

Anlamsal Web Yetenekli Etmenler için Alana Özgü bir Modelleme Diline ait Görsel Sözdizim

Sinem Getir¹ Sebla Demirkol² Moharram Challenger³ Geylani Kardeş⁴

^{1,2,3,4}Ululararası Bilgisayar Enstitüsü, Ege Üniversitesi, 35100, Bornova, İzmir

¹e-posta: sinem.getir@ege.edu.tr

²e-posta: sebla.demirkol@ege.edu.tr

³e-posta: moharram.challenger@mail.ege.edu.tr

⁴e-posta: geylani.kardas@ege.edu.tr

Özetçe

Etmen tabanlı yazılım sistemlerinin geliştirilmesi etmenlerin özerk, reaktif ve proaktif özelliklerinin yanında Anlamsal Web gibi yeni etmen ortamları göz önüne alındığında giderek daha zor bir hal almaktadır. Alana Özgü Modelleme Dilleri (“Domain Specific Modeling Language”) (DSML) Çok Etmenli Sistemler’in (“Multi Agent Systems”) (MAS) hayata geçirilmesinde karşılaşılan bu zorlukları gidermede uygun bir alternatif olabilir. Diğer birçok uygulama alanında olduğu gibi MAS geliştiriminde DSML kullanımı üst modeller aracılığıyla ihtiyaç duyulan soyutlamayı geliştiricilere sunmakta ve model dönüşümleri ile entegre edilen bir model güdümlü yazılım geliştirme yöntemi içerisinde bu tip sistemlerin daha kolay ve etkin geliştirilmesini sağlayabilmektedir. Bu bildiride Anlamsal Web yetenekli etmen sistemleri için oluşturulan bir üst modele dayalı DSML’e ait sözdizim tanıtılmaktadır. Önerilen sözdizimin kullanımı görsel modelleme araçları ile desteklenmekte ve etmen içyapısından MAS organizasyon seviyesine kadar farklı bakışaçıları için sistem tasarımları hazırlanabilmektedir.

1. Giriş

Yazılım etmenleri, tasarım amaçlarını karşılamak amacıyla bir ortamda özerk eylemlerde bulunma yeteneğine sahip bilgisayar sistemleridir. Etmen Tabanlı Yazılım Mühendisliği (“Agent-oriented Software Engineering”) (AOSE) bünyesinde yapılan çalışmalarda, yazılım etmenlerinin tasarlanması ve hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Birden fazla etmenin bir arada bulunduğu, etmenlerin kendi aralarında etkileşim halinde olduğu Çok-etmenli Sistemler (“Multi-agent System”) (MAS) için yazılım geliştirme yapılabilmesi amacıyla çeşitli iletişim dilleri, etkileşim protokolleri, etmen mimarileri ve etmen yazılımı geliştirme metodolojileri tanımlanmıştır.

Etmen sistemlerin özerk, reaktif ve proaktif yapılarından dolayı uygulamaya geçirilmesi, diğer yazılım sistemlerine göre daha zordur. Bununla birlikte, Anlamsal Web gibi yeni etmen çevreleri dikkate alındığında, bir etmenin içyapısı ve diğer etmenlerle etkileşimi daha karmaşık bir hal almaktadır. Anlamsal Web [1] evrimi şüphesiz etmen araştırmalarına yeni bir vizyon getirmiştir. İnternet ortamında dağıtık olarak çalışan etmenlerin bilgi paylaşımı problemi Anlamsal Web araştırma alanı ile kesişmektedir. Bu yeni nesil Web, Dünya Geneli Ağ’ı web sayfası içeriklerinin ontolojiler kullanılarak yorumlanabileceği bir seviyeye taşımaya hedeflemektedir [2]. Etmenlerin aktif ve etkili çalışabilecekleri uygun yaşam alanlarından biri anlamsal ortamlardır. Bu ortamlarda, yazılım etmenleri kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda dağıtık kaynaklardan Web içeriklerini toplayabilir ve elde edilen

bilgileri işleyip uygun sonuçlar döndürebilir. Özerk etmenler aynı zamanda anlamsal verileri değerlendirebilir ve içerik dillerini kullanarak Anlamsal Web’in anlamsal web servisleri gibi anlamsal olarak tanımlanmış varlıklarıyla işbirliği yapabilir [3].

[4]’ te, Alana özgü mühendisliğin Anlamsal web yetenekli MAS’ların yapısını nasıl hızlı ve kolay bir şekilde sağladığı tartışılmış ve bu tip etmen sistemlerinin geliştirimi için SEA_ML (“Semantic web Enabled Agent Modeling Language”) isimli bir MAS DSML (“Domain Specific Language”)’inin tanıtımı yapılmıştır. Bir Alana Özgü Dil (“Domain Specific Language”) (DSL) olarak SEA_ML MAS geliştirimi için soyut sözdizimi, somut sözdizimi ve formal anlamsallığı (“semantics”) içermektedir.

Bilindiği gibi bir dilin soyut sözdizimi dildeki kavramlara ait bir sözlüktür ve kavramların modeller ve programlar oluşturmak için nasıl birleştirilmesi gerektiğini tarif eder. Var olan kavramlar ve bu kavramların diğer kavramlarla ilişkilerini içerir [5]. Bir dildeki kavramların sunum ve anlamlarını gözetmeksizin sadece şekilleri ve yapısı ile ilgilenir. Diğer yandan somut sözdizim, bir dile ait yapıların inşa edilmesini ve sunulmasını kolaylaştıran gösterimlerin bir kümesi olarak tanımlanabilir. Bu gösterimler kümesi görsel veya metinsel biçimde verilebilir. Bir soyut sözdizim dilin kavramlarını ve ilişkilerini içerirken somut sözdizim bunların görsel ya da metinsel gösterim ile eşlemelerini sağlamaktadır. Belli bir alana özgü üst varlıkları ve bunların ilişkilerini tanımlayan bir üstmodel hem soyut sözdizim hem de somut sözdizim tanımlamaları için bir temel oluşturur. Bu noktadan hareketle [6]’ daki çalışmamızda Anlamsal Web üzerinde çalışan etmen sistemleri için, alana özgü bir üst model tanıtılmış ve bu üstmodelin çalışmalar kapsamında geliştirilen modelleme dili SEA_ML’in soyut sözdizimi ve görsel somut sözdizimi tanımları için nasıl bir zemin hazırladığı anlatılmıştır. Bu bildiride, bu zemin üzerinde bu tip bir DSML’ e ait üst modelin soyut ve somut sözdizim tanımlarına yer verilmiştir. Soyut sözdizim için oluşturulan üst model revize edilmiş ve farklı bakışaçılarıyla sunulmuştur. Daha sonrasında somut sözdizimin Eclipse GMF tabanlı görsel modelleme aracının nasıl oluşturulduğu anlatılmıştır. Bu aracın kullanımı, bir durum çalışması ile örneklendirilmiştir.

