



**ANLAMSAL AĞ VE HAREKETLİ NESNE VERİ TABANI
KULLANILARAK SAVAŞ UÇAKLARI İÇİN
ANLIK ROTA ÖNERME SİSTEMİ**

Emre ÇİNTAŞ

**Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZYER
2018
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ANLAMSAL AĞ VE HAREKETLİ NESNE VERİ TABANI
KULLANILARAK
SAVAŞ UÇAKLARI İÇİN ANLIK ROTA ÖNERME SİSTEMİ**

Emre ÇINTAŞ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2018**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**ANLAMSAL AĞ VE HAREKETLİ NESNE VERİ TABANI KULLANILARAK
SAVAŞ UÇAKLARI İÇİN ANLIK ROTA ÖNERME SİSTEMİ**

Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZYER danışmanlığında, **Emre ÇINTAŞ** tarafından hazırlanan bu çalışma **21/06/2018** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği/oy çokluğu (../..) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZYER

İmza :

Üye : Prof. Dr. Naci GENÇ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bilal USANMAZ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun **28.06.2018** tarih ve **26.28** nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANLAMSAL AĞ VE HAREKETLİ NESNE VERİ TABANI KULLANILARAK SAVAŞ UÇAKLARI İÇİN ANLIK ROTA ÖNERME SİSTEMİ

Emre ÇİNTAŞ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZYER

Günümüzde, savaş durumunda düşman uçaklarının muhtemel gidebileceği rotalarla ilgilenen kurumlar, uzun istihbarat çalışmaları sonunda titizlikle elde ettikleri gizli bilgilerle önlem almaya çalışmaktadırlar. Ancak, pek çok sebepten ötürü, düşman devletlere istihbarat elemanı yerleştiremeyen veya bilgiye ulaşamayan servisler, önceden önlem alamamakta ve sadece kendi savunma sistemleriyle ve savaş uçaklarıyla düşman uçaklarını durdurmaya çalışmaktadırlar. Ne var ki bu durum pek çok insan hayatını tehlikeye sokmakta ve devlet prestijini ekonomik ve sosyal yönden yıkıma uğratmaktadır. Bu çalışmada, anlamsal tabanda çalışabilen ve pilotların, seyrüsefer subaylarının veya konuyla ilgilenen istihbarat birimlerinin yararlanmaları için tasarlanmış rota önermesi yapabilen, gerçekçi verilerle donatılmış yapay zekâ tabanlı Rota Tahmin mimarisi sunulmaktadır. Bu mimarinin ontolojik tabanı OWL (Web Ontology Language) dili uygulanarak geliştirilmiş, uçak, uçak yakıt modeli ve askeri alana ait tüm kavramlar, bireyler, özellikler ve bunlar arasındaki semantik bağlamdaki ilişkiler ontoloji aracılığıyla mantıksal sınıflandırılmıştır.

2018, 98 sayfa

Anahtar Kelimeler: Rota önerme sistemi, anlamsal ağ, semantik web, ontoloji, akıllı arama motorları, savaş uçakları, istihbarat.

ABSTRACT

MS Thesis

INSTANT ROUTE SUGGESTION SYSTEM FOR THE WARPLANES WITH USING SEMANTIC WEB AND MOVING OBJECT DATABASE

Emre ÇINTAŞ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Barış ÖZYER

Nowadays, in the event of war, the institutions that are interested in the possible routes of enemy planes are trying to take precautions based on the secret information they have gained through long intelligence research. However, for many reasons, these institutions cannot locate intelligence agents in enemy states or are unable to gain access to information, thus they cannot take precautionary measures. So, they try to stop enemy aircraft only with their own defense systems and warplanes. Nevertheless, this situation puts many people at risk and destroys the prestige of the state economically and socially. In this study, we present you the Structure of Artificial Intelligence based Route Estimation System with realistic data, capable of working semantically and proposing routes designed for the use of pilots, navigation officers or intelligence units interested in the subject. Database of this system is improved by using the OWL (Web Ontology Language) language. Moreover, aircraft, aircraft fuel system, all concepts and features of the military field, and the relations between them in the semantic context are logically defined through ontology.

2018, 98 pages

Keywords: Route suggestion system, semantic web, ontology, intelligent search engines, warplanes, intelligence.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım bu çalışmamda, çalışmamın her aşamasında gösterdiği yakın ilgi, yol göstericiliği, sabrı, bilimsel katkıları ve manevi desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZYER'e en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimde bana öğrenmeyi öğreten ve yüksek teknik donanımlı bilgilere ulaşmamı sağlayan, başta değerli İstanbul Aydın Üniversitesi hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Duygu ÇELİK ERTUĞRUL'a, Sayın Prof. Dr. Ali GÜNEŞ'e, Sayın Prof. Dr. Ahmad BABANLI'ya ve diğer hocalarıma çok teşekkür ederim.

Yardımlarını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (BAUM) değerli iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak bugüne ulaşmamı sağlayan, hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen değerli aileme teşekkür ediyorum.

Emre ÇİNTAŞ

Haziran 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Motivasyon.....	1
1.2. Görev Profili	3
1.3. Tezin Amacı ve Katkısı.....	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Semantik Web Yaklaşımı.....	5
2.1.1. Askeri ontoloji.....	6
2.1.2. Sağlık ontolojileri.....	7
2.1.2.a Gıda ontoloji bilgi tabanı.....	7
2.1.2.b Ulusal aşı ontolojisi.....	9
2.1.3. Deprem ontolojisi.....	11
2.2. Gezgin satıcı problemi	12
2.2.1. Temel algoritmalar	13
2.2.1.a. Genetik algoritma	13
2.2.1.b. Karınca kolonisi algoritması	16
2.3. Araç Rotalama Problemleri	20
2.3.1. Sezgisel yöntemler	21
2.3.1.a. Klasik sezgisel yöntemler	21
2.3.1.b. Meta sezgisel yöntemler	24
2.3.2. Örnek uygulama	25
2.4. Rota Tahmin Alanında Yapılmış Diğer Çalışmalar	28
2.5. Hareketli Nesne Veri Tabanı	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31

3.1. Anlamsal Ağ	31
3.1.1. Ontoloji	34
3.1.2. Protege editörü	35
3.1.2.a. Sınıfların tanımlanması ve sınıf sıradüzeninin oluşturulması	36
3.1.2.b. Nesne ve veri özellikleri	37
3.1.2.c. Bireyler	38
3.1.2.d. SWRL kuralları	39
3.1.3. Netbeans editörü	41
3.1.4. Hareketli nesne veri tabanı	42
3.1.4.a. Uzaysal veri tabanı sistemleri	42
3.1.4.b. Zamansal veri tabanı sistemleri	43
3.1.4.c. Secondo mimarisi	43
3.2. Sistem Mekanizması	45
3.2.1. Uçak ontoloji bilgi tabanı	47
3.2.1.a. Anlamsal arama	50
3.2.1.b. Çıkarsama motoru	50
3.2.1.c. Çalıştırma motoru	60
3.2.2. Önerme algoritması	60
3.2.2.a. Haversin mesafesi	62
3.3. Uygulama: SUARSIS.....	63
3.3.1. Paydaşlar	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	67
4.1. SUARSIS Senaryoları	67
4.1.1. Suriye sınırları senaryosu	69
4.1.1.a. MIG-21/BIS düşman savaş uçağı göstergeleri	72
4.1.1.b. Suriye sınırları senaryosunda önerilen rotalar için SUARSIS önerme algoritması ile en yakın komşu algoritmasının karşılaştırılması	74
4.1.1.c. MIG-21/BIS düşman savaş uçağı muhtemel gidilen rota simülasyonu	77
4.1.2. Yunanistan senaryosu	79
4.1.2.a. MIRAGE-2000/EG düşman savaş uçağı göstergeleri	82
4.1.2.b. Yunanistan senaryosunda önerilen rotalar için SUARSIS önerme algoritması ile en yakın komşu algoritmasının karşılaştırılması	82

4.1.2.c. MIRAGE-2000/EG düşman savaş uçağı için muhtemel gidilen rota simülasyonu	85
5. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	89
EKLER	93
EK 1	93
EK 2	94
EK 3	95
EK 4	96
EK 5	97
ÖZGEÇMİŞ	98

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AA	Anlamsal Ağ
ARP	Araç Rotalama Problemi
DSU	Düşman Savaş Uçağı
GA	Genetik Algoritma
GSP	Gezgin Satıcı Problemi
GUI	Graphical User Interface
HNVT	Hareketli Nesne Veri Tabanı
İHA	İnsansız Hava Aracı
KKA	Karınca Kolonisi Algoritması
MİT	Milli İstihbarat Teşkilatı
RÖ	Rota Önerme
RT	Rota Tahmini
SY	Semantik Yaklaşım
SW	Semantik Web
TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri
VM	Veri Madenciliği
YZ	Yapay Zekâ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Örnek savaş uçağı görev profili	3
Şekil 2.1. Örnek askeri ontoloji	6
Şekil 2.2. Gıda ontoloji bilgi tabanı örnek uygulaması	8
Şekil 2.3. Sağlık çalışanı için bireysel aşı takvimi ekranı.....	10
Şekil 2.4. Deprem merkezinden yaklaşık 2 km yarıçapındaki toplanma yerleri	12
Şekil 2.5. GA örnek uygulama 10752 iterasyondaki tur.....	15
Şekil 2.6. Karıncaların A-E arasındaki rotaları.....	17
Şekil 2.7. KKA ve GA'nın rota mesafesine göre başarımlar	19
Şekil 2.8. KKA ve GA'nın arama süresine göre başarımlar	19
Şekil 2.9. Düğümler ve deponun koordinat sisteminde işaretlenmesi	22
Şekil 2.10. Noktaların gruplanması	23
Şekil 2.11. En yakın komşu algoritması	24
Şekil 2.12. Sweep (süpürme) algoritmasında oluşan rotalar.....	27
Şekil 2.13. İHA nesnelerinin izlemiş oldukları rotalar	30
Şekil 3.1. Anlamsal Ağ katmanları	32
Şekil 3.2. Uçak Bilgi Ontolojisinin (UBO) Protégé editöründeki görüntüsü	36
Şekil 3.3. Uçak Bilgi Ontolojisi (UBO) sınıf sıradüzeni kesiti.....	37
Şekil 3.4. SUARSIS sisteminin Netbeans editöründen bir görüntüsü	41
Şekil 3.5. Secondo GUI	44
Şekil 3.6. Sistem mekanizması	46
Şekil 3.7. Ontoloji içersinde gelişen aşamalar	48
Şekil 3.8. SUARSIS'in uçak ontoloji bilgi tabanından kesit.....	49
Şekil 3.9. Aerodinamik kuvvet ve bileşenleri.....	56
Şekil 3.10. Özgül menzile ağırlığa göre değişim.....	58
Şekil 3.11. Özgül menzile mach sayısına göre değişim	58
Şekil 3.12. İş akış diyagramı.....	61
Şekil 3.13. SUARSIS paydaşları	65
Şekil 4.1. MIG-21/BIS savaş uçağına ait iz analizi	69
Şekil 4.2. MIG-21/BIS DSU'ya ait gösterge paneli	74
Şekil 4.3. Suriye sınırları senaryosu önerilen rotalar	75
Şekil 4.4. Suriye sınırları senaryosunda önerilen rotaların simülasyonu.....	77
Şekil 4.5. MIRAGE-2000/EG savaş uçağına ait iz analizi	79
Şekil 4.6. MIRAGE-2000/EG DSU'ya ait gösterge paneli	82
Şekil 4.7. Yunanistan senaryosu önerilen rotalar.....	83
Şekil 4.8. Yunanistan senaryosunda önerilen rotaların simülasyonu	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı iterasyondaki en iyi tur mesafesi	15
Çizelge 2.2. Karınca kolonisi parametreleri	18
Çizelge 2.3. KKA için arama sonuçları	18
Çizelge 2.4. Noktaların koordinat, nüfus ve talepleri (Keskintürk 2015).....	26
Çizelge 3.1. Kullanılan teknoloji ve materyaller	33
Çizelge 3.2. Nesne ve veri özellikleri	38
Çizelge 3.3. Bireyler ve bireyler için oluşturulan özelliklere değer verme aşaması.....	39
Çizelge 3.4. Örnek SWRL kuralı	40
Çizelge 3.5. Uçak ontoloji bilgi tabanından kesit	49
Çizelge 3.6. Uçağın Sabit İrtifa Sabit Taşıma Katsayısı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil ($R_{maxsist}$) Sözde (Pseudo) Kodu	52
Çizelge 3.7. Uçağın Sabit Hava Hızı Sabit Taşıma Katsayısı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil ($R_{maxshst}$) Sözde (Pseudo) Kodu	53
Çizelge 3.8. Uçağın Sabit İrtifa Sabit Hava Hızı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil, ($R_{maxsish}$) Sözde (Pseudo) Kodu	53
Çizelge 3.9. Uçağın Basamaklı Seyahat Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil (R_{maxbs}) Sözde (Pseudo) Kodu	53
Çizelge 3.10. Anlamsal kural tabanı hazırlık çalışmaları yapılırken tanımlanan SWRL kurallarından bir kesit	54
Çizelge 4.1. MIG-21/BIS uçağına ait teknik özellikler	68
Çizelge 4.2. MIRAGE-2000/EG uçağına ait teknik özellikler	69
Çizelge 4.3. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan hareketli nesne bilgileri	70
Çizelge 4.4. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan, seyahat menzil performansını etkileyen faktörler	70
Çizelge 4.5. Ontolojide tanımlı anlamsal kural tabanında bulunan değerler	71
Çizelge 4.6. SUARSIS'e tanımlı radar parametreleri	72
Çizelge 4.7. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e önerilen verilerin taşınması	72
Çizelge 4.8. Suriye sınırları senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçlar.....	75
Çizelge 4.9. Suriye sınırları senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçların en yakın komşu algoritmasıyla karşılaştırılması.....	76
Çizelge 4.10. Secondo sisteminde Suriye Sınırları senaryosu için oluşturulan kodlar...	77
Çizelge 4.11. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan hareketli nesne bilgileri	79
Çizelge 4.12. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan, seyahat menzil performansını etkileyen faktörler	80
Çizelge 4.13. Ontolojide tanımlı anlamsal kural tabanında bulunan değerler	80
Çizelge 4.14. SUARSIS'e tanımlı MIRAGE-2000/EG radar parametreleri	81
Çizelge 4.15. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e önerilen verilerin taşınması	81
Çizelge 4.16. Yunanistan senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçlar	83

Çizelge 4.17. Yunanistan senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçların en yakın komşu algoritmasıyla karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.18. Secondo sisteminde Yunanistan senaryosu için oluşturulan kodlar	85



1. GİRİŞ

1.1. Motivasyon

Dünya genelinde uçaklar, önceden belirlenmiş rotalar üzerinde hareket eder. Her ülke kendi hava sahasının verilerini üye oldukları merkezi Kanada'nın Montreal kentinde bulunan Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve yine merkezi Belçika'nın Brüksel kentinde bulunan Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatına (EUROCONTROL) göre hava trafiği yönetimi merkezleri ile paylaşarak, kısa, orta ve uzun süreli uçuş stratejileri belirler ve uçakların kullanım amacına göre rotalar oluşur. Belirlenen rota bilgileri uçak radar sistemlerinde tanımlanmış olup geliştirilen web uygulamalarından insanlar tarafından kolaylıkla takip edilebilmektedir (Anonymous 2006). Ancak savaş uçakları için bu durum tamamen farklıdır. Savaş uçaklarının rotaları savaş gibi özel durumlar haricinde ülkelerin kendi siyasi, sosyal, ekonomik çıkarlarını korumak ve güvenliğini sağlamak amacıyla diğer ülkelerle paylaşılmayıp gizli olarak belirlenmektedir. Bu durum özellikle ülkemiz gibi sınırlarında problem olan ülkelerin savaş uçaklarının sınır ihlali yaptığı uçuşlarında ülkeler arasında gerilime neden olmaktadır. Bu gerilimin nedeni yapılan sınır ihlalinin istenerek yapılıp yapılmadığının belirlenememesinden kaynaklanmaktadır.

Son yıllarda ülkemiz gibi dünya devletlerinin sınırlarında problemlerin artması ve bu problemlerin günlük hayatı etkilemesi rota tahmini (RE: Route Estimation) çalışmaları için önemli araştırmaların yapılmasına sebep olmuştur. Bu bağlamda günümüzde klasik, sözdizimsel (anlamsal olmayan) ve düşman savaş uçağı için yapılmayan rota tahmini (RT) araştırmalarının sadece araç rotalama problemlerinde ve ülkelerin kendi bünyesindeki uçaklara, İHA'lar üzerine yapılması literatürdeki açıklığı kanıtlayıcı niteliktedir. RT çalışmalarının özellikle bir veya daha fazla depodan müşterilere hizmet götürecek araçlar için en uygun rotaların belirlemeyi amaçlayan Araç Rotalama Problemi (ARP) üzerine yoğunlaşmış olduğu gözlemlenmiştir.

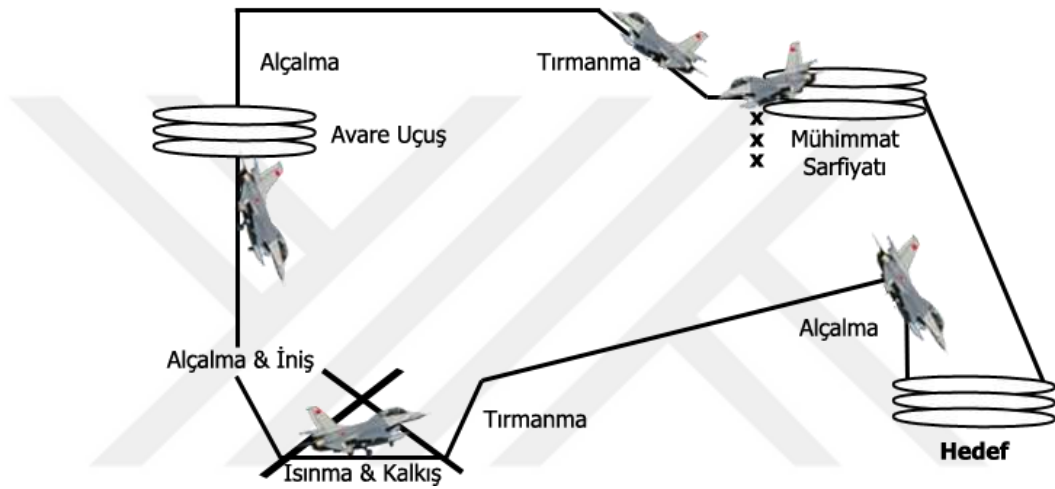
RT çalışmaları kapsamında düşman savaş uçakları için geliştirilmiş anlamsal ağ/web tabanlı bir sistemin bulunmaması bu tezdeki özgün çalışmaların yapılmasına ihtiyaç doğurmuştur. Bu sebeple bu tezde, RT çalışmalarına düşman savaş uçaklarının uygulanabilirliği araştırılmış ve bu problemin üstesinden gelebilmek adına semantik yaklaşımın (SY) benimsenmesi öngörülmüştür.

Bu motivasyon ile bu tezde anlamsal arama ve semantik (Berners Lee et al. 2001) çıkarım tekniklerine dayalı geliştirilmiş ontoloji (Gruber 1993) tabanlı, platformdan bağımsız Savaş Uçakları için Anlık Rota Önerme Sistemini (SUARSIS) önerilmektedir. Bu sistem sayesinde herhangi bir savaş durumunda veya sınır ihlalinde anlık istihbarat sağlama ve istihbarata karşı koyma faaliyetleri gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca pilot ve seyrüsefer subayları başta olmak üzere ilgili TSK, MİT ve Emniyet gibi paydaşlara bir öneri hizmeti sunması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada önerilen SUARSIS sistemin özgün katkıları aşağıda özetlenmiş ve ayrıca bu çalışmada yer yer terim olarak kullanılan görev profilinin tanımı hakkında açıklama yapılma gereği duyulmuştur.

- Sistemin kendine ait Uçak Ontoloji Bilgi Tabanı mevcuttur. Bu bilgi tabanı diğer deyişle Uçak ontolojisi, üç aşama içermektedir: Anlamsal arama, Çıkarsama ve Çalıştırma motorları.
- Sistemin kendine ait platform bağımsız yazılım uygulaması vardır. Bu uygulama, üç aşama içermektedir: Uçak ontolojisi, Önerme algoritması, Anlık göstergelerin ve anlık önerilen rotaların simülize aşaması.
- Düşman uçaklarına ait yakıt modeli, gidebilir maksimum seyahat menzili, imalat değerleri ve silah kapasite bilgilerinin anlık sunulması.

1.2. Görev Profili

Görev profili, bir sivil veya askeri uçağın yakıt, menzil, irtifa, hız, paralı yük gibi parametrelerini içine alan ve önceden tanımlanmış bazı askeri veya sivil operasyonları başarması için gerekli senaryodur. Profil gereksinimleri uçağın tipine ve savaş/barış anına göre değişkenlik göstermektedir.



Şekil 1.1. Örnek savaş uçağı görev profili

1.3. Tezin Amacı ve Katkısı

Bu tez ile savaş uçağı gerçek imalat değerleri (uçağın kanat alanı, motor tipi, özgül yakıt sarfıyatı, bomba ve silah yükü, maksimum kütle vb.), aerodinamik parametreler (hava yoğunluğu, mach sayısı, boyutsuz sürüklenme katsayısı vb.), seyahat menzili denklemleri ve radar bilgileri (irtifa, hız, yön) esas alınarak düşman savaş uçağı (DSU) rota tahmin problemine bir Semantik Web/Anlamsal Ağ (SW-AA) yaklaşımı uygulayarak DSU'nın mantıksal olarak anlık hangi rotalara gidebileceğinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Bu nedenle öncelikle SW kapsamında ontoloji geliştirilmiş daha sonra geliştirilen ontoloji içerisinde sınıflar, nesne/veri özellikleri, bireyler ve en son SWRL kuralları tanımlanmıştır. Bu amaçla bu tezde, DSU için RT çalışmaları kapsamında SUARSIS sistemi oluşturulmuştur.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2’de literatür araştırması kapsamında incelenen ilgili çalışmalar kısaca açıklanmıştır. Bölüm 3’te tez çalışmasında kullanılan materyal (anlamsal ağ) ile RT süreçlerine ait anlamsal arama, çıkarsama ve çalıştırma motoru, önerme algoritması ve simülasyon aşamasında uygulanan yöntemlere ait açıklayıcı detaylara yer verilmiştir. Ayrıca bu materyal ve yöntemlerin uygulanması ile geliştirilen SUARSIS’e ait uygulama ara yüzü anlatılmıştır. Bölüm 4’te çalışma kapsamında elde edilen deneysel sonuçlar verilmiş ve tartışılmıştır. Son kısımda ise sonuçlar özetlenmiş ve gelecek çalışmalarla ilgili bilgiler verilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Semantik Web Yaklaşımı

Semantik Web (SW) ya da Türkçesi ile Anlamsal Ağ (AA) olarak adlandırdığımız Web 3.0, yapay zekâ (YZ) olmamasına karşın yapay zekâ yöntemleri kullanabilen bir teknolojidir. Bu yeni nesil teknoloji makinelerin anlayabileceği akıllı bilgiler ortaya çıkarır. Makinenin anlayabileceği akıllı veri kavramı, sadece makinenin mevcut iyi tanımlanmış veriler üzerinde iyi tanımlanmış işlemler yaparak iyi tanımlanmış bir problemi çözebilme yeteneğini ifade eder. Makinelerden insanların dilini anlamalarını istemek yerine, insanlardan bilgiyi daha düzenli tanımlamak için daha fazla çaba göstermelerini istemek akıllı verinin daha kolay oluşturulmasını sağlar (Maedche and Staab 2001).

Anlamsal web tanımında bilgisayar yerine makine kelimesinin kullanılması bilinçli bir tercihtir; çünkü, anlamsal web bilgi paylaşımına bilgisayarların yanında televizyon, fırın, giysiler gibi bilgi teknolojisiyle doğrudan bir ilgisi olmayan eşyaları da dahil edecektir. Anlamsal web, gerçekleştiği zaman, insanların günlük hayatlarını da değiştirecektir (Öztürk 2004).

SW çalışmalarının odaklandığı temel çalışmalardan biri, çalışılan alana özgü ontolojilerin yaratılması ve bunların bilgi sistemlerinde kullanılmasıdır. Ontolojiler, makinelerin bilgiyi insanların anladığı biçimde yorumlayabilmesini amaçlamaktadır ve ayrıca insanlar arasında iletişime de yardımcı olmaktadır. Ontoloji geliştirmenin en temel amacı ise belirli bir alandaki bilgileri paylaşmak için ortak bir sözlük görevi görmektir. Bu bağlamda, sağlık alanında gelişmiş, anlamlı ontolojiler geliştirilirken ülke ve sanayi bilgileri alanında; askeri amaçlı kısıtlı ve kuralsız ontolojiler geliştirilmiştir. (Anonymous 2011a; Anonymous 2015a). Sağlık alanında geliştirilen ontolojiler, hastalık keşfi, koruyucu tedbirlerin önerilmesi, sağlık durumuna uygun gıda önerilmesi hizmeti sunarken (Çelik vd 2014), askeri ve uçak alanında geliştirilen ontolojiler, ülkelerin askeri

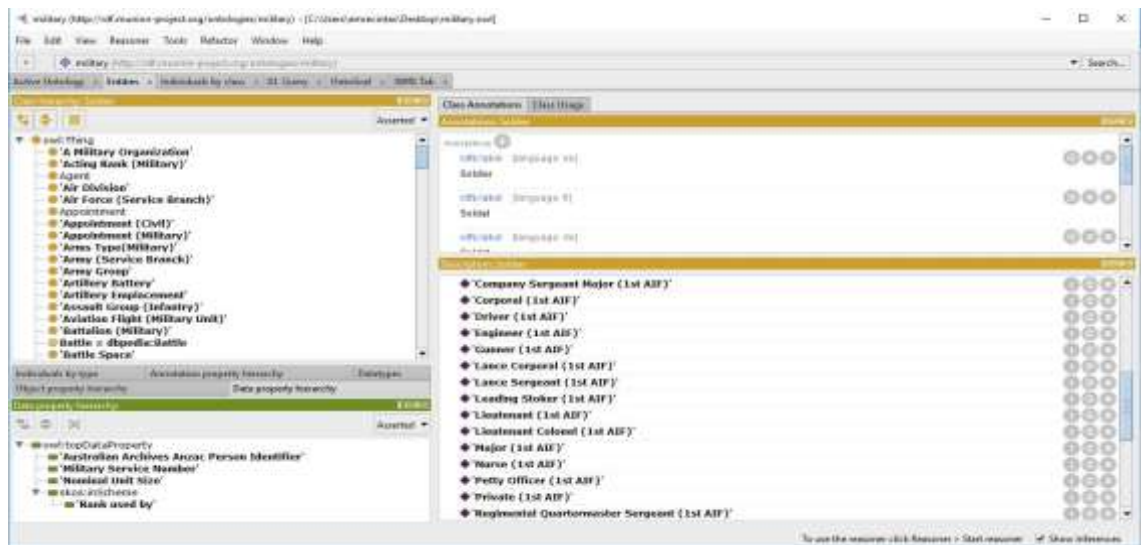
güçleri, sivil uçak bilgileri, havayolu şirketleri rezervasyon öneri sistemi gibi alanlarda hizmet sunmaktadır.

Bu bölümde RT çalışmaları kapsamında semantik yaklaşım olmadığı için semantik yaklaşımlı benzer çalışmaların kaynak özetleri çıkarılmıştır.

2.1.1. Askeri ontoloji

Askeri ontoloji, Robert Warren tarafından ülkelerin askeri insan gücü, askeri organizasyon ve olaylar hakkında bilgi vermek için geliştirilmiş bir ontolojidir. Bu amaçla geliştirilen ontoloji üç sınıftan oluşmuştur ve bunlar sırasıyla askeri insan kaynakları, ordu ve silah gücüdür. Bu ontolojide askeri terimler wikipedia ve kitap ekstrelerinin özlerinden alıntılar yapılarak tasarlanmıştır. Ordu sınıfı için donanma ve hava kuvvetleri alt sınıfları varken silah gücü sınıfı için zırh, topçu, piyade ve hava kuvvetleri servis şube alt sınıfları altında bireyler tanımlanmıştır. Ancak oluşturulan bu ontoloji sadece ülkelerin askeri güçleriyle ilgili kural tanımsız geliştirilmiş ve sadece bilgi amaçlı tasarlanmıştır (Anonymous 2015a).

Aşağıda; askeri ontolojinin Protege ekranından bir görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 2.1. Örnek askeri ontoloji

Geliştirilen bu ontolojinin içeriğine bakıldığında sınıf hiyerarşisinin düzgün olmadığı, SWRL kurallarının tanımlanmadığı, nesne/veri özelliklerin kısıtlı olduğu ve askeri alanda yetersiz bir ontoloji olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple, askeri alanda ontoloji kısıtlılığı yaşanıldığından dolayı bu alana özgü ihtiyaçları giderme amacıyla yeni ontolojilerin geliştirilmesi gerektiği kanıtlanmıştır. Tez kapsamında bu alana özgün ontolojilerin az olması sebebiyle sağlık ve depresyon alanında geliştirilmiş özgün ontolojilerin özetinin çıkarılması gereği duyulmuştur.

2.1.2. Sağlık ontolojileri

2.1.2.a. Gıda ontoloji bilgi tabanı

Yiyecek ve içeceklerin; kalp hastalıkları, kanser, diyabet, alerjenler, obezite gibi hastalık risklerinde önemli etkisi vardır. Dünyadaki ilk on hastalık risk grupları arasında yer aldığından özellikle bu risk grubundaki hastaların güvenli gıda tüketimi günümüzde çok önemli hale gelmiştir. Ne yediğimizin yanı sıra neyi nasıl yediğimizi kontrol ederek, sağlıksız maddeler ve oksidanlı bileşenlerin kullanımını azaltarak hastanın yaşam kalitesini arttırmak gerekmektedir. Günümüzde, doğru beslenmeyle iyileştirilebilen hastalık gruplarındaki hastaların, güvenli gıda tüketimi kontrol altına almak için güçlü bilgi yönetimi teknolojilerine sahip, akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple bireye özgü uygun gıda tüketimi semantik işlemler yolu ile sağlanabilir. Semantik Web, kişisel sağlık sistemlerine ilave e-sağlık araçları ile kolayca entegre edilebilir bir yapıya da sahiptir. Web Ontoloji Dili (OWL) kullanılarak belirtilen ontoloji, kişisel sağlık hizmetleri veya e-sağlık hizmetleri ile bağlantı sağlamak mHealth veya e-sağlık araçları arasında paylaşılan fikir birliğidir (Çelik vd 2014).

