İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: I. FAZ KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mete Ercan PAKDİL

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: I. FAZ KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mete Ercan PAKDİL
501111631

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111631 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mete Ercan PAKDİL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: I. FAZ KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİMİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Melih BAŞARANER** Yıldız Teknik Üniversitesi	.....
	Yard. Doç. Dr. Caner GÜNEY İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **05 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

ÖNSÖZ

Bu tez 2012 Mayıs ayından beri Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş. ile işbirliği içerisinde çalışılan bir projenin sonucu olarak yazılmıştır.

Projenin başlangıcından tezin yazımına kadar değerli tavsiyeleri ve güçlü desteği için Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik'e;

Projenin gerçekleşmesini sağlayan tüm bu zorlu süreçte bana her zaman ağabey gibi yaklaşan birim yöneticim Pegasus Havayolları'ndan Performans ve CIT Direktörü Sayın Ömer Kaya'ya;

Tez projeme SAN-TEZ programı kapsamında destek veren Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na;

Saygı ve Teşekkürlerimle...

Mayıs 2014

Mete Ercan PAKDİL
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Literatür Araştırması 3
2. SAYISAL HAVACILIK BİLGİSİ **5**
2.1 Elektronik AIP 6
2.2 Veri Standartları 7
2.2.1 AIXM 4.5 7
2.2.2 ARINC 424 9
3. ALETLİ UÇUŞ HARİTALARI **13**
3.1 Kalkış Haritası 13
3.2 Seyrüsefer Haritası 15
3.3 Yaklaşma Haritası 15
3.4 İniş Haritası 16
4. SİSTEM TASARIMI **17**
4.1 Havacılık Verisi Yönetim Sistemi Tasarımı 17
4.2 Havacılık Veri Tabanı Tasarımı 18
4.3 Yazılımların Geliştirilmesi 18
4.3.1 Veritabanı Yönetim Yazılımının Geliştirilmesi 18
4.3.2 İş Takip ve Süreç Yönetim Yazılımının Geliştirilmesi 21
4.3.3 Mobil Yazılımın Geliştirilmesi 22
4.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Entegrasyonun Geliştirilmesi 23
5. UYGULAMA: KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİLMESİ **25**
6. SONUÇ VE ÖNERİLER **29**
KAYNAKLAR **31**
ÖZGEÇMİŞ **33**

KISALTMALAR

AIP : Aeronautical Information Publication
AIRAC : Aeronautical Information Regulation And Control
AIS : Aeronautical Information Service
AIXM : Aeronautical Information Exchange Model
ARINC : Airlines Electronic Engineering Committee
ATIS : Automatic Terminal Information Service
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMA : U.S. Defence and Mapping Agency
EAD : European AIS Database
eAIP : Electronic Aeronautical Information Publication
ECAC : European Civil Aviation Conference
ETL : Extract, Transform, Load
FAA : Federal Aviation Administration
GIS : Geographic Information Systems
GNSS : Global Navigation Satellite Systems
GML : Geography Markup Language
GPS : Global Positioning System
IATA : International Air Transport Association
ICAO : International Civil Aviation Organization
ISO : International Organization for Standardization
MSA : Minimum Sector Altitude
MVC : Model – View – Controller
NASA : National Aeronautics and Space Administration
OGC : Open Geospatial Consortium
PHP : Hypertext Preprocessor
PNG : Portable Network Graphics
SQL : Structured Query Language
SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
UYS : Uçuş Yönetim Sistemi
VBScript : Visual Basic Scripting Edition
WGS : World Geodetic System

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 2014 - 2019 yılları AIRAC geçerlilik günleri 5

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: EAD veri sağlayıcı ECAC üyesi ülkeler. 6
Şekil 2.2: AIXM veri modeli nesneleri..... 8
Şekil 2.3: Uçak içinden UYS paneli ve ekran görüntüsü.. 9
Şekil 3.1: Örnek kalkış haritası..... 14
Şekil 3.2: Örnek iniş haritası. 16
Şekil 4.1: Sistem içerisinde verinin dolaşımı. 17
Şekil 4.2: Veri tabanı yönetim yazılımının bölümleri 19
Şekil 4.3: Veri tabanı yönetim yazılımının ekran görüntüsü 20
Şekil 4.4: Veri tabanı yönetim yazılımında kullanılan diller ve etkileşimler 20
Şekil 4.5: İş takip süreçleri 21
Şekil 4.6: İş takip yazılımının ekran görüntüsü 21
Şekil 4.7: Mobil yazılımın ekran görüntüsü. 22
Şekil 5.1: Terminal prosedürünün geometrisi otomatik üretiliyor. 25
Şekil 5.2: Üretilen örnek kalkış haritası - 1 26
Şekil 5.3: Üretilen örnek kalkış haritası - 2 27
Şekil 5.4: Üretilen örnek kalkış haritası - 3 28

AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: I. FAZ KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİMİ

ÖZET

Türkiye'de sivil havacılık hızla gelişmekte, yurtiçi ve yurtdışı operasyonların sayısı da her yıl bir öncekine göre katlanarak artmaktadır. Bu trendin tüm dünya genelinde de aynı olduğu görülmektedir. Artan hava trafiği ve yolcu sayısı ile birlikte havayolu firmalarının uçak ihtiyacı da artmaktadır. Ortadoğu, Asya ve Avrupa'da uçak siparişleri son zamanlarda ekonomide yaşanan durgunluğa rağmen artışını yeni kurulan ve gelişen uçak firmaları sayesinde arttırarak devam ettirmektedir. Uçak pazarının büyük oyuncularından Airbus ve Boeing gibi büyük ticari uçak üreticileri rekabet edebilmek için araştırma ve geliştirme projelerine büyük bütçeler ayırmaktadır. Günümüzde hava taşımacılığında giderler içinde en büyük payı yakıt giderleri aldığı için, uçak üreticileri de araştırma geliştirme projelerinde bu konuya öncelik vermekte ve yakıt tasarrufu konusunda çalışmaktadır. Ancak yakıtın yanında bir uçağın uçabilmesinin iki önemli unsuru olan pilota ve havacılık bilgisine de (uçuş haritası, sayısal navigasyon bilgisi, uçuşun plan bilgileri, vb.) ihtiyaç vardır. Türkiye'de lisanslı pilot eğitimleri sıfırdan başlayıp uçuş simülasyon eğitimlerine kadar tamamı yerli kurumlarca verilebilmektedir. Buna karşın ülkemizde henüz havacılık bilgisi üretecek veya bunu yönetecek bir kurum veya milli bir yazılım sistemi mevcut değildir.

Havacılık bilgisi içerisinde en önemli unsurlardan biri uçuş haritalarıdır. Her ülkede bulunan yetkili kurum ürettiği uçuş haritalarını belli periyotta güncelleyerek yayınlar. Her ne kadar bu haritalar Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu'nun (ICAO) yayınladığı Annex 4 ve Annex 15 yönetmeliklerindeki tavsiyelere uygun üretilseler de, kartografik görselleştirme ve sayfa düzeni farklılıklarının olması pilotların okumasını zorlaştırmaktadır. Pilotların uçuş haritalarını okumasını ve bunlara erişimini kolaylaştırmak için her ülkenin uçuş haritalarını toplayarak hepsini aynı kartografik görselleştirme ve sayfa düzeni standardında üreten firmalar bulunmaktadır. Dünyada standartlaştırılmış uçuş haritası üreterek bu pazara hâkim olan iki büyük oyuncu bulunmaktadır; Jeppesen (Amerika Birleşik Devletleri) ve Lufthansa System (Almanya). Bu firmalar uçuş haritası sektöründe rekabetin zayıf olması nedeniyle yüksek ücretlerle ürünlerini pazarlamaktadır.

Ülkemizde ulusal ve uluslararası düzeyde artan uçuş operasyonları ile birlikte uçak ve uçulan havaalanı sayısı da her geçen gün artmaktadır. Uçuş haritalarının fiyatlandırılması meydan ve uçak sayısı üzerinden yapıldığı için ülkemizdeki havayolu firmalarının yurtdışı menşeli bu firmalara ödediği ücret her yıl daha çok artmakta ve neredeyse bu bağımlı hale gelmektedir.

