal resolution, etc.) since they are mostly obtained from different data sources. For that reason, spatial data shows a heterogeneous structure in terms of spatial semantics. This heterogeneity creates problems in the conceptualization of expert knowledge, interoperability and reusability. Ontology has become a current research topic in the elimination of problems related to heterogeneity in object extraction studies for helping to create a conceptualized expert knowledge, semantically presented and linked with each other. In this study, ontology driven object extraction is aimed by using LiDAR system data of Evrencik/ Kırklareli/Turkey. For this purpose, object classification was made by object oriented image analysis method and fuzzy logic classification. In this study, accuracy analysis was performed and the overall accuracy value 0.88 and the kappa value 0.74 obtained. In addition, ontology was developed by defining conceptual class definitions, object and data properties, rules and axioms. Semantic infrastructure model was established by integrating classified image objects and developed ontology.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: zaltunkaya@gmail.com, auzar@yildiz.edu.tr / Tel: +90 212 383 5276

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kent yönetiminde, kentsel ve kırsal alanların etkin kullanımı, planlanması, gelişimi ve sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için hızlı ve doğru bir şekilde karar verilmesini sağlayacak kısa veya uzun vadeli planlara ihtiyaç vardır. Bu alanların planlama ve gelişimine ilişkin doğru kararların verilmesi için güncel, ekonomik, hızlı ve doğru bilgi elde edilmesi gereklidir. Bu amaçla Light Detection And Ranging (LiDAR,) sayısal hava kameralarından elde edilen görüntüler ve uydu görüntüleri gibi bir çok farklı mekansal veri özelliği taşıyan veri setinden yararlanılmaktadır. Çoklu algılama sistemi, İnsansız Hava Aracı (İHA), uçak, helikopter vb. platform kullanılarak, bu platformun üzerine monte edilmiş lazer tarayıcı, sayısal kamera, Global Positioning System ve Inertial Measurement Unit (GPS/IMU) oluşan modern bir sistemdir. Bu sistem literatürde LiDAR sistemi olarak adlandırılmaktadır. LiDAR sistemi ile elde edilen veri setlerinden bina, yol, yeşil alan vb. nesnelerin çıkarımı tüm dünyada önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir.

LiDAR sistemi gibi yeni çoklu algılama sistemlerinin üretilmesi farklı veriler ile nesne çıkarımı avantajı, ontoloji gibi mevcut yöntemlerin geliştirilmesi ve yeni yaklaşımların ortaya çıkmasına olanak sağlanmaktadır. LiDAR sistemi, 3B doğruluğu yüksek mekansal bilgi içermesi, hızlı olması ve yoğunluk bilgisini sunması sebebiyle nesne çıkarımında kullanılan önemli bir veri seti kaynağıdır. Nesne çıkarma işleminde nokta, kenar ve alanların anlamlı bir şekilde organize edilip gruplandırılarak en uygun formda sunulması amaçlanmaktadır [1]. Nesne çıkarımı otomatik, yarı otomatik ya da manuel olarak konusunda yetkin uzman kişiler tarafından yapılmaktadır. Verilerin manuel olarak elde edilmesinin zor ve maliyetli olması, görüntülerde fazla miktarda bilginin olmasından dolayı gelişmiş algılayıcı verilerini işleyebilecek güçlü görüntü işleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur [2, 3].

Araştırmacılar tarafından farklı algoritma, yöntem ve yazılımlar kullanılarak otomatik nesne çıkarımında mümkün olduğunca otomasyon sağlanması ile zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır [2]. Teknolojinin gelişimi ile hassas algılayıcılardan elde edilen yüksek çözünürlüklü verilerin değerlendirilmesi için Mekansal Nesne Tabanlı Görüntü Analizi ya da literatürde yaygın kullanılan şekli ile Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA) gibi yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. GEOBIA, uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) için önemli bir çalışma alanı olmasının yanında, görüntüleri anlamlı görüntü nesnelere bölmek ve özelliklerini mekansal, spektral, dokusal ve zamansal özelliklere göre değerlendirmek üzerine otomatik yöntemler geliştirmeye yönelik bir görüntü yorumlama yöntemidir [4-7]. Görüntüden anlamlı bilgiler elde edebilmek için kural setleri yardımı ile bağlamsal bilgiler kullanılarak, bölütleme ve sınıflandırma yapılır [7, 8]. GEOBIA, yüksek oranda bilgi kullanımı, güçlü görüntü optimizasyonu, yüksek oranda veri

entegrasyonu, daha hassas sınıflandırma doğruluğu ve daha az manuel düzeltme gibi avantajlara sahiptir [9-12].

GEOBIA görüntü analizinde birçok avantaj sağlamasının yanı sıra bazı zorlukları da mevcuttur. Bu zorluklardan bazıları; farklı kural setleri ile aynı sonuçların elde edilememesi, farklı uzman yorumlarından farklı sonuçların elde edilmesi, uzman bilgisine ihtiyaç duyulduğu çeşitli arazi örtüsü sınıflarının temelindeki semantik (anlamsallık) bilgisinin tam tanımlanamaması, diğer kullanıcıların da kullanabilmesi için standardize edilmiş bir yapıda olmaması, yeniden kullanılabilir olmaması gibi örneklendirilebilir [13]. Sınıf tanımlamalarında kavramsallık yaklaşımın eksikliği ve formalize bir yapı sunmaması sebebiyle GEOBIA, yüksek düzeyde öznel olup yeniden kullanılabilirliğin zor olduğu bir yöntemdir [14, 15].

Formalize bir yapıda olmayan GEOBIA, diğer herhangi bir bilgi tabanlı görüntü yorumlama yöntemi gibi, düşük düzeyli görüntü bilgisi (spektral, bant oranları, indeksler vb.) ve yüksek düzeyli anlamsallık gerektiren bağlamsal uzmanlık bilgisi arasında farklılıklar bulunabilmektedir [16]. Başka bir ifade ile görüntüden elde edilen sonuç veri ile aynı verinin belirli bir durumda farklı kullanıcı yorumlaması arasında çakışma olmaması durumu olabilmektedir [17, 18]. Bu probleme semantik boşluk denir. Semantik boşluk, görüntüden elde edilen sınıflandırma sonucunun yeniden kullanılabilirliği, paylaşılabiliğini olumsuz etkilemektedir [19, 20]. Bu problemi çözmek için, kavramsallaştırmanın görüntü analiz sistemlerine dahil edilerek öncül bilginin özelleştirilmesi ve görüntüden bilgi çıkarılması gerekmektedir [21]. Dolayısıyla, alan bilgisi ve uzman bilgisini formalize edebilecek ve sınıflandırma yapılacak görüntü üzerinde de uygulanabilecek bir yapıya ihtiyaç bulunmaktadır. Belirli bir alanın kavramsallaştırılmasına yardımcı olan ontoloji kavramı, mekansal içerikleri birbirine bağlayarak ve formalize bir yapı sunarak bu ihtiyaca cevap vermektedir. Ontoloji; uzman bilgisinin formalize edilmesine; biçim, şekil ve resmi bir yapıya dönüştürülmesine olanak sağlayan bir bilgi sunum yöntemidir. Ontolojiler, değerlendirilen/geliştirilen alan kategorileri hakkında ön bilgi sahibi olmak ve kavramsallaştırmak için önemli bir potansiyel sunmaktadır [22]. Yapay zeka alanında ontoloji, paylaşılan bir kavramsallaştırmanın açık ve biçimsel bir tanımlaması ile makine okumasına olanak sağlayan notasyondur [23]. CBS ve uzaktan algılama çalışma alanı ile ontoloji kavramını ilişkilendirilmesi; bilgisayar okuması ile alan bilgisinin tanımlanması, organize edilmesi, semantik birlikte çalışabilirliği, farklı veri kaynakları arasındaki heterojenliğin giderilmesi, semantik modelleme, yeniden kullanılabilirliği ve bilgi paylaşılması şeklinde örneklendirilebilir [18, 24-26]. Özellikle kentsel planlamada ontoloji kullanımı, güncel bir çalışma alanıdır [27]. (Yue vd. [28])'te uzaktan algılama verilerinden karmaşık mekansal özelliklerin keşfi için akıllı servisler ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. (Andres vd. [25])'de otomatik nesne çıkarımında otomasyon düzeyinin artırılması için ontoloji kullanımına yönelik çalışmalar

yapmışlardır. (Arvor vd. [14])’te uzaktan algılamada veri keşfi, çoklu kaynaktan veri entegrasyonu, görüntü yorumlama, iş akışı yönetimi, bilgi paylaşımı gibi potansiyel uygulama alanları analiz etmişlerdir. (Jesús vd. [29]), okyanus uydü görüntüleri üzerinden düşük ve yüksek seviye içerikli ontoloji ile modelleyerek okyanus görüntüsü sınıflandırması için bir çerçeve oluşturmuşlardır. Ayrıca, karar ağacı sınıflandırma ve kural tabanlı uzman sistemlerde ontolojilerin kullanımına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. (Dejrriri vd. [30]), GEOBIA ve veri madenciliği tekniklerini kullanarak düzgün yapılaşmamış şehirler için ontolojiye dayalı bir yapı önermişlerdir. (Forestier vd. [31])’te kıyı alanlarını çıkarmak için semantik bilgileri de kullanarak kıyı alanları ontolojisi geliştirmişlerdir. (Kyzirakos vd. [32]), ontoloji kullanarak uydü görüntüleri ve mekansal veriler birleştirilip bir orman yangınları görüntüleme servisi hazırlamışlardır. (Belgiu, M. [15]), LiDAR veri seti ile bina tiplerinin belirlenmesine ve görüntü analizinde zaman ve maliyeti azaltmak için geliştirilmiş farklı ontolojileri bütünleştirecek bir yöntem sunmuşlardır. (Bouyerbou vd. ([33]) çalışmasında Haiti depremi büyük afetler örneği konusunu uzaktan algılama görüntülerinden semantik sınıflandırma ile değişim yakalama ile ele almıştır. Ayrıca, nesne temelli sınıflandırma analizi için e-Cognition Developer yazılımı ve büyük afet türlerinin semantik sınıflandırılması için mekansal ontoloji kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, kavram karmaşası, sınıf karışıklıkları gibi mevcut problemlerin çözümünde, örtük bilginin elde edilmesi, bilgilerin paylaşılabilirliği ve yeniden kullanılabilirliği konularında doğru ve gerçeğe yakın sonuçlar için ontoloji temelli