Bildirinin geriye kalan kısmı şu şekilde devam etmektedir: Bölüm 2’ de üst model ile elemanlarının tanımı ve soyut söz dizimi için gereksinimler bulunmaktadır. Bölüm 3’ te SEA_ML dilinin soyut dizimi, Bölüm 4’ te ise somut sözdizimi anlatılmıştır. Bölüm 5’ te SEA_ML sözdiziminin etmen tabanlı bir takas sisteminin geliştirilmesinde kullanımını

örnekleyen bir durum çalışması verilmiştir. Bölüm 6' da ise sonuç ve ileriye yönelik çalışmalar yer almaktadır.

2. SEA_ML Üst Modeli

Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelleme dili, Anlamsal Web yetenekli MAS' ların geliştirilmesini sağlamaktadır. *Anlamsal Web yetenekli MAS* ile belirtilmek istenen ortam yazılım etmenlerinin Web içeriğini farklı kaynaklardan elde edebildiği, bilgiyi işleyebildiği ve sonuçları gerektiğinde diğer etmenlere gönderip bilgi alışverişinde bulunduğu bir ortamdır. Bu MAS'lar kapsamında özerk etmenler anlamsal bilgiyi değerlendirebilirler ve içerik dilleri aracılığıyla anlamsal web servisleri gibi fonksiyonları anlamsal olarak tanımlanmış varlıklar ile beraber çalışabilirler. Anlamsal Web yetenekli etmenler için MAS geliştirilmesinin davranışsal, organizasyonel ve protokol gibi çeşitli bakışaçılarını içeren bir üst model geliştirilmiştir. Bu üst modelde yer alan temel elemanlardan biri *Anlamsal Web Etmeni* ("*Semantic Web Agent*") (SWA) olarak tanımlanmıştır. Bir Anlamsal Web Etmeni bir anlamsal organizasyonda çalışır ve çeşitli servislerle etkileşime geçebilir.

Modelde mevcut üst varlıklardan bir diğeri *Anlamsal Web Servis* ("*Semantic Web Service*") (SWS) kavramıdır. Bir SWS üstvarlığı etmen servisi hariç olmakla birlikte yetenekleri ve etkileşimleri mevcut sistem içerisinde anlamsal olarak tanımlanmış herhangi bir servisi temsil etmektedir. Bir SWS bir ya da daha fazla *Servis* varlığını içermektedir. Her servis bir web servisi ya da gerçek hayat uygulamasında önceden tanımlı başka özel bir etkileşim protokolüne sahip bir servis olabilir. Ancak mutlaka ilgili servisin platformun etmenleri tarafından kullanılabilir bir anlamsal arayüzünün olması gerekmektedir.

Etmenler servis yeteneklerini keşfetmek amacıyla bir servis kayıtçısı ile iletişime geçme ihtiyacı duyarlar. Bu nedenle, SEA_ML üstmodeli *Anlamsal Servis Arabulucu Etmeni* ("*Semantic Service (SS) Matchmaker Agent*") isimli özelleşmiş bir SWA uzantısını içermektedir. Bu üstvarlık anlamsal web servislerinin yetenek ilanlarını bir MAS içerisinde depolayan ve diğer etmenler tarafından yollanan servis arama mesajları sonucunda ihtiyaç duyulan servis yetenekleri ile ilan edilenleri karşılaştıran *arabulucu* etmenleri temsil etmektedir.

Bir *Anlamsal Web Organizasyonu* ("*Semantic Web Organization*") (SWO), anlamsal web etmenlerinin organizasyonel rollerine dayalı olarak oluşturdukları bir yapıdır. Anlamsal Web yetenekli etmen ortamlarında oynanan roller için de aynı geçerlidir.

Anlamsal Web yetenekli etmen sistemlerinin modellenmesi için kullanılacak SEA_ML üstmodeli etmen içyapısı, etmenler arası etkileşim ve Anlamsal Web yapıları ile etmenlerin etkileşimlerini temel almalıdır. Bu yetilere sahip bir DSML' in sözdizimini oluşturacak üst modelin sistem karmaşıklığını soyut seviyede gözlemlerken etkili bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

3. SEA_ML Soyut Sözdizimi

SEA_ML'in dayandığı üst model aynı zamanda SEA_ML soyut sözdizimini tanımlamaktadır ve farklı gereksinimlere göre toplam altı adet bakışaçısını içermektedir. SEA_ML

soyut sözdiziminin dayandığı üstmodelin içerdiği bu bakışaçıları alt bölümlerde anlatılmıştır. Alan kısıtı nedeniyle bakışaçılarından ancak Anlamsal Web Etmeni İçsel Bakışaçısı ile Etmen-Anlamsal Web Servis Etkileşim Bakışaçısının kısmi üstmodellerinin şekillerine yer verilebilmiştir. Üstvarlıklar metin içerisinde italik olarak geçmektedir.

3.1. Anlamsal Web Etmeni İçsel Bakışaçısı:

Şekil 1' de resmedilen bu bakışaçısı bir MAS' ta yer alan her bir etmenin içsel yapısına odaklanmaktadır. SWA rolleri kapsamında içsel bilgilerini yönetmek ve bildikleri gerçeklere dayalı olarak ortam hakkında çıkarsama yapmak amacıyla ontolojileri kullanır. Bir SWA birden fazla *Rol* ile ilişkilendirilebilir ve zamanla rolünü değiştirebilir. Bir etmen farklı durumlarda ve ortamlarda rol oynayabilir ve çalışması sırasında birçok durumda *Etmen Durumu* ("*Agent State*") olabilir. Ayrıca her bir etmenin bulunduğu organizasyona göre değişkenlik gösteren bir *Etmen Tipi* ("*Agent Type*") vardır.

Karşıt-eylemli etmenler dışında Kanı – İstek – Hedef ("*Belief – Desire – Intention*") (BDI) mimarisine sahip etmenlerin de hem tasarım hem de çalışma zamanı bileşenlerinin modellenmesi için gerekli elemanlar SEA_ML sözdiziminde mevcuttur. BDI ilk olarak Bratman [7] tarafından önerilen bir etmen mimarisidir. Bu mimariye sahip bir etmen hangi *Amaçları* ("*Goal*") elde etmek istediğine ve bu amaçlara ulaşmak için nasıl hareket etmesi gerektiğine karar verebilir. *İnançlar (Kanılar)* ("*Belief*") bir etmenin içinde bulunduğu ortam ile ilgili bildiklerini temsil etmektedir. *İstekler* ("*Desire*") ise bir etmenin elde etmek istediklerine karşılık gelmektedir. Son olarak *Hedefler* ("*Intention*") etmenin üzerinde bilinçli tutumları olup etmenin amaçlarına ulaşmak için uygulamaya koyacağı planlama mekanizmasını içermektedir.