Bu çalışmada kapsamında uçuş haritalarının klasik bilgisayar destekli çizim veya vektör tabanlı grafik yazılımlar yerine yeni ve rekabetçi teknolojiler kullanılarak sürdürülebilir ve uluslararası standartlarda bir altyapının üretilmesi araştırılmıştır. Gerekli yazılım ve donanım ihtiyaçları temin edilerek veya geliştirilerek ilk fazda

aletli kalkış haritalarının üretimi amaçlanmıştır. Ülkemizde halihazırda bu çalışmaları gerçekleştiren güncel teknolojik donanım, yazılım ve yeterli teknik personel yoktur. Bu nedenle halen bu çalışmalar bu konuda faaliyet gösteren yurtdışı menşeli şirketlerce yapılmakta ve bu hizmet satın alınmaktadır.

Çalışma sonucunda elde edilen deneyimin sözü edilen konulardaki bağımlılığın yurt içinde kalması ve bu gibi becerilerin ülkemize kazandırılmasında öncü olması öngörülmektedir.

SMART AERONAUTICAL CHART MANAGEMENT SYSTEM DESIGN: Ist PHASE DEPARTURE CHART PRODUCTION

SUMMARY

In Turkey, civil aviation is developing rapidly, and the number of domestic and international operations is increasing exponentially every year than the previous one. This trend seems to be the same all over the world. Airline companies with increased air traffic and the number of passengers increase the demand of new aircrafts. In Middle East, Asia and Europe, in spite of the recession in the economy, aircraft orders through a newly established and developing airline companies continues to increase. Moreover, large commercial aircraft manufacturers such as Airbus and Boeing allocate majority of their budgets to research and development projects for competition. Nowadays, aircraft manufacturers are also giving priority to research and development projects for fuel economy since fuel costs are largest outgoing in air transportation. An aircraft needs not only fuel but also pilot and aeronautical information (charts, digital navigation information, flight plan, and etc.) to perform flight operation. In Turkey, national institutions can provide licensed pilot training from the beginning to flight simulation training. However, not yet, any institution or national software able to produce and manage aeronautical information is not available in Turkey. One of the most important information is required to perform flight operation is digital navigation information, and one of the most important components in them is the terminal chart. Authorized institution in every state is responsible to publish their terminal charts for certain periods. Although these charts are produced in accordance with International Civil Aviation Organization's (ICAO) Annex 4 and Annex 15, cartographic representation and page layout differs in each state's publication. This situation makes difficult to read them by pilots. There are few companies that collect every state's terminal charts to reproduce them in a standard page layout and cartographic representation to make readable and accessible for pilots. There are two dominant players in the market, these are; Jeppesen (United States of America) and Lufthansa System (Germany). These companies sell their products at very high prices because of lack of competition. In Turkey, the number of aircrafts and aerodromes are increasing day by day at national and international level. Aeronautical information charges airlines per aircraft and aerodromes in operation, the cost of this information is increasing dramatically every year, and airlines are becoming more dependent to these companies.

In this study, standard instrument departure charts are analyzed to produce by use of cutting-edge and competitive technologies instead of classical computer-aided drawing and vector based graphic applications.

Every state authorizes an institution to produce, publish and distribute the Aeronautical Information Publication (AIP) that contains many aeronautical charts and their related information such as navigation aids, waypoints, aerodromes, and communication information. Eurocontrol has published a specification for an electronic AIP (eAIP). This specification aims to produce AIPs in digital format for

easy distribution and storage. Therefore, an electronic AIP is a digital version of the paper AIP, usually available in PDF format.

Eurocontrol established European AIS Database (EAD) that is the world's largest Aeronautical Information System (AIS), a centralized database of aeronautical information. The EAD currently has 41 fully integrated member states that are distribute their AIPs as electronic format on this system. The EAD system has two types of clients; data provider and data user. Data users are able to download the information is uploaded by data providers throughout the system. The EAD is also hosting data repository that is based on Aeronautical Information Exchange Model (AIXM).

FAA (Federal Aviation Administration) and Eurocontrol are developed AIXM (Aeronautical Information Exchange Model) using XML structure and other standards like ARINC 424. It models the important aeronautical features, properties (attributes and associations) and business rules that make up aeronautical information. As such, it can be used as the basis for the design of a database and provides technical and semantic interoperability. The AIXM represents real world based on theoretical construct that is represented and understood by automated systems. Furthermore, it provides a basis for logical data structures used during software implementation. Importantly, it is standardized aeronautical data by all actors in aviation industry. Although the AIXM is large and complex, it is only used in automated processes to make sure that diverse systems can communicate correctly. The model is never be used directly by pilots, AIS staff or other humans. It can be used in; automated production of AIP, automated aeronautical chart creation and publication systems, and etc. The model is designed using the Unified Modelling Language (UML). Thus it is easily converted to any object oriented programming language or used in database modeling without extra efforts.