Gıda ontolojisi, ürünlerin içindeki katkı maddeleri, besin içerikleri ve bileşenlere ait kavramların bilgilerini içeren soyut bir gıda literatür modelini temsil etmektedir. Diğer bir ifade ile gıda ontolojisi ürünlerin katkı maddelerini, bileşenler ve enerji değerleri vb. gibi kavramları, bu kavramlara ait özellikler ve kavramlar arası ilişkileri vb.

semantik/anlamsal bilgileri makinaların anlayacağı şekilde ontoloji dosyalarında saklamaktadır (Çelik vd 2014).

Gıda ontoloji bilgi tabanında aşağıdaki kavramlar bulunabilir :

- Bir tüketicinin sahip olmuş olduğu hastalığa göre intolerans yaratan besinler içeriklerine ait kavramlar,
- Bir gıda ürünü içinde var olan hassasiyet sağlayabilecek tüm katkı maddeleri / besin içerikleri/ bileşenlerine ait kavramlar.

TC ID: TC000003

NAME SURNAME: ALI GULAC

AGE: 79

ADDRESS: EDIRNE GUL MAH NO 2

COUNTRY: TURKEY

GENDER: M

WEIGHT: 125.0

LENGTH: 1.82

DAILY COLESTROL: 230.0

RISK OIL TYPES: Mint,Trans, Monounsaturated

PRODUCT CATEG...: Biscuit_Products

PRODUCT TYPES: EA0005

SEARCH INSERT DELETE SEARCH for UPDATE

CLEAR EXIT FIND PRODUCT RUN UPDATE

Your Record is found!

Message

Your body sensitive for Mint,Trans, Monounsaturated types of fats!
But the product contains the fat types: , Soybean, Sunflower

OK

Şekil 2.2. Gıda ontoloji bilgi tabanı örnek uygulaması

Şekil 2.2’de gösterilen Yüksek kolesterolü bulunan Bay Gülaç alışveriş yaparken sisteme kayıt olur ve giriş yapar. Örneğin (bir raftan paketlenmiş bir gıda ürünü seçer, hastalığına göre seçilen ürünü satın almak amacıyla market raflarında ki bir ürünü kontrol etmek ister).

Çay keyfi bisküvi ürününü seçer. Kendine ait cep telefonu ile (veya kiosk aracılığıyla) ürünün QR kodunu/barkodunu taratır. Seçilen ürün risk türüne göre kendi durumuna

herhangi yan etkiye neden olup olmadığını öğrenmek ister. Daha sonra sistem kendi web servisleri aracılığıyla o ürünle ilgili tüm hassasiyet bilgilerini veri tabanından çeker. Gelecek adımda sistem, gıda ontolojisine bağlanır ve belirtilen kavramları almak için beslenme bilgilerini arar. Ticari ürünlerin beslenme kavramlarını almanın yanı sıra, sistemin (Şekil 2.2’de ekranlarında uyarı mesajları) kişinin sağlığını etkileyen özel beslenme kavramları ile bunları karşılaştırması yapması mümkündür. Kırmızı, Yeşil ve Sarı: Sistem, tüketiciye bir seçilen ürün sorgu sonucu olarak üç farklı renk sunar. ‘Yeşil’ ışığın anlamı tüketici için ürünün güvenli olduğunu belirtirken, ‘kırmızı’ ışık sakıncalı bir gıda ürünüdür. Ayrıca, ‘sarı’ ışık olası sorunu gösterir. Böylece tüketici o ürünü tüketmeden önce profesyonel tıbbi yardım almalıdır (Çelik vd 2014).

2.1.2.b. Ulusal aşı ontolojisi

Sağlık alanındaki önemli uygulamalardan biri olan aşı, sonuçları ölüm veya kalıcı sakatlıklar ile sonuçlanabilecek bazı hastalıklara karşı ferdin, bağışıklık düzeyinin artırılması veya bağışıklık kazanabilmesi için kullanılan en etkin sağlık yöntemlerinden biridir (WHO 2009).

Bireylerin doğumları ile başlayan aşı ile bağışıklama süreci, çocukluk dönemini de kapsamakta ve hatta yaşam boyu devam etmektedir. Bireyin hastalığa karşı bağışıklık kazanabilmesi için, hastalığa duyarlı olunan en erken dönemden önce aşı uygulamasının gerçekleşmesi gerekmektedir (Sezer2014).

Sağlık alanında farklı kurumlar arası entegre çalışabilirlik ve veri paylaşımında bulunmak için sağlık alanında bilişim standartları geliştirilmektedir. Ancak, sağlık alanında hizmet alıp, sağlık alanında çalışmayan bu kişiler tarafından geliştirilen standartların anlaşılmadığı görülmektedir. Bu sebeple Anlamsal web, makinalar ve insanlar arasında bilgi paylaşımı ve birlikte çalışabilirliği desteklemektedir (Sezer 2014).

Ulusal Aşı Ontolojisi (UAO)'nin, ülkemizde yapılan aşı ve aşılama uygulamalarına ilişkin tüm hizmetleri vermek için geliştirilen sistemin bilgi tabanını oluşturacağı göz önünde

bulundurulmuştur. Aynı zamanda, bu sistemin hem sağlık uzmanları hem de sağlık terimlerine yabancı olan kişilerce kullanılacağı da dikkate alınmıştır. Burada bilgi paylaşımı ön plana çıkartılırken, birlikte çalışılabilir ve yeniden kullanılabilir elektronik sağlık kayıtları oluşturmak da göz önünde bulundurulan diğer önemli noktalardır. UAO ile sunulması amaçlanan hizmetler (Sezer 2014) :

- Aşı ile ilgili genel verileri kayıt altına alma ve sorgulama,
- Bireysel aşı verilerini kayıt altına alma ve kişiselleştirilmiş sorgulama,
- Aşı uygulaması ile ilgili klinik yönerge önerme,
- Uygulama zamanı gelen aşığı sağlık kurumuna, bireye ve sağlık çalışanına hatırlatma,
- Olası yan etkileri uyarma,
- Aşı sonrası oluşan yan etkiyi kayıt altına alma, izleme ve sorgulama,
- Aşı sağlama zincirini yönetme ve izlemedir.

Personal Information						
Name	Sarp Esen					
TC Identity No	60046150000					
Birth Date	07.01.2012					
Mother Name	Derya					
Father Name	Murat					
Family Doctor	Serkan Durmaz					
Vaccination Calendar	2009 GBP					

Personal Vaccination Calendar						
	HepB	BCG	DaBT-IPA-Hib	KPA	KKK	Td
First Shot	07.01.2012	10.03.2012	10.03.2012	10.03.2012	10.01.2013	First School Year
Second Shot	07.02.2012		10.05.2012	10.05.2012		Eighth School Year
Third Shot	07.02.2012		12.07.2012	12.07.2012		
Rapel Shot			15.10.2013	15.01.2013		First School Year

Şekil 2.3. Sağlık çalışanı için bireysel aşı takvimi ekranı

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi Sarp_Esen isimli kişi, 07.01.2012 tarihinde doğmuştur ve 2009 yılında yürürlüğe girmiş olan GBP’ye göre aşılama süreci devam etmektedir. Sarp, şu an iki yaşını bitirmek üzeredir, bunun sonucunda da ilk iki yıla ait aşılamaları bitmiştir.

Henüz zamanı gelmeyen Td (erişkin dozu tetanoz) aşısının iki dozu ve KKK (Kabakulak-kızamık-kızamıkçık) aşısının rapel (pekiştirme) dozları için uygulama zamanları gelmemesi nedeniyle henüz uygulanmamıştır. Bu nedenle bu aşılar için henüz uygulanma tarihi yoktur. Ancak, bu aşılar için uygulanma tarihi geldiğinde sayfada bulunan düğmeye basılarak, yeni uygulanan aşı için uygulama yapılmaktadır (Sezer 2014).

2.1.3. Deprem ontolojisi

İnsanoğlu yüzyıllardır doğal afetlere maruz kalmakta ve bundan dolayı acı çekmektedir. Doğal afetlere karşı sadece tedbir alınabilmesinden ötürü, herhangi bir doğal afet meydana geldiğinde oluşabilecek kayıpları azaltabilmek için teknolojik bilgi sistemleri kapsamında gerekli afet yönetim sistemi çalışmalarının yapılması araştırmacıların çalışmalarında yer almalıdır. Bu sebeple karmaşık bir oluşuma sahip olan afet yönetiminin daha etkin bir şekilde organize edilebilmesi için anlamsal web teknolojilerinin kullanılması gerekmektedir. Sözdizimsel (anlamsal olmayan) çalışmalarda geleneksel coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yeterli olmamaktadır. Bu sebeple ontoloji teorisi ve teknolojisi tabanlı anlamsal birlikte çalışabilirlik çalışmaları ile mekânsal verinin daha etkin yönetilmesi sağlanabilir (Aydın vd Tecim 2015).

Literatür incelendiğinde afet ontolojisi oluşturma ile ilgili ve bunları çeşitli afet yönetimi senaryolarına uygulayan birçok çalışma bulunmaktadır. Tanasescu (2006), kamu kuruluşları için anlamsal web tabanlı afet yönetimi sistemi tasarlamıştır. Kruchten ve arkadaşları (2007) ise afetten etkilenen hassas altyapılar için kavramsal bir model üretmiştir. Sotoodeh and Kruchten (2008), ontoloji tabanlı afet yönetimi için yine bir kavramsal model tasarlamışlardır. Buna ek olarak afet ontolojileri yangın alanında yangınlarla daha etkin mücadele etmek için geliştirilmiştir (Aydın vd Tecim 2015).



Şekil 2.4. Deprem merkezinden yaklaşık 2 km yarıçapındaki toplanma yerleri

Yaptıkları çalışmada Aydın vd Tecim (2015)'e önceden oluşturulan senaryoya göre afetten hemen sonra ilgili yöneticilerin depremde etkilenen bireyler için en uygun toplanma yerlerinin belirlenmesini sağlamaları gerekmektedir. Bunu sağlamak için senaryoda örnek olarak “Buca ilçesinde deprem merkezine 2 km’lik çapta bulunan toplanma merkezlerinin getirilmesi” sorgusu yapılmıştır. (Şekil 2.4). Bu sorgu için gerekli deprem bilgileri Kandilli rasathanesinden, toplanma yerlerinin verileri ise İzmir valiliğinden alınmıştır. Sorgu için GeoSPARQL coğrafi ontoloji fonksiyonlarından ‘within_distance’ kullanılarak 2 km’lik tampon bölge oluşturulmuş ve ilgili toplanma alanları belirlenmiştir.

2.2. Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin Satıcı Problemi (GSP) rastgele bir ilden başlayarak birbirleri arasındaki uzaklıkları belirli olan illeri bir defa ziyaret ederek en az maliyetli ve en kısa mesafenin bulunması ve tekrar başlangıç iline geri dönülmesini amaçlayan bir problemdir. Cevre ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, genetik algoritmalar uygulanarak GSP optimize edilip internet üzerinde görselleştirilmesi yapılmıştır. Shang et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise karınca koloni algoritması uygulanarak GSP’ye çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen çözüm diğer standart algoritmalarla kıyaslanarak başarım değeri hesaplanmıştır. Özkan ve arkadaşları (2008) ‘nın yaptıkları çalışmada ise GSP üzerinde genetik algoritmaları yerel arama sezgileri ile birleştiren melez bir

özüm geliştirilmiştir. Java ortamında geliştirilen çözümsel uygulama da Türkiye'nin 81 ilini gezen en kısa rota tespit edilmiştir.

2.2.1. Temel algoritmalar

GSP problemlerine çözüm bulmak için araştırmacılar tarafından pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu özümmler temelde sezgisel çözüm yöntemleri ve kesin çözüm yöntemleri olarak ikiye ayrılmıştır. GSP için kullanılan başlıca sezgisel çözüm yöntemleri: En yakın ekleme yöntemi, En yakın komşu yöntemi, Geometrik yöntem, Bovurka yöntemi, Greedy yöntemi, Christofides algoritması, Grasp yöntemi, Linkerninghan yöntemi, Hyperopt denemeleri, R-opt denemeleri, S&C (stem and cycle) yöntemi, Genetik algoritmalar, Karınca kolonisi algoritması, Tabu arama, Tavlama benzetimi, Yapay sinir ağları. Kesin özüm yöntemleri: Dinamik programlama, Dal ve sınır yöntemi, Sayma yöntemi, Doğrusal özüm yaklaşımları, Miller-Tucker-Zemlin (MTZ) modeli, Dantzig-Fulkerson-Johnson (DFJ) modelidir. Bu kısımda GSP alışmaları kapsamında kullanılan bazı örnek temel algoritmalar özetlenmiştir.

2.2.1.a. Genetik algoritma

Temel olarak 1970'li yıllarda John Holland ve arkadaşlarının araştırmalarında ortaya çıkan Genetik Algoritmalar (GA), Yapay Zekânın abuk gelişen alanlarından (Holland 1975). Temelde, bir fonksiyonun dünya çapında maksimum veya minimum değerlerine yakın sonuçlar elde etme biçimidir. Genetik süreçlerin uygulanarak, rastgele seçilen ebeveyn fertlerden yeni nesiller oluşmasına ve bu yeni oluşan nesillerin en iyilerinin ebeveyn olarak tahsis edilip en kötülerinin ise elenmesi esasına dayanır. Yeni nesil meydana gelme sürecinin tekrarlanması, muayyen bir eşik değeri kararınca veya bir koşula bağlı olarak yapılır. (Cevre vd 2007).

Aşağıda GA'nın bileşenleri ve parametreleri listelenmiştir;

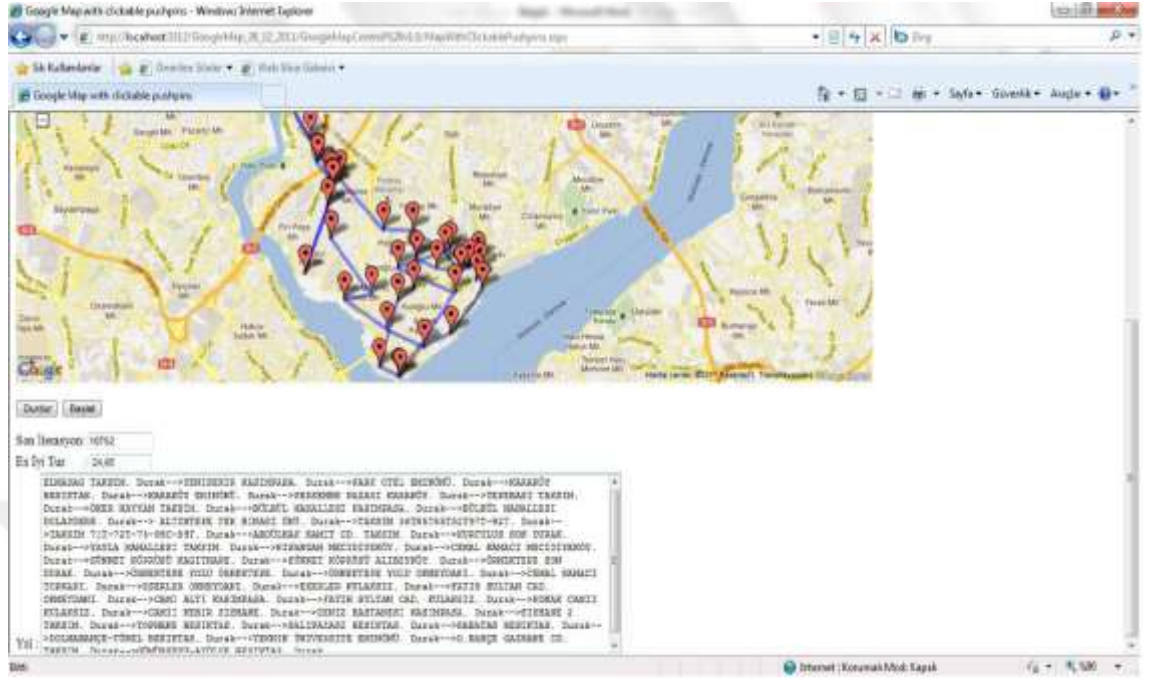
Bileşenler;

- Gen,
- Birey,
- Topluluk (Popülasyon),
- Uygunluk (Fitness),
- Çaprazlama,
- Mutasyon.

Parametreler;

- Fert sayısı,
- Fert seçim yöntemi,
- Çaprazlama olayı,
- Mutasyon olasılığı.

Örnek bir çalışmada; GSP çözümü için geliştirilen GA temeli yöntem İETT denetim ekibi tarafından en uygun güzergâhın bulunması için uygulanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan GA ile birlikte farklı farklı iterasyon sayısı ile GA'nın performansı ölçülmüş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin İterasyon sayısı 10752 olduğunda 40 durak seçildiğinde yaklaşık bir dakika içerisinde bulunan en uygun güzergâh ve duraklar arası toplam mesafesi Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. GA örnek uygulama 10752 iterasyondaki tur

Çizelge 2.1. Farklı iterasyondaki en iyi tur mesafesi

İterasyon Sayısı	En İyi Tur Mesafesi
3066	33.24
6652	28.48
7122	28.48
8435	27.89
9364	25.83
9782	25.83
10752	24.65

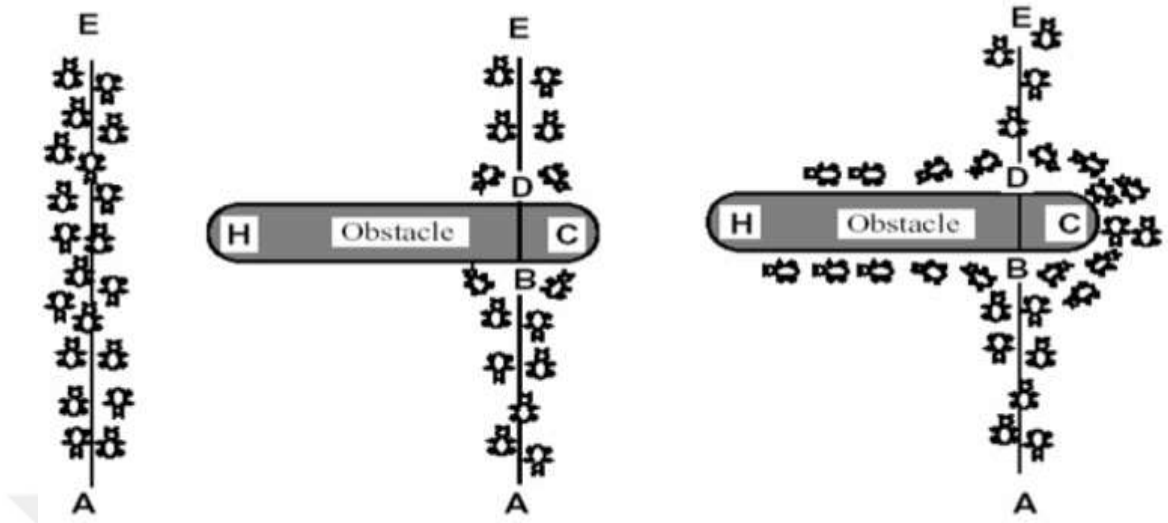
Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi farklı iterasyonda en uygun güzergâh ve turmesafelere değiştiği görülmüştür. Bu da iterasyon sayısı arttıkça genelde en uygun güzergâh ve tur mesafesi azalmaktadır. Bazen de belli iterasyonda tur mesafesi aynı olduğu görülmektedir. Örneğin 6652 iterasyondaki tur ve 7122 iterasyondaki tur mesafeleri aynı olduğu görülmüştür. Ancak 9782 ve 10752 iterasyonlara bakıldığında tur mesafesinin azaldığı ve daha en uygun güzergâhların bulunduğu görülmektedir (Kaya 2012).

Kesin çözüm yöntemi ile 20 şehir bulunduğu bir bölgede $(n-1)!/2 = 19!/2 = 60.822.550.204.416.000$ adet farklı tur mevcuttur. Bu uygulamada 40 durağın bulunduğu turun uzunluğu belirlenmesi ve en iyi turun bulunması işlemi için 2.53 Ghz işlemci hızına sahip bilgisayarda yaklaşık olarak bir dakika sürmüştür (Kaya 2012).

2.2.1.b. Karınca kolonisi algoritması

KKA, Karınca kolonilerinin feromon salgılayarak besin kaynakları ile yuvaları arasındaki en kısa yolu arama ve bulma yöntemlerinden faydalanarak oluşturulmuş bir tekniktir (Demircioğlu 2009). Dorigo, karınca toplumunun davranışlarının matematiksel denklemler üzerine modellediği karınca kolonisi algoritmalarını ilk kez GSP üzerinde kullanmış ve olumlu sonuçlar elde etmiştir. Olumlu sonuçlar üzerine karınca kolonisi algoritmaları başka araştırmacılar tarafından da kullanılmış ve günümüzde bu problemlerinin çözümünde yaygın olarak uygulanan bir yapay zekâ modeli haline gelmiştir (Dorigo et al. 1999).

Şekil 2.6.'da görüldüğü üzere karıncalar A düğümünden E düğümüne gitmektedirler. Bu iki düğüm arasına bir engel bırakıldığı zaman, karıncalar ilk olarak hem C hem de H tarafını kullansa da, uzun vadede sadece C düğümünü kullanmıştır. Karıncaların her zaman kısa yolu kullanmalarının nedeni bazı hayvanların kendi cinslerinden diğer hayvanları etkilemek için kullandıkları bir tür kimyasal salgı olan feromonlardır. Karıncalar ilerlerken, belirli bir miktarda feromon depo ederler ve ihtimale dayanan bir yöntemle feromonun daha çok olduğu rotayı, az olduğu rotaya tercih ederler. Depo ettikleri feromonları, gıdaya giderken seçtikleri yola bırakarak, kendilerinden sonraki karıncalara rota seçiminde yardımcı olurlar. Bu içgüdüsel davranış, onların gıdaya giden en kısa yolu aramalarını ve bulmalarını sağlar (Düzakın vd 2009).



Şekil 2.6. Karıncaların A-E arasındaki rotaları

Karınca kolonisinde temelde ilkin ne kadar karınca olacağı tespit edilir ve sonra her bir karınca rastgele olarak bir noktaya (düğüme) yerleştirilir ve yerleştirilen bu karınca tüm noktaları tek tek ziyaret ederek turuna son verir. Her bir seçilen karıncanın ziyaret edilen noktadan bir sonraki noktaya ziyaretinin matematiksel denklemi Denklem 1’de gösterilmiştir (Özdemir 2008; Serin 2009).

$$P_{i,j}^l = \frac{[T_{ij}]^\alpha [n_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^l} [T_{ij}]^\alpha [n_{ij}]^\beta}, \text{ eğer } j \in N_i^l \quad (1)$$

Burada,

$P_{i,j}^l$: Karıncanın i noktasından j noktasına geçme ihtimali

T_{ij} : i ve j noktaları arasındaki feromon değeri

n_{ij} : i ve j noktaları arasındaki sezgisel değeri

α : Feromon katsayısı

β : Sezgisel katsayısı

N : Noktalar kümesidir.

Aşağıda KKA’nın parametreleri listelenmiştir;

- Parametreler;
- Karınca sayısı,
- İterasyon sayısı,
- Feromon kuvvetlendirme oranı,
- Sezgisellik kuvvetlendirme oranı,
- Feromon buharlaşma oranı.

Yapılan örnek bir KKA çalışması kapsamında Türkiye haritası üzerinde çalışma yapılmış ve KKA başarımları analizleri uygulanırken başarımları kriteri olarak “başarımları performansı” ve “başarımları süresi” esas alınmıştır. En uygun rota uzaklığı ve bu uzaklığı bulma süresi Türkiye haritası üzerinde hesaplanmıştır (Dikmen vd 2014). Hesaplama aşaması tamamlandıktan sonra Karınca kolonisi parametreleri ve KKA için bulunan uygun arama sonuçları aşağıda Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3’de paylaşılmıştır.

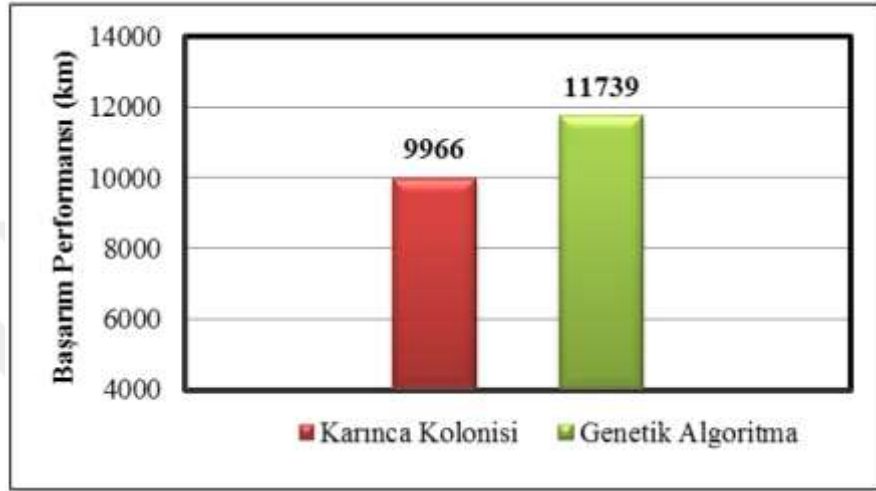
Çizelge 2.2. Karınca kolonisi parametreleri

Parametreler	Değerler
Karınca Sayısı	300
Alfa	1.0
Beta	3.5
Feromon Buharlaşma Değeri	0.8

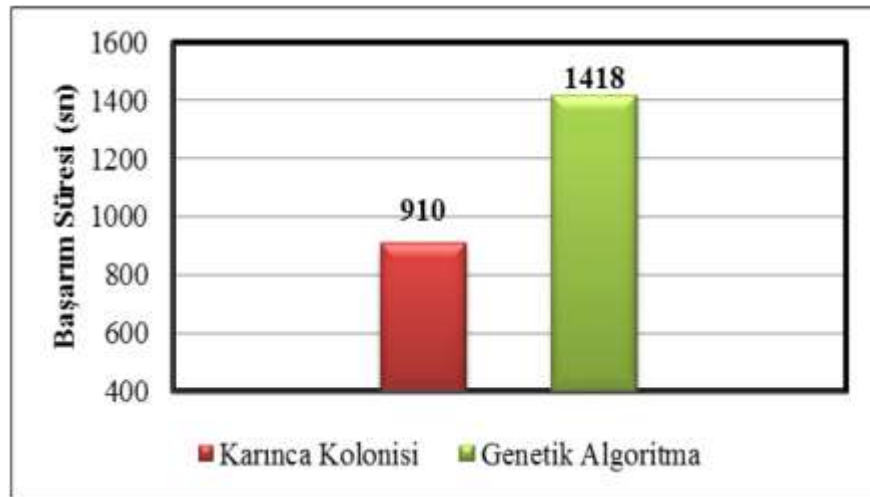
Çizelge 2.3. KKA için arama sonuçları

Arama Bilgileri	Sonuçlar
Adım Miktarı	1000
Bulunan Rota Uzaklığı	9966.00 km
Arama Zamanı	00:15:10
Bulunan Rota	15-32-64-3-43-26-11-16-77-41-54-81-14-6-18-71-40-66-19-5-60-58-38-50-68-42-70-51-33-1-80-31-79-27-46-2-63-47-21-72-56-73-30-65-13-49-12-23-44-62-24-29-69-25-4-76-36-75-8-53-61-28-52-55-57-37-78-74-67-34-59-39-22-17-10-45-35-9-48-20-7-15

Çizelge 2.3'e göre KKA için 1000 adım (iterasyon) çalıştırılmış ve bu adım sayısına göre işlem 15 dakika 10 saniye sürmüştür. KKA için 1000 adım sonunda bulunan en kısa rota menzili 9966.00 km olarak hesaplanmıştır. Yine çalışmada KKA ve GA performansları kıyaslanmış ve KKA'nın GA'ya göre daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.7. KKA ve GA'nın rota mesafesine göre başarımları



Şekil 2.8. KKA ve GA'nın arama süresine göre başarımları

KKA ve GA'nın 1000 adımda performans süresine göre analizi incelendiğinde karınca kolonisi algoritması, genetik algoritmaya göre kısa zamanda daha başarılı bir başarımlar sağlamıştır (Dikmen vd 2014).

Gerçekleştirilen çalışmada deneysel sonuçlara göre karınca kolonisi algoritmasının en iyi rota mesafesini genetik algoritmaya göre Türkiye haritası üzerinde daha kısa zamanda bulduğu anlaşılmıştır (Dikmen vd 2014).

2.3. Araç Rotalama Problemleri

Araç rotalama problemi (ARP), Gezgin Satıcı Problemine eklenen kısıtlar ve birden fazla araç eklenerek geliştirilmiş halidir. ARP, “müşteriler”in “araçlar” tarafından ziyaret edilmesini içeren tüm problem sınıflarına verilen genel bir isimdir (Christofides 1976). Ürünlerin depolardan müşterilere dağıtımını içeren problemler, genel olarak araç rotalama veya araç çizelgeleme problemleri olarak bilinmektedir (Toth and Vigo 2002).

ARP, Dantzig and Ramser (1959) tarafından ilk kez literatüre tanıtılmıştır. Clarke and Wright (1964) ise Dantzig ve Ramser’in yaklaşımları üzerine sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir. Literatürde bu çalışmaları, farklı türdeki ARP modelleri için kesin ya da yaklaşık çözüm sunan birçok algoritma takip etmiştir.

ARP, yalnızca ürünlerin müşterilere ulaştırılması olarak değil pratikte başka uygulamalarda da sıkça karşımıza çıkmaktadır. Örneğin havayolu şirketleri ile yolcu ve ürün taşınması, posta dağıtımı, para dağıtımı, servis araçlarının yolcu alma-indirme güzergâhlarının belirlenmesi, yolcu taşımacılığında rotaların oluşturulması, katı atık toplama, sokak temizliği, satış elemanlarının yönlendirilmesi vs. ARP uygulamalarının çokluğuyla doğru orantılı olarak problem türleri değişmekte ve problem kısıtları ile amaçları artmaktadır (Toth and Vigo 2002).

2.3.1. Sezgisel yöntemler

Sezgisel yöntemler; meta sezgisel yöntemler ve klasik sezgisel yöntemler ismi altında iki kümeye ayrılmıştır. Klasik sezgisel yöntemler, turların uygulanması ve geliştirilmesini içermektedir. Clarke and Wright (1964) tarafından ortaya atılan tasarruf yöntemi, Gillet and Miller (1974) tarafından önerilen süpürme yöntemi, Christofides ve arkadaşları (1976) tarafından geliştirilen iki aşamalı yöntem ve Renaud ve arkadaşları (1996) tarafından önerilen petal yöntemi klasiksezgisel yöntemlerdir. Başta gelen meta sezgisel yöntemler ise, Genetik Algoritma, Tavlama Benzetim, Yapay Sinir Ağları ve Tabu Aramadır.

Bu bölümde ARP, GSP'nin geliştirilmiş hali olduğu için ARP ile ilgili bazı farklılık içeren yöntem özetleri aşağıda başlıklar halinde çıkarılmıştır.