mekansal analiz yaklaşımının ön plana çıktığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, LiDAR sistem verileri ile nesne tabanlı görüntü analizi, bulanık mantık sınıflandırma yöntemi ve ontoloji kullanılarak görüntü analizi ve nesne çıkarımı çalışmaları için semantik modelin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Kırklareli ili Evrencik bölgesine ait LiDAR sistemi ile elde edilen nokta bulutu ve ortofoto verileri kullanılmıştır. Bu çerçevede ilk olarak nesne tabanlı görüntü analizi ile nesne çıkarımı yapılmıştır. Nesne çıkarımı çalışması için doğruluk analizi yapılmış ve geliştirilen kural seti ile genel doğruluk değeri 0,88 ve kappa değeri ise 0,74 olarak tespit edilmiştir. Daha sonra nesnelere ve nesne sınıflarının birbirleri ile olan anlamsal bilgilerinin kavramsallaştırılması için ontoloji geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Son olarak da sınıflandırılmış görüntü nesnelere ontoloji ile entegrasyonu yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

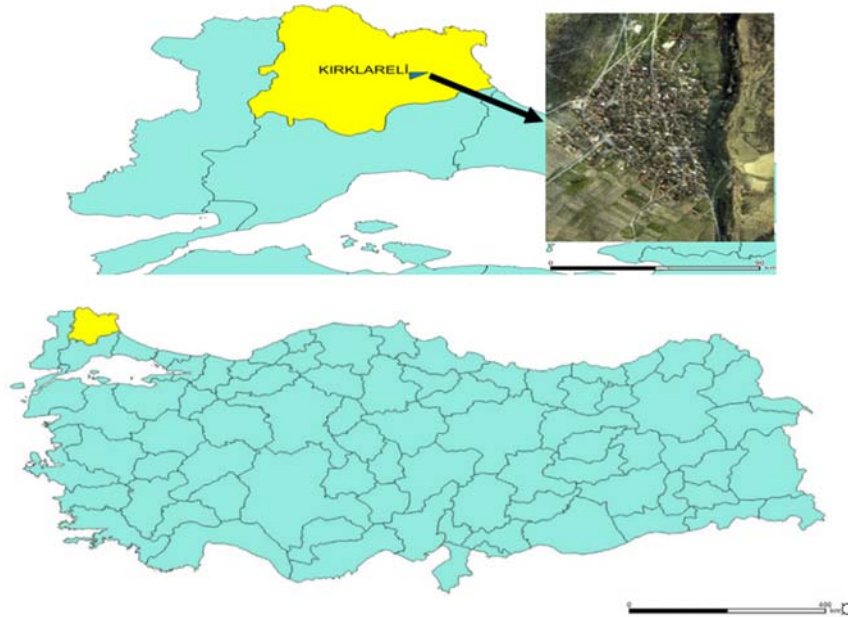
2. TEORİK METOT (THEORETICAL METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

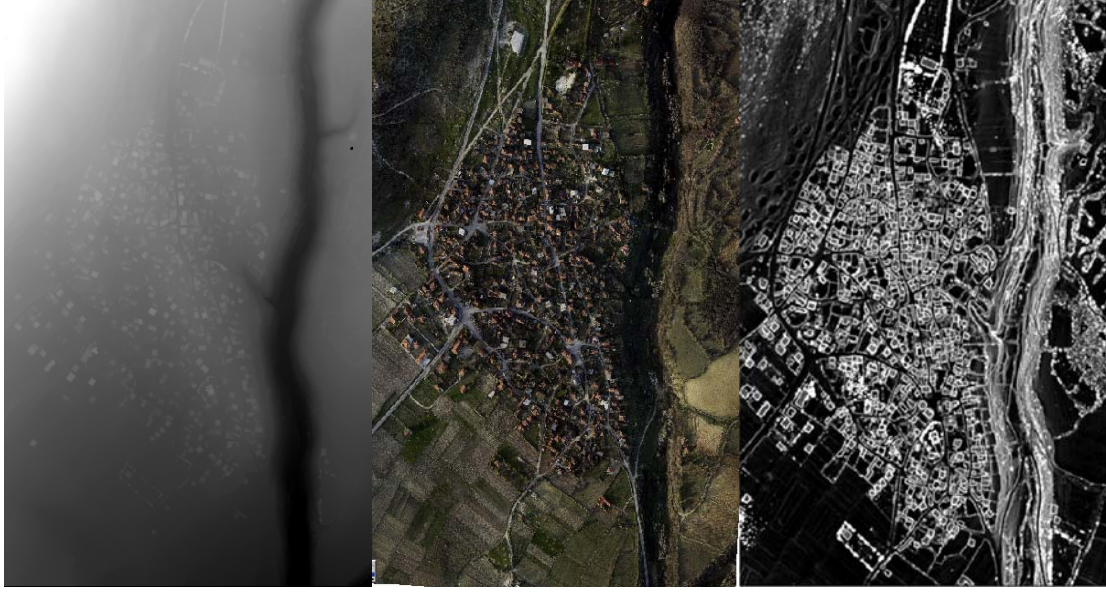
Bu çalışmada, LiDAR sistemi ile elde edilmiş veriler, Kırklareli’nin Vize ilçesine bağlı Evrencik bölgesine aittir. Çalışma alanı verileri Optech ALTM Gemini lazer tarayıcı, Rollei P45 sayısal kamera ve sabit kanatlı Cessna tipi uçak kullanımı ile elde edilmiştir. Şekil 1’de çalışma alanının konumu bulunmaktadır. Şekil 2’de ise çalışma alanında kullanılan ortofoto, Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve eğim

Tablo 1. Çalışma alanı verilerinin teknik özellikleri (Technical specifications of study area data)

Çoklu algılama sistem verileri		Çözünürlük
Sayısal kamera	Ortofoto	0,1 m
LiDAR	Nokta Bulutu	5,6 nokta/m ²



Şekil 1. Çalışma alanı; Evrencik/Vize/Kırklareli (Study area; Evrencik/Vize/Kırklareli)



Şekil 2. Çalışma alanı verileri a) Ortofoto b) SYM c) Eğim görüntüsü
(Study area data (a) Orthophoto (b) DSM (Digital Surface Model) (c) Slope.)

görüntüsü verilmiştir. Eğim görüntüsü yer yüzeyi ve yer yüzeyine ait olmayan nesnelerin ayrımı için eğim analiz yöntemi (Zevenbergen ve Thorne, [34]) kullanılarak LiDAR verisinden üretilmiştir. Tablo 1.'de çalışma alanı verilerine ait teknik özellikleri verilmiştir.

2.2. Önerilen Metodoloji (Recommended Methodology)

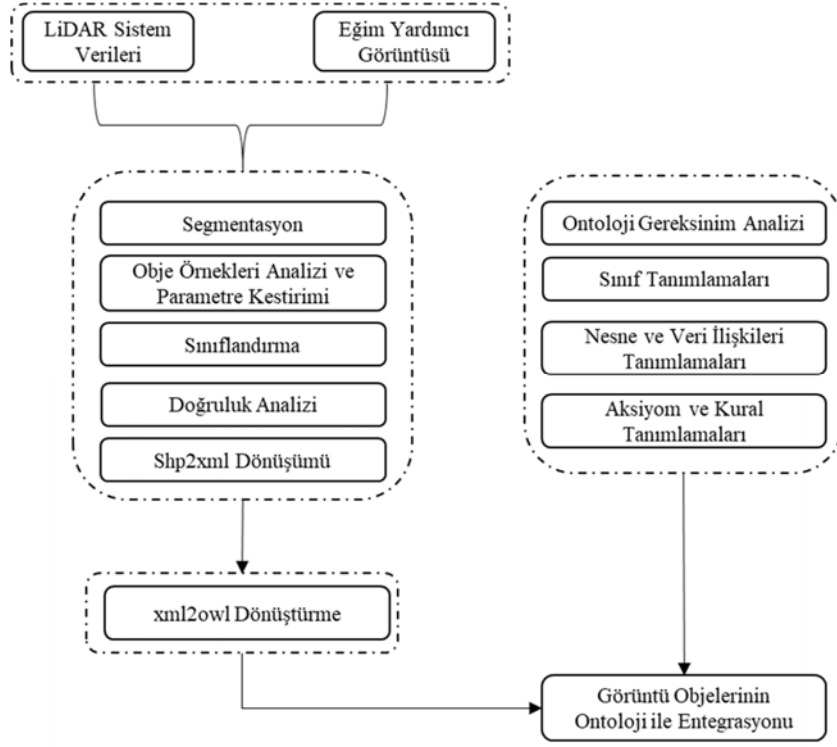
Bu çalışmada, nesne tabanlı görüntü analiz yöntemi ve mekansal ontoloji kullanılarak sınıfların tanımlanması yapılarak görüntü analizi ve nesne çıkarımı çalışmaları için semantik model geliştirilmiştir. Ayrıca, hedef nesne sınıflarının birbirleri ile olan anlamsal bilgilerinin kavramsallaştırılması için ontoloji kullanılarak LiDAR sistemi verilerinden otomatik nesne çıkarımı hedeflenmiştir. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ise; geliştirilen kural seti ile farklı bölütlemeler, bulanık mantık yöntemine dayalı sınıflandırma ve elde edilen hedef nesne sınıflarının ontoloji ile entegrasyonu işlemlerini içermektedir. Bu yaklaşım üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak LiDAR sistem verileri ve eğim yardımcı görüntüsü e-Cognition Developer ortamında nesne tabanlı kural setleri geliştirilerek bölütleme, sınıflandırma ve belirlenen hedef nesne sınıflarının analizleri ve parametre kestirimi gerçekleştirilmiş, otomatik çıkarım için kural seti oluşturulmuştur. Oluşturulan sınıfların doğruluk analizi işlem adımından sonra sınıflandırılmış nesne görüntüleri shapefile (.shp) formatına dönüştürülmüştür. İkinci aşamada semantik modelin oluşturulması için Protégé programı aracılığı ile ontoloji geliştirme işlemleri yapılmıştır. Bu aşama sınıf tanımlamaları, nesne ve veri ilişkileri tanımlama, aksiyom ve kural tanımları adımlarını kapsamaktadır. Üçüncü ve son adımda ise sınıflandırılmış nesne görüntülerinin ontoloji ile entegrasyonu için shapefile formatındaki veri Extensible Markup Language (XML) ara formatı kullanılarak Web Ontology Language (OWL) formatına dönüştürülmüş ve

semantik model tanımlaması tamamlanmıştır. Önerilen yaklaşımın iş akış diyagramı Şekil 3'te detaylı bir şekilde verilmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULT)