Somut BDI çerçeveleri de göz önüne alınarak (örneğin JADEX¹ ve JACK²) her etmenin *Amaçlarını*, *Planlarını* ve ortam ile ilgili *İnançlarını* ihtiva eden *Yetenekler* ("*Capabilities*") üstvarlığı da SEA_ML üstmodelinde bulunmaktadır. Her bir *İnanç* bir ya da birden fazla *Gerçekten* ("*Fact*") oluşmaktadır. Ortam *Gerçekleri* birer ontolojik varlıktır ve bu nedenle modelde ODM³'nin *OWL Sınıfı'nın* ("*OWLClass*") birer uzantısı olarak yer almaktadır.

Anlamsal Web Etmenleri görevlerini yerine getirmek için *Planlar* ("*Plans*") uygulamaktadırlar. Her bir Plan bir ya da birden fazla *Davranış'ı* ("*Behaviour*") işletir ve bu işletimi sırasında *Amaç(lar)*'ın elde edilmesi sağlanır.

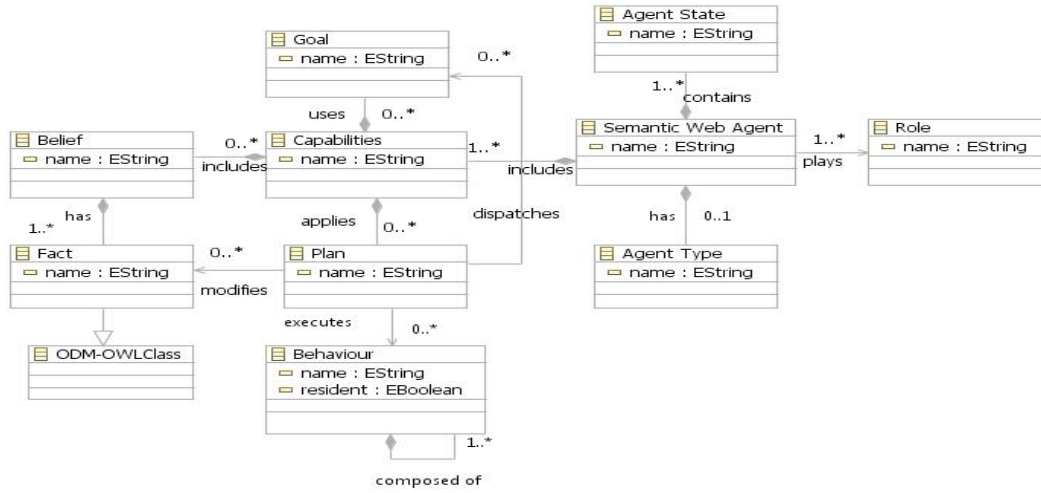
3.2. Protokol Bakışaçısı

Bu bakışaçısı bir MAS' daki etmenlerin etkileşimleri ve iletişimlerine odaklanmaktadır. Herhangi bir *Rol* içerisindeki bir *Protokol* gerçekleştirilmesi gereken bir ya da birden fazla *Etkileşim'i* ("*Interaction*") kullanmaktadır. Her bir *Etkileşim* etmen davranışları tarafından tetiklenen bazı

¹ JADEX BDI Agent, www.jadex-agents.informatik.uni-hamburg.de/

² JACK Autonomous Software, www.agent-software.com.au/

³ Object Management Group, Ontology Definition Metamodel, www.omg.org/spec/ODM/1.0/



Şekil1: Anlamsal Web Etmeni İçsel Bakış açısını gösteren kısmi üstmodel

Mesaj ("Message") gönderimlerinden oluşmaktadır. Her bir *Mesaj*'ın örneğin bilgilendirme, istek, vb. gibi bir *Mesaj Tipi* ("Message Type") vardır. Bir *Davranış* kapsamında bir etmen herhangi bir *Mesaj Tipi*'nde mesaj gönderebilir ya da alabilir.

SEA_ML sözdiziminin bu bakış açısı çok-etmenli sistemlerdeki etkileşimlerin ve mesajlaşmaların soyut bir gösterimini sağlamaktadır. Örneğin *Anlaşma Ağı Protokolü* ("Contract Net Protocol")'nü [8] uygulayan etmenlerin etkileşimleri soyut bir şekilde bu üstmodel ile gösterilebilir. Benzer şekilde FIPA'nın *Etmen İletişim Dili* ("Agent Communication Language") (ACL)¹ mesajları ve mesaj tipleri de yine burada tanımlanan varlıklar ile üst düzeyde gösterilebilir.

3.3. MAS ve Organizasyon Bakış açısı

Bu bakış açısında MAS yapısı ve organizasyon görüntüsü ile ilgilenilmektedir. Herhangi bir anlamsal web etmeni belli bir amaca ulaşmak için bir *SWO* içerisinde bir ya da birden fazla etmen ile işbirliği yapabilir. Ayrıca bir etmen aynı zamanda birden fazla *SWO*'da bulunabilir. Bir *SWO* herhangi bir zamanda birden fazla etmeni içerebilir. Bunların yanı sıra bir organizasyon bir ya da birden fazla alt organizasyonun birleşiminden meydana gelebilir.

Bir ontoloji bir etmen organizasyonu üyesi için herhangi bir bilgi toplama ve akıl yürütme kaynağını temsil eder. Alan bilgisini ve ortam gerçeklerini organizasyon üyesi etmenlere sağlayan ontolojiler üstmodelde *Organizasyon Ontolojisi* ("Organization Ontology") ile temsil edilmektedir.

3.4. Rol ve Davranış Bakış açısı

Etmenlerin oynadıkları rolleri ve planları dâhilinde üsteleneceği görevleri ve davranışları göz önüne alan SEA_ML bakış açısı *Rol ve Davranış* bakış açısıdır. Anlamsal web etmenleri içinde buldukları sistem içerisinde bazı rolleri oynamakta ve hem içsel bilgilerini ("knowledge") yönetmek için hem de ortam hakkında bildikleri gerçeklere göre çıkarsama yapabilmek için ontolojiler gibi anlamsal

kaynakları kullanmaktadırlar. Etmenler aynı anda birden fazla rol ile ilişkilendirilebilir ve aynı rol bir sistem içerisinde birden fazla etmen tarafından oynanabilir. Etmenler zaman içerisinde rollerini de değiştirebilirler. Etmenlerin *Görev* ("Task") tanımları ve görev işletim süreçleri *Davranış* yapıları üzerinden modellenmektedir.