Aeronautical charts in AIP are represented in AIXM as terminal procedures. Terminal procedures are described in the schema based on the ARINC 424 specification. The ARINC424 is an aeronautical specification developed and maintained by the aviation industry that has been used for the exchange of navigation and communication data between avionic system manufacturers. One of the major chapters of the specification is dedicated to deals with the encoding of terminal procedures (SID, STAR, Approaches). The ARINC424 defines in particular the concept of Path & Terminators (P&T). P&T encodes a chart's flight trajectories as sequenced procedure legs in order to represent a complete procedure. To learn encoding standard and its business rules need to take special training by designated training centers. The last version of specification (version 19) was released in August 2010. The specification is maintained by the A424 committee that groups the major aeronautical actors.

The goal of this thesis is to do research on the system and its components to produce standard instrument charts at the first phase.

In this context, the first chapter, the study and its scope have been described with the goals and related litterateurs. The second section explains information about digital aeronautical information with electronic AIP and standards such as AIXM 4.5 and ARINC 424. The second section also explains relationships between each standard and why they are important for aeronautical charts. Moreover, the third section focuses on aeronautical charts are used in instrument flights. The departure chart is also analyzed in this chapter under a special title. The fourth section gives details

about the smart chart management system and its components for data management, production, publishing and distribution. Furthermore, the fifth section explains the system with sample products. Finally, the result of this study is discussed in the last section.

In Turkey, currently there are no latest technological implementation, software and qualified human resources. Thus, these products are still performing by foreign companies, and purchased. When the study reaches its target, removing the dependency to foreign companies that focus on these specific areas, preventing to spend a lot of payment that is made to foreign companies, and making our country to gain such skills are expected.

1. GİRİŞ

Sivil hava taşımacılığı her yıl bir önceki yıla göre daha fazla rağbet görmekte ve bunun sonucunda da bu alana yapılan yatırımlar giderek artmaktadır. Bu talebi karşılamak için daha fazla havaalanı açılmış ve bu havaalanlarına tarifeli uçuş koyabilmek için havayolu işletmeleri yeni uçak alımları yaparak birbirleri ile yarış içine girmiştirler. Uçak üreticileri ise talebi karşılamakta zorlanmaktadır. Rekabetin çok zor olduğu bu sektörde her türden giderin düşürülmesi yönünde firmalar çok yönlü araştırmalar yapmakta ve bu konuya titizlikle yaklaşmaktadırlar. Bir havayolu işletmesi için giderler içinde yakıt, personel giderleri ve alınan hizmetler ilk üç içindedir. Yakıt giderlerinin düşürülmesi için uçak üreticileri araştırma ve geliştirme çalışmalarını yapmakta ancak personel giderlerini düşürmek için havayolu işletmelerinin yapabilecekleri kısıtlıdır. Havayolu işletmesinin alınan hizmetler bütçesi incelendiğinde en büyük payı havacılık bilgisi almaktadır. Havacılık bilgisi ise bir uçuşun gerçekleşebilmesi için olmazsa olmazdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte uçaklardaki cihazlarda gelişmiş ve pilotların işini kolaylaştırmıştır. Artık eskiden olduğu gibi uçaklar çok daha yüksek irtifalarda uçuyor ve bunu sahip oldukları otomatik navigasyon cihazlarıyla pilota yardımcı olarak sorunsuz başarabiliyorlar. Navigasyon cihazlarıyla uçan uçaklar artık günümüz yolcu taşımacılığının vazgeçilmezi olmuştur. Okyanus ötesi uçuşlarda uçaklardaki Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS) uydu alıcıları gibi gelişmiş teknolojileri yardımıyla pilotlar kolaylıkla uçuşu güvenli şekilde tamamlayabiliyorlar. Navigasyon cihazları ile yapılan aletli uçuşlarda gereken havacılık bilgilerinden en önemlisi uçuş haritalarıdır. Pilotlar bu haritaları kullanarak uçuşun kalkış, seyrüsefer, yaklaşma ve iniş fazlarını takip eder ve tamamlar.