2.3.1.a. Klasik sezgisel yöntemler

- **Tasarruf yöntemi**

ARP problemlerini çözmek için araştırmalarda geliştirilen ve bilinen en iyi tur oluşturma yöntemlerden birisi, Clarke and Wright tarafından (1964) geliştirilmiş tasarruf yöntemidir. Geliştirilen bu yöntem, belirlenen her bir müşteri grubu arasındaki maliyet tasarrufunu hesaplayarak başlar. Maliyet tasarrufları hesaplanarak iki müşteri arasına bir müşteri eklenir.

$$s_{ij} = (c_{0i} + c_{i0} + c_{0j} + c_{j0}) - (c_{0i} + c_{ij} + c_{j0}) \quad (1)$$

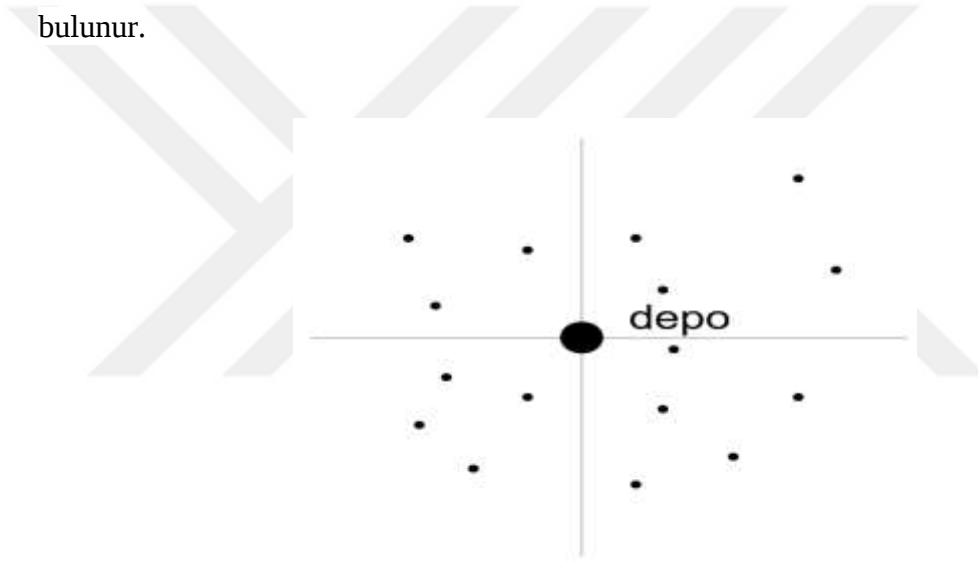
$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij} \quad (2)$$

Denklem (2)'deki tasarruf değeri (s_{ij}), i. müşteri ve j. müşterinin ayrı turlarda değil aynı turda hizmet almasından kaynaklanan bir maliyet tasarrufudur. Bu maliyet tasarrufu iki bağımsız turun birleştirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Her zaman tasarruf yönteminde, en

büyük tasarrufu sağlayan **(i,j)** ikilisi, müşteri talebi ve araç kapasitesi kısıtları dikkate alınarak seçilir. Bütün müşterilerin araçlara atanmasına kadar bu işlem tekrarlanır.

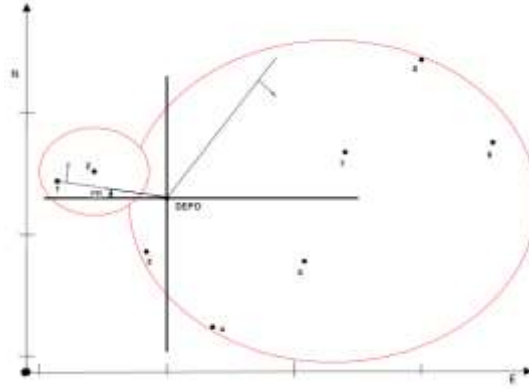
- **Süpürme yöntemi**

Gillett and Miller (1971) tarafından araştırmalar sonucunda geliştirilmiştir. Bu yöntem iki aşamalı algoritmadan oluşmaktadır. İlk aşamada, tüm dağıtım düğümlerini içeren ve depoyu merkez kabul ederek koordinat düzlemi Şekil 2.9'da gösterildiği gibi çizilir ve sonra her i düğümünün merkez depo ve X (doğu-batı) eksenini ile olan θ_i açısı değeri bulunur.



Şekil 2.9. Düğümler ve deponun koordinat sisteminde işaretlenmesi

θ_i değeri en az olan düğüm bulunur ve maksimum limitine ulaşana kadar düğümler taranarak noktalar bir grupsal kümeye atanır. Kapasiteye ulaşıldı ve bir sonraki düğüm eklenemezse, bahse konu düğüm ikinci düğüm kümesine atanır. Dolayısıyla tüm rotalar Şekil 2.10'daki gibi meydana geldikten sonra diğer aşamada atanan rotalar GSP'ye göre çözülür. İlk aşamadaki tarama saat yönünün tersinde veya saat yönünde olabilir. Hangisi en iyi sonucu vermişse o kullanılır (Nurcahyo vd 2002).



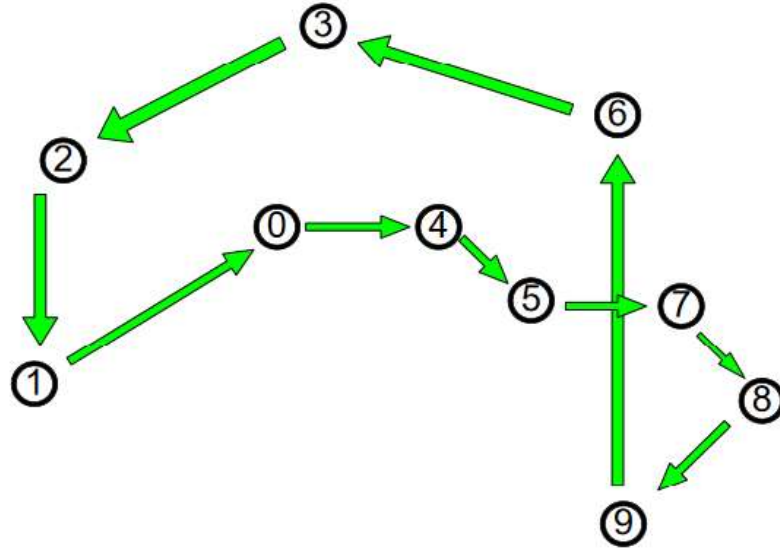
Şekil 2.10. Noktaların gruplanması

- **Geliştirilmiş petal sezgiseli**

Petal sezgisel yöntem ARP için ilk defa Foster and Ryan (1976) tarafından önerilmiştir. Daha sonra Ryan ve arkadaşları (1993) tarafından geliştirilmiştir (Renaud et al. 1996). Geliştirilmiş petal sezgiseli ise Renaud ve arkadaşları tarafından 1996 yılında önerilmiştir. Bu sezgisel yöntem, petal yöntemi ile turların oluşturulması ve kolon yenileme işlemine göre en uygun seçimin yapılmasıdır.

- **En yakın komşu algoritması**

Bellmore and Nemhauser (1966) tarafından araştırmalar sonucu geliştirilmiştir. GSP'nin çözümü için bulunan basit algoritmadır. Birinci adımda başlangıç düğümünden en yakın düğüme hareket edilir. Sonraki adımlarda ise diğer en yakın düğüme hareket edilerek en son başlangıç düğümüne dönülür. En yakın komşu algoritmasının bir örneği Şekil 2.11'de gösterilmiştir (Keskintürk 2015).



Şekil 2.11. En yakın komşu algoritması

Bu algoritma, ARP'ye uyarlandığında ise, en yakın komşunun rotaya eklenmesi uygun olduğu sürece diğer bir deyişle limit veya zaman penceresi gibi kısıtları ihlal etmediği sürece gerçekleşir. Kısıt ihlal edilmeden eklenecek düğüm bulunamazsa depoya dönülür ve yeni bir rota başlatılır (Solomon 1987).

2.3.1.b. Meta sezgisel yöntemler

Günümüzde ARP için araştırılan ve geliştirilen meta sezgisel yöntemlerden en çok kullanılanlar: Yapay Sinir Ağları (YSA), Genetik Algoritma (GA), Tavlama Benzetimi (TB) ve Tabu Arama (TA)' dır. Çoğunlukla meta sezgisel yöntemler klasik sezgisel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen başarımların performansları daha düşüktür.

- **Yapay arı kolonisi**

Karaboğa (2005) tarafından yapılan araştırmalarda doğada arıların yiyecek arama yöntemlerinin benzetimine dayalı geliştirilmiş bir algoritmadır. Bu algoritma görevli ve

görevsiz işçi arılar oluşur. Görevli işçi arılar, belirli kaynaklardan yiyecekleri getirirlerken aynı zamanda kovadaki diğer arılara bu kaynakların yerini ve kalitesini iletirler. Görevsiz işçi arılar ise gözcü ve keşifçi olmak üzere iki çeşitten meydana gelmekte ve yeni kaynaklar aramaktadırlar. Bir kovadaki tüm arıların %5 - 10'u keşifçi arılardan oluşur. Pek çok araştırmacı arılardan esinlenen bu algoritmayı kullanarak kapasite kısıtlı ARP'nin de çözülebildiğini göstermiştir.

- **Parçacık sürü optimizasyonu**

Kennedy and Eberhart (1995) tarafından kuş sürülerinin davranışlarından esinlenilerek geliştirilmiştir. Kuşlar besin kaynağı ararken en yakın kuşu takip ederler. Uygulamaya herhangi bir çözümle başlanır ve değişimlerle en iyi çözüm bulunmaya çalışılır. Algoritmada kullanılan parametre sayısının az olması nedeniyle parçacık sürü optimizasyonunun uygulanması kolaydır (Çevik ve Koçer 2013).

- **Benzetilmiş tavlama**

Kirkpatrick et al. (1983) tarafından araştırmalar sonucu ortaya çıkmış ve temel mantığı pozitif yöndeki ilerlemenin yerine negatifin seçilmesi olasılığının değerinin ilerleyen tekrarlar da giderek azalmasıdır.

2.3.2. Örnek uygulama

Yapılan bir çalışmada; örnek bir ARP için Ege Bölgesi ele alınmıştır. Her şehrin talep değeri, nüfusunun binde biri kadardır ve bu talepleri karşılamak için elimizde her biri 5000 birim kapasiteli 3 adet aracımız vardır. Problem Clarke ve Wright Tasarruf ve Sweep (süpürme) algoritmaları ile çözülmüştür. Bu tez kapsamında ise sadece süpürme algoritması bu uygulamada en uygun çözüm olarak bulunduğundan örnek olarak gösterilmiştir. Bu nedenle oluşturulan bölgedeki 8 ilin koordinatları, 2014 yılı nüfusları ve talep değerleri aşağıdaki Çizelge 2.4'de gösterilmiştir (Keskintürk 2015).

Çizelge 2.4. Noktaların koordinat, nüfus ve talepleri (Keskintürk 2015)

İL	KOORDİNAT		NÜFUS	TALEP (N/1000)
	N	E		
İZMİR	38,42	27,13	4113072	4113
AYDIN	37,86	27,84	1041979	1042
MUĞLA	37,22	28,36	894509	895
MANİSA	38,62	27,43	1367905	1368
UŞAK	38,68	29,41	349459	350
DENİZLİ	37,78	29,09	978700	979
KÜTAHYA	39,42	29,98	571554	572
AFYON	38,75	30,56	706371	706

- **Sweep (Süpürme) algoritması ile çözüm**

Süpürme algoritması ile çözüm için şehir ve depoların koordinat sistemindeki yerleri işaretlenir. Depo yeri merkez kabul edilerek, düğümlerin depo ve doğu batı ekseninde oluşmuş θ değerini sağlayan şehir (İzmir) başlangıç kabul edilir.

Saat yönünde çözüm;

Gruplama

- 1.grup: İzmir (Talep:4113)
- 2.grup:Manisa,Kütahya,Uşak,Afyon,Denizli,Muğla
(Talep:1368+572+350+706+979+895=4870)
- 3.grup:Aydın(Talep:1042)

Rotalama - En Yakın Komşu Algoritması

- 1.Ödemiş-İzmir-Ödemiş (118+118=236 km.)
 - 2.Ödemiş-Manisa-Uşak-Afyon-Kütahya-Denizli-Muğla-Ödemiş
(88+194+110+96+289+137+208=1122 km.)
 - 3.Ödemiş-Aydın-Ödemiş (77+77=154 km.)
- Toplam:236+1122+154=1512 km olarak bulunur.

Saat yönünün tersinde çözüm;

Gruplama

1.grup: İzmir (Talep:4113)

2.grup:Aydın,Muğla,Denizli,Uşak,Kütahya
(Talep:1042+895+979+706+350+572=4544)

3.grup:Manisa(Talep:1368)

Rotalama - En Yakın Komşu Algoritması

1.Ödemiş-İzmir-Ödemiş (118+118=236 km.)

2.Ödemiş-Aydın-Muğla-Denizli-Uşak-Afyon-Kütahya-Ödemiş
(77+126+137+149+110+96+299=994km.)

3.Ödemiş-Manisa-Ödemiş (88+88=176 km.)

Toplam: $236+994+176=1406$ km olarak bulunur. Bu sonuç süpürme algoritmasına göre en iyi sonuçtur. Saat yönünün tersinde tarama yapılarak bu sonuç bulunmuştur. Oluşan rotalar Şekil 2.12’de gösterilmektedir.



Şekil 2.12. Sweep (süpürme) algoritmasında oluşan rotalar

2.4. Rota Tahmin Alanında Yapılmış Diğer Çalışmalar

RT çalışmaları geniş uygulama alanlarına sahiptir. Araştırmalarda yapılan çalışmalar incelendiğinde önceden bilinen rota verilerinin otomatik sınıflandırılarak veya sahada toplanan veriler kullanılarak yapılmış pek çok çalışma olduğu görülmektedir. RT çalışmalarının genelde görev profili bilinen çalışmalar olduğu göz önüne alındığında özellikle görev profili bilinmeyen çalışmalarda yoğunlaşılmasının gerektiği gerçeğini ortaya koymaktadır. Bu bölüm altında, kaynak taraması sonucunda araştırılan ve görev profili bilinen ve kısmi bilinen bazı daha önce yapılmış akademik çalışmalara yer verilmiştir.

Görev profili kısmi bilinen çalışmalar incelendiğinde RT alanında Veri Madenciliği (Data Mining) yoluyla problemlere çözümler bulunmuştur. Şu ana kadar veri madenciliği teknikleri ARP sezgisel yöntemlerin iyileştirilmesinde kullanılmıştır. Örneğin, Hu and Huang (2007), kümeleme analizi sayesinde müşteriler benzerliklerine (coğrafi yakınlık vs.) göre gruplara ayrılabilirdiğini ve bu gruplara göre rotalama yapılabildiğini belirlemişlerdir. Ya da Markovic et al. (2005), müşteri talebinin bilinmediği durumda olası talebin şu ana kadar olan talep verisinden elde edilebildiğini bulmuşlardır. Yine Santos et al. (2006), genetik algoritmalarındaki deneme sayısını azaltmak için en iyi popülasyonlarda sık kullanılan rotaları birliktelik analizi ve sınıflandırma ile belirlemişlerdir. Şahin (2010), yaptığı çalışmada lojistikte yer alan ARP ayrıntılı olarak ele alınıp, bu problemin çözümü için yalnızca veri madenciliği teknikleri kullanılarak ARM (Araç Rotalama Modülü) ortaya koymuş ve geliştirmiştir. Bu modül iki aşamalı tasarlanarak; ilk aşamada Birliktelik Analizi algoritmalarından biri olan Apriori kullanılarak, veri tabanına kaydedilmiş olan sevkiyat verisinden sık kullanılan rota kümesi bulunmuş daha sonra henüz gönderilmemiş araçların hangi rotaları kullandığı takdirde maksimum fayda olacağını tespit etmek için rota oluşturma yapılmıştır.

Görev profili bilinen çalışmalar incelendiğinde ise RT alanında sadece ARP ve GSP çalışmalarının olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin; Pakkan ve Ermiş (2010), İHA'lar için etkin rotaların bulunması amacıyla bir sistem geliştirmiş ve istenilen hedeflerin coğrafi

koordinatlarını çevrim içi internet üzerinden Google Maps sunucusu aracılığıyla veri paketlerini Matlab ortamında işleyip GA tabanlı çözüm tekniği ile RT çalışması yapmıştır. Özalp (2013), yaptığı çalışmada otonomi konusunda öncelik arz eden tekli ve çoklu İHA'lar için tehditli ve engelli alanlarda güvenli rota planlama yapmıştır. GA kullanılarak İHA'lara ait kinematik kısıtlar ve arazi şartları göz önünde bulundurularak optimum rota planlanmıştır.

2.5. Hareketli Nesne Veri Tabanı

1990'lı yılların sonlarına doğru kullanımı yaygınlaşan hareketli nesne veri tabanı sistemleri (HNVT) günümüzde birçok alanda kendini göstermektedir ve gelecekte ise daha popüler olacak bir alandır. Geniş bir yelpazesi olan hareketli nesne veri tabanları sistemleri günlük yaşantımızda kolaylık sağlayarak, istenen bilgiye daha doğru ve hızlı şekilde ulaşılma imkânı sunmaktadır (Küçüköğüt 2015).

Yapılan kaynak araştırmalarında, HNVT alanında yapılmış bazı uygulamalarda hareketli nesnelerin uzaysal ve zamansal verileri tutulmuş ve simülasyonu gösterilmiştir. Örneğin; (Ayabakan 2014), yaptığı çalışmada HNVT sistemlerinden biri olan Secondo ve En Yakın Komşu algoritması kullanarak Türkiye haritası üzerinde İHA'lar için rota üretmiştir. Oluşturulan İHA uçakları üzerinde indeksleme algoritmaları vasıtasıyla en yakın komşuluk sorgulamaları yapılmıştır. Yaratılan "IHADB" veri tabanı üzerinde hareketli nesne veri tabanları mantığını gerçekleyebilmek için bazı uzaysal sorgulamalar oluşturulmuştur. Bu sorgular sonucunda İHA'ların izlemiş oldukları rotalar veri tabanından çekilmiş ve İHA izdüşümleri harita üzerinde olacak biçimde Şekil 2.13'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. İHA nesnelerinin izlemiş oldukları rotalar

(Schneider et al. 2011) tarafından yapılan bir diğer çalışmada önceden mümkün olmayan dinamik hava olaylarının veri tabanı yönetimini, analizlerini ve sorgulama kapasitesini sağlamak. Çeşitli kaynaklardan fırtına verilerini alarak zengin sorgular üretebilmek amaçlanmıştır.

(Brakatsoulas 2004) ise yaptığı çalışmada Atina Yunanistan şehir merkezindeki gerçek trafik verilerinden elde edilen ihtiyaçlara yönelik olarak trafik yönetiminin düzenlenmesi için bir yapı oluştur ve her türlü trafik sıkıntısı için yeni rota üretme hedeflemiştir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, tez kapsamında kullanılan materyal ve yöntemler açıklanmıştır. Materyal (anlamsal ağ) başlığı altında, tez kapsamında oluşturulan özgün ontolojinin yanı sıra Netbeans (Anonymous 2000a), SWRL (Anonymous 2004) kuralları, Hareketli Nesne Veri Tabanlarından Secondo (Anonymous 2012a) mimarisi ve Protégé (Anonymous 2014a) ontoloji editörü hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yöntem başlığı altında ise Rota Önerme süreçlerini sistematikleştirme amacıyla geliştirilen SUARSIS yazılımında kullanılan sistemin mekanizması açıklanmıştır. Ayrıca bu sistemin sırasıyla anlamsal arama, çıkarsama motoru ve çalıştırma motoru aşamalarında bu tezde kullanılan teknik ve yöntemlerin uygulanması detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Son olarak ise SUARSIS yazılımı ile ilgili bilgiler ve grafik ara yüzü açıklanmıştır.

3.1. Anlamsal Ağ

Anlamsal Ağ kavramı, günümüz Web'i ilk ortaya koyan araştırmacı 'Tim Berners-Lee' tarafından (2001) yılında öne sürülmüş ve mevcut Web ortamının geliştirilerek tam potansiyelini kullanımı için Web'in gelecek adımı olarak düşünülmektedir (Berners-Lee et al. 2001).

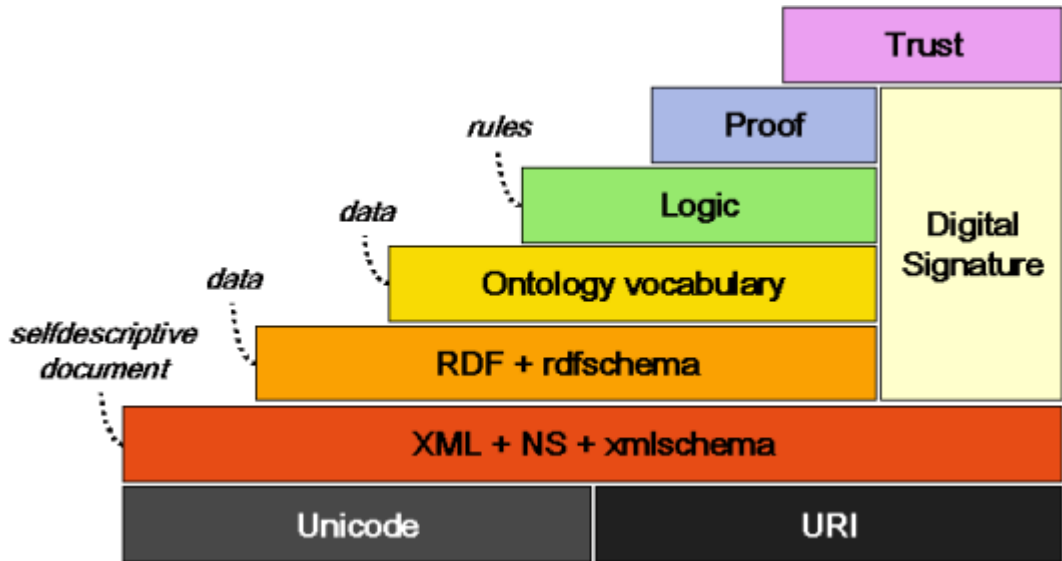
Anlamsal Ağ yeni ve ayrı bir Web olmayıp, Web ortamında bulunan bilgilere iyi tanımlanmış anlamların yüklenmesiyle, bilgisayarların ve insanların birlikte çalışmalarına ve birbirlerini anlamaya olanak sağlayan bugünkü web 'in bir uzantısıdır (Berners-Lee et al. 2001). Ayrıca Anlamsal web, bilgi paylaşımının sadece insanlar arasında olmasını değil, makineler arasında da olmasını hedeflemektedir. Anlamsal Ağ/Web kavramını daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki örneklerin verilmesi uygun görülmüştür;

- Bir robot ürettiğimizi düşünelim. Robota kartalı kafese koy komutunu verelim. Robot, anlamsal web uygulaması olarak tasarlanmış bir sistem ise gidip kuş türü

olan kartalı bulacak ve kafese koyacaktır. Eğer sözdizimsel tasarlanmış sistem ise, gidip kartal marka arabayı alıp kafese koymaya çalışacaktır.

- Sözdizimsel çalışmalarda, ana ve anne sözcükleri farklı sözcükler olarak kabul edilir, anlamsal çalışmalarda her ikisi aynı kabul edilir.
- Sözdizimsel çalışmalarda kuş olan şahin ile araba olan şahin aynı sözcük olarak kabul edilir. Anlamsal çalışmalarda sözdizimleri aynı olmasına karşın, bunlar iki farklı sözcük olarak işlenir.
- Sekreter olarak çalışan bir robot, sizi ziyarete gelen birisinden kuşkuluyor, bekleme odasında bekletirken size telefon ediyor ve "ben bu kişiden kuşkulandım" diyor. Siz de "bir zarf at bakalım, niyeti neymiş" diyorsunuz. Anlamsal Ağ uygulaması olarak tasarlanmış robot sistemi, kişiye soru sorarak "zarf atıyor", sözdizimsel uygulama olarak tasarlanmış robot sistemi ise çekmecedan zarf alıp kişiye atacaktır.

Verilen örneklerle birlikte çalışmamızda Semantik Web 'in kullanılma sebebi düşman savaş uçaklarının tüm imalat değerlerinin mantıksal olarak bulunması ve SUARSIS sistemiyle anlamsal olarak beraber çalışması açısından (makine – makine haberleşmesi) önem arz etmektedir. Tim Berners-Lee'nin önerdiği Anlamsal Ağ katmanları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir;



Şekil 3.1. Anlamsal Ağ katmanları

Anlamsal ağ katmanlarının en altındaki iki katman veri iletimini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Unicode ve URI sayesinde kullanılan platform, uygulama ya da dil ne olursa olsun veri doğru bir şekilde taşınabilir. XML sayesinde de üst katmanlardaki uygulamalar arasında veri alış-verişi doğru bir şekilde yapılır (Öztürk 2004).

RDF ve RDF Şema verilerin hakkında üst veri tanımlamaya yarar. RDF kullanarak web üzerindeki herhangi bir kaynak hakkında tanımlama yapılabilir. Bir web nesnesi hakkında RDF kullanılarak üçlülerden oluşan bir çizge tanımlanarak onun hakkındaki üst veri gösterilir. RDF Şema ise RDF için kullanılmak üzere bir tip sistemi tanımlar (Öztürk 2004).

Ontoloji katmanı, RDF ve RDF Şema ile tanımlanamayan daha karmaşık ilişkileri tanımlamak için yeni yapılar tanımlar. Ontoloji katmanının üzerindeki katmanlar ise çıkarsama için kural tanımlama, yapılan çıkarsamaların doğruluğunu ve güvenilirliğini denetlemek için kullanılır (Öztürk 2004).

Tez kapsamında, Anlamsal ağ ile çalışılırken en önemli aşama olan ontoloji geliştirilmesi ve daha sonra sınıfların oluşturulması, nesne-veri özellikleri tanımları, birey tanımları ve SWRL kurallarının oluşturulma aşamaları detaylı olarak anlatılmış ve yine tez kapsamında kullanılan teknoloji ve materyaller Çizelge 3.1’de detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan teknoloji ve materyaller

Kullanılan	Kullanılan Teknoloji	Neden Gerekli	Geliştirici Kurum	Kullanılan Yer
Yazılım Dilleri	OWL (Anonymous 2012b)	Ontoloji geliştirmek için kullanılan dildir.	Stanford Üniversitesi	-
	SWRL	Ontolojide anlamsal kurallar oluşturmak için kullanılan dildir.	Stanford Üniversitesi	-
	Java	SUARSIS yazılımı için tercih edilen programlama dilidir.	Java Sun - Oracle	-

Yazılım	NetBeans	SUARSIS yazılımını Java dilinde geliştirmek.	Java Sun - Oracle	Bilgisayara yüklenmiştir.
	Protégé	UBO bilgi tabanı geliştirmek.	Stanford & Manchester Üniversitesi	Bilgisayara yüklenmiştir.
Editörleri	Secondo	Önerilen rotaların simüle edilmesini sağlamak.	Almanya Fern Üniversitesi	Sanal makine üzerine yüklenmiştir.
	JDK 7	Netbeans editöründe Java ile Yazılım geliştirmek için gereklidir.	Java Sun - Oracle	NetBeans 8.0 içine kütüphane olarak eklenmiştir.
	Pellet API (Sirin vd 2001)	Netbeans editöründe Java ile çıkarsama ve çalışma motorunu çalıştırıp çıkan sonuçları Java ortamına taşımak için gereklidir.	Stanford Üniversitesi	NetBeans 8.0 içine kütüphane olarak eklenmiştir.
	OWL API (Horridge and Bechhofer 2009)	Netbeans editöründe Java ile Ontolojiye erişmek için gereklidir.	Manchester Üniversitesi	NetBeans 8.0 içine kütüphane olarak eklenmiştir.
Kütüphaneler				

3.1.1. Ontoloji

Tez çalışması temelini, özgün olarak oluşturulan ontoloji oluşturmaktadır. “Anlamsal Ağ/Web çalışmalarının odaklandığı temel konulardan biri, alana özgü ontolojilerin geliştirilmesi ve bunların bilgi sistemlerinde kullanılmasıdır. Felsefede metafiziğin en önemli dalı olarak görülen ve "varlık bilimi" olarak tanımlanan ontoloji; varlıklar ile varlıkların türleri ve bunlar arasındaki ilişkiler üzerinde çalışmaktadır. Bilgi teknolojilerinde ise ontoloji yeni bir anlam kazanmıştır” (Sezer 2014). Kavramsallaştırmanın açık belirtimi olan ontoloji (Gruber 1993), kavramların tanımları ile bu kavramların birlikte etki alanı üzerinde bir yapı oluşturmak için birbirleri ile nasıl ilişkili olduklarını ve terimler arasındaki olası yorumları kısıtlayarak belirtmektedir (Uschold 1998). Ontolojiler, insanlar arasındaki iletişime yardımcı olmak, bilgisayar

sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak ve yazılım sistemlerinin süreç ve niteliğini arttırmak için kullanılmaktadır (Uschold and Jasper 1999). Ayrıca ontolojiler, makinelerin bilgiyi insanların yorumladığı şekilde anlamasını hedeflemektedir.

Bu bağlamda tez kapsamında oluşturulan Ontoloji, dünya ülkeleri, dünya ülkelerine ait savaş uçakları ve bu uçaklara özgün imalat değerlerine ait özellik tanımları, kavramları, ilişki bağıntıları makinaların anlayacağı formatta OWL diline kodlanmış halidir. Ülkeler, ülke şehirleri ve koordinatları, ülkelere ait savaş uçakları, savaş uçağına ait öznitelikler vb tanımlar ontolojiye birer nesne halinde girer ve bu nesnelerin özellikleri, nesneler arası ilişkileri vb tanımlar makine diline kodlanır.