Ancak oldukça genel bir anlama sahip bu üstmodel varlığının mimari ve iş alanı tabanlı rollerin görev tanımlarına bağlı olarak model içerisinde özelleşmesinin gerektiğine inanılmış ve üstmodelde bu varlığın iki alt varlığı da yer almıştır: *Mimari Rol* ("Architecture Role") ve *Alan Rolü* ("Domain Role"). Bir *Mimari Rol*, organizasyonun içeriğinden bağımsız olarak platform içerisinde en az bir etmen tarafından üstlenilmesi gereken anlamsal web yetenekli çok-etmenli sistemler için zorunlu bir rolü tanımlamaktadır. Buna karşılık *Alan Rolü* etmen organizasyonu içeriğine özgü olup tamamıyla spesifik bir iş alanı için oluşturulmuş *SWO*'nun ihtiyaçlarına ve görev tanımlamalarına dayalıdır. *Alan Rolü*'nü oynayan bir etmen bir ya da birden fazla *Rol Ontolojisi* ("Role Ontology") kullanarak sistem ve iş alanı kavramlarından haberdar olur. Organizasyonda yer alan bir kısım etmenin organizasyona özgü bazı servisleri sağlamak amacıyla ortaya konan rolleri oynaması gerekir. Bu nedenle üstmodelde *Mimari Rol*'ün iki özelleşmiş alt model elemanı da yer almaktadır: *Kayıt Rolü* ("Registration Role") ve *Ontoloji Arabulucu Rol* ("Ontology Mediator Role"). *Kayıt Rolü* organizasyondaki etmenler için sarı sayfa servisi sunan bir ya da daha fazla *Anlamsal Web Etmeni* tarafından oynanmaktadır. Üstlendiği rolün kapsamına göre söz konusu bu etmenler anlamsal web etmenlerinin ya da anlamsal web servislerinin yetenek ilanlarını saklayabilirler.

Bir etmen oynadığı rol üzerinden bir etkileşim ya da görev *Senaryosu*'na ("Scenario") dâhil olur. Böylece birçok protokolü gerçekleştirebilir. Daha önce belirtildiği gibi etmen davranışları üstmodelde *Davranış* varlığı ile temsil edilmektedir. Her bir *Davranış* bir dizi *Görev*'in birleşiminden oluşmaktadır. Her bir *Görev* de kendi içerisinde bir ya da birden fazla *Eylem*'i ("Action") içermektedir. Bir *Eylem* başka bir etmene mesaj gönderme, ontoloji sorgulama, vb. atomik eylemlerin temsili oluşturmaktadır.

¹ FIPA Agent Communication Language Message Structure Specification, www.fipa.org/specs/fipa00061/

3.5. Çevre ve Servis Bakış açısı

Etmenlerin kaynak kullanımı ve çevre etkileşimleri bu bakış açısında ele alınmaktadır. SEA_ML üstmodelinin bu bakış açısını temsil eden kısmında *Çevre* ("Environment"), *Kaynak* ("Resource"), *İzin Tablosu* ("Permission Table"), *Servis* ("Service"), *SWS*, *Servis Ontoloji* ("Service Ontology") ve *Rol* ve *Davranış* bakış açısından dâhil edilen *Rol* birinci sınıf üst-varlıkları ve ilişkileri modellenmiştir.

Bir etmen oynadığı roller gereği birden fazla *Çevre*' ye erişebilir ve bir ortam birçok *Kaynak*' ı (örneğin bir veritabanı, ağ cihazı, vb.), *İzin Tabloları*'nda tutulan bu kaynaklara erişim haklarını ve Anlamsal Web Servislerini içerebilir. Burada dikkat edilmesi gereken modelde *Anlamsal Web Etmenler*' i ile *SWS*'ler arasındaki ilişkinin *Rol* varlığı üzerinden sağlanmış olmasıdır. Çünkü etmenler organizasyon içerisinde tanımlanmış olan rollerine dayalı olarak *SWS*' ler ile etkileşimde bulunurlar.

3.6. Etmen-Anlamsal Web Servis Etkileşim Bakış açısı

SEA_ML üstmodelinin belki de en önemli bakış açısı *Etmen – Anlamsal Web Etkileşim* bakış açısıdır. *Anlamsal Web Etmenlerinin Anlamsal Web Servisleri* ile nasıl etkileşime gireceği bu bakış açısı ile modellenir [4]. Uygun servisin bulunması, servis ile anlaşılması ve anlaşılan servisin çalıştırılması ile ilgili varlıkların tanımı bu bakış açısında yer alır. Aynı zamanda anlamsal web servislerinin içsel yapısı da bu bakış açısı ile modellenir.

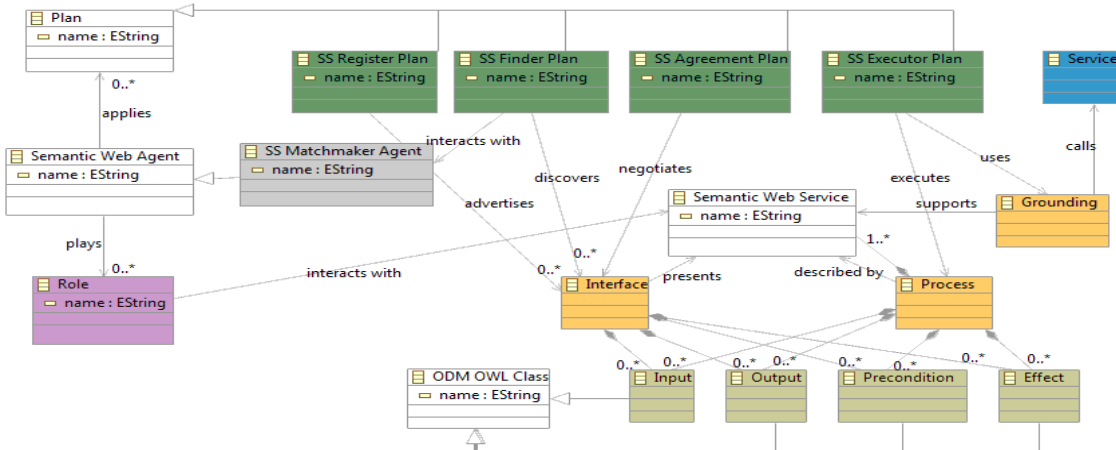
Şekil 2' de Etmen – Anlamsal Web Etkileşim bakış açısı resmedilmiştir. *Anlamsal Web Etmeni*, *Rol*, *Kayıt Rolü*, *Plan*, *Davranış* ve *Anlamsal Servis Eşleyici Etmeni* üstmodelin diğer bakış açılarında dâhil edilen üstvarlıklar olup tanıtımları önceki altbölümlerde verildiğinden burada sadece yeri geldiğinde bu bakış açısının doğrudan elemanı olan üstvarlıklar ile olan ilişkileri anlatılmaktadır.

Anlamsal web servisi modelleme yaklaşımları (örneğin OWL-S) bir servisi genellikle üç anlamsal doküman ile tanımlamaktadır: *Servis Arayüzü* ("Service Interface"), *Süreç*

Grounding"). *Servis Arayüzü* bir servisin yeteneklerini göstermektedir. *Süreç Modeli* ise servisin iç birleşimini ve servis çalıştırma dinamiklerini tanımlamaktadır. Son olarak, *Fiziksel Altyapı* bir servisin çalıştırma protokolünü tanımlamaktadır.