3.1. Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (Object Based Image Analysis)

Nesne tabanlı görüntü analiz yöntemi görüntüdeki şekil, renk, doku vb. ayırt edebilecek özellikleri dikkate alarak, nesnelere yakalamayı amaçlamaktadır. Bu yöntem, görüntüdeki bina, ağaç, araba gibi farklı nesnelere ayırt edebilme imkanı sunmaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi bölütleme ve sınıflandırma aşamalarının ardışık bir şekilde uygulandığı bir yöntemdir. Bölütleme aşamasının amacı, anlamlı bölgeler oluşturarak görüntüyü daha küçük parçalara ayırma ve bölme işlemidir. Bölütler ölçek, şekil, bütünlük, kontrast farkı, parlaklık ve istatistik parametre değerlerine göre oluşturulur [35]. Sınıflandırma ise bilgi edinme, genelleştirme ve karar verme işlemleri için kullanılan bir bilgi çıkarım yöntemidir. Sınıflandırma, verilen bir nesne kümesi içinde benzer özellikleri kullanarak, nesnelere homojen sınıfları oluşturması için matematik ve istatistik yöntemler ile gerçekleştirilen işlemidir. Sınıflandırma yönteminde karşılaşılan sorunların giderilmesi ve doğruluğa etkisinin minimum seviyeye düşürülmesi için alım teknikleri geliştirilmekte, bulanık mantık ile desteklenen kontrollü sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma yöntemleri ile nesnelere birbirinden ayrılıp, aynı sınıf altında toplanabilmesi için kurallar geliştirilir ve bu kurallar özelleştirilerek, nesnelere otomatik olarak çıkarımı sağlanmaktadır [36]. Nesne tabanlı görüntü analiz yönteminde kullanılan bulanık mantık yöntemi, güçlü bir sınıflandırma tekniğidir [35]. Bulanık mantık tekniği, bilgisayarlar için insan yorumlamasına yakın



Şekil 3. Önerilen metoloji için iş akışı (Workflow for proposed methodology)

bir yorumlanmanın sağlanabilmesine olanak sağlayan bir olasılık yaklaşımı olarak ifade edilir. Bulanık mantık teorisi sayesinde kesin olarak tanımlanamayan sınırlar ile verilerin sınıflandırılması amaçlanmaktadır [37]. Bulanık sınıflandırma sistemlerinde, üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında parametre ve model belirsizlikleri dikkate alınarak daha doğru sınıflandırma sonuçları elde edilebilmektedir. Bu çalışmada bulanık mantık destekli kural tabanlı görüntü analizi yöntemi kullanılarak LiDAR verilerinden Yeşil alan, Zemin ve Bina sınıfının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma alanında mevcut olan binaların yapısı incelendiğinde, kırsal bir bölge olması sebebiyle farklı yapıda ve düz olmayan çatı tipleri, beton çatılar, ahırlar, çıkma balkonlar, küçük kilerler, ahşap evler, kerpiç evler, bina sınıfının gerçeğe uygun şekilde yakalanmasının zorlaştırdığı faktörlerin olduğu görülmektedir. Bu problemlerin, eğitim analizi, morfoloji, ilişkisel sınıf özelliği, bölge genişletme gibi nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması ile çözülmesi hedeflenmiştir. Görüntü analizi ve sınıflandırma işlemlerinde kullanılan parametreler ve kullanım amacı Tablo 2.'de verilmiştir.

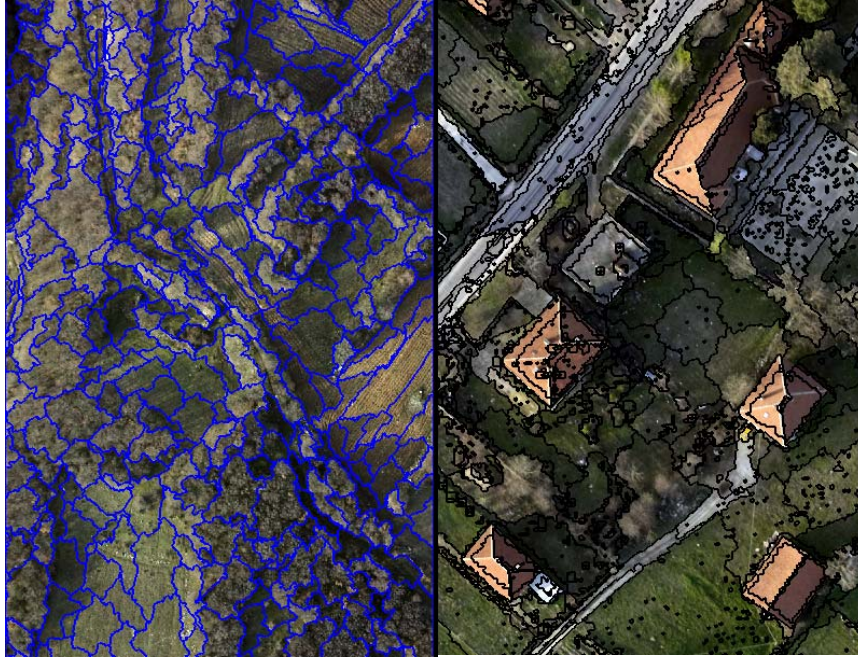
Bu çalışmada ilk olarak Yeşil alan sınıfına ait nesnelerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Yeşil alan sınıfının tespit edilebilmesi için LiDAR yansıma özellikleri kullanılmıştır. LiDAR görüntülerinden elde edilmiş ortofoto görüntüye çoklu çözünürlüklü bölütleme yöntemi uygulanmıştır. Çoklu çözünürlüklü bölütleme yönteminde ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri dikkate alınır [12]. Bu parametreler, görüntü içerisinde homojen bölütler elde edilebilmesine olanak vermektedir. Bu yöntemde uygun homojenlik kriterlerinin

sağlanması için farklı ölçek seviyelerinde şekil/bütünlük değeri 0-1 arasında değişen bir ağırlık değerleri verilerek analizler yapılır. Bu analizler ile çalışmanın amacı doğrultusunda nesnelerin tespiti için kullanılacak en uygun ölçek, şekil ve bütünlük değerleri tespit edilir. Yapılan analizlerde yeşil alan sınıfının tespiti için çoklu çözünürlüklü bölütleme yöntemi ile ölçek 100; şekil 0,5; bütünlük 0,5 parametre değerlerinin yeşil alan sınıfını temsil eden nesnelerin tespiti ve yakalanması için bölüt analizinde uygun değerler olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4a'da çoklu çözünürlük bölütleme ile ilgili örnek görüntü yer almaktadır. Yapılan analizlerde "tüm sinyal dönüşlerinin toplamının son sinyal dönüşlere oranı" analiz parametresi olarak kullanılması durumunda yeşil alan sınıfına ait objelerin büyük oranda tespit edilmesi sebebi ile sınıflandırma için kullanımının uygun olacağı görülmüştür. Ayrıca bulanık mantık yöntemi kullanılmış olup üyelik fonksiyonları aracılığı ile kesin olarak tanımlanamayan sınırların tespit edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan eşik değer analizleri sonucunda bulanık mantık yöntemi ile normal dağılım kullanılarak sınıflandırma analizi ile Yeşil alan sınıfı iyileştirme öncesi için eşik değeri >1,15 değerinin kullanımının yeşil alan sınıfının tespiti için uygun olduğu görülmüştür. Bulanık mantık teorisi sayesinde kesin olarak tanımlanamayan sınırlar ile verilerin sınıflandırılması amaçlanmaktadır [37]. Bulanık sınıflandırma sistemlerinde, üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında parametre ve model belirsizlikleri dikkate alınarak daha doğru sınıflandırma sonuçları elde edilebilmektedir.