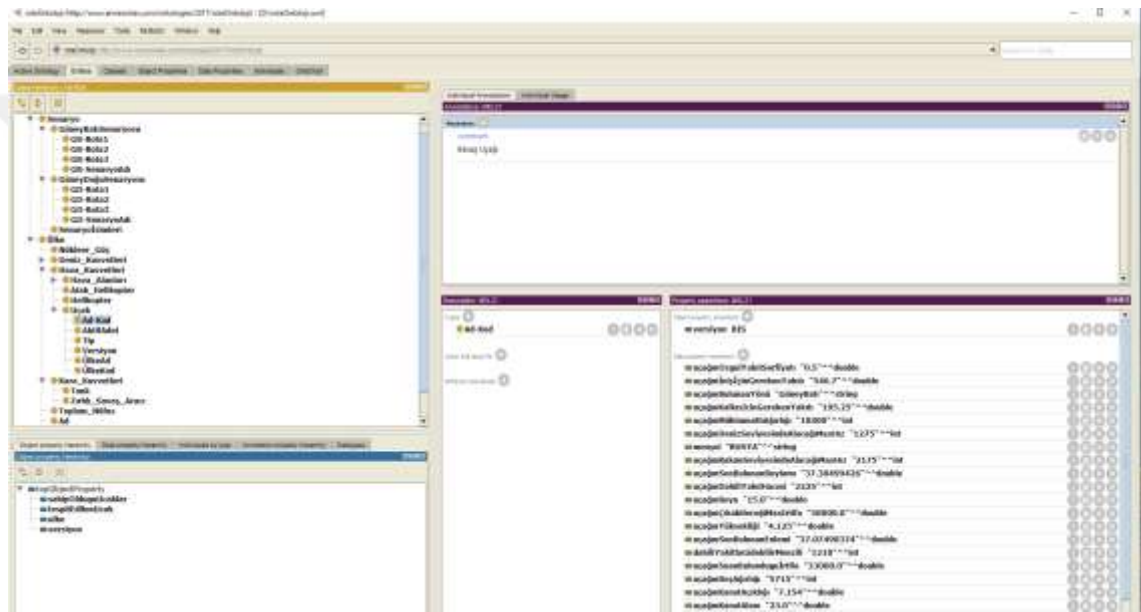
Ontoloji oluşturma aşamasında ontoloji geliştirme editörlerinden biri olan Protégé editörü kullanılmıştır. Protégé editörü kullanılma sırasında ilk olarak Sınıfların Tanımlanması ve Sınıf Sıradüzeninin Oluşturulması (Classess) sağlanmış daha sonra Nesne Özellikleri (Object Properties), Veri Özellikleri (Data Properties) ve sınıflara ait Bireyler (Individuals) tanımlanmış ve en son aşamada uçak yakıt sarfıyatı ve maksimum gidebilir seyahat menzilinın önerilebilmesi için bazı anlamsal kurallar tanımlanmıştır. Bu kurallar, ontoloji üzerinde tanımlanan bir anlamsal kural bilgi tabanı yapısında olup; Semantic Web Rule Language (SWRL) dili kullanılarak yaratılmıştır.

3.1.2. Protege editörü

Protégé; istihbarat toplama ve istihbarat sağlama, kurumsal modelleme, tıp, biyomedikal gibi birçok farklı alanda bilgi sağlama çözümleri için kurumsal kullanıcı, hükümet, akademik ve uygulama geliştiricilerden oluşan dinamik ve güçlü topluluk tarafından desteklenen, Java ile geliştirilen bir ontoloji geliştirme editörüdür. Protégé benzeri program ile iletişim ağı üzerinde ulaşılabilir ontolojilerden bilgi sağlanabilirken sıfırdan bir ontoloji oluşturmak da mümkündür. Protégé; ontoloji geliştirme, sorgulama gibi işlemler için geliştirilmiş birçok yardımcı semantik web araç ve teknolojiyle (Pellet, Fact++ (Tsarkov and Horrocs 2006), RacerPro, SWRL) vb isimli çıkarsama motorları ile

ontoloji üzerinde açıkça belirtilmemiş olan ilişkileri de kullanıcının dikkat ve kullanımına sunar.

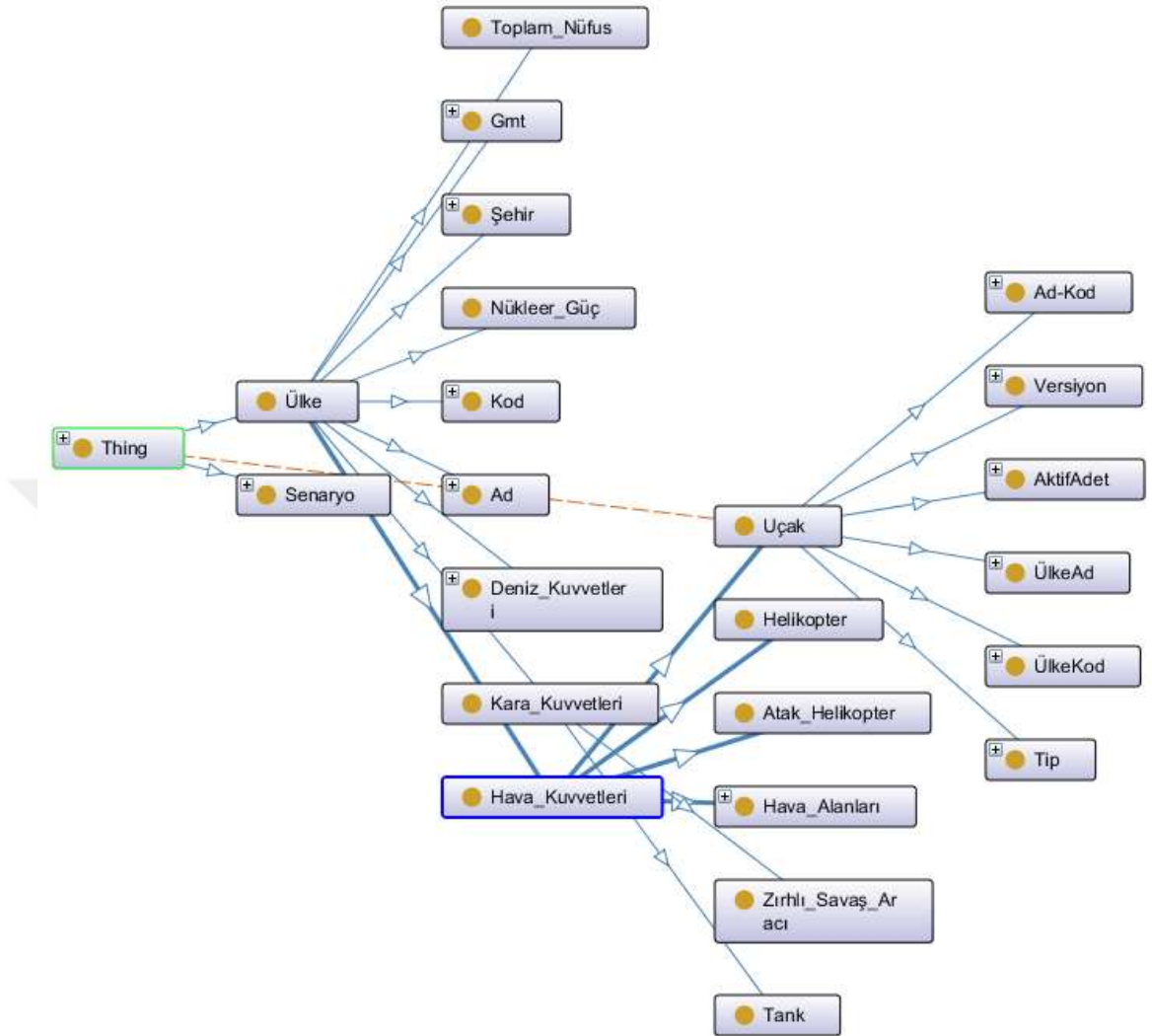
Şekil 3.2’ de, tez çalışmasının temeli olan Uçak Bilgi Ontolojisi (UBO)’nin hazırlık çalışmaları yapılırken Protégé ontoloji geliştirme editörünün arayüzünden bir kesit sunulmuştur.



Şekil 3.2. Uçak Bilgi Ontolojisinin (UBO) Protégé editöründeki görüntüsü

3.1.2.a. Sınıfların tanımlanması ve sınıf sıradüzeninin oluşturulması

Bir ontoloji oluşturulurken bir alanı modellemede standart iki yaklaşım dikkate alınabilir (Steichen et al. 2007). Bunlar, yukarıdan aşağıya yaklaşımı ve aşağıdan yukarı yaklaşımıdır. Sınıf sıradüzenlerinin belirlenmesinde yukarıdan aşağı yöntemi olarak; en genel kavramların tanımı ile başlanması ve sonrasında alan içindeki özel kavram tanımlarının yapılması önerilmiştir. Geliştirilen Uçak Bilgi Ontolojisinin sınıf sıradüzeninden bir kesit Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Uçak Bilgi Ontolojisi (UBO) sınıf sıradüzeni kesiti

3.1.2.b. Nesne ve veri özellikleri

Ontolojide zengin ve anlamlı ilişkiler kurulması için iki çeşit nitelik/özellik bulunmaktadır; Nesne nitelikleri (Object properties) ve veri nitelikleri (data properties). Bu özelliklerin tanımlanmasıyla birlikte terimlerin içyapılarının oluşturulması sağlanmaktadır. Sınıfların diğer sınıflarla ve bireylerle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla nesne özellikleri tanımlamaları, sınıflara ait bireylerin özelliklerini betimlemek amacıyla ise veri özellikleri tanımlamaları yapılması gerekmektedir. Nesne özellikleri

fonksiyonel, simetrik veya geçişli olabilir. Örneğin *Ülke* sınıfı ile *Uçak* sınıfı arasında ilişki kurulurken aynı zamanda *Hava Kuvvetleri* sınıfıyla da ilişki kurulmuştur.

Çizelge 3.2. Nesne ve veri özellikleri

Nitelik	Nitelik Tipi	Etki Alanı (Sınıf)	Etki Aralığı
sahipOlduguUcaklar	Nesne	Ülke	-
tespitEdilenUcak	Nesne	Senaryoİsimleri	-
tespitEdilenUlke	Nesne	Ülke	-
versiyon	Nesne	Uçak	-
havaYogunlugu	Veri	Uçak->Ad-Kod	double
uçagınOzgulYakitSarfıyatı	Veri	Uçak->Ad-Kod	double
silahDonanımı	Veri	Uçak->Ad-Kod	string
düşmanUçagıMı	Veri	Ülke	boolean
uçagınKalkısIcinGerekenYakıtı	Veri	Uçak->Ad-Kod	double

Bu tez kapsamında oluşturulan nesne ve veri özellikleri tanımlamaları gerçekleştirilmek istenen uygulama alanındaki bilgilere bağlı olarak çıkartılmıştır. Çizelge 3.2’ de nesne ve veri özellikleri ile ilgili Uçak Bilgi Ontolojisi geliştirilirken tanımlanan bazı niteliklerden örnekler verilmiştir.

3.1.2.c. Bireyler

Çalışma kapsamında sınıfların tanımlanması ve sınıf sıradüzeninin oluşturulması, nesne ve veri niteliklerinin tanımlanmasının ardından sınıflara ait bireylerin işlenme aşamasında ve bireyler için oluşturduğumuz özelliklere değer verme aşamasında gerçekçi verilerle çalışmak önem arz etmektedir. Bu nedenle, tez çalışmasında özgün ve gerçekçi sınıf bireyleri kullanılmıştır. Bireyler ve bireyler için oluşturulan özelliklere değer verme aşamasında bazı veriler Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Bireyler ve bireyler için oluşturulan özelliklere değer verme aşaması

Sınıf	Birey	Nitelik	Nitelik Tipi	Değer
Uçak	MIG-21	versiyon	Nesne	BIS
Uçak	MIG-21	tespitEdilenUlke	Nesne	Suriye
Uçak->Ad-Kod	MIG-21	uçacağınİnişİçinGerekenYakıtı	Veri	546.7 kg
Uçak,Ülke	MIG-21	düşmanUçağıMı	Veri	evet
Uçak	MIG-21	menşei	Veri	Rusya
Ülke->Şehir	Rakka	enlemDeğeri	Veri	35.93037661
Ülke->Ad	TÜRKİYE	düşmanUçağıMı	Veri	hayır

Bu tez kapsamında tanımlanmış bireylerde Çizelge 3.3'te tanımlandığı üzere birbirleriyle bağlantılı olarak gerçek verilerden oluşturulmuştur. Örneğin *Uçak->Ad-Kod* alt sınıfına ait **MIG-21** uçağı *tespitEdilenUlke* nesne veri özelliklerinde **Suriye** olarak betimlenmiş ve *düşmanUçağıMı* veri özelliği ise evet (true) olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda *tespitEdilenUlke* nesne özelliği ile *Ülke* sınıfına bağlanılabilmekte ve *Ülke->Ad* alt sınıfına ait **TÜRKİYE** bireyinde belirlenen *düşmanUçağıMı* veri özelliği ise hayır (false) olarak betimlenebilmektedir. *tespitEdilenUlke* nesne özelliği parametrik olarak değiştirilebilmekte ve buna göre *düşmanUçağıMı* veri özelliği değişmektedir. İlgili tanımlamalar, devlet politikalarına göre paydaşlar tarafından değiştirilebilir şekilde oluşturulmuştur. Sistem Mekanizması başlığı altında detaylara değinilmiştir.

3.1.2.d. SWRL kuralları

SWRL, tümdengelim özelliğine sahip, insanlar tarafından kural tanımlamak için W3C konsorsiyumuna sunulan bir Web standardı olmakla beraber, güçlü bir kural tanımlama dilidir. SWRL kuralları atomlardan oluşmakta ve her bir atom ontoloji sınıfı (classes),

nesne veya veri özelliklerinden (object or datatype properties) ve bireylerden (individuals) oluşmaktadır. Geliştirilen bu kurallar ontolojinin bir parçasıdır.

Bu tez kapsamında oluşturulan Uçak Ontoloji Bilgi Tabanına önceden tanımlanan yaklaşık 70 kurala göre düşman savaş uçağı için *“yakıt modeli”* ve *“gidilebilir maksimum seyahat menzili”* çıkarsaması yapılmıştır.

SWRL bünyesinde ‘=>’ sembolü kullanılmaktadır ve; bu sembolden önce mantıksal bağlaçlarla birleştirilmiş bir öncül (antecedent) ve kural sonucu (consequent) içermektedir. Bu kurallar ‘If-Then-Else’ (Eğer-İse) mantığıyla benzeşmektedir. Örneğin;

Öğrenci(?s), Önceki_Materyal(?s, Mat207_003), aldığıKurs(?s, Mat1), öğrenciSeviye(?s, ?l), greaterThanOrEqual(?l, 2.0) -> Sonraki_Materyal(?s, Mat207_004)

‘Eğer s bireyi Öğrenci sınıfından ise ve Eğer Mat207_003 bireyi önceki materyal ise ve Mat1 aldığı kurs ise ve öğrenci seviyesi iki ve ikiden büyükse Mat207_004 materyali önerilmektedir’.

Çizelge 3.4’te tez kapsamında oluşturulan genel SWRL yapılarını içeren örnek bir kural kesiti paylaşılmıştır;

Çizelge 3.4. Örnek SWRL kuralı

KURAL-1: Ad-Kod(?kgm3), uçağınSuanBulunduguİrtifa(?y, ?z), greaterThanOrEqual(?z,"20000"^^xsd:double),lessThan(?z,"21000"^^xsd:double)-> **havaYogunlugu**(?kgm3,"0.5328"^^xsd:double)

Ad-Kod(?kgm3): ‘?kgm3’ bir uçak sınıfının alt sınıfı olan Ad-Kod ögesi ise ve, uçağınSuanBulunduguİrtifa(?kgm3,?z): ‘?z’ bir irtifa değeri ise ve, **greaterThanOrEqual(?z,"20000"):** ‘?z’ irtifa değeri, tanımlanmış değere eşit veya büyükse ve, **lessThan(?z,"21000"):** ‘?z’ irtifa değeri, tanımlanmış değerden küçükse ve,

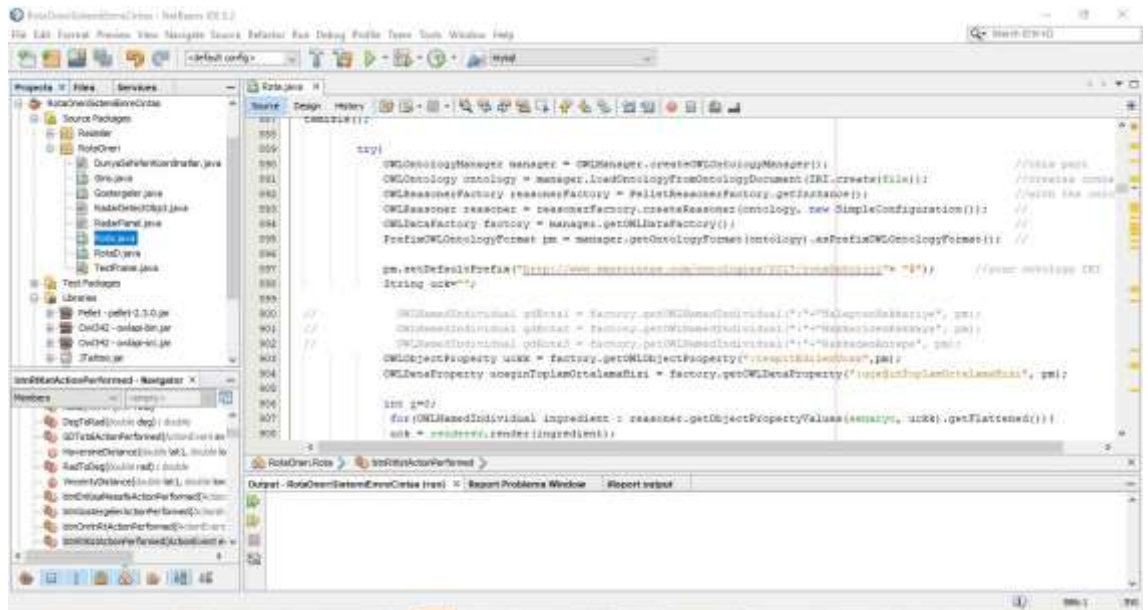
havaYogunlugu(?kgm3,"0.5328"): ‘?kgm3’ için döndürülecek çıkarsama sonucu “0.5328” olacaktır.

Kullanıcı tarafından seçilen uçağa göre SWRL kuralları çalışacak daha sonra kural sonucunda hava yoğunluğu düşman savaş uçağının irtifa değerine göre çıkarsama sonucu olarak döndürülecektir.

3.1.3. Netbeans editörü

Netbeans günümüzde çok yaygın kullanılan bir Java geliştirme ortamıdır. Netbeans geliştirme editöründe, java kodu yazma, hata giderme, derleme gibi gelişmiş Integrated Development Environment (IDE) özelliklerinin yanı sıra Java yazılım uygulamalar için çeşitli kod sihirbazları da vardır.

Tez kapsamında Netbeans 8.0 editörü kullanılmış ve platform bağımsız geliştirilen SUARSIS sisteminin özgün yapısından bir kesit aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3.4. SUARSIS sisteminin Netbeans editöründen bir görüntüsü

3.1.4. Hareketli nesne veri tabanı

Çalışma kapsamında önerilen rotaların simüle edilmesi aşamasında hareketli nesne veri tabanlarından Secondo sistemi kullanılmıştır. Belirli bir geometriye sahip hareketli nesnelerin, zaman içerisinde konumsal olarak bilgilerini tutabilmek amacıyla hareketli nesne veri tabanı kavramı ortaya çıkmıştır. Hareketli nesnelerin zamansal ve konumsal olarak bilgilerinin saklanıp kullanılabilmesi için iki farklı veri kavramı olan uzaysal ve zamansal veriler birleştirilmiştir.

3.1.4.a. Uzaysal veri tabanı sistemleri

Günümüzde normal veri tabanı sistemleri verileri yalnızca metin (string, text), tarih (date), sayı (int) ve karakter (char) olarak bünyesine kaydedebiliyorken, uzaysal veri tabanları veriyi geometrik şekillerin depolanması için çizgi (line), alan (region), nokta (point) gibi veri tipleriyle ifade etmektedir.

Nokta; haritada bir şehir, üniversite, araştırma merkezi ve havaalanı gibi bir konumu ifade etmektedir. Noktaları tanımlarken aşağıdaki gibi bir yapı kullanılır;

(OBJECT **ArastirmaMerkezi**

() (rel

(tuple (

(Sehir string)

(Ad string)

(Tip string)

(GeoData nokta)))) (

(“ERZURUM” “ATABAUM” “ArastirmaMerkezi” (39.899096

41.247395))

(“ERZURUM” “ATAUZEM” “ArastirmaMerkezi” (39.899057

41.241473))))

Çizgi; haritada herhangi bir noktadan başka bir noktaya gidişi veya bağlantıları temsil eder. Uçak rotası, otoban kuş göç yolu bunlara örnek verilebilir.

Alan; ise ülkeler, okyanuslar, denizler, orajlar ve notamlar gibi uzaydaki iki boyutlu nesneleri ifade ederler.

3.1.4.b. Zamansal veri tabanı sistemleri

Zamansal veri tabanı sistemleri, zaman kavramının söz konusu olduğu; savaş kayıtları geçmişi, kredi geçmişi, sağlık kayıtları geçmişi gibi kayıtların tutulması amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Zamansal veri tabanı sistemleri anlık zamanı gösterdikleri için bu yapı birçok alanda yaygın olarak kullanılmakta ve yaygınlaşmaktadır. Çalışmamızda hareketli nesne veri tabanı kullanılmasının temel nedenlerinden biri bu yapının anlık olarak kullanılabilmesidir.

Dolayısıyla, düşman savaş uçaklarının anlık verilerinin tutulabilmesi için hareketli nesne veri tabanı sistemlerine bu çalışmada ihtiyaç duyulmuştur. Bununla birlikte havadaki düşman uçağın, terörist grubun konumunu anlık olarak takip etmek mümkün olmaktadır.

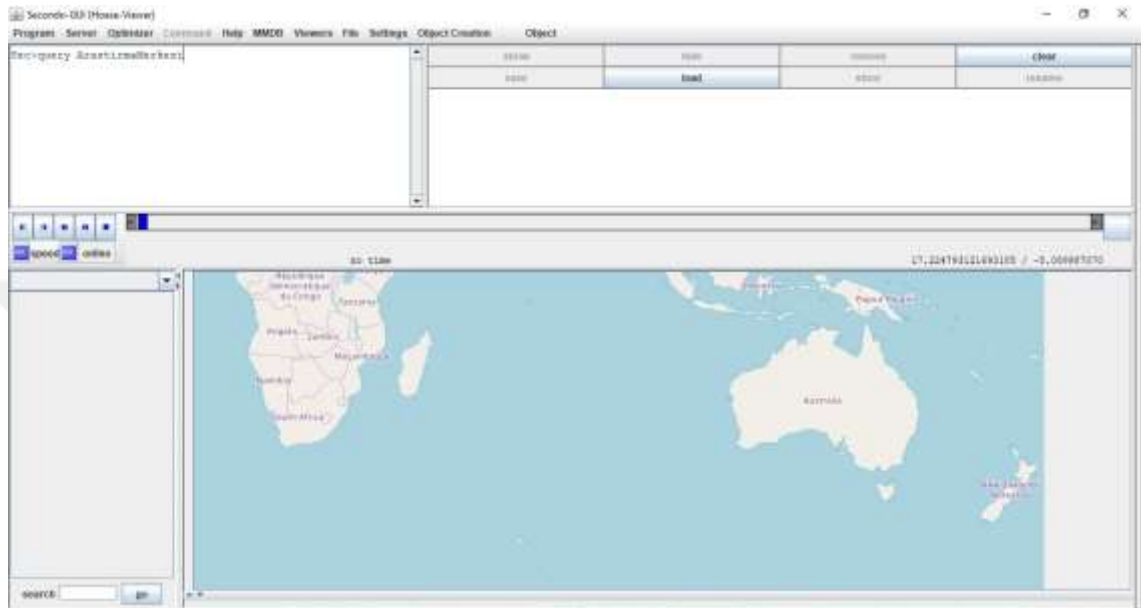
3.1.4.c. Secondo mimarisi

Secondo, Almanya Fern Üniversitesi tarafından geliştirilmiş hareketli nesne verilerini tutan ilk veri tabanı sistemlerinden bir tanesidir. Uzaysal – zamansal veri tabanı sistemleriyle çalışan Secondo ile birlikte herhangi bir düşman savaş uçağının geçmiş hareketlerini görüntüleyebilir ve bu hareketlerle ilgili sorgulamalar yapılabilir.

Secondo, alt yapısında verileri saklayabilmek için BerkeleyDB kullanmakta ve platform bağımsız çalışmaktadır.

Tez kapsamında yapılan çalışmada önerilen rotaların Secondo sisteminde sorgulama aşamasından ve Secondo GUI'den bir kesit aşağıda sunulmuştur;

- Select [No, val(Rota atinstant presentime) as loc] rom Suriye_Sinirlari where [Rota present presentime]

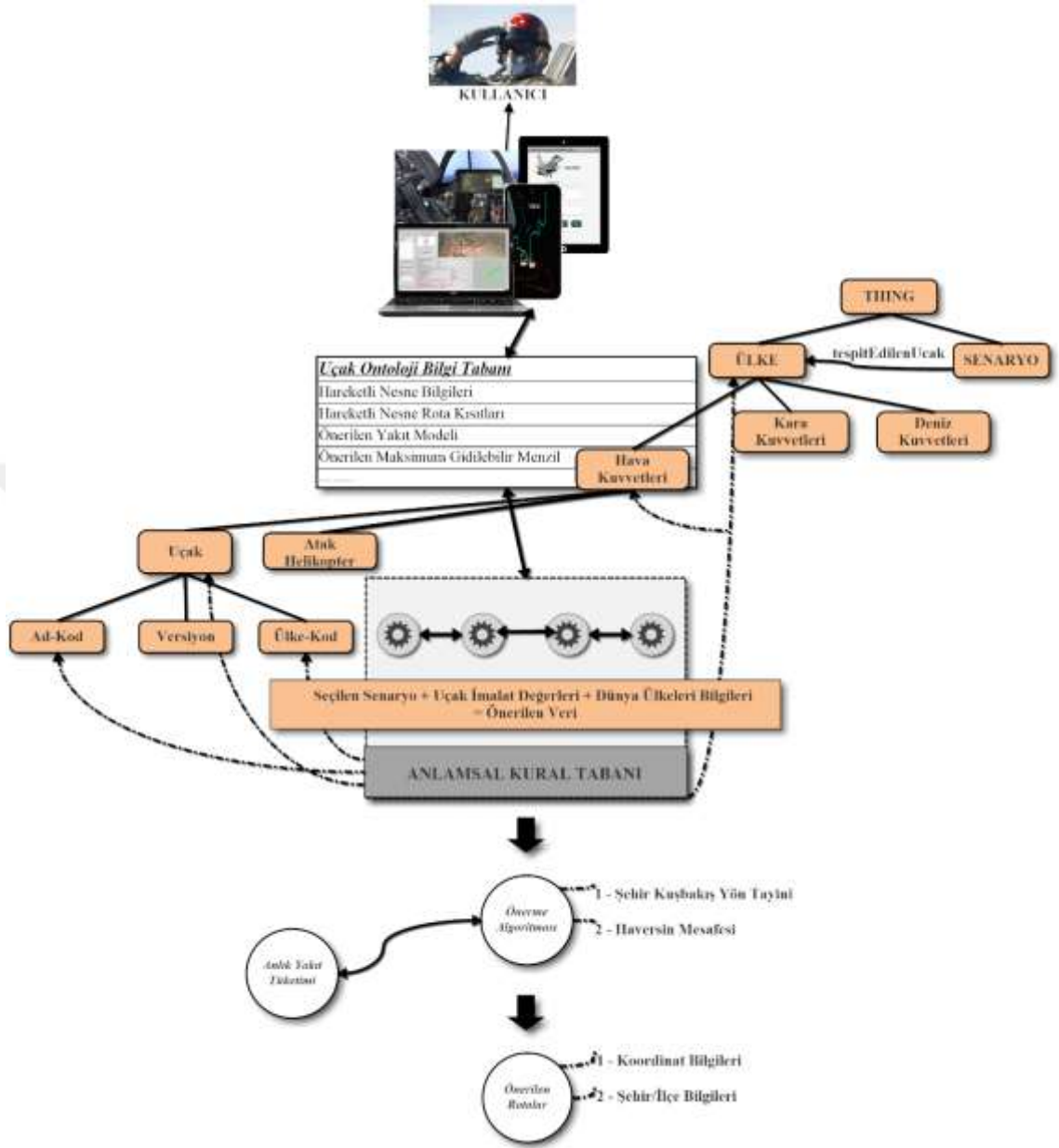


Şekil 3.5. Secondo GUI

3.2. Sistem Mekanizması

Önerilen sistemde olası bir savaşta kullanılmak üzere ontolojide senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolar oluşturulurken, dost/düşman uçak imalat bilgileri (bomba kütlesi, maksimum yük, kanat alanı, kanat açıklığı, motor özellikleri) ve uçak yakıt modeli (özellik yakıt sarfıyatı) anlamsal kural tabanı ile mantıksal olarak tasarlanmıştır. Kural tabanı tanımlanırken kavramlar arasındaki tüm ilişkiler, anlamsal olarak belirlenmiştir. Bu senaryolarda uçak ortalama hızı ve irtifası radardan gelmiş şekilde parametrik olarak tanımlanarak radardan geldiği kabul edilen bilgilerin anlık değiştirilebilmesi için sisteme anlık enlem, anlık boylam ve anlık yön gibi radar parametreleri konulmuştur. Kullanıcı istediği takdirde anlık radar parametrelerini değiştirerek yeni rotaların önerilmesini sağlayabilmektedir. Sistem akıllı bir şekilde ontolojiden alınan ve önerilen bilgileri analiz eder, önerme algoritmasına anlık olarak aktarır ve daha sonra ilgili paydaşlara düşman uçağının gidebileceği muhtemel rotaları önerir. Bunlar önerilen rotaları izleme aşamasında karar verme ve karşı istihbarat sağlamada; pilot, seyrüsefer subayı ve istihbarat birimleri için yol göstericidir. Oluşturulan ontolojide anlamsal kuralları belirlerken yapay zekâ teknolojilerini kullanabilen ve makinelerin anlayabileceği verileri ortaya çıkaran Semantik Web (Web 3.0) yaklaşımı tez çalışması kapsamında uygulanmıştır. Gelecekte, benzer RÖ sistemleri 'Uçak Ontoloji Bilgi Tabanı' ile çalışacaktır ve pilotlar, DSU için RÖ analizlerini her an sorgulayabileceklerdir.

Şekil 3.6'da sistem mekanizması genel işleyişi gösterilmiştir;



Şekil 3.6. Sistem mekanizması

Savaş Uçakları için Anlık Rota Önerme Sistemi (SUARSIS), üç ana fonksiyondan meydana gelmektedir:

1. Uçak Ontoloji Bilgi Tabanı: Sistem, seçilen senaryoya göre tespit edilen DSU'nun tüm bilgilerini ontolojiden alır. Daha sonra tespit edilen savaş uçağının imalat değerlerini uçak ontolojisi içerisinde aramaya başlar. Ontoloji, seçilen uçağa ait önerilen kalan yakıtı

ve gidilebilir maksimum kalan seyahat menziline, ontolojide önceden tanımlı olan anlamsal kural, kavram ve ilişkilere göre belirler ve önerir. Önerilen değerler, SUARSIS sistemine anlık olarak aktarılır.

2. Önerme Algoritması: Algoritma, akıllı bir şekilde ontolojiden alınan ve önerilen bilgileri analiz eder, daha sonra ilgili paydaşlara düşman uçağının gidebileceği muhtemel rotaları önerir. Bunlar, önerilen rotaları izleme aşamasında, karar verme ve karşı istihbarat sağlamada; pilot, seyrüsefer subayı ve istihbarat birimleri için yol göstericidir.