SWS üstvarlığına ait bu bileşenler üstmodelde *Arayüz* ("Interface"), *Süreç* ("Process") ve *Altyapı* ("Grounding") isimli varlıklar ile verilmiştir. Bu bileşenlerin *Girdi* ("Input"), *Çıktı* ("Output"), *Önkoşul* ("Precondition") ve *Etki* ("Effect") tanımları da yine üstmodelde bulunmaktadır. Bu bileşen yapısı üstmodelin eski sürümünde [3] de yer almaktaydı. Ancak gerçekleştirilen revizyon sonucu bu model elemanları üstmodelin eski sürümündeki *Ontoloji Sınıfı* ("OntClass") yerine OMG'nin ODM'sinde bulunan *OWL sınıfını* ("OWLClass") uzatmaktadır. Anlamsal web etmenleri görevlerini yerine getirmek için *Plan*' lar uygulamaktadırlar. *Anlamsal Web Servislerini* dinamik olarak keşfetmek, onlarla anlaşmak ve onları çalıştırmak için *Plan* üstvarlığının üç uzantısı yine üstmodelde tanımlanmıştır. *Anlamsal Servis Bulucu Plan* ("SS Finder Plan") aday anlamsal web servislerinin keşfedilmesini kapsayan bir plandır. *Anlamsal Servis Anlaşma Planı* ("SS Agreement Plan") servis kalitesi metrikleri (örneğin servis çalıştırma maliyeti, çalışma zamanı, servisin yeri, vb.) üzerine anlaşmayı ve anlaşmanın hazırlanmasını içermektedir. Servisin keşfi ve servisle anlaşma tamamlandıktan sonra etmen uygun anlamsal web servisini çalıştırmak amacıyla *Anlamsal Servis Çalıştırıcı Planı* ("SS Executor Plan") uygulamaya geçirir. Söz konusu *Plan* uzantıları Şekil 2'de sağ üstte gösterilmiştir. Anlamsal web servisler bileşenleri ile bu planların ilişkileri de yine uygun öznitelik tanımlamaları ile Şekil 2' de resmedilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi etmenler servis yeteneklerini keşfetmek amacıyla bir servis kayıtcısı ile iletişime geçme ihtiyacı duyarlar. *SWS*' lerin yetenek ilanlarını bir MAS içerisinde depolayan ve diğer etmenler tarafından yollanan servis arama mesajları sonucunda ihtiyaç duyulan servis yetenekleri ile ilan edilenleri karşılaştıran aracı etmenler. *Anlamsal Servis Aracı Etmeni* ile modelde temsil edilmektedir. Bu etmenlerin söz konusu iş için uygulamaya koydukları planlar yine *Plan* varlığının bir uzantısı olan *Anlamsal Servis*



Modeli ("Process Model") ve Fiziksel Altyapı ("Physical Grounding") adını almaktadır. Şekil2: Etmen-Anlamsal Web Servis Etkileşim Bakış açısını gösteren kısmi üstmodel

4. SEA_ML Somut Sözdizimi

SEA_ML'e ait kavramlar ve ilişkiler soyut sözdizim ile belirlendikten sonra ATL¹ ortamında oluşturulmuş SEA_ML üstmodel varlıkları ile bunların grafiksel gösterimleri arasındaki eşlemeler sağlanmış ve görsel somut sözdizim GMF üzerinde oluşturulmuştur.

Somut sözdizim sayesinde örnek modelin SEA_ML kullanılarak oluşturulan MAS üstmodeline göre geçerliliği sağlanmaktadır. Sözdizim tanımı görsel ve metinsel olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Bu çalışmada bildirinin üçüncü bölümünde verilen bakışaçılarına dayanan görsel bir somut sözdizim hazırlanmıştır.

SEA_ML kavramlarının grafiksel notasyonları da belirlendikten sonra ihtiyaç duyulan görsel somut sözdizim bileşenleri elde edilmiştir. Bakışaçılarına ait kavramların belirlenen gösterimleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Tablo (1-5). MAS ve Organizasyon bakışaçısına ait tüm elemanlar diğer bakışaçılarında da mevcut olduğundan yer kısıtı bakımından ayrıca tablo ile gösterilmemiştir. Her tabloda birinci sütun SEA_ML kavramlarını, ikinci sütun ise kavramların gösterimlerini listelemektedir.

Modele ait elemanlardan yakın türde olanlar veya birbirinden türeyen elemanlar benzer gösterimlere sahiptir. Örneğin, "Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim" bakışaçısına ait somut sözdizim elemanlarını ele alırsak; *Plan* elemanından kalıtım yoluyla türeyen *Anlamsal Servis Kayıt Planı*, *Anlamsal Servis Bulucu Planı*, *Anlamsal Servis Anlaşma Planı* ve *Anlamsal Servis Çalıştırıcı Planı* için *Plan* zeminine ait gösterim kullanılmıştır ve ne tür bir plan olduklarını ifade eden kelimelerin baş harfleri bu zemine eklenmiştir. Benzer şekilde ontoloji kavramının temel şekli belirlenmiş, farklı amaçlara hizmet eden ontolojilerde benzer yol izlenmiştir.

kavram	gösterim
İnanç	
Gerçek	
Amaç	
Yetenekler	
Plan	
Davranış	
Anlamsal Web Organizasyonu	
Etmen Durumu	
Etmen Tipi	
Rol	
Anlamsal Web Etmeni	

Tablo 1: Anlamsal Web Etmeninin İçsel bakışaçısına ait somut sözdizim elemanları

¹ ATL: A model transformation technology, www.eclipse.org/atl/

Çalışmalarımız sonucunda etmen yazılımı geliştiricilerin Anlamsal Web yetenekli MAS'ları SEA_ML'in görsel somut sözdizimine uygun bir biçimde tasarlayabilecekleri bir modelleme aracı geliştirilmiştir. Bu araç sözü edilen tüm bakışaçılarını desteklemektedir. SEA_ML sözdiziminin içerdiği kısıtlar Eclipse GMF tabanlı araçla sağlanmıştır. Aracın bir yararı da Ecore uyumlu metinsel modeli de sağlıyor olmasıdır. Tüm elemanlar ve ilişkileri, ilişkilerin bazı kısıtları Ecore modelde tanımlanabilmektedir.

kavram	gösterim
Anlamsal Web Etmeni	
Anlamsal Servis Arabulucu Etmeni	
Anlamsal Servis Kayıt Planı	
Anlamsal Servis Bulucu Planı	
Anlamsal Servis Anlaşma Planı	
Anlamsal Servis Çalıştırıcı Planı	
Rol	
Kayıt Rolü	
Rol Ontolojisi	
Servis Ontolojisi	
Anlamsal Web Servis	