Önerilen yaklaşımın ikinci aşamasında yer yüzeyi ile yer yüzeyi olmayan nesnelerin birbirinden ayrılması işlemi

Tablo 2. Görüntü analizinde kullanılan nesne özellikleri (The properties of image objects for image analysis)

Görüntü Tanımlayıcı	Amaç	
LiDAR Özellikleri	Tüm Dönüşler İlk Dönüşler Son Dönüşler Yoğunluk Sinyal Dönüş Oranları	LiDAR yansımaya özellikleri kullanılarak sınıf atamalarının sağlanması
Spektral Özellikler	Parlaklık Yeşil Band Oranı	Yeşil alan sınıfı nesne ataması
Mekansal Özellikler	Eğim Alan	Zemin ve Bina sınıf nesne ataması Nesnelerin alanlarının hesaplanması
Sınıf	Komşu sınıf ilişkisi	Sınıfların birbirleri ile ilişkilerinin tanımlanması



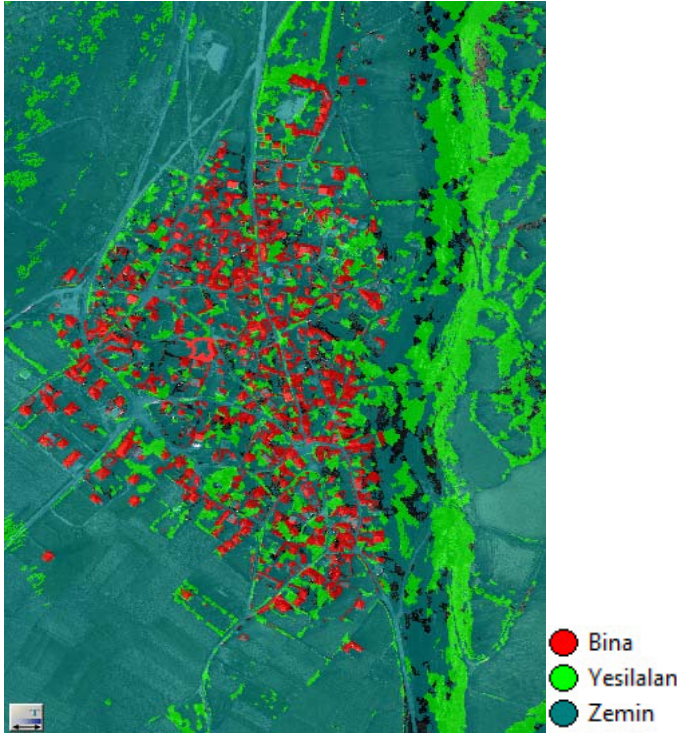
Şekil 4. Bölütleme görüntü örnekleri a) Çoklu çözünürlüklü bölütleme b) Kontrast ayırma bölütlemesi
(Segmentation example (a) Multi-resolution segmentation (b) Contrast split segmentation)

gerçekleştirilmiştir. Görüntüdeki nesnelerin eğim farklarından yararlanarak sınırlarını belirlemek için SYM ile Zevenbergen ve Thorne metodu kullanılarak eğim görüntüsü üretilmiştir [34]. Eğim görüntüsü, Zemin ve Bina sınıfına ait nesnelerin sınırlarının belirlenip, birbirinden ayırt edilebilmesi için analiz parametresi olarak kullanılmıştır. Kontrast ayırma bölütlemesi, kontrast farkı aracılığı ile nesnelerin sınırlarını yakalamaya olanak sağladığı için, Bina ve Zemin sınıfının birbirinden ayrılması işleminde eğim görüntüsü ile beraber kullanılmıştır. Şekil 4b’de kontrast ayırma bölütmelesi ile ilgili örnek görüntü yer almaktadır. Zemin sınıfı için eğim görüntüsünde $2.6 < \text{eğim} < 12$ eşik değerinin Zemin sınıfına ait nesnelerin tespit edilebilmesinde iyileştirme çalışmaları öncesi için zemin sınıfına ait objeleri büyük oranda kapsamaması sebebi ile uygun olduğu tespit edilmiştir. Zemin sınıfı ile bina sınıfının birbirine karışmasını engellemek için eğim yardımcı görüntüsü kullanılarak “Bina Sınır” yardımcı sınıfı tanımlanmıştır. Bina Sınır sınıfı için yapılan parametre analizlerinde $\text{eğim} \geq 42$ değerinin Bina Sınır yardımcı sınıfına ait objeleri

kapsaması sebebi ile uygun olduğu gözlenmiştir. Daha sonra $6 < \text{eğim} < 12$ parametre değeri kullanılarak Zemin sınıfına nesne ataması yapılmıştır. Hedef sınıflarının analizinde Zemin sınıfından sonra Bina sınıfının analizleri için kural setinde geliştirmeler yapılmıştır. Bina sınıfı nesnelerinin tespiti için ise LiDAR çoklu sinyal özellikleri kullanılmıştır. Tüm dönüşlerin toplamının son dönüşlere oranının bina sınıfının tespitinde kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, Bina sınıfı iyileştirme çalışmaları öncesi için Tüm Dönüşler/Son Dönüşler = 1 değerinin Bina sınıfına ait objeleri büyük oranda kapsamaması nedeni ile en uygun değer olduğu tespit edilmiştir.

Yeşil alan, Zemin ve Bina hedef sınıflarına ait nesnelerin temel sınıflandırması yapıldıktan sonra sınıf iyileştirme çalışmaları için kural setinde geliştirmeler yapılmıştır. İlk olarak Yeşil alan sınıfına ait iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Rakımı yüksek yerlerde insan yapımı nesne olmaması ve temel sınıflandırma aşamasında Zemin sınıfına ait nesnelerin daha önceden tespit edilmesinden dolayı yeşil

alan sınıfı iyileştirme çalışmalarında yapılan parametrik/şik değer analizleri sonucunda $SYM \geq 410$ ve yeşil bandın tüm bantlara oranı $\geq 0,335$ kullanılmış olup Yeşil alan sınıfı tespit çalışması tamamlanmıştır. Zemin sınıfı iyileştirme çalışmalarında bölge birleştirme, morfolojik işlemler (açma/kapama) ve alan bilgisi kullanılarak iyileştirme çalışmaları için LiDAR sinyal değerleri, alan, ilişkisel sınıf parametreleri ve bölge genişletme işlemi yapılarak bina sınıfı iyileştirmesi yapılarak görüntü analiz süreci tamamlanmıştır. Şekil 5'te geliştirilen kural seti ile otomatik olarak çıkarılan sınıflar ve sınıflandırılmış görüntünün sonucu yer almaktadır.



Şekil 5. Sınıflandırma sonuç görüntüsü (Classification result)

Önerilen yaklaşımın doğruluğunun test edilebilmesi için örnek alan seçimi (TT Mask) ve Kappa analizi yapılmıştır. Bu

analizler sonucu, geliştirilen kural seti ile genel doğruluk değeri 0,88 ve kappa değeri ise 0,74 olarak tespit edilmiş olup, hata matrisi Tablo 3'de verilmiştir. Sınıflandırma işlemi yapıldıktan sonra sınıflandırılmış görüntü nesnelere ontoloji ile kullanılabilmesi için nesnelere dış aktarımı sağlanmıştır. Bu aşamada aktarılan verilerin geliştirilecek ontolojiye entegre olabilecek formda olması gerekmektedir. Bu sebeple sınıflandırılmış görüntü nesnelere sahip oldukları özelliklerin korunması, bilgi temsilinde ve ontolojide kullanılabilmesi için semantik özelliklerin dikkate alınarak shapefile veri formatı ile dış aktarımı gerçekleştirilmiştir.

3.2. LiDAR Verilerinin Ontoloji Tabanlı Kategorizasyonu (Ontology Based Categorization of LiDAR Data)

GEOBIA yaklaşımı, yüksek çözünürlüklü görüntülerin sınıflandırılmasında kabul edilmiş ve uzman bilgisine dayanan bir analiz yöntemidir [4]. Başka bir ifade ile nesne tabanlı sınıflandırma sonucunun doğruluğu ve harcanan zaman, uzmanların, o görüntüde temsil edilen nesnelere özellikleri hakkındaki bilgisine göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, görüntüyü analiz eden uzman kişinin, görüntü üzerinde yaptığı çalışmalarda görüntüye ait bağlamsal bilgileri de göz önüne alarak çalışma yapması gerekmektedir. Bu durumun çözülmesi için, görüntü analiz sistemleri ile bilgi edinilmesinde veriye ait kavramsallaştırılmış ön bilgi gerekmektedir. Kavramsal bilginin görüntü nesnelere entegre edilmesi için kullanılan yöntemlerden biri ontolojidir. Ontolojiler, paylaşılan bir kavramsallaştırmanın açık ve biçimsel bir tanımlaması olarak ifade edilmektedir [23]. Ontolojiler yapay zeka ve makine öğrenmesi aracılığı ile kavramsallaştırmayı formalize ederek, birlikte çalışabilirliğe ve yeniden kullanılabilirliğe olanak sağlamaktadır [23].

Görüntü yorumlama süreçlerinde otomasyonun ve ontoloji entegrasyonunun sağlanması için araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar, uzaktan algılama görüntülerinde alan bilgisinin kavramsallaştırılması, görüntü işleme süreçlerinin otomasyonu, nesne özelliklerinde bulunan örtük bilgiden kullanışlı bilgi elde edilmesi, çoklu veri kaynakları ve modellerinin entegrasyonu, mekânsal-

Tablo 3. Hata matrisi (The error matrix)

Örnek ve Test Alanı Maskesine Göre Hata Matrisi Doğruluk Analizi Değerleri				
Kullanıcı \ Referans	Bina	Yeşil alan	Zemin	Toplam
Bina	1113153	0	47578	1160731
Yeşil alan	172717	1870408	408282	2451407
Zemin	169179	549303	9389631	10108113
Sınıflandırılmamış	55618	92236	73965	221819
Toplam	1510667	2511947	9919456	
Doğruluk %				
Üretici	0,7369	0,7446	0,9466	
Kullanıcı	0,959	0,763	0,929	
KIA	0,713	0,6901	0,8058	
Genel doğruluk = 0,8875				
Kappa = 0,7463				

zamansal-tematik olarak analitik analizlerin yapılabilmesi gibi konuları kapsamaktadır [38-40]. Ontoloji entegrasyon süreçlerinin gerçekleştirilmesinde makine öğrenmesi ve doğal dil işleme süreçlerinin de göz önüne alınması gerekmektedir [41, 42]. Makine öğrenmesi ve doğal dil işlemenin gerçekleştirilebilmesi için anlamlı bir ayrıntı düzeyinde ilgilenilen alan için kavramsal ve bağlamsal bilgileri kapsayan semantik bilgilerin de sürece dâhil edilmesi gerekmektedir. Bunun için ontolojilerin gerçek dünya verileri temel alınarak geliştirilmesi gerekmektedir [43]. Şekil 6'da ontolojilerin gerçek dünya verilerine dayanarak geliştirilmesine yönelik bir yaklaşım yer almaktadır. Bu yaklaşım; görüntüye ait yapısal bilgi ile alan uygulama bilgileri ayrıştırılarak kavramsallaştırma ve semantik modelin geliştirilmesi için katkı sağlamaktadır.