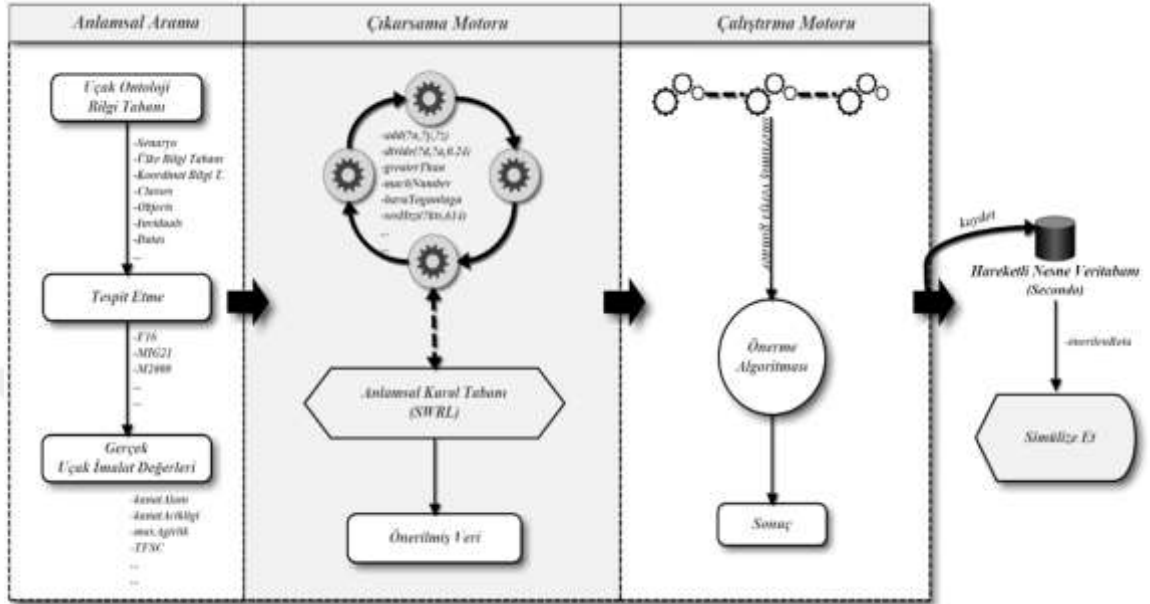
3. Secondo: SUARSIS, önerilen rotaları simüle edip paydaşlara sunmak için platform bağımsız Secondo sistemini kullanmaktadır.

Ayrıca sistem platform bağımsız tasarlandığından dolayı uçak gömülü sistemi ve tablet/pc ile rahatlıkla entegre edilebilir durumdadır. Önerilen sistem modelinin akış diyagramı Şekil 3.6'da gösterilmiş ve detaylı bilgiler başlıklar halinde verilmiştir.

3.2.1. Uçak ontoloji bilgi tabanı

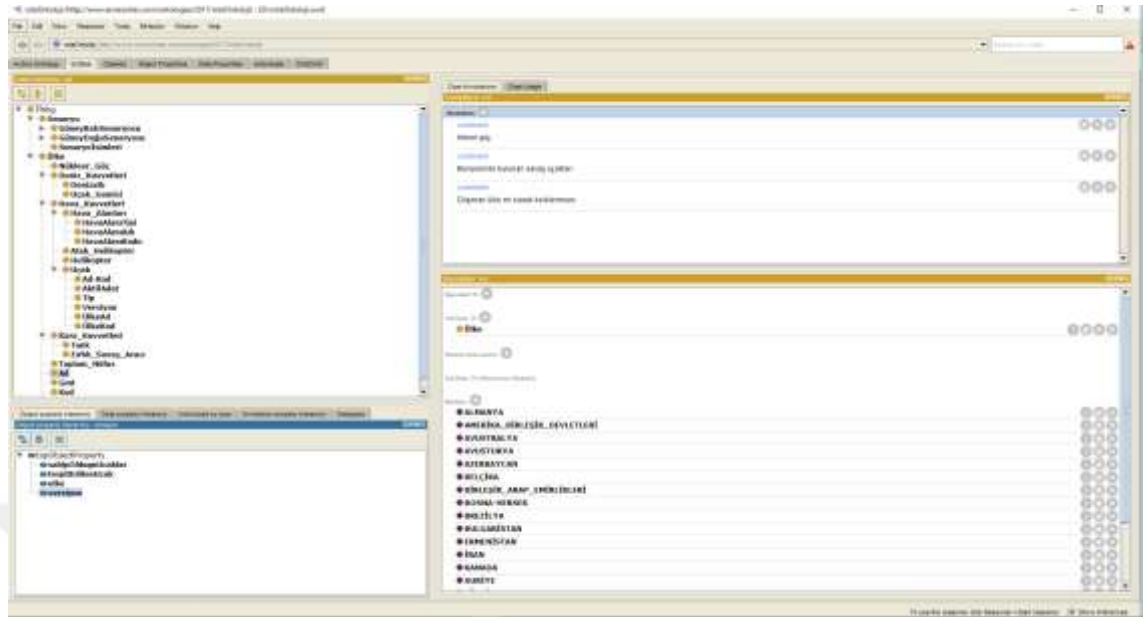
Ontolojiler, insanlar arasındaki iletişime yardımcı olmak, bilgisayar sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak ve yazılım sistemlerinin süreç ve niteliğini arttırmak için bilgi teknolojilerinde geliştirilmiş yeni bir yaklaşımdır. Ayrıca ontolojiler, makinelerin bilgiyi insanların yorumladığı şekilde anlamasını hedeflemektedir. Bu bağlamda özgün olarak geliştirdiğimiz ontoloji bilgi tabanı, anlamsal arama, çıkarsama motorunun çalıştırılması ve çalıştırma motorunun önerilen maksimum menzile, uçağın son bulunduğu kuş bakış yönünü geliştirilen algoritmaya parametrik göndermesi olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Anlamsal arama aşaması ontoloji içinde bulunan ülkelere ait savaş uçaklarının aranması, tespit edilen savaş uçağına ait imalat değerlerinin bulunması ve bulunan değerlerin çıkarsama motoruna verilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Çıkarsama motorunun çalıştırılma aşamasında ontoloji üzerinde oluşturulan anlamsal kural tabanı çalışmaktadır. Çıkarsama motorunun çalıştırılma aşamasının son adımında ise elde edilen veri, çalıştırma motoruna verilmektedir. Sistemin son aşaması olan çalıştırma motoru aşamasında elde edilen veri, önerme algoritmasına verilmekte ve çıktı alınmaktadır. Son olarak ise alınan çıktılar simüle edilmektedir.

SUARSIS sisteminin uçak ontoloji bilgi tabanına ait görsel Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ontoloji içerisinde gelişen aşamalar

Uçak ontolojisindeki ontolojik yapı ve semantik kurallar SWRL (Semantic Web Rule Language) ve Protégé editörü kullanılarak OWL2.0 ile kodlanmaktadır (Şekil 3.8) Ontoloji içinde: anlamsal bilgi bağlamları <owl:class>, <rdfs:subClassOf>, <owl:DatatypeProperty> ve <owl:ObjectProperty> gibi etiketler kullanılarak uçak ontolojisi oluşturulmuştur. Çizelge 3.5’te "Ülke", "Şehir", "Hava_Kuvvetleri", "Kara_Kuvvetleri", "Deniz_Kuvvetleri", "HavaAlanları" gibi ülke ve uçaklarla ilgili neredeyse 80 bileşen ve 246 bileşen kavramları OWL2.0 Web dili kullanılarak uçak ontolojisine kodlanmıştır. Örneğin, "Hava_Kuvvetleri" kavramı, çeşitli alt sınıflarını içerir "Versiyon", "AktifAdet", "ÜlkeAd" gibi. Ontoloji aynı zamanda "sahipOlduguUcaklar", "uçacağınOzgulYakıtSarfıyatı", "düşmanUçağıMı", "uçacağınKalkısıIcinGerekenYakıtı" gibi ilgi alanındaki kavramlar arası özellikleri içerir.



Şekil 3.8. SUARSIS'in uçak ontoloji bilgi tabanından kesit

Çizelge 3.5. Uçak ontoloji bilgi tabanından kesit

```
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xml:base="http://www.emrecintas.com/ontologies/rotaOntoloji"
<Class IRI="#Ülke"/>
<Class IRI="#Şehir"/>
<Class IRI="#Hava_Kuvvetleri"/>
<Class IRI="#Kara_Kuvvetleri"/>
<ObjectProperty IRI="#tespitEdilenUcak"/>
<ObjectProperty IRI="#sahipOlduguUcaklar"/>
<DataProperty IRI="#düşmanUçağıMı"/>
<SubClassOf>
<Class IRI="#AktifAdet"/>
<Class IRI="#Hava_Kuvvetleri"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
<Class IRI="#ÜlkeAd"/>
<Class IRI="#Hava_Kuvvetleri"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
<Class IRI="#Tip"/>
<Class IRI="#Hava_Kuvvetleri"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
<Class IRI="#Uçak"/>
<DataProperty IRI="#düşmanUçağıMı"/>
<Class IRI="#Ad-Kod"/>
</SubClassOf>
</Ontology>
```

3.2.1.a. Anlamsal arama

Anlamsal arama, ontoloji içerisinde oluşturulan tüm sınıf, bileşen ve kurallar arasında bulunulması istenen işlem ve değerlerin anlamsal olarak aranması işlemidir. Dolayısıyla çalışmada, anlamsal arama yaklaşımın ilk aşamasında ontoloji içerisinde önceden tanımlanan savaş senaryolarına göre kullanıcı tarafından seçilen savaş durumu senaryo adına (Suriye_Sinirlari, Yunanistan) göre tespit edilen düşman savaş uçağı bilgileri ontolojiden anlamsal olarak çağrılır. İkinci aşamasında bu bilgilere göre ontoloji içinde; üretici firma tarafından resmi olarak açıklanan uçak imalat değerleri (Anonymous 2000b), anlamsal olarak aranır. Bulunan gerçekçilik değerleri son aşamada Çıkarsama Motoruna gönderilir.

3.2.1.b. Çıkarsama motoru

Ontoloji üzerinde anlamsal kural tabanının çalıştırılması aşamasına çıkarsama motoru denilmektedir. Anlamsal kural tabanı Semantic Web Rule Language (SWRL) ile kodlanmıştır. SUARSIS çalışma sırasında alınan değerlerden anlamlı bilgiler çıkarmak için bazı semantik/anlamsal kurallar tanımlanmıştır. Bu anlamsal kuralların tanımlanması ile birlikte önceden belirlenmiş aralık değerleri ile alınan değerler kıyaslanır ve uçak türüne göre ontoloji üzerinde semantik kural tabanı çalışır. Semantik kural tabanı Semantic Web Rule Language (SWRL) ile tasarlanmıştır. SWRL, kural tanımlamak için W3C konsorsiyumuna sunulan bir Web standardı olup, tümdengelim özelliğine sahip güçlü bir kural tanımlama dilidir. Bu kural tabanına göre hangi uçağın hangi yakıt modeline göre ve seyahat menzilinin maksimum ne kadar olabileceğine göre göstermiş olduğu bilgiler ontoloji tabanında mevcuttur.

Semantik kural tabanı oluşturulurken alınan bilgilerden yakıt modelinin hesaplanmasında Aerodinamik Kuvvetlerden (Anonymous 2011b; Anonymous 2015b; Anonymous 2015c;) ve Seyahat Menzili denklemlerinden (Martinez and Perez 1992; Anonymous 2014b; Anonymous 2015d) yararlanılmıştır. Düşman savaş uçağının görev profili önceden bilinemeyeceğinden dolayı seyahat türü olarak Basamaklı Seyahat Uçuş (görev

profili belirli) tekniğine en yakın hesaplama yapabilmek için gerçek uçuşlarda kullanılan üç seyahat türü tek tek semantik kural tanımlarıyla bulunup ortalaması alınmıştır.

$$R_{max_{bs}} \cong \frac{R_{max_{sist}} + R_{max_{shst}} + R_{max_{sish}}}{3} \quad (1)$$

Bunlar:

- 1 - Sabit irtifada, sabit taşıma katsayısıyla uçuş,
- 2 - Sabit hızda, sabit taşıma katsayısıyla uçuş,
- 3 - Sabit irtifada, sabit hızla uçuştur.

Aerodinamik parametrelerin ve seyahat türlerinin bulunmasında kullanılan bazı denklemler ve aşamalar sözde kod (pseudo) ile sırasıyla Çizelge 3.6, Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da verilmiş, tanımlanan bazı semantik kurallar ise Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Uçağın Sabit İrtifa Sabit Taşıma Katsayısı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil ($R_{max_{sist}}$) Sözde (Pseudo) Kodu

```

1  GİRDİ:  Senaryo, Radar (uçağınSuanBulunduguOrtİrtifa)
2  ÇIKTI:  Gidilebilir Maksimum Menzil
3  KURAL:  uçağınToplamOrtalamaHızını belirle
4  METOD:
5  define count=0;
6  While count<=1 DO

7      add(km/s, rota1OrtHiz)

8      add(km/s, rota2OrtHiz)
9      add(km/s, rota3OrtHiz)
10     divide(uçağınToplamOrtalamaHızı, km/s, 3) /*ortalama hız*/
11     count++;
12     ENDWHILE
13  KURAL:  uçağınSeyahatİçinKullanabilirYakıtını belirle
14  METOD:
15     add(kg/ kalkışİcinGerekenYakit, İnisİcinGerekenYakit)
16     subtract(uçağınSeyahatİçinKullanabilecekYakıtı, kg, 17
uçağınDahiliYakıtHacmi) /* kullanılabilir yakıtı tespit et*/
18  KURAL:  standart atmosfer tablosundan hava yoğunluğunu tespit et
19  METOD:
20     if uçağınSuanBulunduguOrtİrtifa ft greaterThanOrEqual(20000ft) 21 and
lessThan(21000ft) then
22     havaYogunlugu, ayarla; 0.5328 kg/m3
23     if uçağınSuanBulunduguOrtİrtifa ft greaterThanOrEqual(21000ft) and
lessThan(22000ft) then
24     havaYogunlugu, ayarla; 0.5150 kg/m3
25     ...
26     ...
27  KURAL:  standart atmosfer tablosundan ses hızını tespit et
28  METOD:
29     if uçağınSuanBulunduguOrtİrtifa ft greaterThanOrEqual(20000ft) and
lessThan(21000ft) then
30     sesHızı, ayarla; 614 kts
31     if uçağınSuanBulunduguOrtİrtifa ft greaterThanOrEqual(21000ft) and
lessThan(22000ft) then
32     sesHızı, ayarla; 611 kts
33     ...
34     ...
35  KURAL:   $CD_0$  boyutsuz sürüklem katsayısını bul
36  METOD:
37     if M greaterThanOrEqual(0) and lessThan(0.8) then /*M (mach)*/
38      $CD_0$ , ayarla; 0.014
39     ...
40  KURAL:  K sürüklem katsayısını bul
41  METOD:
42      $K = \frac{1}{\pi A R^2 e}$  and  $A_R = \frac{b^2}{s}$ , ayarla; /*k'yı hesapla*/
43
44  GETİR:  ontoloji; uçak imalat değerleri
45  HESAPLA:
46      $W_0 = 9.81 * (maxKalkisKutlesi - kalkışİcinGerekenYakit)$ , hesapla; /*kütle*/
47      $V_{md_0} = (\frac{K}{CD_0})^{1/4} \sqrt{\frac{2W_0}{\rho s}}$ , hesapla; /* min sürüklem hızı */
48      $E_{max} = \frac{1}{2\sqrt{KCD_0}}$ , hesapla; /* uçağın maksimum finesi */
49      $f = \frac{W_F}{W_0}$ , hesapla; /* seyahat yakıt oranı */
50      $R_{max_{sist}} = \frac{3^{\frac{3}{4}}}{c} V_{md_0} E_{max} (1 - \sqrt{1-f})$ , hesapla; /* maksimum menzil */
51  END

```

Çizelge 3.7. Uçağın Sabit Hava Hızı Sabit Taşıma Katsayısı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil ($R_{max_{shst}}$) Sözde (Pseudo) Kodu

```

1  GİRDİ:   $Vmd_0, E_{max}$ 
2  ÇIKTI:   $Gidilebilir$  Maksimum Menzil

3  BAŞLA:
4  HESAPLA:

5   $R_{max_{shst}} = \frac{3}{2c} Vmd_0 E_{max} \ln\left(\frac{1}{1-f}\right)$  , hesapla; /* maksimum menzil */
6  END

```

Çizelge 3.8. Uçağın Sabit İrtifa Sabit Hava Hızı Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil, ($R_{max_{sish}}$) Sözde (Pseudo) Kodu

```

1  GİRDİ:   $Vmd_0, E_{max}$ 
2  ÇIKTI:   $Gidilebilir$  Maksimum Menzil

3  BAŞLA:
4  HESAPLA:

5   $R_{max_{shst}} = \frac{3}{2c} Vmd_0 E_{max} \left(\frac{f}{(1-f)^{1/4}}\right)$  , hesapla; /* maksimum menzil */
6  END

```

Çizelge 3.9. Uçağın Basamaklı Seyahat Uçuşu Halindeki Maksimum Menzil ($R_{max_{bs}}$) Sözde (Pseudo) Kodu

```

1  GİRDİ:   $R_{max_{sist}}, R_{max_{shst}}, R_{max_{sish}}$ 
2  ÇIKTI:   $Gidilebilir$  Maksimum Menzil

3  BAŞLA:
4  HESAPLA:

5   $R_{max_{bs}} \cong \frac{R_{max_{sist}} + R_{max_{shst}} + R_{max_{sish}}}{3}$  , hesapla; /* maksimum menzil */
6  END

```

Çizelge 3.10. Anlamsal kural tabanı hazırlık çalışmaları yapılırken tanımlanan SWRL kurallarından bir kesit

SWRL KURALLARI	
(1)	Ad-Kod(?kms), GD-Rota1(?g1), uçağınOrtalamaHızı(?g1, ?u1), GD-Rota2(?g2), uçağınOrtalamaHızı(?g2, ?u2), GD-Rota3(?g3), uçağınOrtalamaHızı(?g3, ?u3), add(?a, ?u1, ?u2, ?u3), divide(?d, ?a, 3) -> uçağınToplamOrtalamaHızı(?kms, ?d)
(2)	Ad-Kod(?kg), uçağınKalkışIcinGerekenYakıtı(?kg, ?y1), uçağınİnişIcinGerekenYakıtı(?kg, ?y2), uçağınDahiliYakıtHacmi(?kg, ?y3), add(?a, ?y1, ?y2), subtract(?s, ?y3, ?a) -> uçağınSeyahatIcinKullanabileceğiYakıtı(?kg, ?s)
(3)	Ad-Kod(?kgm3), uçağınSuanBulunduguİrtifa(?kgm3, ?z), greaterThanOrEqual(?z, "20000"^^xsd:double), lessThan(?z, "21000"^^xsd:double) -> havaYogunlugu(?kgm3, "0.5328"^^xsd:double)
	.
	.
(4)	Ad-Kod(?kts), uçağınSuanBulunduguİrtifa(?kts, ?z), greaterThanOrEqual(?z, "34000"^^xsd:double), lessThan(?z, "35000"^^xsd:double) -> sesHızı(?kts, "579"^^xsd:double)
	.
	.
	.
(5)	Ad-Kod(?m), uçağınToplamOrtalamaHızı (?m, ?z), divide(?d1, ?z, "1.852"^^xsd:double), sesHızı(?m, ?sh), divide(?d2, ?d1, ?sh) -> machSayısı(?m, ?d2)
(6)	Ad-Kod(?cdo), machSayısı(?cdo, ?z), greaterThanOrEqual(?z, "0"^^xsd:double), lessThan(?z, "0.8"^^xsd:double) -> boyutsuzSürüklenmeKatSayısı(?cdo, "0.014"^^xsd:double)
	.
	.
	.
(7)	Ad-Kod(?x), uçağınMühimmatlıAğırlığı(?x, ?z), uçağınKalkışIcinGerekenYakıtı(?x, ?u), subtract(?v, ?z, ?u), multiply(?k, ?v, "9.81"^^xsd:double) -> uçağınSeyahatUcusuBasindakiAğırlığı(?x, ?k)
(8)	Ad-Kod(?x), uçağınKanatAçıklığı(?x, ?a), uçağınKanatAlanı(?x, ?ka), pow(?m1, ?a, 2), divide(?ar, ?m1, ?ka), multiply(?m2, "3.14"^^xsd:double, ?ar, "0.5"^^xsd:double), divide(?d2, 1, ?m2) -> sürüklenmeKatSayısı(?x, ?d2)
(9)	Ad-Kod(?x), sürüklenmeKatSayısı(?x, ?k), boyutsuzSürüklenmeKatSayısı(?x, ?bs), uçağınSeyahatUcusuBasindakiAğırlığı(?x, ?sba), havaYogunlugu(?x, ?hy), uçağınKanatAlanı(?x, ?uca), divide(?dvd, ?k, ?bs), multiply(?ml, ?sba, 2), multiply(?ml2, ?hy, ?uca), divide(?dvd2, ?ml, ?ml2), pow(?sq, ?dvd, "0.25"^^xsd:double), pow(?sq2, ?dvd2, "0.5"^^xsd:double), multiply(?ml3, ?sq, ?sq2, "3.6"^^xsd:double), divide(?dvd3, ?ml3, "1.852"^^xsd:double) -> minumumSürüklenmeHızı(?x, ?dvd3)
(10)	Ad-Kod(?x), sürüklenmeKatSayısı(?x, ?k), boyutsuzSürüklenmeKatSayısı(?x, ?bs), multiply(?m1, ?k, ?bs), pow(?sq, ?m1, "0.5"^^xsd:double), multiply(?m2, ?sq, 2), divide(?dvd, 1, ?m2) -> maksimumFines(?x, ?dvd)

(11)	Ad-Kod(?x), uçağınSeyahatİçinKullanabileceğiYakıtı(?x, ?s), uçağınMühimmatlıAğırlığı(?x, ?z), uçağınKalkışIcinGerekenYakıtı(?x, ?u), subtract(?v, ?z, ?u), divide(?dvd, ?s, ?v)-> seyahatYakıtOranı(?x, ?dvd)
(12)	Ad-Kod(?x), uçağınOzgulYakıtSarfıyatı(?x, ?c), minumumSürüklenmeHızı(?x, ?ms), maksimumFines(?x, ?mf), seyahatYakıtOranı(?x, ?sy), pow(?pw, 3, "0.75"^^xsd:double), divide(?dvd, ?pw, ?c), multiply(?ml, ?dvd, ?ms, ?mf), subtract(?sb, 1, ?sy), pow(?sq, ?sb, "0.5"^^xsd:double), subtract(?sb2, 1, ?sq), multiply(?ml3, ?ml, ?sb2, "1.85200"^^xsd:double)> uçağınSabitİrtifaSabitTaşımaMaxMenzili(?x, ?ml3)
(13)	Ad-Kod(?x), uçağınOzgulYakıtSarfıyatı(?x, ?c), minumumSürüklenmeHızı(?x, ?ms), maksimumFines(?x, ?mf), seyahatYakıtOranı(?x, ?sy), multiply(?mp, 2, ?c), divide(?dvd, "2.279"^^xsd:double, ?mp), multiply(?ml, ?dvd, ?ms), multiply(?ml2, ?ml, ?mf), subtract(?sb, 1, ?sy), divide(?dvd2, 1, ?sb), multiply(?ml3, ?ml2, ?dvd2, "1.85200"^^xsd:double)- > uçağınSabitHavaHızıSabitTaşımaMaxMenzili(?x, ?ml3)
(14)	Ad-Kod(?x), uçağınOzgulYakıtSarfıyatı(?x, ?c), minumumSürüklenmeHızı(?x, ?ms), maksimumFines(?x, ?mf), seyahatYakıtOranı(?x, ?sy), multiply(?mp, 2, ?c), pow(?pw, 3, "0.75"^^xsd:double), divide(?dvd, ?pw, ?mp), multiply(?ml, ?dvd, ?ms, ?mf), subtract(?sb, 1, ?sy), pow(?sq, ?sb, "0.25"^^xsd:double), divide(?dvd2, ?sy, ?sq), multiply(?ml2, ?ml, ?dvd2, "1.85200"^^xsd:double)- > uçağınSabitİrtifaSabitHavaHızıMaxMenzili(?x, ?ml2)
(15)	Ad-Kod(?x), uçağınSabitİrtifaSabitTaşımaMaxMenzili (?x, ?rmax1), uçağınSabitHavaHızıSabitTaşımaMaxMenzili(?x, ?rmax2), uçağınSabitİrtifaSabitHavaHızıMaxMenzili(?x, ?rmax3), add(?a, ?rmax1, ?rmax2, ?rma x3), divide(?dvd, ?a, 3)-> uçağınBasamaklıUcusGidebilirKalanMenzili(?x, ?dvd)

- **Aerodinamik parametreler**

Aerodinamik, kuvvetlerin ve nesnelerin hava yoluyla ortaya çıkan hareketlerinin incelenmesidir. Bir katı cismin üzerinde meydana gelen kuvvetlerin bileşkesi F_A katı cismin çevresinde akan havanın hızının (V) karesi, bulunan ortamdaki havanın yoğunluğu (p) ve katı cismin referans yüzey alanı olan (S) ile orantılıdır.

$$F_A = q * S \quad (1)$$

Aerodinamik kuvveti gösteren bu formüldeki havanın hızının karesini ve yoğunluğu içeren,

$$q = C_A \frac{\rho}{2} V^2 S \quad (2)$$

ifadesine dinamik basınç ismi de verilir. C_A , boyutsuz aerodinamik kuvvet katsayısı olup α , uçağın hücum açısı, havanın viskozitesi, havanın sıkıştırılabilirliği ve uçağın şekli ile ilgili etkileri de içermektedir (Anonymous 2011b).



Şekil 3.9. Aerodinamik kuvvet ve bileşenleri

Aerodinamik kuvvetin hava hızına dik bileşenine taşıma (lift) kuvveti, hava hızına paralel bileşenine ise sürüklenme (drag) kuvveti denir (Şekil 3.9) Buna göre, taşıma ve sürüklenme kuvvetlerinin en genel ifadeleri:

$$L = C_L \frac{\rho}{2} V^2 S \quad (3)$$

$$D = C_D \frac{\rho}{2} V^2 S \quad (4)$$

olmak üzere C_L boyutsuz taşıma; C_D boyutsuz sürüklenme katsayısı olup çıkarsama motorunda tüm aerodinamik parametreler ve burada gösterilmeyen diğer (sürüklenme poleri, fines, oswald(kanat verim faktörü) vb.) parametreler dikkate alınmıştır. Seyahat menzili hesaplamalarında kullanılan denklemlerden bir kesit yine Çizelge 3.6'da sunulmuştur.

- **Seyahat menzil hesaplamaları**

Uçakların kalkış noktasından, iniş yaptığı noktaya kadar kat ettiği yer mesafesine uçağın menzili denilmektedir. Uçuşun, ısınma ve kalkıştan, seyahat irtifasına kadar olan tırmanma ve o irtifadan inişine kadar olan alçalma zamanı dışında kalan bölüm yatay uçuş olarak adlandırılmaktadır. Bu sebeple, menzil hesaplamalarının yapılmasında yatay uçuş özelliklerinden faydalanılmaktadır. Aşağıda maddeler halinde çıkarım motorunda kullanılan menzil hesaplamalarında önem arz eden kavramlardan bazı kesitler açıklama gereği duyulmuştur; (Anonymous 2014b).

1. Özgül yakıt sarfiyatı

Motorun saate ne kadar yakıt yaktığı olarak bilinen özgül yakıt sarfiyatı (specific fuel consumption - TSFC), bir uçağın yakıt verimi için en önemli ölçüttür. Özgül, yakıt gibi tüm terimleri bir araya getiren TSFC, motorun ürettiği itme gücüyle üretilen bir motor tarafından yakılan devasa bir yakıttır. Bu verimlilik faktörünün birimleri, saat başına kuvvete bölünür (İngiliz birimlerinde, saatte pound, metrik birimlerde, ton Newton başınasaatekilogram). M mach sayısı, T hava sıcaklığı, C_T^{ref} , M^{ref} ve T^{ref} motor imalat verileri ve β özgül yakıt sarfiyatının mach sayısına bağımlılık üstel değeri (0,4 ~ 0,7) olmak üzere Martinez and Perez (1992) menzil hesapları için TFSC' yi şu şekilde ifade etmişlerdir ;

$$C_T = C_T^{ref} \left(\frac{M}{M^{ref}} \right)^\beta \sqrt{T/T^{ref}}$$

2. Özgül menzil

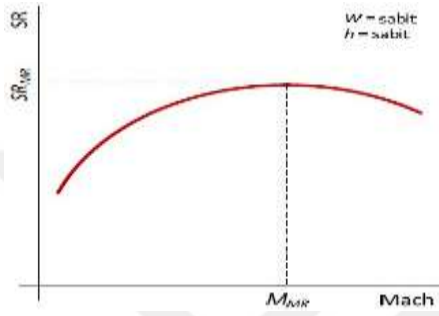
Birim kütlede yakıtla alınan menzil, özgül menzil (specific range – SR) olarak adlandırılır ve

$$SR = \frac{dR}{dW_f} = \frac{V d\mathbf{t}}{C_T f d\mathbf{t}} = \frac{V}{C_T f}$$

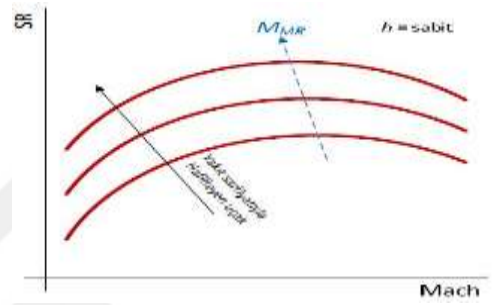
(R) kat edilen mesafe, W_f harcanan yakıt miktarı olmak üzere ile ifade edilir. Özgül

menzil, uçuş irtifasına, uçak ağırlığına ve uçuş hızına dolayısıyla Mach sayısına bağlı olarak değişmektedir. Mach sayısı uçak gerçek hızının uçuş ses hızına bölünmesi ile ifade edilir.

$$M = \frac{V}{a}$$



Şekil 3.10. Özgül menzil mach sayısına göre değişim



Şekil 3.11. Özgül menzil ağırlığa sayısına göre değişim

Sabit uçak ağırlığı ve sabit irtifa için, özgül menzil belli bir Mach sayısına kadar sürekli olarak artar, o Mach sayısında maksimuma eriştikten sonra azalmaya başlar (Şekil 3.10).

Uçak yakıt sarfiyatı sebebiyle hafifledikçe, özgül menzili maksimum yapan Mach sayısı küçülür, buna karşın maksimum özgül menzil büyür (Şekil 3.11) (Anonymous 2011b).