Uçuş haritaları her ülkenin yetkili kurumu tarafından Aeronautical Information Publication (AIP) adlı bir havacılık enformasyon yayında birleştirilerek periyodik olarak yayınlanır. Bir havacılık enformasyon yayınının nasıl ve ne şekilde yayınlanacağı Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu'nun (ICAO) Annex 4 ve Annex 15 standartlarınca belirlenmiştir. Ancak havacılık enformasyon yayını

yayınlamada yetkili kurumlar bu standartlarda tavsiye edilen kartografik görselleştirme kurallarına ve sayfa düzenine birebir uymamaktadır. Her ülkenin yayınladığı uçuş haritası standarda uygun olmadığı için pilotlar tarafından takibi ve okunması güçtür.

Bu çalışmada ise, bir aletli uçuşun ilk safhası olan kalkışta gereken kalkış haritaları çalışma konusu seçilerek üretim sisteminin tasarımı için gerekli elemanlar ve bu elemanların birlikte çalışabilmesini sağlayacak süreçler incelenmiştir. İncelenen sistem ve süreçler sadece bir kalkış uçuş haritasının üretilmesi için değil ileride de diğer türdeki haritaları üretecek şekilde düşünülerek hazırlanmıştır. Çalışma süresince Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.'nin imkanları kullanıldığı için bu firmanın uçuş operasyonlarının %60'a yakınını gerçekleştirdiği Sabiha Gökçen Havalimanı çalışmada pilot havaalanı olarak seçilmiştir ancak hazırlanan sistem ile başka bir havaalanının da kalkış haritaları aynı standartta ve yöntem ile üretilebilir.

1.1 Tezin Amacı

Havayolu işletmelerinin büyüklükleri ve operasyonları ölçeğinde ihtiyaç duydukları uçuş haritaları da farklılık gösterir. Havayolu işletmelerinin uçuş haritasına olan ihtiyaçları büyüklükleri ile doğru orantılı olarak artar. Havacılık bilgisi sağlayıcı firmalar havayolu işletmelerine sundukları uçuş haritalarının ücretlendirmesini genellikle uçak ve istenen havaalanı sayısına göre yapar. Her ülkenin farklı sayfa düzeni ve kartografik kurallarla uçuş haritası üretmesi nedeniyle Jeppesen (Amerika Birleşik Devletleri) ve Lufthansa System (Almanya) firması havayolu işletmesi müşterilerinin ihtiyaç duyduğu tüm hava alanı uçuş haritalarını toplayarak tek bir standartta üretip satmaktalar. İki firmanın olması ve rekabetin zayıf olması ürünlerin yüksek ücretlerle pazarlanmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Eurocontrol'ün kurduğu European AIS Database (EAD) sistemi aracılığıyla sisteme üye ülkelerden temin edilen Aeronautical Information Exchange Model (AIXM) formatındaki verilerin yanı sıra ve üye olmayan ülkelerin basılı havacılık enformasyon yayınlarından faydalanacak yazılım sistemi ile standart sayfa düzeni ve kartografik görselleştirme kuralları ile kalkış haritası üretimini sağlayacak sistemin geliştirilmesini incelemektir.

1.2 Literatür Araştırması

ICAO, dünyada havacılığı tek bir standarda getirmek ve bu standart ile yönetmek için yasalar ve yönergeler geliştirmiştir. Bu yönergelerden Annex 4 ve Annex 15, bir havacılık bilgi sisteminin hazırlanması ve dağıtımı ile ilgilidir. Eurocontrol ve FAA ortak çalışması ile AIXM geliştirilmiştir. Bu veri değişim modeli bir havacılık bilgi sisteminde olması gereken tüm elemanları ve bu elemanlara ait öznitelik bilgilerini tanımlar. Eurocontrol'ün kurduğu EAD sistemine ECAC üyesi ülkeler ve bu sistemi kullanmak isteyen ulusal ajanslar veri sağlayıcı olarak üyedirler. Bu sistem içerisinde veri sağlayıcıların yüklediği havacılık bilgileri AIXM standardına göre internet üzerinden servis edilmektedir. AIXM modeli içerdiği konuma dayalı bilgi nedeniyle ilgili ISO (International Organization for Standardization) ve OGC (Open Geospatial Consortium) standartları ile uçuş prosedürlerinin nasıl kodlanacağını tanımlayan ARINC (Airlines Electronic Engineering Committee) 424 standardından faydalanır. Eurocontrol EAD sistemi üzerinden ayrıca sisteme üye ülkelerin sayısal AIP yayınları da indirilebilir.