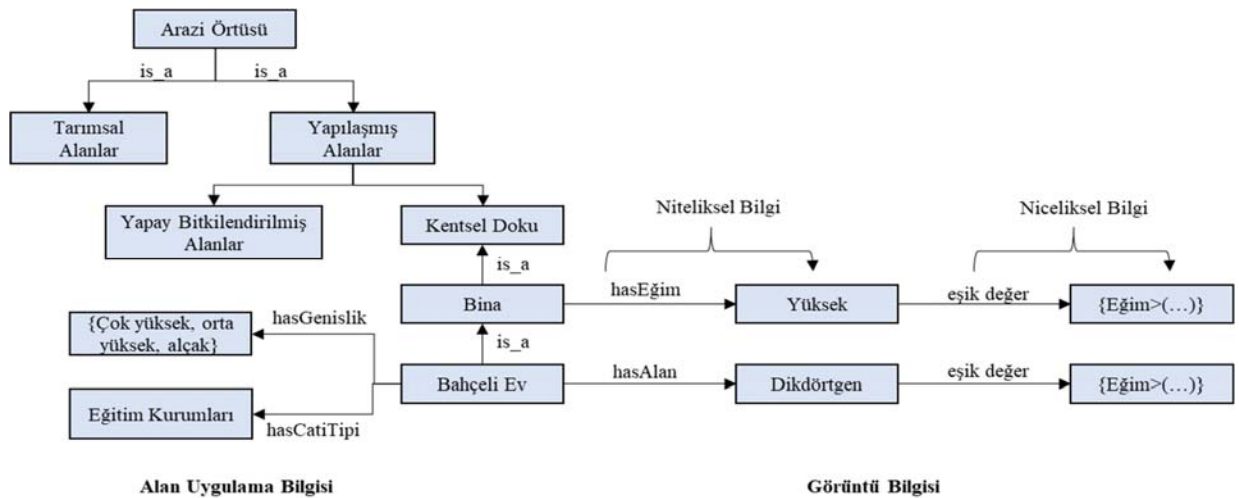
Ontolojiler, yapısal olarak çoğunlukla sınıf, nesne örnekleri, özellik, ilişki ve kurallar gibi ortak özellikleri içerir. Ontolojide sınıf kavramı, benzer nesne örneklerinin oluşturduğu grup veya kümeler anlamına gelmektedir. Ontoloji tek bir sınıftan veya birkaç sınıfın birleşiminden türetilmiş yeni sınıflardan oluşabilir. Özellikler ise nesnelere arasındaki ilişkinin tanımlanması veya veri tipinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, ontolojilere bir takım kural ve kısıtlar da tanımlanabilmektedir. Bu kural ve kısıtlar, kullanıcılar için daha geniş kapsamlı semantik sorguların yapılması ve kullanışlı bilgi elde edilmesi gibi amaçlar için kullanılmaktadır.

Ontoloji için kullanılan XML, Resource Description Framework (RDF), OWL gibi farklı ontoloji dilleri mevcuttur. Bu dillerden en kapsamlı olan OWL, World Wide Web Consortium (W3C) tarafından tanımlama mantığına dayanarak geliştirilen ve tavsiye edilen bir dildir. Ontoloji dilleri ile ontoloji geliştirmeye olanak sağlayan birçok ontoloji geliştirme platformları bulunmaktadır. Bu platformlar içerisinde herkesin kullanımına olanak sağlayan açık kaynak kodlu olanlar olduğu gibi ticari olarak sunulanlar da mevcuttur. Bu çalışmada ontoloji için Stanford

Üniversitesi tarafından geliştirilen, Java tabanlı ve açık kaynak kodlu Protégé programı kullanılmıştır. Bu programın açık kaynak kodlu olması ve özel eklentiler ile işlevselliğinin geliştirilebilmesi sebebi ile kullanışlı bilgi elde edilmesi süreçlerinde avantaj sağlamaktadır.

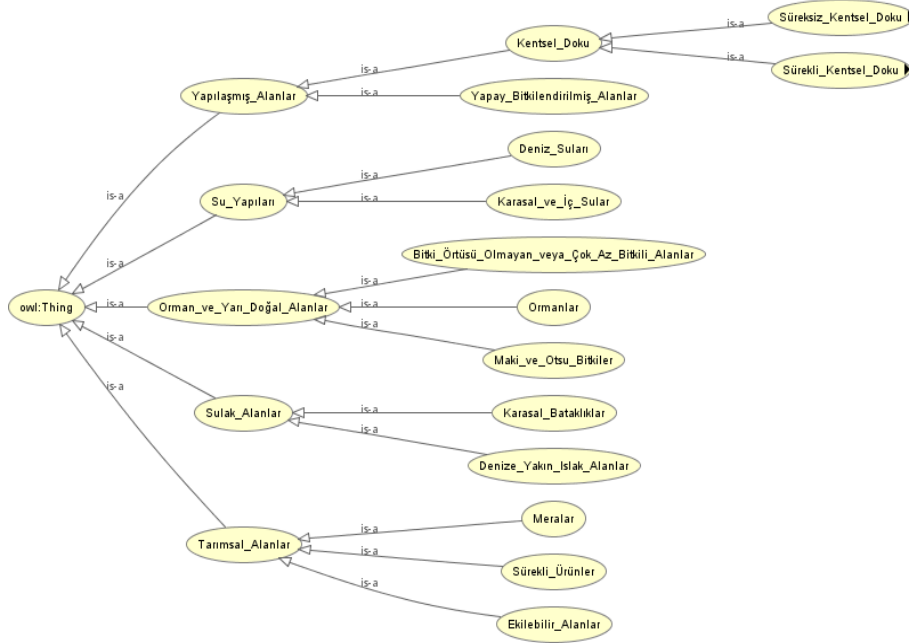
Bu çalışmada mekansal ontoloji aracılığı ile LiDAR görüntülerinden yer özelliklerinin tanımlanması ve bir alana özgü bilgi birikiminin sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Coordination of Information on the Environment (CORINE) Arazi örtüsü/Arazi kullanımı sınıflandırma sistemi referans alınmıştır. Arazi örtüsü; yapılaşmış alanlar, su alanları, orman ve yarı doğal alanlar, tarımsal alanlar olmak üzere 5 ana sınıftan oluşmaktadır [45]. Arazi örtüsü sınıfları arasındaki temel hiyerarşik ilişki "is-a" ilişkisine dayanmaktadır. Şekil 7'de CORINE örnek arazi örtüsü sınıfları görüntüsü yer almaktadır. CORINE arazi örtüsü referans sisteminde alt sınıf tanımları için yapılaşmış alanlar kendi içinde kentsel doku ve yapay bitkilendirilmiş alanlar olarak iki alt sınıf tanımlı yapılmıştır. Kentsel doku ise süresiz kentsel doku ve sürekli kentsel doku gibi alt sınıf tanımlarını içermektedir.

Görüntü analizi ve nesne çıkarımı süreçlerinde en sık karşılaşılan problemler sınıf karışıklığı problemi'dir. Görüntü üzerinde aynı kategorideki nesnelere farklı materyal ile kullanımı (tuğla, çimento, çelik malzemeden oluşturulmuş çatı vb.) yansıma, şekil ve doku özelliklerinin farklı olmasına sebep olduğu için görüntü işleme süreçlerinde sınıf karışıklığı sorunu ortaya çıkmaktadır [46, 47]. Bunun yanı sıra aynı sınıf nesnelere aynı materyale sahip olsa bile farklı şekil ve bütünlük göstermesi (yüksek veya alçak ağaçlar, geniş yapraklı ağaçlar, iğne yapraklı ağaçlar vb.) görüntü analiz süreçlerinde bölütlerin homojenliğini bozduğu için sınıflandırma sonucu ve doğruluk analizi değerini olumsuz yönde etkilemektedir [6, 48]. Bu problemler için ontoloji geliştirme aşamasında alt sınıf, nesne ve veri ilişkilerinin tanımlanması ile çözüm sağlamak mümkündür [42, 49].



Şekil 6. Gerçek dünya verilerinin ontoloji ile gösterimi ([44]'den uyarlanmıştır.)

(Representation of real world object with ontology) (adapted from [44].)