3. Menzil performansının denklemi

Seyahat halindeki uçağın ağırlığı yakıt sarfiyatı kadar azalmaktadır. O halde

$$dW_f = -dW \quad (1)$$

ve ağırlıktaki azalmaya karşılık uçulan mesafe

$$dR = -\frac{V}{c_{TD}} dW \quad (2)$$

Uçak yatay uçuğu için taşıması, ağırlığına eşit olacaktır.

$$L=W \quad (3)$$

Bu sebeple, uçulan mesafeyi aşağıdaki formülle ifade etmek mümkündür;

$$R = - \int_b^s \frac{V}{C_T} \frac{L}{D} \frac{dW}{W} \quad (4)$$

b indisi seyahat uçuşunun başlangıcındaki şartlar ve **s** indisi seyahat uçuşunun sonundaki şartlardır.

4. Seyahat uçuşu programları

Pratikte kullanımı mümkün olarak üç seyahat türü ve bunların birleşiminden meydana gelen basamaklı uçuş türü bulunmaktadır. Bunlar;

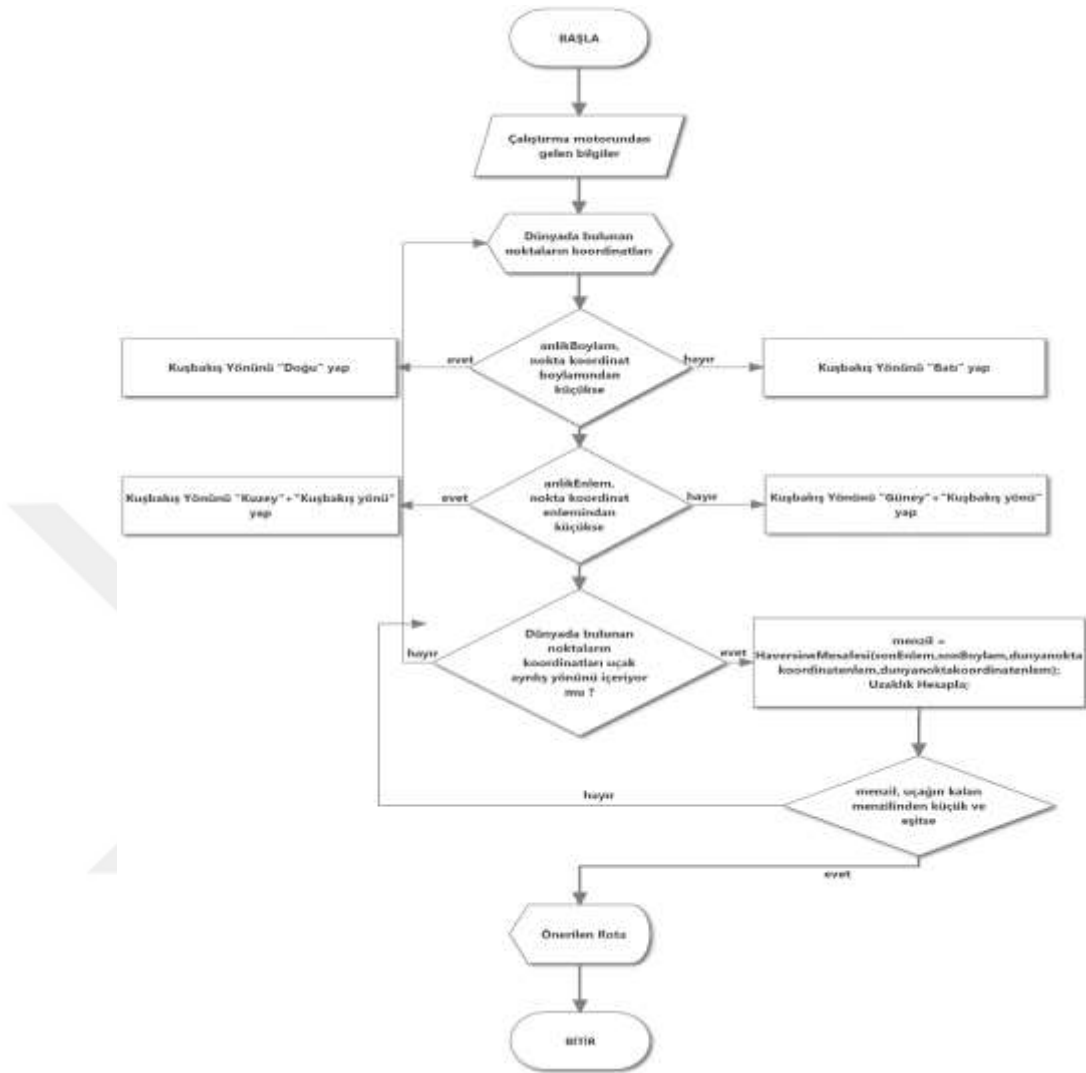
- **Sabit irtifada, sabit taşıma katsayısıyla uçuş** : Uçuş irtifası ve taşıma katsayısı sabit olan uçuş türüdür. Yakıt sarf edildikçe gaz kesilerek yavaşlanması gerekir.
- **Sabit hızda, sabit taşıma katsayısıyla uçuş** : Uçuş hızı ve taşıma kat sayısı sabit olan uçuş türüdür. Yakıt sarf edildikçe, uçak hafiflediğinden, sürekli irtifa kazanır ve hızın korunması için gaz kesilmesi gerekir.
- **Sabit irtifada, sabit hızla uçuş** : İrtifa ve hızın sabit olduğu uçuş türüdür. Fines ve sürüklenme azalmaktadır. Sürüklenme azaldığından dolayı irtifanın korunması için hız kesilmelidir.
- **Basamaklı uçuş** : Basamaklı uçuş türünde uçak önce belli irtifada sabit hız ve sabit irtifada uçuşur. Uçak bir miktar hafifledikten sonra uçak bir üst irtifaya tırmandırılır ve o irtifada yeniden sabit hız ve sabit irtifa uçuşuna tabi tutulur.

3.2.1.c. Çalıştırma motoru

Anlamsal olarak önerilen verilerin Java ortamına taşınması için gerekli yapı bu bölümde kurgulanmıştır. Çalıştırma motoru bu aşamada; ontolojide ki tüm sınıf hiyerarşisi, veri özellikleri, nesne özellikleri, bireyler ve anlamsal olarak çıkarılmış verileri Java ortamına taşımak için altyapısında sırasıyla Manchester ve Stanford Üniversitelerince geliştirilen OWL API ve Pellet API kütüphanelerini kullanarak bilgi taşıma görevi yapar. Java ortamına ontolojiden herhangi bir bilgi çekilmesi istenilmesi durumunda çalıştırma motoru ile bağlantı kurulur.

3.2.2. Önerme algoritması

Önerme algoritması, Netbeans editöründe Java programlama dili ile yazılmıştır. Önerme algoritmasının işleyişini anlamak ve algoritmaya ait fonksiyonları iyi betimleyebilmek adına Şekil 3.12’de bir iş akış diyagramı sunulmuştur.



Şekil 3.12. İş akış diyagramı

Çalıştırma motorundan taşınan verilere göre; algoritma öncelikle Dünya'da bulunan tüm koordinatların kuş bakış yönünü tayin eder, daha sonra uçağın 5 saniye de bir konumunu alarak kıyaslama yapar. Önerilen yakıt modeline göre Haversin Mesafesi (Hartanto et al. 2017) metoduna ilgili parametreleri göndererek iki nokta arası uzaklığı tespit eder ve önerilen seyahat menzili ile bir karşılaştırma ve analiz yaparak ilgili önerilen rotaları kullanıcının bilgisine sunar.

3.2.2.a. Haversin mesafesi

Önerme algoritmasında iki nokta arasındaki uzaklığı hesaplamak için küresel trigonometrik bir yaklaşım olan Anonymous (1805) tarafından ilk tablo halinde sunulan Haversine formülü kullanılmıştır. Haversine formülü kısa mesafeler için bile yeterli sonuçlar vermektedir.

$$r = 2R \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \left(\frac{x_2 - x_1}{2} \right) + \cos(x_1) \cos(x_2) \sin^2 \left(\frac{y_2 - y_1}{2} \right)}$$

Burada;

(x_i) : i'inci noktanın enlemi (x koordinatı),

(y_i) : i'inci noktanın boylamı (y koordinatı),

(r) : (x_1, y_1) başlangıç noktası ile (x_2, y_2) bitiş noktası arasındaki kuş uçuşu mesafe,

(R) : Dünyanın yarıçapıdır (6,371km).

3.3. Uygulama: SUARSIS

Bu bölümde SY ile RT çalışmalarında kullanılan ve bir önceki bölümde anlatılan aşamaların uygulanması ve aşama sonuçlarının gösterilmesini içeren SUARSIS'e ait kullanıcı arayüzü anlatılmaktadır. Uygulamada senaryoları ontolojiden getir, rota kısıtlarını getir, önerilen rotaları göster, göstergeler ve simüle olmak üzere 5 temel adım vardır.

Uygulamamız kullanıcı odaklı, platform bağımsız geliştirilmiş ve aşamaların arayüz aracılığı ile otomatik olarak yapılması sağlanmıştır. Senaryoları ontolojiden getir aşamasında ontoloji içerisinde tanımlanmış savaş durumu senaryoları getirilmekte ve ardından seçim yapılmaktadır. Uygulamanın genel görünümü **Ek 1**'de verilmiştir. Seçilen savaş durumu senaryosuna göre rota kısıtlarının getirilmesi aşamasında ilgili senaryoya ait DSU'nun tüm imalat değerleri, silah kapasite bilgisi, radar verileri, önerilen yakıt modeli ve önerilen DSU gidebilir maksimum menzili ilgili kullanıcıya sunulmaya başlar. Bu aşamada sunulan bazı anlamsal çıkarımlar **Ek 2**'de verilmiştir.

Sunulan bilgiler, ontoloji bölümünde anlatıldığı üzere anlamsal aramanın gerçekleşmesi, bulunan değerlerin çıkarsama motorunda anlamsal olarak değerlendirilip önerilen verilerin çalıştırma motoruna gönderilmesi ve SUARSIS'e sunulması aşamalarının gerçekleşmesi sonrası gösterilmektedir. DSU'nun rota kısıtları belirlendikten sonra uygulama uçağın; anlık değişen gidebilir kalan menzili, yakıt miktarı, anlık enlemi, anlık boylamı ve kuşbakış yönünü görsel olarak sunmakta ve değişen bu bilgileri anlık olarak göstermektedir. Böylece pilot veya diğer paydaşlar anlık olarak DSU'nun kalan menzile göre gidebilecek muhtemel rotalarını belirleyebilmektedir.

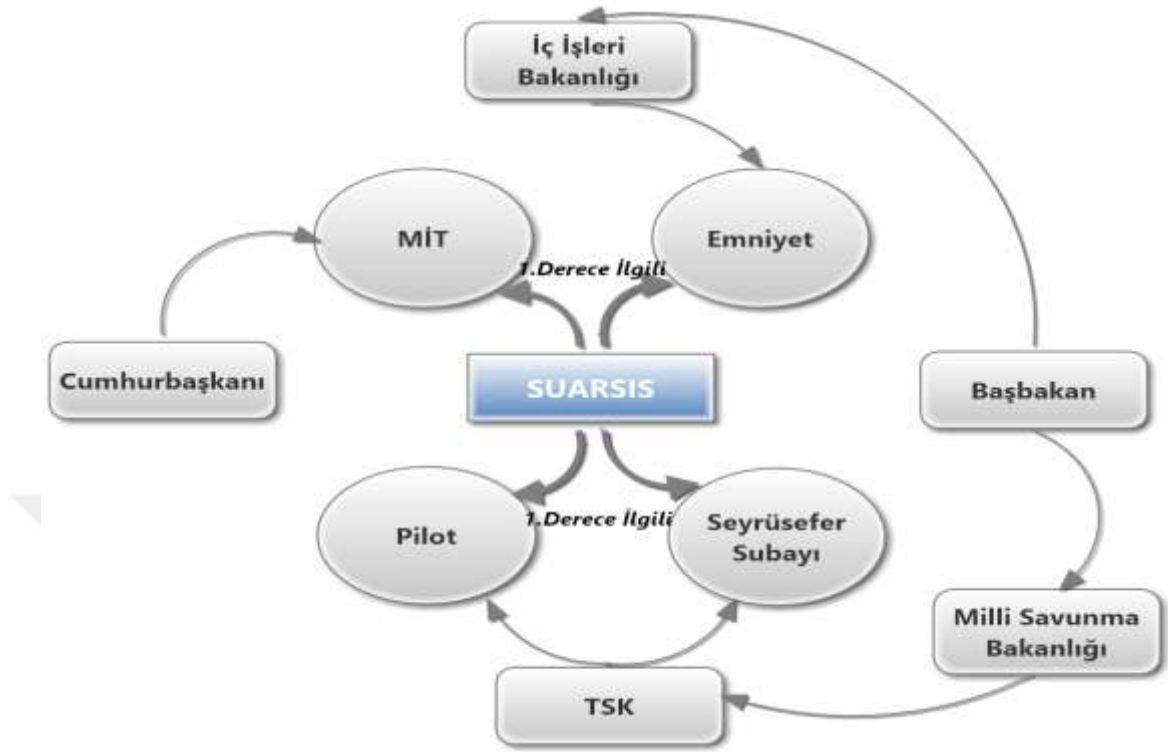
Önerilen rotaların gösterilmesi aşamasında anlık değişen bu bilgilere göre SUARSIS otomatiksel rota önerileri sunmakta ve bu rotaların koordinatlarını **Ek 3**'teki gibi göstermektedir. Gösterilen bu rotalar en uzaktan en yakına veya en yakından en uzağa doğru sıralanabilmektedir. Pilot ve seyrüsefer subayına karar vermede yardımcı olan bu

rotalar tamamıyla alıştırma motoru ve radara göre gelen bilgilere göre analiz edilerek önerme algoritmasından getirilmektedir.

Bu adımlarla eř zamanlı olarak karar verme aşamasında alıştırma motorundan gelen DSU’nun anlık verilerinin SUARSIS paydaşlarına sunulması için gösterge paneli prototipi tasarlanmış **Ek 4** ve ayrıca önerme algoritmasından gelen DSU rota bilgilerinin yine paydaşlara sunulması için HNVT olan Secondo ile **Ek 5** simülasyon ekranı yapılmıştır.

3.3.1. Paydaşlar

SUARSIS’in savunma alanında öneri hizmeti sunması amacıyla kurgulanması, pek çok devlet kurumlarına doğrudan veya dolaylı yardım etmeye sebep olabileceği olasılığı, bu alandan hem hizmet alan hemde bu alana hizmet eden tüm kişi ve kurumları bir çatı altında toplamaktadır. SUARSIS için söz konusu olan paydaşlar şekil 3.13’de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. SUARSIS paydaşları

Pilot: SUARSIS'ten hizmet alan ve bu sistemi doğrudan kullanan kişidir. Herhangi bir savaş durumunda SUARSIS kullanılarak DSU'nın gerçekçi yakıt, menzil, silah kapasite bilgilerine göre işlem yapacak ve karar verme aşamasında sistemden yardım alacaktır.

Seyrüsefer Subayı: Pilotun sistemi kullanacak durumda olmadığı veya eş zamanlı olarak kullanabilmek ve pilota yardımcı olabilmek adına sistemi kullanacak kişidir. Pilota ilgili bilgileri aktarabilir ve yönlendirmede pilota yardımcı olabilir.

MİT: Milli İstihbarat Teşkilatı olarak uygulama doğrudan kullanılabilir ve DSU'nun önceden bilinen gidebileceği rotalarına göre istihbarata karşı koyma önemi alabilmektedir.

Emniyet: Yine emniyet birimleri olarak uygulama doğrudan kullanılabilir ve emniyet birimleri önceden ilgili alanlarda önlem alabilmektedir.

Cumhurbaşkanı, Başbakan, İlgili Bakanlıklar ve TSK: İster iş hayatında ister günlük hayatta, ister hayati önem taşıyan konularda olsun karar vermek insanoğlunun sürekli karşılaştığı bir durumdur. Karar verme birçok seçenek arasından bir seçim yapmak olarak tanımlanabilir. Karar verme süreci karar vericilerin yaptıkları işlerin en önemli parçalarından biridir. Bir sorunun çözümü için birden fazla yol bulunuyorsa mutlaka seçenekler arasında bir karar verilmesi gerekir. Sürekli tekrar eden olayların önceden tahmin edilmesi ve bunlarla ilişkili kararlar verilmesi oldukça kolaydır. Aniden ortaya çıkan beklenmeyen durumlarla karşılaşıldığında karar vermek daha riskli bir süreç haline dönüşmektedir (Erkayman 2013).

Karar verme, üst düzey yönetimin en önemli, en riskli ve en zor görevidir. Bunun nedeni ise, verilecek kararların kurum veya işletmeyi olumlu ya da olumsuz yönde etkilemesidir. (Paşaoğlu 2009).

Günümüzde hayati önem taşıyan konularda bir seçim yapma durumu ortaya çıktığında sadece karar verenin düşüncesi ile hareket etmek yerine insanoğlu tarafından önceden akıllandırılmış anlamsal makinelerle birlikte seçim yapılmaya başlanılmıştır. Bunun sonucunda insanoğlunun hayatı kolaylaştırılmış ve hayatı kurtarılma durumuna gelmiştir. Bu sebeple ilgili yöneticiler karar verme durumunda anlamsal ve çıkarsama tabanlı SUARSIS ile birlikte çalışacaktır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında RT alanında araştırmalar yapılmış ve geliştirilen SUARSIS uygulaması ile SW yaklaşımli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular uluslararası bir dergiye makale olarak gönderilmiştir. Geçmişte pilot ve seyrüsefer subayları kendi savaş uçaklarına ait rota planlaması yapmak için seyrüsefer ve performans cetvellerine, haritalara ve kartlara başvururken günümüzde Uçak Yönetim Sistemi (Flight Management System) gömülü sistemiyle tüm gerekli hesaplamalar yapıp, yakıt miktarı ve seyrüsefer bilgileri sağlanır durumdadır. Ancak günümüzde düşman savaş uçaklarına ait yakıt planlaması, gidebileceği maksimum menzil ve rotaların planlaması ile ilgili semantik yaklaşımli bir sistem bulunmamaktadır. Bu projenin amacı, bu açıklığı göz önünde bulundurarak, tüm düşman savaş uçaklarının seyrüsefer bilgilerini ve muhtemel rotalarını istihbarat bilgisi açısından sağlamaktır. Bu nedenle bu bölümde örnek olarak oluşturulmuş senaryolardan, bu senaryolara göre çıkarılan sonuçlardan ve çıkarılan sonuçların en yakın komşu algoritmasıyla karşılaştırılmasından bahsedilmiştir. Kullanıcı giriş işleminden sonra, senaryo ismi seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra, sistem uçak ontoloji bilgi tabanından uçakla ilgili tüm verileri alır ve imalat değerlerini anlamsal olarak aramaya başlar. Sistem uçak bilgilerini sonuç olarak döndürür. SUARSIS sistemi üzerinde çalışan bazı senaryolara göre bulunan bulgular kısaca açıklanmıştır.

4.1.SUARSIS Senaryoları

UBO'da senaryo üretimi için DSU olarak Rusya menşeli MIG-21/BIS ve Fransa menşeli MIRAGE-2000/EG kullanılmıştır. Senaryolarda bu uçakların; *kanat alanı, motor, özgül yakıt sarfiyatı, silah kapasite, maksimum yakıt hacmi vb.* resmi ve gerçekçil bilgileri yanında *düşman savaş uçağı mı?, menşei, tespit edilen ülke, silah donanımı vb.* öznitelik bilgileri ve tüm sınıf ilişkileri ile etkileşimlerine yer verilmiştir.

“Suriye_Sinirlari” senaryosu için MIG-21/BIS savaş uçağı seçilirken “Yunanistan” senaryosu için MIRAGE-2000/EG savaş uçağı seçilmiştir.

Oluşturulan senaryolarda; DSU’ların maksimum kalkış kütlesiyle, tüm motorlarının çalışır vaziyette kalkış yapıldığı varsayılmış ve bu uçaklara ait minumum kalkış/iniş, minumum tırmanma/alçalma oranlarına ait yakıt tüketimi dahili yakıt hacminden çıkarılmıştır. Bu savaş uçaklarına ait teknik özellikler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterilmiş ve ontolojide tanımları yapılmıştır.

Çizelge 4.1. MIG-21/BIS uçağına ait teknik özellikler

MIG-21/BIS UÇAĞI	
BOYUTLAR	
Kanat Alanı	23 m ²
Kanat Açıklığı	7.154 m
Boy	15 m
Yüksekliği	4.125 m
MOTORLAR	
Motor Sayısı	1
Motor Tipi	Tumansky R25-300
Motor Tepki Kuvveti (Kuru)	55,00 kN
KÜTLELER	
Max Kalkış Kütlesi	10400 kg
Max İniş Kütlesi ~	10000 kg
Max Sıfır Yakıt Kütlesi ~	8200 kg
Max Yakıt Kütlesi ~	2225 kg

Çizelge 4.1’de MIG-21/BIS DSU’nun maksimum kalkış kütlesi yaklaşık 10 ton ve motor tepki kuvveti art yakıcısız (turbosuz-kuru) 55,00 kN olmasına karşın Çizelge 4.2’de MIRAGE-2000/EG’ye ait motor tepki kuvveti art yakıcısız 64,70 kN ve maksimum kalkış kütlesi yaklaşık 17 tondur. Bu teknik veriler üretici firmalar tarafından yayınlanmakta ve ayrıca kullanıcılar için oluşturulan kullanım kılavuzlarında detayları verilmektedir.

Çizelge 4.2. MIRAGE-2000/EG uçağına ait teknik özellikler

MIRAGE-2000/EG UÇAĞI	
BOYUTLAR	
Kanat Alanı	41 m ²
Kanat Açıklığı	9.130 m
Boyu	14.36 m
Yüksekliği	5.300 m
MOTORLAR	
Motor Sayısı	1
Motor Tipi	SNECMA M53 - P2
Motor Tepki Kuvveti (Kuru)	64,70 kN
KÜTLELER	
Max Kalkış Kütlesi	17000 kg
Max İniş Kütlesi ~	16500 kg
Max Sıfır Yakıt Kütlesi ~	13900 kg
Max Yakıt Kütlesi ~	3100 kg

4.1.1. Suriye sınırları senaryosu

Suriye sınırları senaryosu için; Türkiye ile savaş durumunda olan ve 28.03.2018 tarihinde Suriye Halep şehri yakınlarından kalkış yapan Suriye'ye ait MIG-21/BIS düşman savaş uçağı uçuş boyunca art yakıcı kullanmayıp Kilis'e taciz ateşi yaptıktan sonra yakıt ikmali yapmadan Halep çevresine döndüğü ve ardından tüm motorlarının çalışır vaziyette tekrar Türkiye sınırlarına ilerlediği ve hiçbir engelin (meteorolojik durum, savunma sistemi vb.) olmadığı varsayılmıştır. Şekil 4.1'de MIG-21/BIS DSU'nun iz analizi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. MIG-21/BIS savaş uçağına ait iz analizi

Düşman savaş uçağına müdahale etmek için kalkış yapan Türk F-16 savaş uçağı, istihbarata karşı koyma faaliyetleri gerçekleştirecek olan MİT ve ilgili önerilecek rotalarda (kendi bölgesinde ise) önlem ve tedbir alacak olan Emniyet birimleri SUARSIS'e eş zamanlı giriş yapar. Bu aşamadan sonra SUARSIS'te 'Rota Kısıtlarını Getir' butonuna tıklanarak MIG-21 DSU'nun ontolojide çıkarımsal olarak tüm gerçekçi bilgileri çağırılır.

Çizelge 4.3. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan hareketli nesne bilgileri

Ontoloji (Hareketli Nesne Bilgileri)	
Kullanılabilir Yakıt	1483,05 <i>lt</i>
İlave Yakıt	0 <i>lt</i>
Saniyede Alınan Toplam Yol	493,24 <i>m</i>

Çizelge 4.3'te gösterildiği üzere DSU'nun kullanılabilir yakıtı, ilave yakıtı ve saniyede aldığı toplam yol ontolojiden SUARSIS'e çalıştırma motoru aracılığı ile taşınmıştır. Yine Çizelge 4.4'te ontolojiden SUARSIS'e hareketli nesnenin menzil performansını etkileyen faktörleri anlamsal olarak taşınmıştır. Örneğin; 33000,0 *ft* irtifada uçan DSU'nun o irtifada bulunduğu hava yoğunluğu 0,3345 *kg/m³* iken yine o irtifada bulunduğu ses hızı ise 581 *kts*'dir.

Çizelge 4.4. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan, seyahat menzil performansını etkileyen faktörler

Ontoloji (Hareketli Nesnenin Rota Kısıtları – Menzil Performansını Etkileyen Faktörler)	
Ortalama Gerçek Hava Hızı (True Air Speed)	1775,67 <i>km/h</i>
Taşıma Katsayısı (Kütle)	10400 <i>kg</i>
Hava Yoğunluğu	0,3345 <i>kg/m³</i>
Ses Hızı	581 <i>kts</i>
Ortalama İrtifa	33000,0 <i>ft</i>

MIG-21/BIS uçağına ait çıkarsama motorunda anlamsal olarak SWRL kurallarına göre bulunan değerler Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Bu değerler, bölüm 3'te anlatıldığı üzere aerodinamik parametrelere, seyahat menzili denklemlerine ve uçak imalat değerlerine göre ontolojide anlamsal kural tabanında bulunmakta ve hesaplanmaktadır. Basamaklı

seyahat türüne göre kalan maksimum menzil bulunduktan sonra bu menzilden, DSU'nun son rotada kat ettiği mesafe çıkarılır. Kalan menzil DSU'nun maksimum gidebilir menzildir. Uçağın iniş için ne kadar yakıta ihtiyacı olduğu bilgisi önceden ontolojide tanımlandığından dolayı nereye ineceği ile ilgili bir çalışma yapılmasına bu tez kapsamında gerek duyulmamış ve tırmanma/alçalma ve iniş/kalkış için gereken yakıt miktarı seyahat yakıt miktarına dahil edilmemiştir fakat uçakların resmi teknik imalat bilgilerinden seyahat yakıt miktarının bulunamadığı durumlarda bu miktarın bulunabilmesi için ontolojide tırmanma/alçalma ve iniş/kalkış yakıt miktarı bilgilerinin tutulmasına ihtiyaç duyulmuş ve anlamsal kural tabanında bu bilgiler kullanılmıştır.

Çizelge 4.5. Ontolojide tanımlı anlamsal kural tabanında bulunan değerler

Ontoloji (Hareketli Nesnenin Çıkarsama Motorunda Bulunan Değerleri)	
uçağınSeyahatİçinKullanabileceğiYakıtı	1483,05 <i>lt</i>
machSayısı	1,64 (süpersonik)
boyutsuzSürüklenmeKatSayısı	0,028
uçağınSeyahatUcusuBasındakiAğırlığı	100108,598 <i>N</i>
sürüklenmeKatSayısı	0,286
minumumSürüklenmeHızı	560,716 <i>kts</i>
maksimumFines	5,585
seyahatYakıtOranı	0,145
uçağınSabitİrtifaSabitTaşımaMaxMenzili	1038,883 <i>km</i>
uçağınSabitHavaHızıSabitTaşımaMaxMenzili	1080,203 <i>km</i>
uçağınSabitİrtifaSabitHavaHızıMaxMenzili	1039,684 <i>km</i>
uçağınBasamaklıUcusGidebilirKalanMenzili	1052,923 <i>km</i>
sonRotaSonrasıGidebilirMaxKalanMenzil	1052,923 – 258 = 794,23 <i>km</i>

Çizelge 4.5'te bulunan 258 *km* değeri MIG-21/BIS DSU'nun Halep'ten kalkış yaptığı andan itibaren kat ettiği mesafedir ve bu senaryoda kat edilen mesafe, SUARSIS'in açıldığı an ile MIG-21/BIS DSU'nun kalkış yaptığı ana denk gelmesinden dolayı sistem kalkışın başladığı anı 258 *km* olarak dikkate almıştır. 1052,923 *km* ise uçağın cinsi, motoru ve yakıt modeline göre çalıştırma motorundan çağrılan çıkarsama motoru önerilen menzildir. Bu iki değer çıkarılması (1052,923 – 258) ile maksimum kalan gidebilir menzil yaklaşık **794,23 *km*** olarak bulunmuştur.

SUARSIS'e ayrıca radar parametreleri konulmuş anlık olarak değiştirilebilmesi sağlanmıştır (Çizelge 4.6). Bu radar parametreleri, anlık olarak gidilebilecek maksimum seyahat menziline ve yakıt miktarını etkilemektedir.

Çizelge 4.6. SUARSIS'e tanımlı radar parametreleri

SUARSIS (Hareketli Nesne Radar Bilgileri)	
Anlık Enlem	36.217022
Anlık Boylam	37.131042
Anlık Kuşbakışı Yön	Kuzeydoğu
Anlık Gidilen Menzil	28,383 <i>km</i>

Çizelge 4.7. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e önerilen verilerin taşınması

Ontoloji (Hareketli Nesne Çıkarsanan Bilgiler)	
Başlangıçtaki Kalan Menzili	794,23 <i>km</i>
Hareketli Nesnenin Anlık Gidebilir Kalan Menzili	766,539 <i>km</i>
Hareketli Nesnenin Son Rotadan Ayrılış Yönü	Kuzeydoğu

Çizelge 4.7'de MIG-21/BIS DSU'ya ait önerilen kalan menzil ve son rotadan ayrılış yönü SUARSIS'e taşınmış ve bu taşıma işleminden sonra anlık gidilebilir kalan menzil saniyede alınan toplam yol miktarına göre eş zamanlı düşmeye başlamıştır.