Tablo 2: Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim bakışaçısına ait somut sözdizim elemanları ve gösterimleri

kavram	gösterim
Senaryo	
Davranış	
Anlamsal Web Etmeni	
Alan Rolü	
Görev	
Eylem	
Kayıt Rolü	
Rol Ontolojisi	

Tablo 3: Rol ve Davranış bakışaçısına ait somut sözdizim elemanları

GMF tabanlı araç geliştirme gerçekleştirimi sırasında oluşturulan Ecore modellerdeki kısıtlar örnek modeller üzerinde sağlanmıştır. Araç gösterimlerle desteklenmiş ve ikonların oluşumu gerçekleştirilmiştir. Her bakışaçısına ait üst elemanların örnek modellerde oluşturdukları kısıtlar şöyle sıralanabilir:

Hücre ("Compartment") kısıtı: Üst modelde oluşturulan elemanlar arasındaki bütünleştirme ilişkisi örnek model seviyesinde birbirini içeren iki elemana dönüşmesini gerçekler. Bu ilişki türüne sahip olmayan iki eleman iç içe hücre şeklinde modellenemez. Örneğin *Etmen İçsel Bakışaçısına* ait üst elemanlar arasında *İnanç*, *Gerçek* elemanlarından oluşur. Üst modeldeki ilişkileri bütünleştirme olarak tanımlandığından *Gerçek*, *İnanç*' in bir hücresi olacaktır. Aynı bakışaçısında *Anlamsal Web Etmeni* ve *Rol* elemanları arasında ise böyle bir ilişki ve modelleme uygulanamaz.

İlişki sayısı kısıtı: İki eleman arasındaki bire bir, bire çok, çoktan çoğa gibi ilişkiler Ecore aşamasında belirlendikten sonra, örnek modelde bu kısıtlar iki eleman arasındaki ilişkileri sınırlar. Örneğin bir *Anlamsal Web Etmeni* birden fazla *Rol* oynayabilirken tek bir *Etmen Tipine* sahip olabilir.

İlişki kaynağı ve hedefi kısıtı: Bir ilişkinin hangi elemandan hangi elemana doğru olduğu, o ilişkinin kaynağını ve hedefini belirler. Bu kısıt Ecore seviyesinde tanımlanmaya başlanır. Örneğin *Plan* ve *Amaç* arasındaki bir ilişki *Plan*' dan *Amaç*' a doğru olmadığı sürece örnek modelde tanımlanamaz.







Kalıtım ilişkisi kısıtı: Üst seviyede tanımlanan kalıtım ilişkileri, örnek modeller yaratılırken kalıtımın doğası gereği bazı kısıtlar getirmektedir. Örnek modeldeki bir alt sınıf üst sınıfının tüm özneliklerini ve ilişkilerini içerir. Bu örneği en iyi Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim bakışaçısında verebiliriz. *Plan* üst elemanın Bölüm 3' te verildiği üzere dört tane alt sınıfı mevcuttur. *Plan* elemanının diğer elemanlarla direk olarak ilişkileri var olsa bile, oluşturulan araçta alt sınıflar yer almış, planın tüm ilişkileri kalıtım yoluyla bu alt sınıflardan türeyen örneklerle aktarılmıştır.

İlişki eleman bütünlüğü: Örnek modelde oluşturulan bir elemanın kaldırılmasıyla, ona ait tüm ilişkiler de modelden silinmektedir.

kavram	gösterim
Web Servis	
Kaynak	
Semantic web Service	
Ortam	
Rol	
Servis Ontolojisi	
İzin Tablosu	

Tablo 4: Çevre ve Servis Bakışaçısına ait somut sözdizim elemanları ve gösterimleri

Hücre kısıtı Protokol bakışaçısı hariç tüm bakışaçılarında kullanılmıştır. İlişki sayısı kısıtı, ilişkinin kaynak-hedef yönleri ve ilişki eleman bütünlüğü modellemenin en temel kısıtları olduğundan tüm bakışaçılarında mevcuttur. Kalıtım kısıtları ise MAS ve Organizasyon bakışaçısı hariç tüm bakışaçılarında bulunmaktadır.

kavram	gösterim
Rol	
Davranış	
Protokol	
Mesaj	
Etkileşim/ Anlaşma Ağı	
Mesaj Tipi	

Tablo 5: Protokol Bakışaçısına ait somut sözdizim elemanları ve gösterimleri.

5. Takas Sistemi Durum Çalışması

Önerdiğimiz SEA_ML sözdiziminin etmen tabanlı sistemlerin geliştirilmesinde kullanımını örneklemek amacıyla bir Takas sistemi durum çalışması bu bölümde anlatılmaktadır. Bir takas sistemi bir mal veya hizmetin alıcısı veya satıcılarının herhangi bir para kullanımı olmadan alışveriş yapmasını sağlayan alternatif bir ticaret yaklaşımını içerir. Takas pazaryerlerinde adı üzerinde mal veya hizmetlerin takası söz konusudur. Etmen temelli bir elektronik takas sistemi kullanıcıları adına ve kullanıcıların tercihleri doğrultusunda takas işlemi yürüten etmenleri içermektedir. *Müşteri ("Customer")* etmenleri takas önerisi sunmak veya değerlendirmekten sorumludurlar. *Takas Yöneticisi ("Barter Manager")* etmeni ise sistemdeki tüm takas işlemlerini yönetmektedir. Bu etmen takas önerilerini toplamaktan, uygun takas önerilerini eşlemeden ve alıcı ve satıcı etmenler arasındaki alışverişin gözlenmesinden sorumludur [4].

Alıcı satıcı rolündeki *Müşteri* etmenler arasında belirli kısıt değerleri ile alışveriş gerçekleşmektedir. Bu değerler her etmenin kendine ait *İnanç Tabanı*' nda bulunan üst ve alt sınırlarla, bazı fonksiyon değerlerine bağlı olarak belli bir aralıkta bulunmaktadır. Bu aralıkta istediği fiyata ulaşamayan müşteriler alışverişini başarılı bir şekilde sonlandıramaz ve *Takas Yöneticisi* etmenine haber verir. Etmen tabanlı Takas Sisteminin işleyişi daha ayrıntılı olarak [9]' da yer almaktadır. Bu sistemin Anlamsal Web Etmeninin İçsel ve Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim bakışaçılarına göre modellerinin SEA_ML sözdizimi ile gösterimler Şekil 3 ve Şekil 4' te verilmiştir.

Şekil 3' teki ekran görüntüsü, bir Takas Yöneticisi etmeninin içsel yapısının Anlamsal Web Etmeninin İçsel bakışaçısına göre nasıl modellenebileceğini örneklemektedir. Sağ taraftaki palette SEA_ML'in ilgili bakışaçısına ait tüm elemanları yer almaktadır. Örnek diyagramda bir Takas Yöneticisi BDI mimarisine göre modellenmiştir ve Anlamsal Web etmeninin bir örneğidir. İşletimi için ihtiyaç duyulan Amaç, Rol, Yetenek gibi bileşenlerin SEA_ML somut sözdizim elemanlarından *Plan*, *Yetenekler*, *Amaç*, *Anlamsal Web Organizasyon*, *Rol* ve *İnanç* ile temsilleri ve ilişkileri hazırlanmıştır.