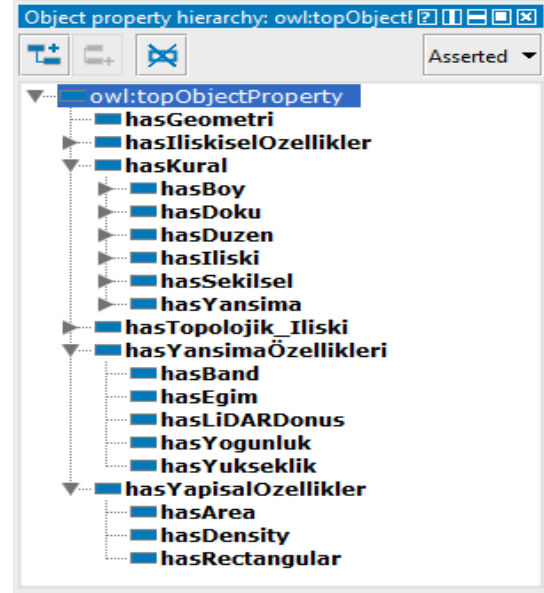


Şekil 7. CORINE sistemine göre örnek arazi örtüsü sınıflandırması. (LandCover classification proposed by CORINE)

Uzaktan algılama verileri ile görüntü işleme süreçlerinde görüntünün değerlendirilmesi ve sınıf karışıklıklarının engellenmesi için görüntüye ait yansıma değerleri, şekil, doku, bütünlük, komşu ilişkileri gibi birçok özellik dikkate alınmaktadır. Ontoloji geliştirme aşamasında görüntü nesnelere sahip oldukları özellikler ve arazi örtüsü ilişkisine dikkat edilmelidir. Bu çalışmada kullanılan arazi örtüsü özellikleri görüntü işleme süreçlerinde analizler sonucunda hesaplamalar ile elde edilmiştir. Kullanılan arazi örtüsü özellikleri Şekil 8'de yer almaktadır. Arazi örtüsü özellikleri belirlendikten sonra, arazi örtüsü sınıfları ile özelliklerinin arasındaki ilişkinin kurulabilmesi ve özelliklerin kısıtları/tanımlarının yapılabilmesi için büyük, eşit (büyükveyaEsite) ve küçük (küçükse) karşılaştırma değerleri oluşturulmuştur. Geliştirilen ontoloji modelinde görüntü nesnelere ontoloji ile entegre edilmesi gerekmektedir. Entegrasyon için öncül gereksinim, veri özelliklerinin tanımlanmasıdır. Veri özellikleri, sınıf ve nesne özellikleri ile ilişkisinin kurulması için önem arz etmektedir. Bu amaç doğrultusunda görüntü nesnelere ontolojiye entegrasyonu için tanımlanan veri özellikleri Şekil 9'da yer almaktadır. Veri özellikleri, sahip oldukları kavramsallık ve ilişkileri gözetilerek tanımlanmıştır. Bu veri özellikleri görüntü nesnelere bölütlemesi yapıldıktan sonra analiz aşamasında belirlenmiştir.

3.3. Sınıflandırılmış Görüntü Nesnelere Ontoloji Nesne Örneklerine Dönüştürülmesi (Conversion of Classified Image Objects to the Ontology Individuals)

Sınıflandırılmış görüntü nesnelere geliştirilen ontoloji ile entegre edilebilmesi için kural seti geliştirilmesinde analiz edilen ve kullanılan nesne özelliklerinin, değişime uğramadan ontoloji formatına dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 8. Ontoloji için tanımlanan nesne özellikleri (The developed object properties for ontology)

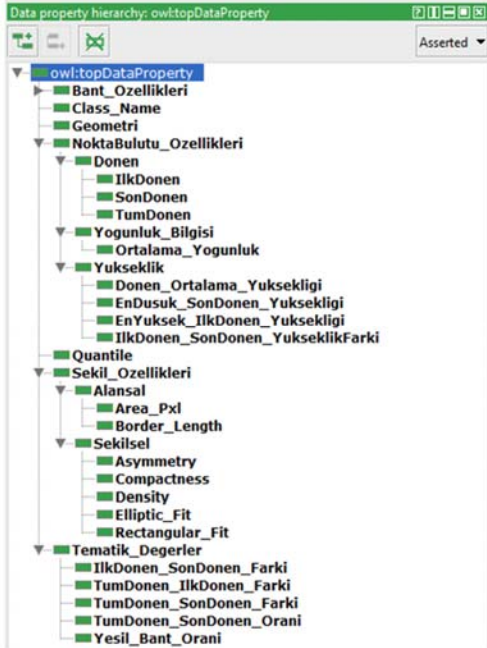
Ancak sınıflandırılmış mekansal verilerin doğrudan ontolojiye entegre edilmesine olanak veren bir yapı mevcut değildir. Bu sebeple sınıflandırılmış nesnelere ontoloji ile entegrasyonu için Extensible Markup Language (XML), Geographic JavaScript Object Notation (GeoJSON), Comma Separated Value (CSV) gibi ara formata dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, XML ara katmanı kullanılmıştır. Bu katmanın kullanılmasında; OWL dilinin XML alt yapısını kullanması, Federal Geographic Data Committee (FGDC) tarafından önerilen bir standart olması, enlem, boylam, yükseklik bilgileri, koordinat sistemi ve diğer endekslenmiş bilgileri içermesi, farklı veri

kaynaklarının semantik anlamda entegrasyonuna olanak sağlaması ve birlikte çalışabilirlik konusunda önemli bir avantaj sunması önemli tercih sebepleridir. Şekil 10'da sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü nesnelere ontoloji ile entegrasyonu için .xml ara formatına dönüştürülmesi işlemi akışı verilmiştir. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile görüntü nesnelere ait yansıma, mekânsal, şekilsel, dokusal ve kavramsal gibi detaylı görüntü işleme süreçlerine dahil edilerek ontoloji ve gerçek dünya uygulama verileri arasında köprü görevi görmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda shapefile formatındaki sınıflandırılmış görüntü nesnelere (ontolojide kullanılan nesne örneklerinin) ontoloji ile kullanılabilmesi için ilk olarak XML ara formatına dönüştürülmüştür. XML veri formatına dönüşüm için JAVA programındaki Jena kütüphanesi kullanılmıştır. Şekil 11'de XML formatına dönüştürülmüş veriye ait örnek gösterim yer almaktadır. XML formatı ile sınıflandırılmış görüntü nesnelere sahip olduğu özelliklerin korunması sağlanmıştır. Ayrıca, XML formatına dönüştürülmüş görüntü nesnelere ontoloji entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bu sebeple XML formatındaki veri ontoloji geliştirme platformunda girdi olarak kullanılarak ontoloji formatına dönüştürülmüştür. Ontoloji ile entegrasyonu sağlanan nesne örneklerinin, ontoloji içerisinde yapılacak analizler için

kullanıma hazır hale gelmiştir. Şekil 12'de nesne örneklerinin ontoloji ile entegrasyonu ile ilgili görüntü verilmiştir.

```
<Row> <the_geom>POLYGON (((27.714070058973935
41.65401764578672, 27.714070019182785 41.65401404318225,
27.71406401470622 41.65401408048545, 27.714064054497037
41.654017683089926, 27.714070058973935 41.65401764578672)))
</the_geom>
<Area_Pxl>20</Area_Pxl>
<Asymmetry>0.2</Asymmetry>
<Border_length>18</Border_length>
<Brightness>116.3</Brightness>
<Class_name>Vegetation</Class_name>
<Compactness>1</Compactness>
<Count_First>1</Count_First>
<CutRatioGreen>0.3</CutRatioGreen>
<Density>1.6</Density>
<Elevation_All-Last >2.5</Elevation_All-Last >
<Elevation_Average >396.5</Elevation_Average >
<Elevation_minLast >393.9</Elevation_minLast >
<Elevation_maxFirst >399</Elevation_maxFirst >
<Elliptic_Fit>1</Elliptic_Fit>
<Intensity_Average>37.5</Intensity_Average >
<Max_diff>3.3</Max_diff>
<Mean_Blue>69.8</Mean_Blue>
<Mean_DEM>394</Mean_DEM>
<Mean_Green>76.6</Mean_Green>
<Mean_Slope>8</Mean_Slope>
<Mean_LayerTiff>394</Mean_LayerTiff>
```

Şekil 11. Sınıflandırma sonucunun .xml formatına dönüştürülmesi
(Convert classification result to .xml)

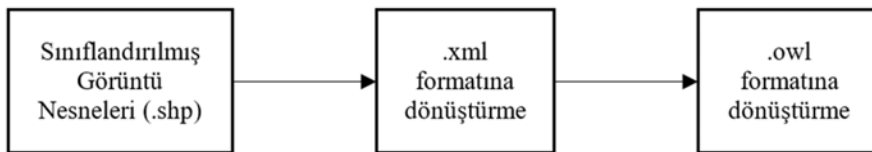


```
<DataPropertyAssertion>
  <DataProperty IRI="#Area_Pxl"/>
  <NamedIndividual IRI="#Binal808"/>
  <Literal datatypeIRI="
http://www.w3.org/2001/XMLSchema#decimal">3084,0
</Literal>
</DataPropertyAssertion>
<DataPropertyAssertion>
  <DataProperty IRI="#Asymmetry"/>
  <NamedIndividual IRI="#Binal808"/>
  <Literal datatypeIRI="
http://www.w3.org/2001/XMLSchema#decimal">
0,994457746</Literal>
</DataPropertyAssertion>
<DataPropertyAssertion>
  <DataProperty IRI="#Border_Length"/>
  <NamedIndividual IRI="#Binal808"/>
  <Literal datatypeIRI="
http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer">1058,0
</Literal>
</DataPropertyAssertion>
<DataPropertyAssertion>
  <DataProperty IRI="#Compactness"/>
  <NamedIndividual IRI="#Binal808"/>
  <Literal datatypeIRI="
http://www.w3.org/2001/XMLSchema#decimal">
2,566827682</Literal>
</DataPropertyAssertion>
```

a)

b)

Şekil 9. a) Ontoloji için tanımlanan veri özellikleri b) OWL ile veri özellikleri gösterimi
(a)The developed data properties for ontology (b)Representation of data values with owl)