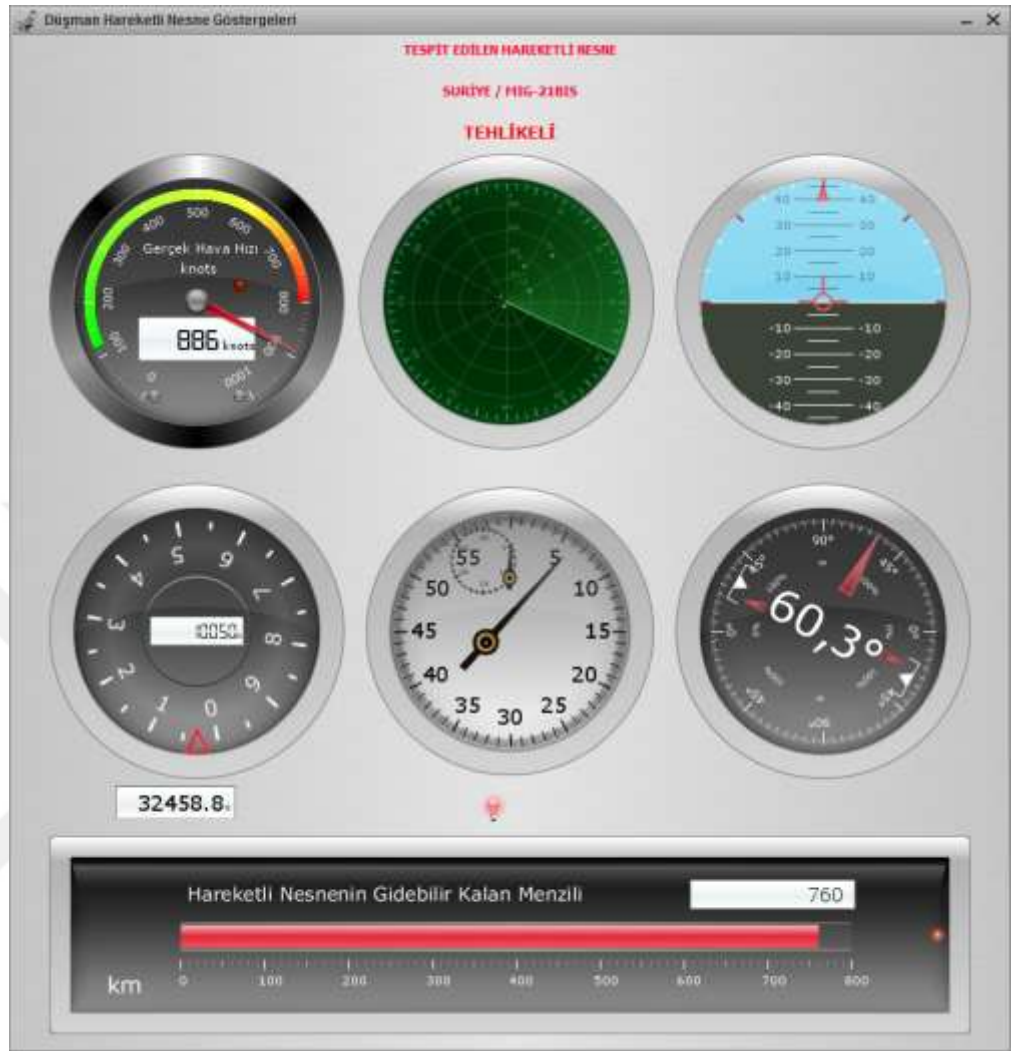
4.1.1.a. MIG-21/BIS düşman savaş uçağı göstergeleri

SUARSIS'te DSU'lar için prototip olarak gösterge ekranı tasarlanmış, anlık olarak radar bilgilerinin ve ontolojiden çıkarsanan bilgilerden pilot ve paydaşlara sunulması amacıyla Şekil 4.2'de MIG-21/BIS DSU'ya ait gösterge paneli sunulmuştur. Bu gösterge panelinde DSU'ya ait sırasıyla;

- **Gerçek Hava Hızı (True Air Speed) göstergesi:** Uçulan ortamdaki hava yoğunluğu ve yükseklik dikkate alınarak hesaplanmış hıza gerçek hava hızı denilmektedir ve bu hız, gösterge panelinde knots birimi cinsinden ifade edilmiştir.

- **Radar göstergesi:** Radar göstergesi DSU'nun bulunduğu konuma göre radarda görüldüğü cisimlerin gösterilmesi amacıyla konulmuştur ancak SUARSIS'in gerçek bir radarla bağlantısı kurulmamış ve bu konuyla alakalı bilgi gelecek çalışmalar bölümünde verilmiştir.
- **Durum cayrosu:** Uçağın ufka göre olan hareketinin gösterildiği göstergedir. (Radarla bağlantılıdır.)
- **İrtifa göstergesi:** Deniz seviyesine göre uçağın kaç bin feet ve metrede olduğunu gösteren paneldir.
- **Saat**
- **Yön göstergesi:** Uçağın uçtuğu yönü gösteren paneldir. (Radarla bağlantılıdır.)
- **Hareketli nesnenin gidebilir kalan menzili:** Önerilen yakıt modeline göre; önerilen maksimum menzilin anlık olarak azaldığını gösterge yardımıyla belirten paneldir.

İlgili paneller eklenmiş ve anlık/dinamik olarak değişebilmesi sağlanmıştır.

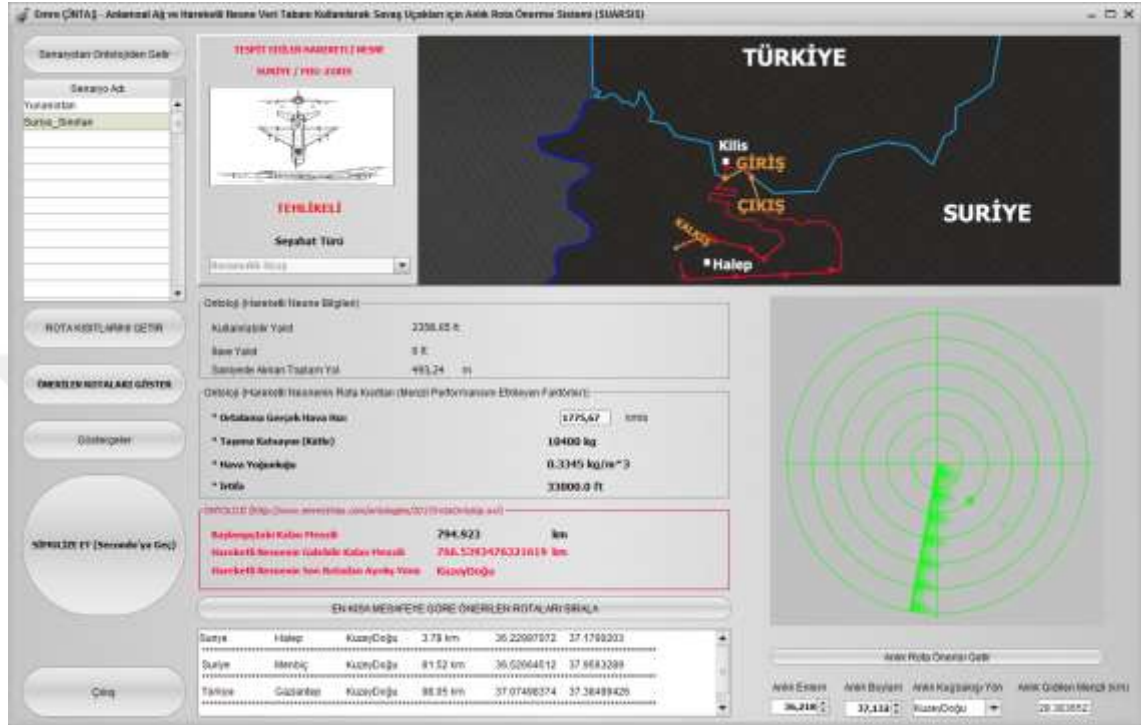


Şekil 4.2. MIG-21/BIS DSU’ya ait gösterge paneli

4.1.1.b. Suriye sınırları senaryosunda önerilen rotalar için SUARSIS önerme algoritması ile en yakın komşu algoritmasının karşılaştırılması

Tüm aşamalar sonrası pilot, seyrüsefer subayı vd. paydaşlar ‘Önerilen Rotaları Göster’ butonuna tıklar ve DSU’nun gidebileceği muhtemel rotaları ekranda görür. Bu aşamada SUARSIS’in arka planda çalışan önerme algoritması, ontolojiden taşınan verilere göre bir analiz ve hesaplama işlemi yapmaktadır. Önerme algoritması içerisinde Haversine (iki nokta arası uzaklık) metodunu da barındırmaktadır. Anlık olarak her butona tıklandığında yeniden yapılan analizlere göre DSU’nun konumuna ve menziline göre üç rota

sunulmakta ve bunlar sıralanabilmektedir. Şekil 4.3'te anlık önerilen rotalar gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Suriye sınırları senaryosu önerilen rotalar

Çizelge 4.8'de belirtildiği üzere ilgili DSU'nun anlık enlem, boylam, kuşbakışı yönü ve kalan menziline (Düğüm 0) göre küçükten büyüğe doğru SUARSIS'te tanımlı Önerme Algoritmasından getirilen en yakın sonuçlar sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Suriye sınırları senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçlar

Düğüm	Ülke	Yer	Yön	Kalan Mesafe	Enlem	Boylam
(0)	Uçağın Anlık Konumu	Uçağın Anlık Konumu	Kuzeydoğu	-----	36.21702201	37.1310420
(1)	Suriye	Halep	Kuzeydoğu	3.78 km	36.22997072	37.1700203
(2)	Suriye	Menbiç	Kuzeydoğu	81.52 km	36.52664512	37.9563289

(3)	Türkiye	Gaziantep	Kuzeydoğu	98.05 km	37.07498374	37.3849942
Ortalama Çalışma Zamanı 1.8 (ms)						

Çizelge 4.9’da ise En Yakın Komşu Algoritmasının 0. Düzümüne (uçacağın anlık konumu) göre önerilen rotaların enlem ve boylam verilerinin girişi yapılarak algoritmanın verdiği en iyi tur sonuçları gösterilmiştir.

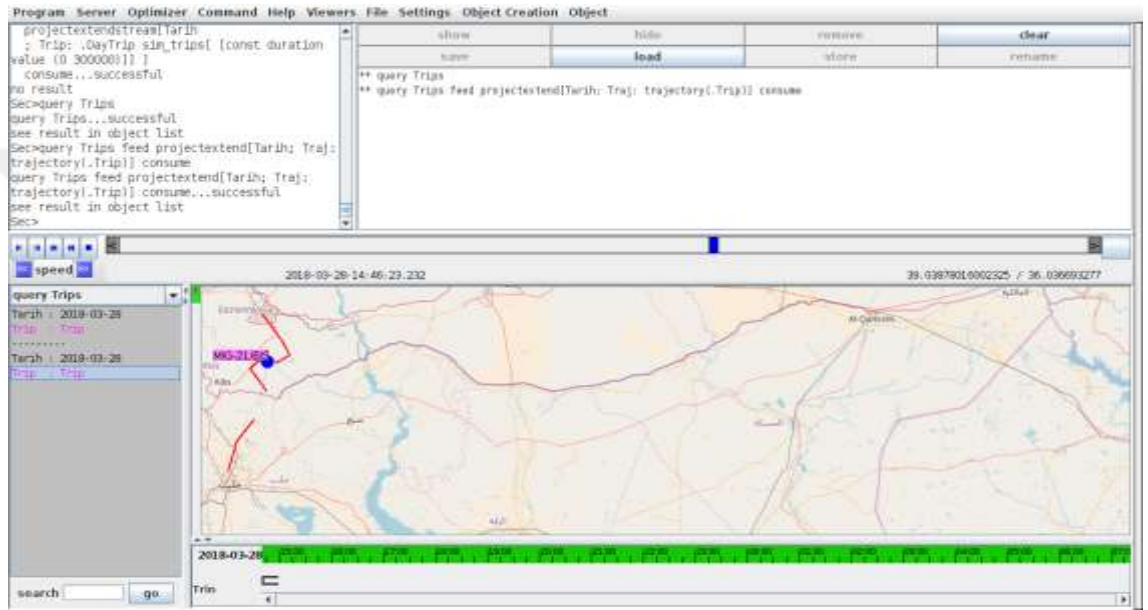
Çizelge 4.9. Suriye sınırları senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçların en yakın komşu algoritmasıyla karşılaştırılması

Düzüm	En Yakın Komşu	En Yakın Komşu Mesafe
(0)	Düzüm 3	0.894
(1)	Düzüm 0	0.041
(2)	Düzüm 1	0.840
(3)	Düzüm 2	0.791
Ortalama Çalışma Zamanı 3 (ms)		
Tur Maliyeti 2.568		
Önerilen Tur (Düzüm Sırası) 1-2-3		

Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da bulunan değerlerin karşılaştırılması durumunda SUARSIS’te tanımlı önerme algoritmasının, en yakın komşu algoritmasına göre daha fazla işlem yapmasına (dünya koordinatlarının kuş bakışı yön tayini, haversine mesafesi, kalan menzilin parametrik alınması ve koordinat uzaklıkları ile karşılaştırılması) karşın çalışma zamanı olarak daha performanslı çalıştığı ve en yakın komşu algoritmasıyla aynı sonuçları ürettiği gözlemlenmiştir.

4.1.1.c. MIG-21/BIS düşman savaş uçağı muhtemel gidilen rota simülasyonu

Önerilen rotaların SUARSIS üzerinde belirlenmesinden sonra pilot vd. paydaşlar DSU'nun gidebileceği rotaları HNVT olan Secondo ile simüle edebilmektedir. Şekil.4.4'te MIG-21/BIS DSU'nun önerilen rota simülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Suriye sınırları senaryosunda önerilen rotaların simülasyonu

Ayrıca Secondo sisteminde Suriye Sınırları senaryosu için kullanılan kodlar Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Secondo sisteminde Suriye Sınırları senaryosu için oluşturulan kodlar

- | | |
|--------------------------------------|----------------|
| (1) create database Suriye | /* 28032018 */ |
| (2) open database Suriye | /* 28032018 */ |
| (3) let VeriTip = [const rel(tuple([| |
| Enlem: real, | |
| Boylam: real, | |
| Saat: string, | |
| Irtifa: real, | |
| Hiz: int, | |
| Tarih: string, | |

```
No: int ]))
value ()]
```

```
(4) let Veri = VeriTip csvimport['../bin/mig21Kilis.csv', 0, "#", ",", "] consume
(5) let onehour = [const duration value (0 3600000)]
```

```
(6) let DayTrips = Veri feed
    extend[
      I: str2instant(.Tarih + "-" + .Saat) + onehour,
      P: makepoint(.Enlem, .Boylam)]
    sortby[Tarih asc, I asc]
    groupby[Tarih
      ; DayTrip: group feed approximate[I, P, [const duration value (0
300000)]] ]
    consume
```

```
(7) let Trips = DayTrips feed
    projectextendstream[Tarih
      ; Trip: .DayTrip sim_trips[ [const duration value (0 300000)]] ]
    consume
```

```
(8) query Trips
```

```
(9) query Trips feed projectextend[Tarih; Traj: trajectory(.Trip)] consume
```

```
(10)      let Stops =
    Trips feed projectextend[Tarih
      ; Time: inst(initial(.Trip)),
    Stop: val(initial(.Trip)),
    Kind: "start"]
    Trips feed projectextend[Tarih
      ; Time: inst(final(.Trip)),
    Stop: val(final(.Trip)),
    Kind: "end"]
    concat
    sortby[Tarih, Time]
    consume
```

```
(11)      query Stops
```

4.1.2. Yunanistan senaryosu

Yunanistan senaryosu için; Türkiye ile savaş durumunda olan ve 05.04.2018 tarihinde Yunanistan Atina şehri yakınlarından kalkış yapan Yunanistan'a ait MIRAGE-2000/EG düşman savaş uçağı uçuş boyunca art yakıcı kullanarak başlangıçta Aydın il sınırını ihlal etmiş daha sonra sınır çıkışı yapıp tekrar sınır ihlali yaparak Kuşadası mevkiinden Kuzey Doğu yönünde ilerlediği ve hiçbir engelin (meteorolojik durum, savunma sistemi vb.) olmadığı varsayılmıştır. Şekil 4.5'te MIRAGE-2000/EG DSU'nun iz analizi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. MIRAGE-2000/EG savaş uçağına ait iz analizi

Düşman savaş uçağına müdahale etmek için kalkış yapan Türk F-16 savaş uçağı, istihbarata karşı koyma faaliyetleri gerçekleştirecek olan MİT ve ilgili önerilecek rotalarda (kendi bölgesinde ise) önlem ve tedbir alacak olan Emniyet birimleri SUARSIS'e eş zamanlı giriş yapar. Bu aşamadan sonra SUARSIS'te 'Rota Kısıtlarını Getir' butonuna tıklanarak MIRAGE-2000/EG DSU'nun ontolojide çıkarımsal olarak tüm gerçekçil bilgileri çağırılır.

Çizelge 4.11. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan hareketli nesne bilgileri

Ontoloji (Hareketli Nesne Bilgileri)	
Kullanılabilir Yakıt	2194,51 lt
İlave Yakıt	0 lt
Saniyede Alınan Toplam Yol	424,35 m

Çizelge 4.11’de gösterildiği üzere DSU’nun kullanılabilir yakıtı, ilave yakıtı ve saniyede aldığı toplam yol ontolojiden SUARSIS’e çalıştırma motoru aracılığı ile taşınmıştır. Yine Çizelge 4.12’de ontolojiden SUARSIS’e hareketli nesnenin menzil performansını etkileyen faktörleri anlamsal olarak taşınmıştır. Örneğin; 20156,83 *ft* irtifada uçan DSU’nun o irtifada bulunduğu hava yoğunluğu 0,5328 *kg/m³* iken yine o irtifada bulunduğu ses hızı ise 614 *kts*’dir.

Çizelge 4.12. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e taşınan, seyahat menzil performansını etkileyen faktörler

Ontoloji (Hareketli Nesnenin Rota Kısıtları – Menzil Performansını Etkileyen Faktörler)	
Ortalama Gerçek Hava Hızı (True Air Speed)	1527,66 <i>km/h</i>
Taşıma Katsayısı (Kütle)	17000 <i>kg</i>
Hava Yoğunluğu	0,5328 <i>kg/m³</i>
Ses Hızı	614 <i>kts</i>
Ortalama İrtifa	20156,83 <i>ft</i>

MIRAGE-2000/EG uçağına ait çıkarsama motorunda anlamsal olarak SWRL kurallarına göre bulunan değerler Çizelge 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Ontolojide tanımlı anlamsal kural tabanında bulunan değerler

Ontoloji (Hareketli Nesnenin Çıkarsama Motorunda Bulunan Değerleri)	
uçağınSeyahatİçinKullanabileceğiYakıtı	2194,51 <i>lt</i>
machSayısı	1,90 (süpersonik)
boyutsuzSürüklenmeKatSayısı	0,028
uçağınSeyahatUcusuBasındakiAğırlığı	164332,019 <i>N</i>
sürüklenmeKatSayısı	0,224
minumumSürüklenmeHızı	400,892 <i>kts</i>
maksimumFines	6,317
seyahatYakıtOranı	0,131
uçağınSabitİrtifaSabitTaşımaMaxMenzili	466,718 <i>km</i>
uçağınSabitHavaHızıSabitTaşımaMaxMenzili	483,293 <i>km</i>
uçağınSabitİrtifaSabitHavaHızıMaxMenzili	467,005 <i>km</i>
uçağınBasamaklıUcusGidebilirKalanMenzili	472,339 <i>km</i>
sonRotaSonrasıGidebilirMaxKalanMenzil	472,339 – 371,58 = 100,759 <i>km</i>

Çizelge 4.13'te bulunan 371,58 *km* değeri MIRAGE-2000/EG DSU'nun Atina ilinden kalkış yaptığı andan itibaren kat ettiği mesafedir ve bu senaryoda kat edilen mesafe, SUARSIS'in açıldığı an ile MIRAGE-2000/EG DSU'nun kalkış yaptığı ana denk gelmesinden dolayı sistem kalkışın başladığı anı 371,58 *km* olarak dikkate almıştır. 472,339 *km* ise uçağın cinsi, motoru ve yakıt modeline göre çalıştırma motorundan çağrılan çıkarsama motoru önerilen menzildir. Bu iki değerin çıkarılması (472,339 – 371,58) ile maksimum kalan gidebilir menzil yaklaşık 100,759 ***km*** olarak bulunmuştur.

SUARSIS'e ayrıca radar parametreleri konulmuş anlık olarak değiştirilebilmesi sağlanmıştır (Çizelge 4.14). Bu radar parametreleri, anlık olarak gidilebilecek maksimum seyahat menzilini ve yakıt miktarını etkilemektedir.

Çizelge 4.14. SUARSIS'e tanımlı MIRAGE-2000/EG radar parametreleri

SUARSIS (Hareketli Nesne Radar Bilgileri)	
Anlık Enlem	37.873227
Anlık Boylam	27.286949
Anlık Kuşbakışı Yön	Kuzeydoğu
Anlık Gidilen Menzil	18,852 <i>km</i>

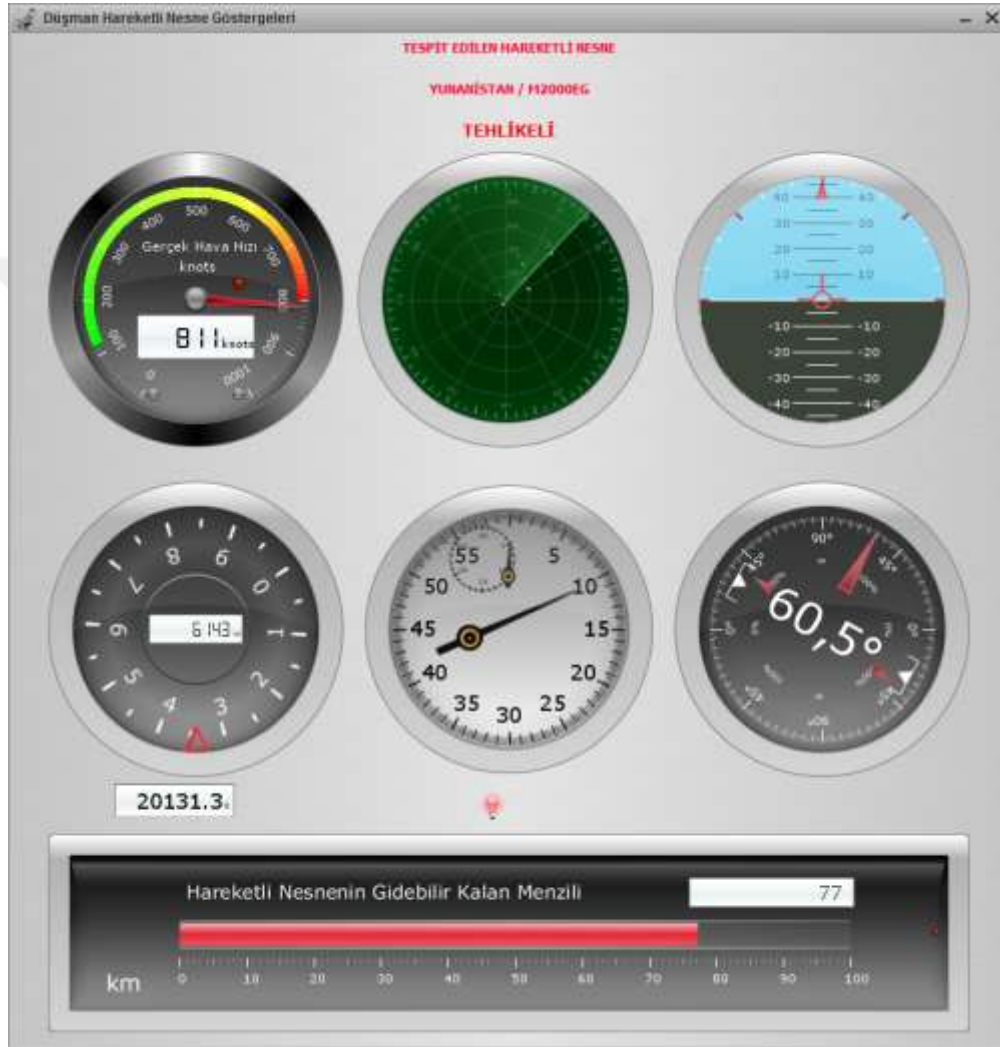
Çizelge 4.15. Ontoloji üzerinden SUARSIS'e önerilen verilerin taşınması

Ontoloji (Hareketli Nesne Çıkarsanan Bilgiler)	
Başlangıçtaki Kalan Menzili	100,759 <i>km</i>
Hareketli Nesnenin Anlık Gidebilir Kalan Menzili	81,906 <i>km</i>
Hareketli Nesnenin Son Rotadan Ayrılış Yönü	Kuzeydoğu

Çizelge 4.15'te MIRAGE-2000/EG DSU'ya ait önerilen kalan menzil ve son rotadan ayrılış yönü SUARSIS'e taşınmış ve bu taşıma işleminden sonra anlık gidilebilir kalan menzil saniyede alınan toplam yol miktarına göre eş zamanlı düşmeye başlamıştır.

4.1.2.a. MIRAGE-2000/EG düşman savaş uçağı göstergeleri

Şekil 4.6’da MIRAGE-2000/EG DSU’ya ait gösterge paneli sunulmuştur.

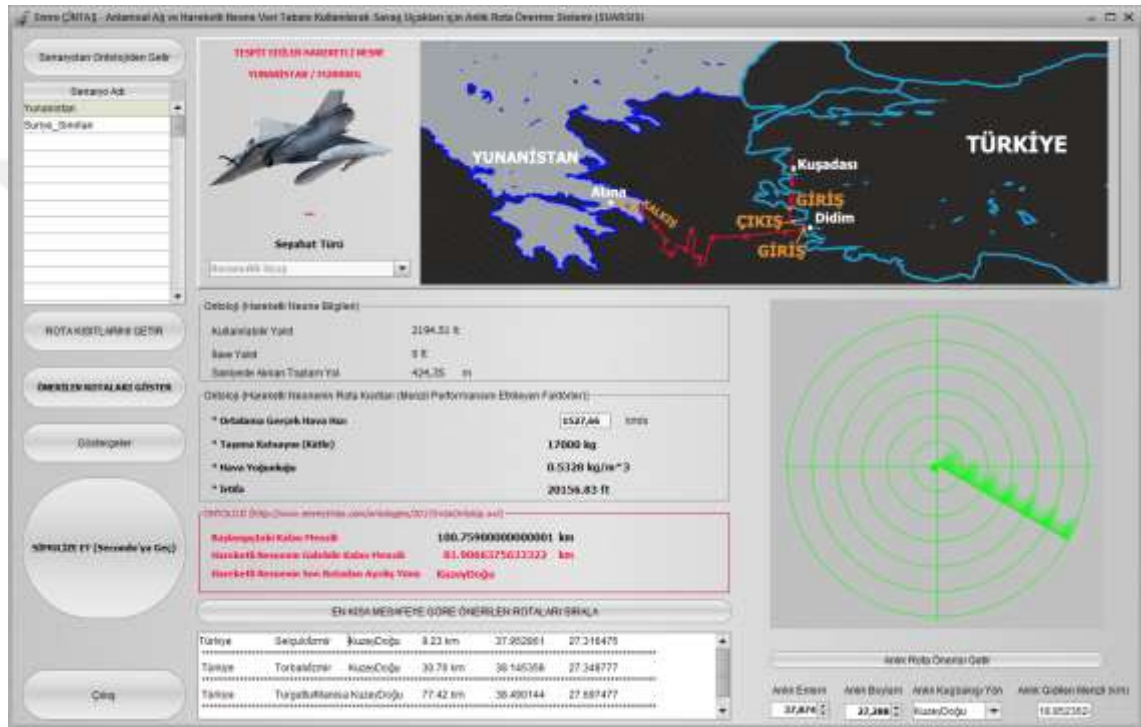


Şekil 4.6. MIRAGE-2000/EG DSU’ya ait gösterge paneli

4.1.2.b. Yunanistan senaryosunda önerilen rotalar için SUARSIS önerme algoritması ile en yakın komşu algoritmasının karşılaştırılması

Tüm aşamalar sonrası pilot, seyrüsefer subayı vd. paydaşlar ‘Önerilen Rotaları Göster’ butonuna tıklar ve DSU’nun gidebileceği muhtemel rotaları ekranda görür. Bu aşamada SUARSIS’in arka planda çalışan önerme algoritması, ontolojiden taşınan verilere göre

bir analiz ve hesaplama işlemi yapmaktadır. Önerme algoritması içerisinde Haversine (iki nokta arası uzaklık) metodunu da barındırmaktadır. Anlık olarak her butona tıklandığında yeniden yapılan analizlere göre DSU'nun konumuna ve menziline göre üç rota sunulmakta ve bunlar sıralanabilmektedir. Şekil 4.7'de anlık önerilen rotalar gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Yunanistan senaryosu önerilen rotalar

Çizelge 4.16'da belirtildiği üzere ilgili DSU'nun anlık enlem, boylam, kuşbakışı yönü ve kalan menziline (Düğüm 0) göre küçükten büyüğe doğru SUARISIS'te tanımlı Önerme Algoritmasından getirilen en yakın sonuçlar sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Yunanistan senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçlar

Düğüm	Ülke	Yer	Yön	Kalan Mesafe	Enlem	Boylam
(0)	Uçağın Anlık Konumu	Uçağın Anlık Konumu	Kuzeydoğu	-----	37.874141	27.288303
(1)	Türkiye	Selçuk/	Kuzeydoğu	9.23 km	37.952861	27.316475

		İzmir				
(2)	Türkiye	Torbalı/ İzmir	Kuzeydoğu	30.76 km	38.145358	27.349777
(3)	Türkiye	Turgutlu/ Manisa	Kuzeydoğu	77.42 km	38.490144	27.697477
Ortalama Çalışma Zamanı 2 (ms)						

Çizelge 4.17’de ise En Yakın Komşu Algoritmasının 0. Düzümüne (uçanın anlık konumu) göre önerilen rotaların enlem ve boylam verilerinin girişi yapılarak algoritmanın verdiği en iyi tur sonuçları gösterilmiştir.

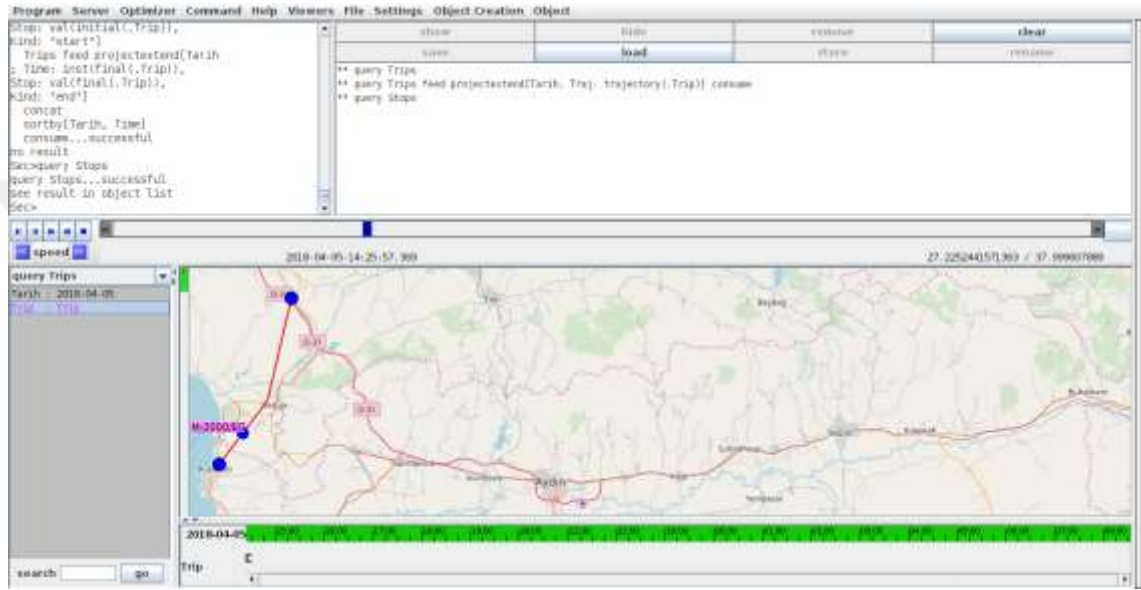
Çizelge 4.17. Yunanistan senaryosunda önerme algoritmasının verdiği sonuçların en yakın komşu algoritmasıyla karşılaştırılması

Düzüm	En Yakın Komşu	En Yakın Komşu Mesafe
(0)	Düzüm 1	0.083
(1)	Düzüm 2	0.195
(2)	Düzüm 3	0.489
(3)	Düzüm 0	0.739
Ortalama Çalışma Zamanı 3 (ms)		
Tur Maliyeti 1.508		
Önerilen Tur (Düzüm Sırası) 1-2-3		

Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de bulunan değerlerin karşılaştırılması durumunda SUARSIS’te tanımlı önerme algoritmasının, en yakın komşu algoritmasına göre daha fazla işlem yapmasına (dünya koordinatlarının kuş bakışı yön tayini, haversine mesafesi, kalan menzilin parametrik alınması ve koordinat uzaklıkları ile karşılaştırılması) karşın çalışma zamanı olarak daha performanslı çalıştığı ve en yakın komşu algoritmasıyla aynı sonuçları ürettiği gözlemlenmiştir.