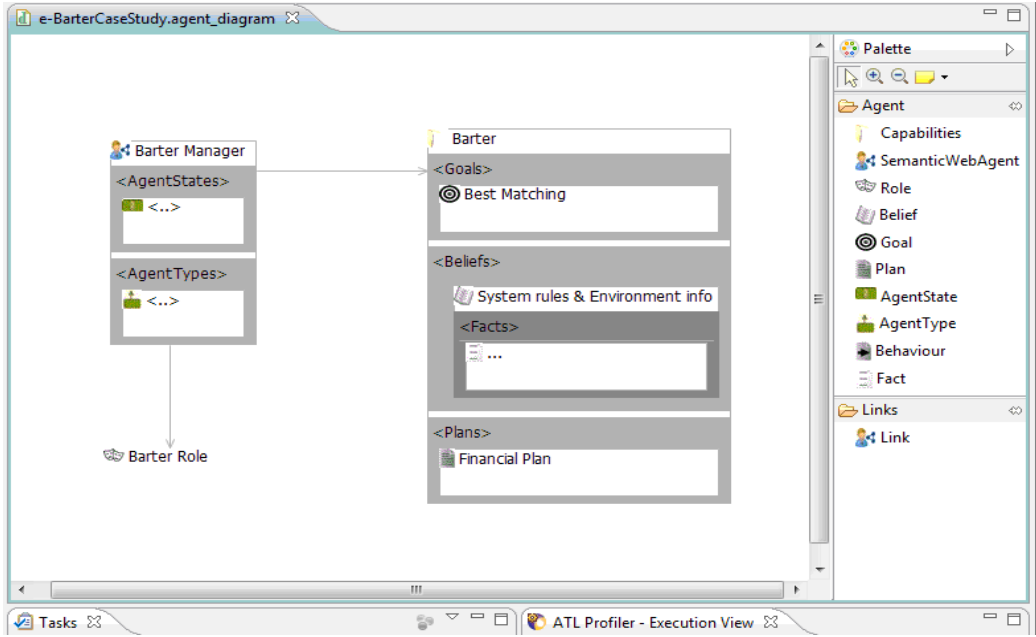
Sözü edilen kısıtlara örnek verilecek olursa, *Takas Yöneticisi* bir *Takas Rolüne ("Barter Role")* sahiptir ve bir *Takas Yeteneği ("Barter")*, *En İyi Eşleme ("Best Matching")* gibi bir

amacı içinde barındırabilirken, bir *Takas Rolü*'nü barındıramaz.

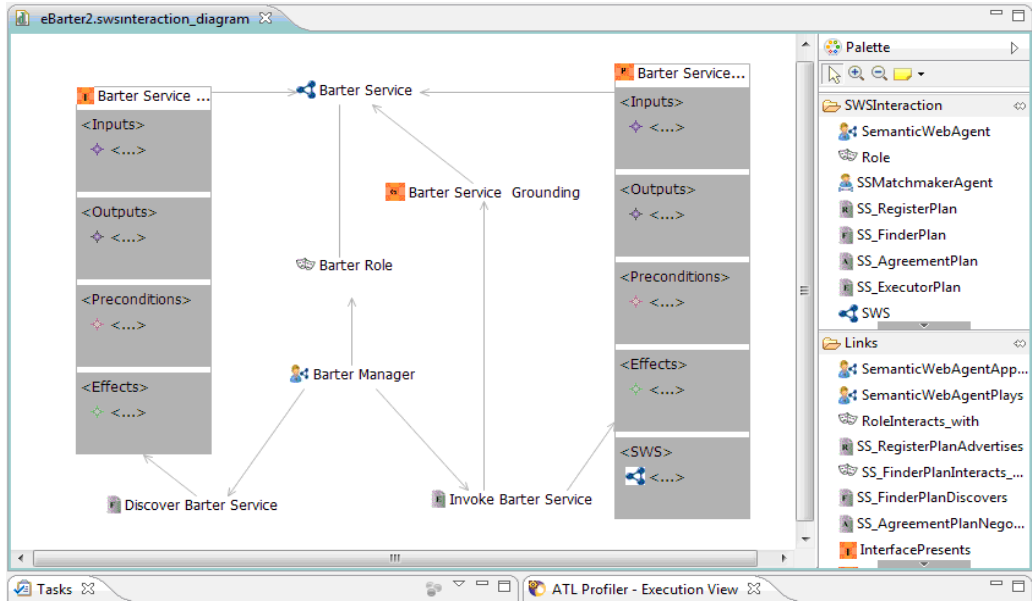
Şekil 4' te ise *Takas Yöneticisi*' nin görevlerini yerine getirmek için sistemde yer alan SWSler ile olan etkileşiminin sunulan araç ile Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim bakışçasına uygun bir biçimde nasıl modellenebileceği gösterilmiştir. Söz konusu takas sisteminde *Takas Yöneticisi* etmeni takas için önerilen malların eşlenmesi ve değerinin belirlenmesi amacıyla bir anlamsal web servisi ile etkileşime geçmektedir.

Şekil 3' e benzer şekilde sağdaki palette tüm üstmodel elemanları yer alırken, takas sisteminin modellenmesi sırasında, *SWA*, *Anlamsal Servis Bulucu Plan*, *Anlamsal Servis Çalıştırıcı Plan*, *Rol*, *Arayüz*, *Süreç*, *Altyapı* ve *SWS* elemanları kullanılmıştır.

Örneğin *Takas Yöneticisi* bir *Anlamsal Web Etmeni* örneğidir. Bu etmen, *Servis Bulucu Plan* örneği olan *Takas Sistemini Bul* ("Discover Barter Service") ve *Anlamsal Servis Çalıştırıcı Plan* örneği olan *Takas Servisini Çağır* ("Invoke Barter Service") planlarını, *Plan* üst sınıfının tüm ilişkileriyle çalıştırmaktadır.



Şekil3: Etmen tabanlı elektronik takas sistemindeki Takas Yöneticisi'nin içsel BDI yapısının Anlamsal Web Etmeninin İçsel bakışçasına göre GMF-tabanlı editörde modellenmesi



Şekil 4: Etmen tabanlı elektronik takas sistemindeki Takas Yöneticisi etmeni ile Takas Servisi isimli anlamsal web servisi arasındaki ilişkinin Etmen - Anlamsal Web Servis Etkileşim bakışçasına göre GMF-tabanlı editörde modellenmesi

Takas Yöneticisi etmeni işletimi sırasında da *Takas Rolü*'nü oynamaktadır. Takas işlemleri için kullandığı anlamsal web servis *Takas Servisi*'dir ("*Barter Service*") ve bu servisi kullanmak için servisin anlamsal arayüzünü ve çalıştırma mekanizmasını kullanır. Sözü edilen tüm etkileşim öne sürdüğümüz SEA_ML in görsel somut sözdizimi ile modellenmiştir.