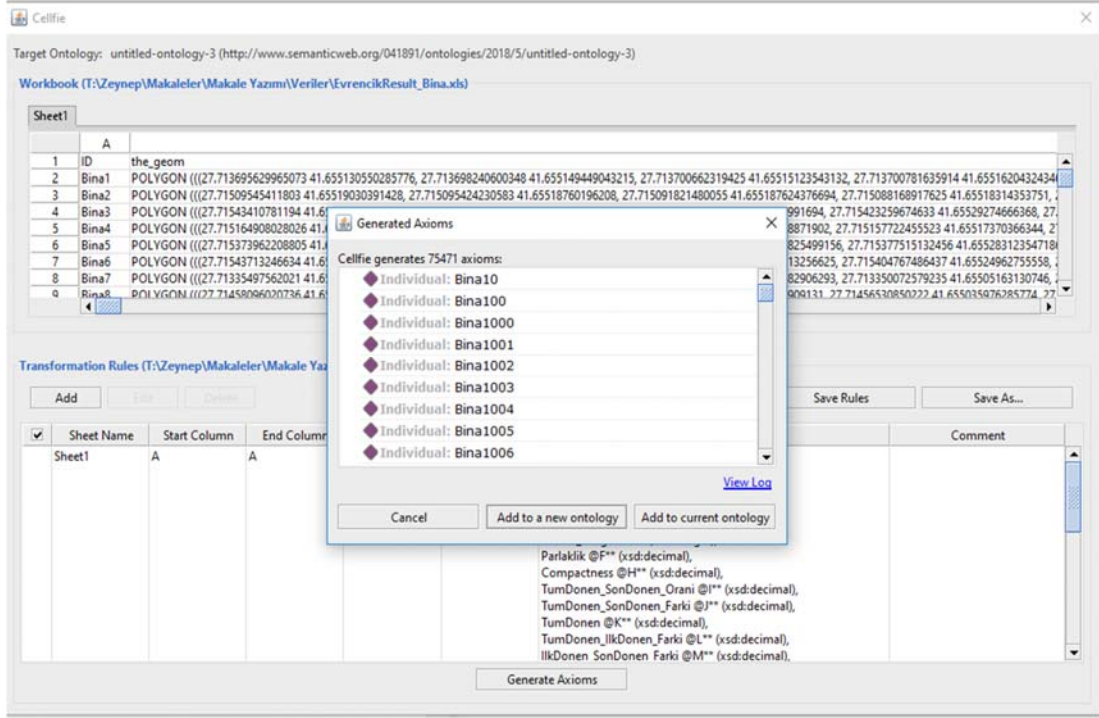


Şekil 10. Sınıflandırma sonucunun .xml ve .owl formatına dönüştürülmesi (Convert classification result to .xml)

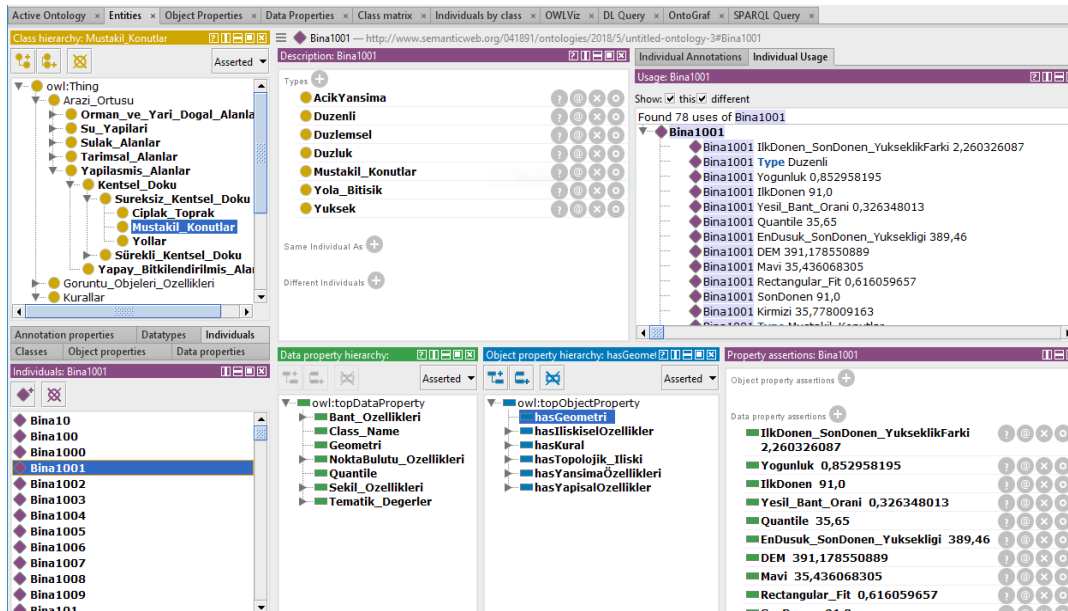
Ontoloji geliştirildikten ve nesne örnekleri ontolojiye entegre edildikten sonra aksiyom ve kuralların tanımlanması yapılmıştır. Aksiyom ve kurallar, nesne örnekleri, semantik kurallar ile örtük bilginin elde edilmesi ve semantik boşlukların giderilmesi için geliştirilmektedir. RCC8 modeli, her nesne ve onun alt kırılımları arasındaki ilişkileri tanımlamak için kullanılmaktadır [50, 51]. Bu sebeple ontoloji içerisinde aksiyomlar, topolojik mekânsal ilişkiler The Region Connection Calculus (RCC8) baz alınarak tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Zemin} &\equiv \text{Düzensiz} \cap \text{Düzlemsel} \cap \text{Düzlük} \cap \\ &\text{KoyuYansım} \cap \text{Alçak} \cap \text{yolaBitişik}. \\ \text{Bina} &\equiv \text{Düzenli} \cap \text{Düzlemsel} \cap \text{Düzlük} \cap \\ &\text{AçıkYansım} \cap \text{Yüksek} \cap \text{yolaBitişik}. \\ \text{Yeşil alan} &\equiv \text{Düzensiz} \cap \text{Düzlemsel} \cap \text{Pürüzlü} \cap \\ &\text{KoyuYansım} \cap \text{Yüksek} \cap \text{zemineBitişik} \end{aligned} \quad \text{Eş. (1)}$$

Aksiyom kuralları temel alınarak bu çalışma için Eş. 2 ve Eş. 3'de verilen kurallar tanımlanmış ve ontoloji geliştirilmiştir. Şekil 13'te geliştirilen ontolojinin örnek gösterimi yer



Şekil 12. Sınıflandırılmış görüntü nesnelerinin ontolojiye dönüştürülmesi (Converting image objects to ontology)



Şekil 13. Geliştirilen ontolojinin örnek gösterimi (Representation of developed ontology)

almaktadır. Eşitlik 2’de dikdörtgenlik uyumuna göre bölütün düzenli ya da düzensiz bir yapı olduğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Eşitlik 3’te ise Bina ve Zemin sınıflarının kavramsal gereksinimleri yer almaktadır. Bu eşitlikler Şekil 8 ve Şekil 9’da yer alan nesne özellikleri ve veri özellikleri, kavramsal gereksinimlerin belirlenmesinde kullanılmıştır.

hasRectangularFit (?x, ?y),
büyükVeyaEsitse (?y, 0,5) -> Düzenli (?x);
hasRectangularFit (?x, ?y),
küçükse (?y, 0,5) -> Düzensiz (?x);

Eş. (2)

Düzenli (?x), Düzlemsel (?x), Yüksek (?x),
AçıkYansıma (?x), Düz (?x),
zemineBitişik (?x) -> Bina (?x);
Düzenli (?x), Düzlemsel (?x), Alçak (?x),
KoyuYansıma (?x), Düz (?x),
yolaBitişik (?x) -> Zemin (?x);

Eş. (3)

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

GEOBIA yaklaşımı literatürde kabul görmüş, uzman bilgisine dayanan ve on yılı aşkın bir süredir görüntü analizi ve değerlendirmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada uzman bilgisine dayanan GEOBIA yönteminin kavramsal bilgi temsilindeki eksiklerinin tamamlanması için katkı sağlayabilecek bir yöntem önerilmiştir. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak yüksek çözünürlüklü görüntülerden GEOBIA yaklaşımı ile nesne çıkarımı işlemi yapılmıştır. Nesne çıkarımı işlemi için görüntü bölütlere ayrılmış, görüntü analiz parametreleri belirlenmiş, analiz eşik değerleri tespit edilerek, sınıflandırma işlemi otomatik olarak yapılmıştır. Gerçekleştirilen nesne çıkarımı işleminin doğruluk analizinde genel doğruluk değerinin 0,88 ve kappa değerinin ise 0,74 olduğu tespit edilmiştir. Nesne çıkarımı işleminden sonra görüntü nesnelere sahip olduğu üst düzey semantik kavramın tanımlanabilmesi, uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesi sürecinin otomatize edilmesi ve örtük bilgi keşfi amacı için ontoloji geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Ontoloji kullanılarak kavramsal tasarımın geliştirilmesi için CORINE sistemi referans alınmıştır. Kavramsal tasarımdan sonra görüntü nesnelere özellikleri ontoloji içerisinde tanımlanmıştır. Veri özellikleri ile görüntü nesnelere arasında kurallar tanımlanarak görüntü nesnelere ontoloji ile entegre edilmiştir. Makine öğrenmesine olanak sağlayan RRC8 teorisine dayanan topolojik mekânsal ilişkiler aksiyomları içerisinde tanımlanarak kavramsal semantik model geliştirilmiştir. Bu modelin en önemli katkısı benzer veriler için bir referans model sağlayabilmesidir. Çünkü önerilen modelin, kavramsallaştırılmış, otomatize ve formalize bir yapı sunması ve daha az uzman bilgisine ihtiyaç duyması sebebi ile uzman olmayan kişiler bile kolaylıkla görüntü analizi ile ilgili çalışmalarda zamandan ve maliyetten tasarruf edebileceklerdir.