4.1.2.c. MIRAGE-2000/EG düşman savaş uçağı muhtemel gidilen rota simülasyonu

Önerilen rotaların SUARSIS üzerinde belirlenmesinden sonra pilot vd. paydaşlar DSU'nun gidebileceği rotaları HNVT olan Secondo ile simüle edebilmektedir. Şekil.4.8'de MIRAGE-2000/EG DSU'nun önerilen rota simülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Yunanistan senaryosunda önerilen rotaların simülasyonu

Ayrıca Secondo sisteminde *Yunanistan* senaryosu için kullanılan kodlar Çizelge 4.18'de sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Secondo sisteminde Yunanistan senaryosu için oluşturulan kodlar

- (1) create database Yunanistan /* 05042018 */
- (2) open database Yunanistan /* 05042018 */
- (3) let VeriTip = [const rel(tuple([
 Enlem: real,
 Boylam: real,
 Saat: string,
 Irtifa: real,
 Hiz: int,
 Tarih: string,
 No: int]))
 value ()]

```

(4) let Veri = VeriTip csvimport['../bin/m2000EGKusAdasi.csv', 0, "#", ",", "]
    consume
(5) let onehour = [const duration value (0 3600000)]

(6) let DayTrips = Veri feed
    extend[
      I: str2instant(.Tarih + "-" + .Saat) + onehour,
      P: makepoint(.Enlem, .Boylam)]
    sortby[Tarih asc, I asc]
    groupby[Tarih
      ; DayTrip: group feed approximate[I, P, [const duration value (0
3000000)]] ]
    consume

(7) let Trips = DayTrips feed
    projectextendstream[Tarih
      ; Trip: .DayTrip sim_trips[ [const duration value (0 300000)]] ]
    consume

(8) query Trips

(9) query Trips feed projectextend[Tarih; Traj: trajectory(.Trip)] consume

(10)    let Stops =
        Trips feed projectextend[Tarih
          ; Time: inst(initial(.Trip)),
          Stop: val(initial(.Trip)),
          Kind: "start"]
        Trips feed projectextend[Tarih
          ; Time: inst(final(.Trip)),
          Stop: val(final(.Trip)),
          Kind: "end"]
        concat
        sortby[Tarih, Time]
        consume

(11)    query Stops

```

5. SONUÇ

Bu çalışmada öncelikle kapsamlı bir literatür araştırması yapılarak mevcut RT alanında ki çalışmalar incelenmiş ve önceden bilinen hedefler arasında RT yapıldığı gözlemlenmiştir. RT alanında hedefin ortada olmadığı çalışmaların yeterli bir olgunluğa erişmemesi ve ontolojik olarak bu alanda çalışmaların olmaması, literatürde bu alana özgü çalışmalar yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Literatürdeki mevcut çalışmalar, Araç Rotalama Problemi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu yoğunlaşmayı farklı bir alana yönlendirmek için, bu aşamada geliştirilen SUARSIS mevcut çalışmalara Semantik Web Teknolojisini önermektedir. Hareketli nesnelerin hareketleri boyunca yapmış oldukları eylemleri ontoloji tabanıyla birleştirip inceleyerek, bu nesnelerin ham verilerinden anlamsal çıkarımlar yapılmıştır.

Bu çalışmada, yeni nesil Semantik Web Teknolojisi (Web 3.0) ile geliştirilmiş, görev profili önceden bilinmeyen düşman savaş uçaklarının; yakıt modeli, uçak imalat bilgileri ve radar bilgileri temel alınarak gidebileceği muhtemel rotaların sunulmasını sağlayan bir platform bağımsız sistem üzerinde çalışılmıştır. Bu nedenle yapay zekâ tabanlı Savaş Uçakları için Anlık Rota Önerme Sistemi (SUARSIS) sunulmuştur. Sistem, savaş uçaklarını; kanat alanı, kanat açıklığı, motor tipi, motor tepki kuvveti, özgül yakıt sarfiyatı, seyahat yakıt miktarı, seyahat yakıt oranı, maksimum kalkış kütlesi, yakıt hacmi, bomba ve silah kütlesi, hava yoğunluğu, ses hızı, gaz sabiti, tutunma (stall) kaybı ve aerodinamik parametreler açısından incelemektedir.

Görev profili önceden bilinmeyen hareketli nesneler için literatüre yeni bir çalışma alanı kazandırılma amacıyla uçak ve askeri literatür, özgün ontoloji olarak makinaların anlayacağı şekilde tasarlanmış, bu ontoloji içerisine gerçek veri girişleri yapılmış ve anlamsal kural tanımlamaları girilmiştir ve yine özgün olarak bir prototip geliştirilmiş üzerinde senaryolar oluşturularak test ortamı yapılandırılmıştır. Önerilen rotalar için yeni bir Önerme Algoritması geliştirilmiş ve bu algoritma içerisinde Haversine metodu kullanılmıştır. Önerme algoritmasının verdiği sonuçlar, En Yakın Komşu Algoritması ile

karşılaştırılmış ve test edilmiştir. Daha sonra yeni nesil HNVT olan Secondo ile SUARSIS'in sunduğu önerilen rotalar simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar; haritalama ve diğer görseller ile sunulmuştur.

Bu çalışmada SUARIS sistemi radar parametrelerini ve anlık değişimlerini sentetik veri olarak üretmekte ve manuel olarak pilot tarafından değiştirilebilmektedir. Bu durum radarda görünmeyen uçaklar için ontolojik olarak avantaj sağlasa da radarda görünen uçaklarda bir dezavantajdır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda SUARSIS sistemin gerçek bir radarla bağlantısının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Sistemin senaryo ile çalışması yerine dinamik çalışması sağlanarak gerçek bir savaş durumunda pilot ve seyrüsefer subayları tarafından kullanılması hedeflenmektedir.

Ayrıca gelecekte, SUARSIS'in terör faaliyetleri alanında yolcu uçağı, araç kaçırma verilerinden gidilebilecek muhtemel rotaları sunabilmesi için farklı uygulama alanlarına uygulanabilir şekilde düzenlenilmesi düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1805. https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula/ (27/02/2018)
- Anonymous, 2000a. <https://netbeans.org/downloads/8.0/> (03/02/2018)
- Anonymous, 2000b. <http://www.jet-engine.net/miltspec.html/> (20/02/2018)
- Anonymous, 2004. <https://www.w3.org/Submission/SWRL/> (02/02/2018)
- Anonymous, 2006. <https://www.flightradar24.com/> (25/01/2018)
- Anonymous, 2011a. <http://ontologydesignpatterns.org/aemoo/ekp> (02/02/2018)
- Anonymous, 2011b. <https://tr.scribd.com/document/355438543/Aerodinamik-Kuvvetler-pdf/> (23/02/2018)
- Anonymous, 2012a. <http://dna.fernuni-hagen.de/secondo/files/Documentation/General/condoManual.pdf/> (03/02/2018)
- Anonymous, 2012b. <http://www.w3.org/TR/owl2-overview.pdf/> (06/02/2018)
- Anonymous, 2014a. <http://protege.stanford.edu/> (03/02/2018)
- Anonymous, 2014b. https://hugepdf.com/download/seyahat-menzl_pdf/ (26/02/2018)
- Anonymous, 2015a. <http://rdf.muninnproject.org/ontologies/military.html> (02/02/2018)
- Anonymous, 2015b. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/presar.html> / (23/02/2018)
- Anonymous, 2015c. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/atmos.html> / (23/02/2018)
- Anonymous, 2015d. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/sfc.html> / (25/02/2018)
- Ayabakan, İ. 2014. Hareketli Nesne Veri Tabanları İndeksleme Algoritmaları ve En Yakın Komşuluk Yaklaşımı, Y.Lisans Tezi, Havacılık ve Uzak Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, C., Tecim, V. 2015. Afet Yönetimi için Coğrafi Tabanlı Deprem Ontolojisi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 8(1).
- Aydın, C., Tecim, V. 2015. Afet Yönetimi için Coğrafi Tabanlı Deprem Ontolojisi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 8(1).
- Bellmore, M., Nemhauser G.L. 1966. The Travelling Salesman Problem: A Survey. Operations Research, 16(3), 538-558.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. 2001. The Semantic Web. Scientific American, 284 (5), 34-43.
- Brakatsoulas, S., Pfoer, D., Tryfona, N. 2004. Modeling, Storing and Mining Moving Object Databases. Database Engineering and Applications Symposium, 68-77.
- Cevre, U., Özkan, B., Uğur, A. 2007. Gezgin Satıcı Probleminin Genetik Algoritmalarla Eniyilemesi ve Etkileşimli Olarak İnternet Üzerinde Görselleştirilmesi. XII. Türkiye’de İnternet Konferansı, Ankara.
- Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P. 1979. The Vehicle Routing Problem In Combinatorial Optimization. England, 315-338.
- Clarke, G., Wright, J.W. 1964. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research, 12(4), 568-581.
- Çelik, D., Elçi, A., Akçiçek, R., Ekren, E., Hürçan, P. 2014. Semantik Web Teknoloji Yoluyla Mobil Pediatrik Danışma ve Hasta İzleme Sistemi. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Kapadokya.

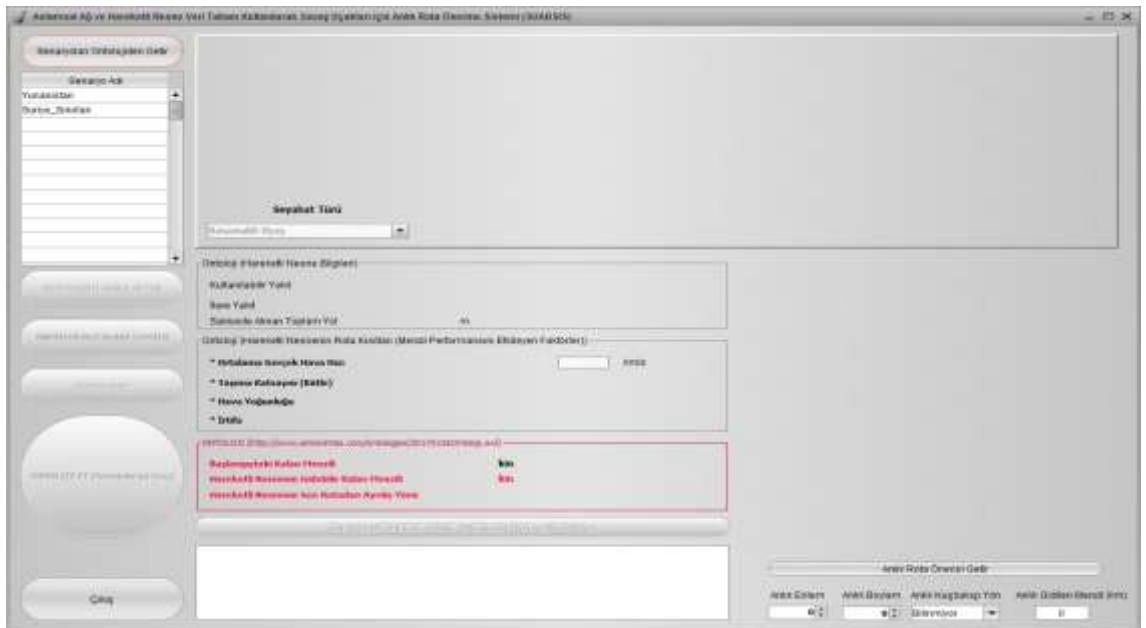
- Çelik, D., Elçi, A., Akçiçek, R., Ekren, E., Hürcan, P., Boz, K. 2014. Semantik Web Teknolojileri ile Güvenli Gıda Tüketimi Mobil Sistemi. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Kapadokya.
- Çevik, K.K., Koçer, H.E. 2013. Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Yapay Sinir Ağları Eğitimine Dayalı Bir Esnek Hesaplama Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17 (2).
- Çolak, S. 2010. Genetik Algoritmalar Yardımı ile Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü Üzerine Bir Uygulama. Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19(3).
- Dantzig, G.B., Ramser J.B. 1959. The Truck Dispatching Problem. Management Science, 6(1), 80-91.
- Demircioğlu, M. 2009. Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım İle Çözümlemesi Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Dikmen, H., Dikmen, H., Elbir, A., Ekşi, Z., Çelik, F. 2014. Gezgin Satıcı Probleminin Karınca Kolonisi ve Genetik Algoritmalarla Eniyilemesi ve Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(1), 8-13.
- Dorigo, M., DiCaro, G., Gambardella, L. M. 1999. Ant Algorithms for Discrete Optimization. Artificial Life, 5(2), 137-172.
- Düzakın, E., Demircioğlu, M. 2009. Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 13(1).
- Erkayman, B. 2013. Havayollarında uçuş aksaklıkları problemi için bir çözüm yaklaşımı ve uygulaması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Foster, A. B., Ryan, M. D. 1976. An Integer Programming Approach to the Vehicle Scheduling Problem. Journal of Operational Research Society, 27(2), 367-384.
- Gillett, B.E., Miller, L.R. 1971. A Heuristic Algorithm For the Vehicle Dispatch Problem. Operation Research, 22(2), 340-349.
- Gruber, T. 1993. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. Technical Report KSL 93-04. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.
- Hartanto, S., Furqan, M., Siahaan, U.P.A., Fitriani, W. 2017. Haversine Method in Looking for the Nearest Masjid. International Journal of Engineering Research, 3(8), 187-195.
- Holland, J. 1975. Adaptation In Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Horridge, M. and Bechhofer, S. 2009. The OWL API: a Java API for working with OWL 2 ontologies. Proceedings of the 5th International Workshop, United States.
- Hu, X., Huang, M. 2007. An Intelligent Solution System for a Vehicle Routing Problem in Urban Distribution. International Journal of Innovative Computing, 3(1), 189-198.
- Karaboğa, D. 2005. An Idea Based on Honey Bee Swarm For Numerical Optimization. Technical Report, Engineering Faculty, Kayseri.
- Kaya, İ. 2012. Genetik Algoritmaların Optimal Güzergâh Belirlenmesine Uygulanması. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kennedy, J., Eberhart, C. 1995. Particle Swarm Optimization. Proc. of IEEE International Conference on Neural Network, Piscataway.
- Keskintürk, T., Topuk, N., Özyeşil, O. 2015. Araç Rotalama Problemleri ile Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırılması ve Bir Uygulama. İşletme Bilimi Dergisi, 3(2).

- Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D., Jr., V. 1983. Optimization by simulated annealing. *M.P. Science*, 220(4598), 671–680.
- Kruchten, P., Woo, C., Monu, K., Sotoodeh, M. 2007. A human-centered conceptual model of disasters affecting critical infrastructures. *Conceptual Model of Disasters Affecting Critical Infrastructures*, Netherlands, 372-344.
- Küçüköçük, K. 2015. Havacılıkta Hareketli Nesne Veri Tabanı Uygulamaları. Y.Lisans Tezi, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Maedche, A. and Staab S., 2001. Ontology Learning for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 16 (2), 72–79.
- Markovic, H., Gavar, I., Caric, T. 2005. Using Data Mining To Forecast Uncertain Demands in Stochastic Vehicle Routing Problem, *ISEP*.
- Martinez-Val, R., Perez, E. 1992. Optimum cruise lift coefficient in initial design of jet aircraft. *Journal of Aircraft*, 4(1992), 712-714.
- Özalp, N. 2013. 3 Boyutlu Arazi Üzerinde Çoklu Otonom İnsansız Hava Aracı Rota Planlaması. Y.Lisans Tezi, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, Y.S. 2008. Karınca Kolonisi Algoritması İle Bilgisayar Ağlarının Topolojik En İyiilenmesi. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özkan, B., Cevre, U., Uğur, A. 2008. Melez Bir Eniyileme Yöntemi ile Rota Planlama. *Akademik Bilişim*, Çanakkale.
- Öztürk, Ö. 2004. Anlamsal Web İçin Bir Ontoloji Ortamı Tasarımı Ve Gerçekleştirimi. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öztürk, Ö., 2004. Anlamsal Web İçin Bir Ontoloji Ortamı Tasarımı Ve Gerçekleştirimi. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pakkan, B., Ermiş, M. 2010. İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4(3), 77-84.
- Paşaoğlu Hamşioğlu, D. 2009. Bilgi teknolojisi tabanlı kararlar ve grup karar destek sistemleri uygulaması. *Doktora Tezi*, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Renaud, J., Boctor, F.F., Laporte, G. 1996. An Improved Petal Heuristic for the Vehicle Routing Problem. *Journal of Operational Research Society*, 47, 329-336.
- Santos, H.G., Ochi, L.S., Marinho, E.h., Drummond, L.M.A. 2006. Combining an Evolutionary Algorithm with Data Mining to Solve a Single-Vehicle Routing Problem, Preprint submitted to Elsevier Science, 70(1), 70-77.
- Schneider, M., Ho, S. S., Agraval, M., Chen, T., Liu, H., Viswanathan, G. 2011. A Moving Objects Database Infrastructure for Hurricane Research: Data Integration and Complex Object Management. *Proceedings of the Earth Science Technology*.
- Serin, S. 2009. Karınca Kolonisi Yaklaşımıyla Karayolu Üstyapı Rutin Bakım Çalışmalarının Planlanması. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sezer, E., 2014. Tıbbi Bilişim Standartları Ve Anlamsal Web Teknolojileri Temelli Ulusal Aşı Bilgi Sistemi. *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Shang, G., Lei, Z., Fengting, Z., Chunxian, Z. 2007. Solving Traveling Salesman Problem by Ant Colony Optimization Algorithm with Association Rule. *Third International Conference on Natural Computation*, China.
- Sirin, E., Parsia, B., Grau, B.C., Kalyanpur, A., Katz, Y. 2001. A practical owl-dl reasoner. *Journal of Web Semantics*, 5(2007), 51–53.
- Solomon, M.M. 1987. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints. *Operations Research*, 35(2), 254-265.

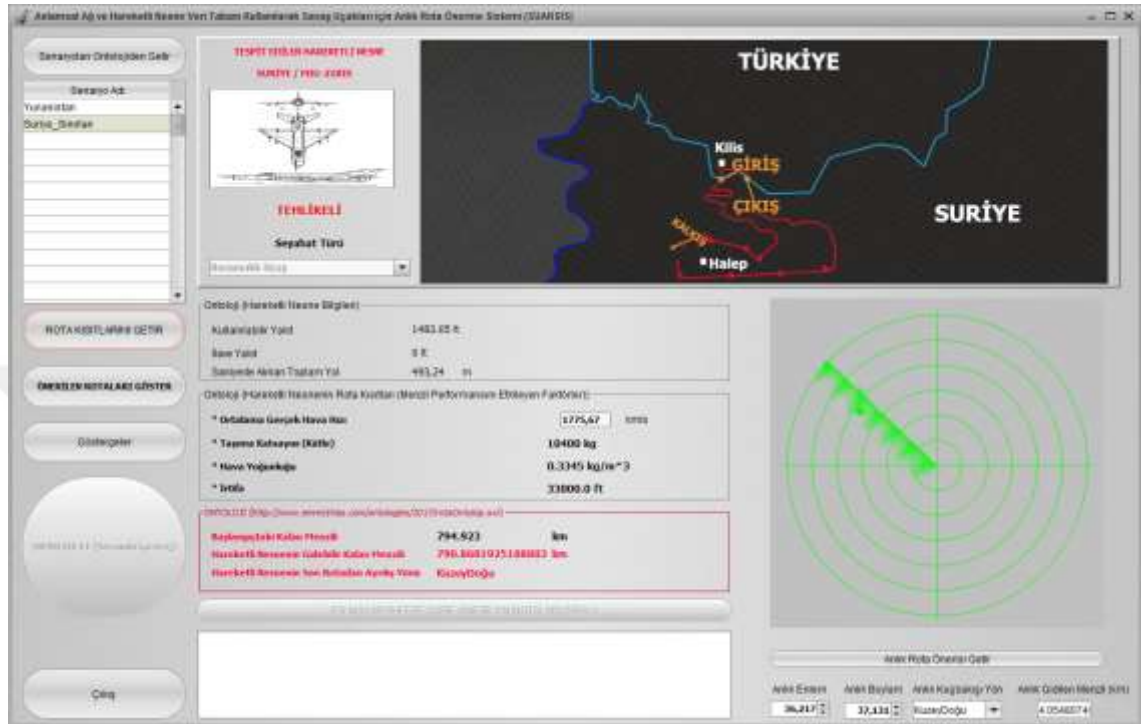
- Sotoodeh, M., Kruchten, P. 2008. An Ontological Approach to Conceptual Modeling of Disaster Management. 2nd Annual IEEE Systems Conference, Canada.
- Steichen, C.T., Kearney, J.F., Turnbough, C.L. 2007. Non-uniform assembly of the *Bacillus anthracis* exosporium and a bottle cap model for spore germination and outgrowth. *Molecular Microbiology*, 64 (2007), 359-367.
- Şahin, D. 2010. Rotalama Probleminin Veri Madenciliği İle Çözümü. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Tanasescu, V. 2006. A semantic web services GIS based emergency management application. In *Proceedings of Workshop on Semantic Web for e-Government of ESWC*, Montenegro.
- Toth, P., Vigo, D. 2002. The Vehicle Routing Problem. *Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, USA*, 217-227.
- Tsarkov, D. and Horrocks, I. 2006. FaCT++ Description Logic Reasoner: Third International Joint Conference, USA.
- Uschold, M. 1998. Knowledge level modelling: Concepts and terminology. *Knowledge Engineering Review*, 13(1), 5–29.
- Uschold, M. and Jasper, R. 1999. A framework for understanding and classifying ontology applications. *Proceedings of the IJCA-I99 workshops on ontologies and problem-solving methods*, Sweden.
- WHO, World Health Organization, 2009. Vaccine-preventable diseases, vaccines and vaccination, , *International Travel and Health. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*, Sweden, 239-240

EKLER

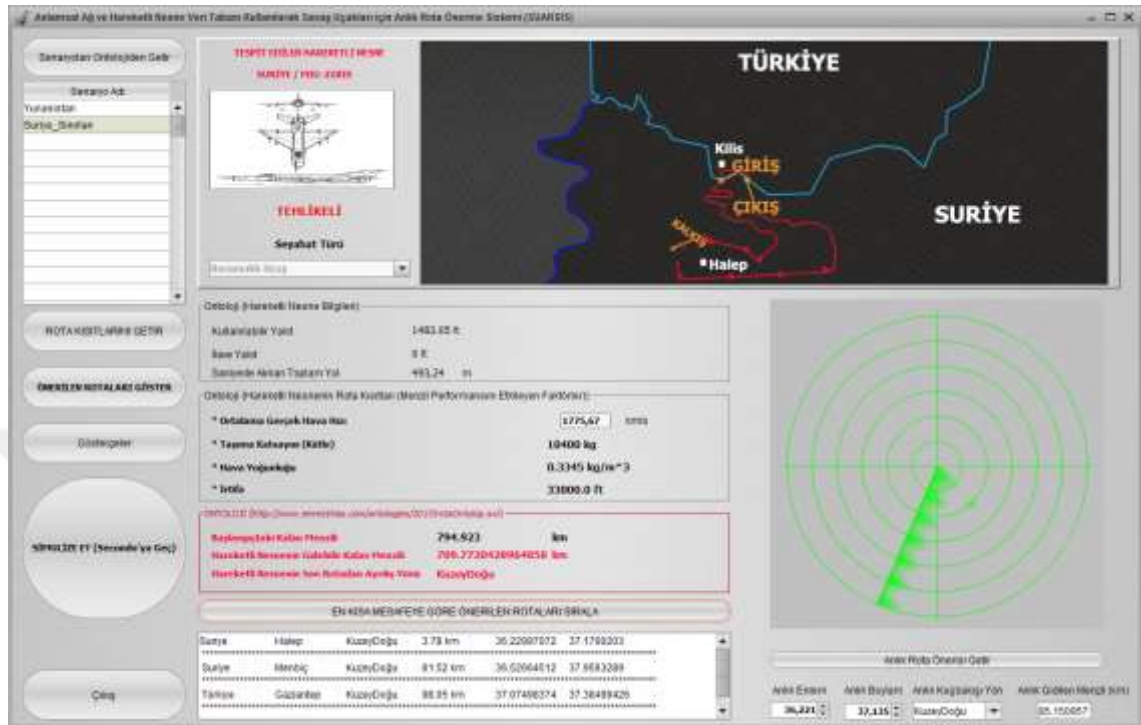
EK 1 Uygulama Genel Görünümü:



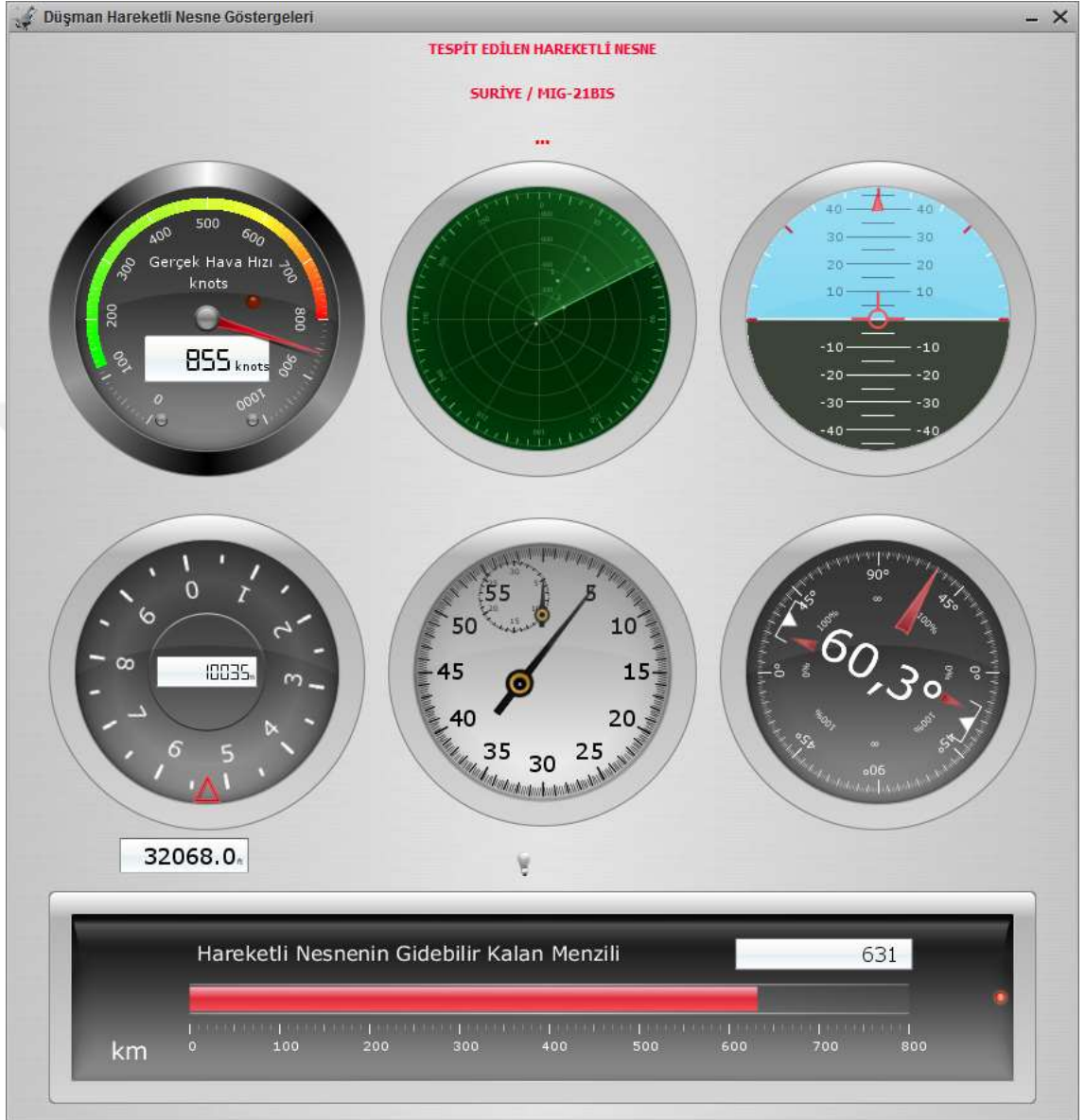
EK 2 Senaryo ve Rota Kısıtlarının Getirilmesi:



EK 3 Önerilen Rotaların Getirilmesi:



EK 4 DSU'ya ait Sanal Gösterge Paneli:



EK 5 Senaryoya ait Önerilen Rotaların Simüle Aşaması:

Program: Server Optimizer Command Help Viewers File Settings Object Creation Object

```

projectextendstream[Tarih;
; Trip: ;DayTrip sim_trips[ (const duration
value (0 300000))] ]
consume...successful
no result
Sec=query Trips
query Trips...successful
see result in object list
Sec=query Trips feed projectextend[Tarih; Traj:
trajectory(.Trip)] consume
query Trips feed projectextend[Tarih; Traj:
trajectory(.Trip)] consume...successful
see result in object list
Sec>

```

show	hide	remove	clear
save	load	store	rename

** query Trips
** query Trips feed projectextend[Tarih; Traj: trajectory(.Trip)] consume

speed 2018-09-26 14:46:23.232 39.03878010002325 / 36.036993277

query Trips
Tarih : 2018-03-28
Trip : Trip

Tarih : 2018-03-28
Trip : Trip

2018-03-28

search go

Trin

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2008 – 2009 yılları arası İstanbul Aydın Üniversitesi ve Scanbrit School Of English Bournemouth/İngiltere Hazırlık Okulunu bitirdikten sonra 2013 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği (İngilizce) Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2012-2014 yılları arasında özel sektörde yazılım geliştirme bölümlerinde Yazılım Uzmanı olarak çalıştı. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezinde Bilgisayar Mühendisi olarak göreve başladı. 2014 yılından itibaren Atatürk Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (BAUM) - Üniversite Bilgi ve Yönetim Sistemi (ÜBYS) biriminde Bilgisayar Mühendisi olarak görev yapmaktadır.