6. İlgili Çalışmalar

Etmen sistemlerinin üstmodelleri ile ilgili güncel çalışmalarda çoğunlukla MAS geliştirme metodolojilerine özgü üstmodel tanımları ya da platform bağımsız etmen üstmodellerinin üretilmesi üzerinde durulmuştur. Örnek olarak, [10]' da MAS geliştirme metodolojilerinden ADELFE, Gaia ve Passi için üstmodel tanımları verilmiştir. Benzer şekilde, [11] ile belirtilen çalışmada SODA etmen geliştirme metodolojisi için bir üstmodel tanıtılmıştır. Bu çalışma SODA'nın sosyal bakışaçıları ("aspect") ve model etkileşimini amaçlar ve bu bakışaçıları üzerine bir üst model tanımlar. Ancak bununla beraber, bu üst modeller sadece ilgili metodolojilerin kavramları için biçimsel gösterim sunarlar ve genel MAS modellemesi için uygun değildir.

[12]' de verilen FAML üstmodeli etmen sistemleri için önerilen mevcut üstmodellerin bir sentezi olarak tanımlanmıştır. MAS'lar için tasarım süresi ve çalışma süresi kavramları belirtilmiş ve bu kavramların geçerliliği çeşitli MAS geliştirme metodolojileri kullanılarak sağlanmıştır. [12]' den farklı olarak bizim çalışmamızda MAS geliştirimi için soyut ve somut sözdizimi, anlamsallığı ve kod üretimini sağlayan araçlarla tam bir DSML geliştirimi amaçlanmaktadır

[5]' te önerilen sözdizimi, çalışmamız ile en ilgili çalışma olarak düşünülebilir. Bu çalışmada ilk olarak, MAS için bir DSML'in soyut sözdizimi platform bağımsız bir üstmodel kullanılarak üretilmiş ve daha sonra, belirlenen kavramlar ve gösterimler kullanılarak dilin görsel somut sözdizimi tanımlanmıştır. Ancak üretilen sözdizim Anlamsal Web etmenlerini ve Anlamsal Web yetenekli etmenlerin çevreleriyle etkileşimini desteklememektedir.

7. Sonuçlar ve İleriye Yönelik Çalışmalar

Bu çalışmada anlamsal web ortamında çalışan çok etmenli sistemlere ait SEA_ML adı verilen bir DSML' in üst modeli, farklı bakışaçılarıyla soyut sözdizimi ve sonrasında somut sözdizimi tanımlanmıştır. Görsel somut sözdizimin dayandığı üstmodelin içerdiği alan kısıtlarının kontrol edilebildiği ve sözdizimin kullanılabilirliği bir araç seti hazırlanmış ve kullanımı örneklenmiştir.

Bir sonraki aşamada, SEA_ML' e dayalı örnek MAS modellerinin metinsel geçerliliği Xtext¹ ile yapılandırılacaktır. Hemen ardından SEA_ML' in anlamsallığı dinamik ve statik olarak sağlanıp formal gösteriminin Object Z [13] ya da alternatifi ile tanımlanması amaçlanmaktadır. Tanımlanan bu DSML'in Model Güdümlü Geliştirme ("Model Driven Development") (MDD) sürecinde model dönüşümleri sonucunda sistem tasarımından otomatik olarak yazılım kodlarının elde edilmesi amacıyla kullanılması ve anlamsallığın kontrol edilmesi hedeflenmektedir.

¹ Xtext: Language Development Framework, www.eclipse.org/Xtext

8. Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Elektrik, Elektronik ve Enformatik Araştırma Grubu (EEEAG) tarafından 109E125 no' lu proje kapsamında desteklenmektedir.

9. Kaynakça

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J. ve Lassila, O. "The Semantic Web", *Scientific American*, 284(5):34-43, 2001.
- [2] Kardas, G., Ekinci, E. E., Afsar, B., Dikenelli, O. ve Topaloglu, N. Y., "Ontoloji Tabanlı Çok-etmenli Sistemlerin Model Güdümlü Geliştirilmesi", *4. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu*, ss. 125-132, 2009.
- [3] Kardas, G., Goknil, A., Dikenelli, O. ve Topaloglu, N. Y., "Model Driven Development of Semantic Web Enabled Multi-agent Systems", *International Journal of Cooperative Information Systems*, 18(2): 261-308, 2009.
- [4] Kardas, G., Demirezen, Z. ve Challenger, M., "Towards a DSML for Semantic Web enabled Multi-agent Systems" *International Workshop On Formalization Of Modeling Languages (FML'10) colocated with 24. European Conference on Object Oriented Programming (ECOOP 2010)*, ACM Press, ss. 1-5, 2010.
- [5] Warwas, S., Hahn, C., "The concrete syntax of the platform independent modeling language for multiagent systems.", *Agent-based Technologies and applications for enterprise interOPERability (ATOP 2008) in 7. International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent System (AAMAS 2008)*, 2008.
- [6] Challenger, M., Getir, S., Demirkol, S. ve Kardas, G., "A Domain Specific Metamodel for Semantic Web enabled Multi-agent Systems", *Lecture Notes in Business Information Processing*, 83: 177-186, 2011.
- [7] Bratman, M.E., "*Intention, Plans, and Practical Reason*", Harvard University Press, 1987.
- [8] Smith, R.G., "The Contract Net Protocol: High-level Communication and Control in a Distributed Problem Solver", *IEEE Transaction on Computers*, 29(12): 1104-1113, 1980.
- [9] Demirkol, S., Getir, S., Challenger, M. and Kardas, G., "Development of an Agent based E-barter System", *International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA 2011)*, *IEEE Computer Society*, 2011.
- [10] Bernon, C., Cossentino, M., Gleizes, M-P., Turci, P., Zambonelli, F.: "A Study of some Multi-Agent Meta-Models", *Lecture Notes in Computer Science*, 3382: 62-77, 2005.
- [11] Molesini, A., Denti, E., Omicini, "MAS Meta-models on Test UML vs. OPM in the SODA Case Study", 2005, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3690: 163-172, 2005.
- [12] Beydoun, G., Low, G.C., Henderson-Sellers, B., Mouratidis, H., Gómez-Sanz, J.J., Pavon, J, Gonzalez-Perez, C., "FAML: A Generic Metamodel for MAS Development", *IEEE Transaction on Software Engineering* 35(6): 841-863, 2009.
- [13] Smith, Graeme, "*The Object-Z Specification Language*", Kluwer Academic Publishers, 1999.