Belirli kartografik görselleştirme kuralları ve değişkenler belirlenerek görsel anlamda güçlü bir uçuş haritası üretimi sağlanabilir. Annex 4'te bir uçuş haritası hazırlanırken uyulması gereken kartografik görselleştirme kuralları tavsiye edilmiştir. Üretilen uçuş haritaların yayınlandığı AIP'nin yapısı, içeriği ve yayın periyotları Annex 15'te tavsiye edilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), ya da Mekansal Bilgi Sistemi genel olarak ifade edilmek istenirse coğrafya, haritacılık ve bilgisayar bilimleri ile ilgili bir teknolojidir (URL-1). AIXM ile gelen konuma dayalı nesneler ve öznitelikleri dikkate alınarak kartografik ürün bu amaç için tasarlanmış ve yapılandırılmış bir Coğrafi Bilgi Sistemi aracılığı ile oluşturulabilir. Bu amaçla sektörde AIXM okuyabilen yazılım çözümleri olan Avitech (Almanya), Frequentis (Avusturya), ESRI (Amerika Birleşik Devletleri), IDS (İtalya), Luciad (Belçika) firmalarının genel merkezleri ziyaret edilmiştir. Ziyaretler sırasında firmaların ilgili çözümlerinin özellikleri tartışılmış üstün ve zayıf yanları gereken teknik personel ve donanım ihtiyacı da dikkate alınarak incelenmiştir.

2. SAYISAL HAVACILIK BİLGİSİ

Havacılık bilgisi bir uçuşun gerçekleşmesi için gereken havacılık verilerinin toplamından oluşur. ICAO Annex 15 (2009) havacılık bilgisi paketi içerisinde;

- AIP,
- AIP ilaveleri,
- NOTAM (Notice to Airman) ile PIB (Pre-flight Information Bulletin),
- AIC (Aeronautical Information Circular) ve
- kontrol listeleri ve geçerli NOTAM listesi

bulunmasını tavsiye eder. Bu paket içinde uçuş haritaları AIP başlığı altında toplanır ve yayınlanır.

Havacılık bilgisi yetkili kurum tarafından 28 veya 56 günlük döngülerle güncellenir, bu döngülere AIRAC denir (Çizelge 2.1) (Annex 15, 2009). Her AIRAC döngüsünün bir geçerlilik tarihi vardır, bu tarihten 28 veya 56 gün önce yetkili kurum havacılık bilgisini servis etmek zorundadır.

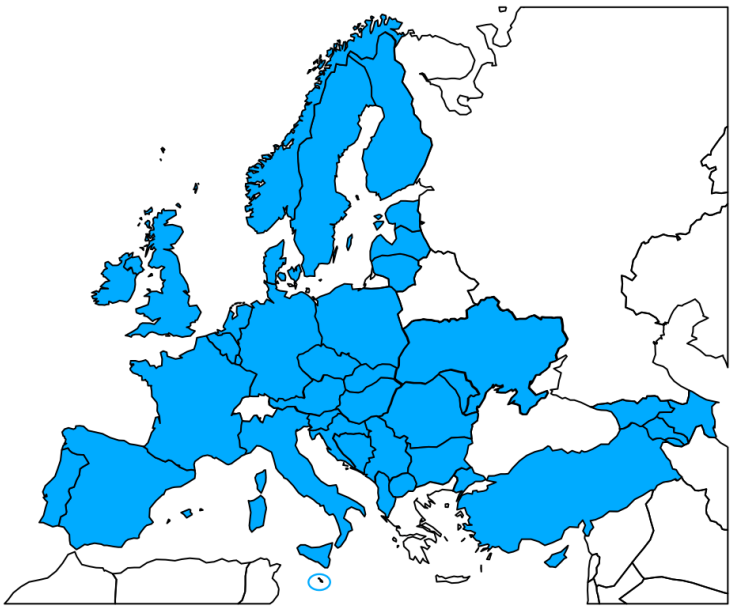
Çizelge 2.1 : 2014 - 2019 yılları AIRAC geçerlilik günleri.