Sonraki çalışmalarda, daha büyük hacimli farklı kaynaklardaki ve farklı çözünürlükteki verilerin web

ortamında sunulmasına yönelik araştırmalar yapılacaktır. Web ortamında bu verilerin kavramsallaştırılması, ölçek ve çözünürlük farkından kaynaklanan heterojenlik problemlerinin giderilmesi, verilerden otomatik yorum elde edilmesi, örtük bilgi keşfi, veri entegrasyonu, semantik birlikte çalışabilirlik, yeniden kullanılabilirlik gibi amaçlar için farklı yöntemler üzerine çalışmalar yapılacaktır. Bu çalışmalar ile beraber otomatik nesne çıkarımı sonuçlarının önemli ölçüde gelişmesi beklenmektedir. Ayrıca, teknolojinin gelişimi ile beraber yakın gelecekte ontolojilerin; Nesnelere İnterneti, Büyük Veri, Akıllı Şehirler gibi ileri teknolojilere ait iş akışlarının anlamsal tanımlamaları için öncül gereksinimi olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

BİRLİK HARİTA Ltd. ve Sinan Altınışık’a çalışma için veri sağlamalarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Uzar M., Automatic Building Extraction with Multi-sensor Data Using Rule-based Classification, *European Journal of Remote Sensing*, 47:1, 1-18, 2014.
2. Fırat O. ve Erdoğan, M., Nesne tabanlı sınıflandırma tekniği ile multispektral hava fotoğraflarından otomatik bina çıkarımı, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Konya, Türkiye, 2015.
3. Benz, U., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M., Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58, 239-258, 2004.
4. Blaschke T., Object based image analysis for remote sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 65, no. 1, pp. 2–16, 2010.
5. Blaschke, T., Hay, G., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., Feitosa, R., van der Meer, F., van der Werff, H., van Collie, F., ve Tiede, D., Geographic Object-Based Image Analysis - Towards a new paradigm, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens* 87, 180–191, 2014.
6. Gu, H., Li H., Yan, L., Liu Z., Blaschke T. ve Soergel, U., An object-based semantic classification method for high resolution remote sensing imagery using ontology, *Remote Sens.*, 9, 329, 2017.
7. Hay, G. J., Castilla, G., Wulder, M. A., Ruiz, J. R., An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7 (4), 339-359, 2005.
8. Ranade R. A., Object Recognition of Very High Resolution Satellite Imagery using Ontology, Master of Technology in Remote Sensing and GIS in Andhra University, India, 2015.
9. Hay, G., Castilla, G., Object-based image analysis: strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), 2006.

10. Robertson, L.D., King, D.J., Comparison of pixel—And object-based classification in land-cover change mapping. *Int. J. Remote Sens.*, 32, 1505–1529, 2011.
11. Duro, D.C., Franklin, S.E., Dubé, M.G., A comparison of pixel-based and object-based image analysis with selected machine learning algorithms for the classification of agricultural landscapes using SPOT-5 HRG imagery. *Remote Sens. Environ.*, 118, 259–272, 2012.
12. Myint, S.W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., Weng, Q., Per-pixel vs. object-based classification of urban land-cover extraction using high spatial resolution imagery, *Remote Sens. Environ.*, 115, 1145–1161, 2011.
13. Gu, H. Y., Li, H.T., Yan, L., Lu, X. J., A framework for geographic object-based image analysis (geobia) based on geographic ontology, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-7/W4, 2015 International Workshop on Image and Data Fusion, 21 – 23 Temmuz, Hawaii, ABD, 2015.
14. Arvor, D., Durieux, L., Andres, S., vd., Advances in Geographic Object-Based Image Analysis with ontologies: A review of main contributions and limitations from a remote sensing perspective. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, pp.125–137, 2013.
15. Belgiu, M., Tomljenovic, I., Lampoltshammer, T. J., Blaschke, T., & Höfle, B, Ontology-based classification of building types detected from airborne laser scanning data. *Remote Sensing*, 6(2), pp.1347-1366, 2014.
16. Gomes, J., Montenegro, N., Urbano, P. ve Duarte, J., A Land Use Identification and Visualization Tool Driven by OWL Ontologies, 2012.
17. Smeulders, A.W.M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., Jain, R.: Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 22, 1349–1380, 2000.
18. Bouslah, M. ve Benblidia, N., Ontology based image annotation: A survey, LRDSI Laboratory, Computer Science Department, 2017.
19. Bittner, T. ve Winter, S., On Ontology in image analysis in integrated spatial database. *Integrating spatial databases: digital images and GIS*, Portland, ME, USA, Springer-Verlag, 1999.
20. Câmara, G., Egenhofer, M. vd., What's in an Image? COSIT '01-Conference on Spatial Information Theory, Morro Bay, CA. Springer, 2001.
21. Belgiu, M., Thomas, J., Ontology based interpretation of Very High Resolution imageries – grounding ontologies on visual interpretation keys 14–17, 2013.
22. Lüscher, P., Weibel, R. ve Burghardt, D., Integrating ontological modelling and Bayesian inference for pattern classification in topographic vector data. *Comput. Environ. Urban Syst.* 33, pp.363–374, 2009.
23. Gruber, T. R. vd., A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge acquisition*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, 1993.
24. Agarwal, P., Ontological considerations in GIScience. *International Journal of Geographical Information Science*, 19, pp.501–536, 2005.
25. Andres, S., Arvor, D. ve Pierkot, C., Towards an ontological approach for classifying remote sensing images. In: *Signal Image Technology and Internet Based Systems (SITIS)*, IEEE, 2012 Eighth International Conference, pp.825–832, 2012.
26. Mark, D.M., Smith, B., Egenhofer, M.J. ve Hirtle, S.C., Ontological foundations for geographic information science. In: *McMaster, R.B., Usery, E.L. (Eds.), A Research Agenda for Geographic Information Science*. CRC Press, Boca Raton, FLA, 2005.
27. Teller, J., Billen, R., Cutting-Decelle, A.F.: Bringing urban ontologies into practice. *Journal of Information Technology in Construction* 15, 2010.
28. Yue, P., Di, L., Wei, Y. ve Han, W., Intelligent services for discovery of complex geospatial features from remote sensing imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* ,83,pp.151-164, 2013.
29. Jesús, M. A.-J., Luis, D. ve José A. P.-F., A Framework for Ocean Satellite Image Classification Based on Ontologies. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 6(2), pp.1048-1063, 2013.
30. Dejrriri, K. ve Malki, M., Object-based image analysis and data mining for building ontology of informal urban settlements. *Proc. SPIE 8537, Image and Signal Processing for Remote Sensing XVIII*, 85371I, 2012.
31. Forestier, G., Puissant, A., Wemmert, C., vd., Knowledge-based region labeling for remote sensing image interpretation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(5),pp.470–480, 2012.
32. Kyzirakos, K., Karpathiotakis, M., Garbis, G. Vd.. Wildfire monitoring using satellite images, ontologies and linked geospatial data. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 24, pp.18–26, 2014.
33. Bouyerbou H., Bechkoum, K., Benblidia N. ve Lepage R., Ontology-based semantic classification of satellite images: Case of major disasters”. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, IEEE International, pp. 2347-2350, 2014.
34. Zevenbergen L. ve Thorne C., Quantitative Analysis of Land Surface Topography, *Earth Surface Processes and Landforms* 12:47–56, 1987.
35. Navulur K., *Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742, 2007.
36. Kim, N., 2.5D Reconstruction of Building from very High Resolution SAR and Optical Data by Using Object-Oriented Image Analysis Technique. *The Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente*, Master of Science, The Netherlands, 2011.
37. Bülent Bostancı, Neşe Yılmaz Bakır, Umut Doğan, Merve Koçak Güngör, Bulanık karar verme teknikleri

- ile CBS destekli konut memnuniyeti araştırması, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32(4), 1193-1207, 2017.
38. Arpinar, I. B., Sheth, A. ve Ramakrishnan, C., Geospatial Ontology Development and Semantic Analytics, Handbook of Geographic Information Science, Eds: J. P. Wilson and A. S. Fotheringham, Blackwell Publishing, (in print), 2004.
 39. Masri, A., Zeitouni, K., Kedad, Z., ve Leroy, B., An Automatic Matcher and Linker for Transportation Datasets, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 6, 29, 2017.
 40. Hudelot, ., ve Thonnat, M., "A cognitive vision platform for automatic recognition of natural complex objects," in Tools with Artificial Intelligence, 2003. Proceedings. 15th IEEE International Conference on. IEEE, pp. 398–405, 2003.
 41. Rajbhandari, S., Aryal J., Osborn, J., Musk, R. ve Lucieer, A., Benchmarking the Applicability of Ontology in Geographic Object-Based Image Analysis, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 6, 386, 2017.
 42. Falquet, G., Métral, C., Teller, J. Ve Tweed, C., Ontologies in Urban Development Projects, Advanced Information and Knowledge Processing, Springer-Verlag London Limited 2011.
 43. Lampoltshammer, T., ve Heistracher, T., Ontology Evaluation with Protégé using OWLET, Infocommunications Journal, 2014.
 44. Belgiu, M., Lampoltshammer, T. J. ve Hofer, B., An Extension of an Ontology-Based Land Cover Designation Approach for Fuzzy Rules, GI_Forum 2013. Creating the GISociety, 2013.
 45. <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/araziortus-usiniflari.html>, 14/09/2018
 46. Almendros-Jiménez, J. M., Domene, L. ve Piedra-Fernández, J. A., Framework for Ocean Satellite Image Classification Based on Ontologies, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 6, no. 2, 2013.
 47. Teller, J.: Ontologies for an improved communication in urban development projects. In: Ontologies for Urban Development. Volume 61 of Studies in Computational Intelligence. Springer, 1-14, 2007.
 48. Wang, L., Shi, C., Diao, C., Ji, W. ve Yin, D., A survey of methods incorporating spatial information in image classification and spectral unmixing, International Journal Of Remote Sensing, vol. 37, no. 16, 3870–3910, 2016.
 49. McNeil, L. M., ve Kelso, T. S., Spatial Temporal Information Systems An Ontological Approach Using STK, Taylor & Francis Group, LLCRC Press, 2014.
 50. Maillot N., Thonnat M., Ontology Based Complex Object Recognition. Image and Vision Computing, Elsevier, , 26 (1), 102-113, 2008.
 51. Cohn A. ve Hazarika S., Qualitative spatial representation and reasoning: An overview. Fundamenta informaticae, 46, 1-20, 2001.