#	2014	2015	2016	2017	2018	2019
01	09-01	08-01	07-01	05-01	04-01	03-01
02	06-02	05-02	04-02	02-02	01-02	31-01
03	06-03	05-03	03-03	02-03	01-03	28-02
04	03-04	02-04	31-03	30-03	29-03	28-03
05	01-05	30-04	28-04	27-04	26-04	25-04
06	29-05	28-05	26-05	25-05	24-05	23-05
07	26-06	25-06	23-06	22-06	21-06	20-06
08	24-07	23-07	21-07	20-07	19-07	18-07
09	21-08	20-08	18-08	17-08	16-08	15-08
10	18-09	17-09	15-09	14-09	13-09	12-09
11	16-10	15-10	13-10	12-10	11-10	10-10
12	13-11	12-11	10-11	09-11	08-11	07-11
13	11-12	10-12	08-12	07-12	06-12	05-12

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte havacılık bilgisinin sayısal ortamda servis edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Amerikan havacılık otoritesi FAA ve Avrupa'nın

havacılık otoritesi Eurocontrol işbirliği ile bu konuda çalışmalar yapılmış ve eAIP ve AIXM gibi önemli standartlar oluşturulmuştur. Bu veri standartları sayesinde saklanması, bakımı ve takibi kolay bir sistem kurulması Eurocontrol ve FAA tarafından hedeflenmiştir.

Eurocontrol sayısal havacılık bilgisinin servis edilebilmesi için Eurpean AIS Database (EAD) adlı bir istemci-sunucu mimarisinde sistem kurmuştur. Bu sistemde veri sağlayıcıları ve veri kullanıcıları olmak üzere iki istemci türü bulunur. Veri sağlayıcı kullanıcılar ülkelerin havacılık bilgisi yayınlamaya yetkili kurumlardır. ECAC üyesi veya Avrupa bölgesi dışında kalan ülkelerde bulunan toplam 41 kurum bu sisteme tam olarak geçmiştir (Şekil 2.1) (Huges, 2012). EAD sisteme üye olan veri kullanıcıları tek bir üyelik ile tüm EAD veri sağlayıcıların yüklediği eAIP ve AIXM verisini alabilir ve bu verileri operasyonlarında kullanabilirler.



Şekil 2.1: EAD veri sağlayıcı ECAC üyesi ülkeler.

EAD sistemine üye olmayan ancak kendi eAIP'sini üreten ve bunu ayrı yollarla servis eden kurumlarda vardır, kullanıcıların bu kurumların eAIP'lerine erişim için her birine ayrı üyelik yaptırmaları gerekmektedir.

2.1 Elektronik AIP

ICAO Annex 15 (2009) tanımına göre Aeronautical Information Publication (AIP), hava navigasyonu için önemli bilgileri içeren yetkili kurum veya devlet tarafından düzenlenen yayındır. Bir AIP; General (GEN), En-Route (ENR) ve Aerodromes

(AD) adlı üç ana başlık ve alt başlıklardan oluşur. General (GEN) başlığı altından AIP yayınını yapan yetkili kuruluş hakkında bilgiler, kullanılan koordinat sistemi, ölçü birimleri, kısaltmalar, haritalarda kullanılan işaretler, dönüşüm tabloları, yetkili diğer ilgili kurumların iletişim bilgileri verilirken AIP'nin ICAO'nun standartlarına göre ne farkları olduğu da yazılır. Bu farklar nedeniyle ülkelerin AIP ile yayınlanan uçuş haritaları tek bir standartta olamamakta ülkeden ülkeye değişebilmektedir. İkinci ana başlık En-Route (ENR) altında ise ülke hava sahası içinde aletli ve görerek uçuşlarda seyrüsefer safhasında kullanılacak düşük irtifa ve yüksek irtifa hava yollarının, hava sahalarının, geçiş noktalarının, radar ve navigasyon yardımcılarının konum ve radyo frekans bilgileri harita ile desteklenerek verilir. Aerodromes (AD) başlığı altında ise yetkili kurum tarafından üretilen uçuş haritaları her havaalanı altında kategorize şekilde aletli uçuşun kalkış, seyrüsefer, yaklaşma ve iniş safhaları için yayınlanır.

Eurocontrol 17 Şubat 2011'de yayınladığı standart ile elektronik AIP'nin (eAIP) bilgisayarlar tarafından okunabilir olması istenmiştir. eAIP, ICAO'nun Annex 15'te belirttiği tüm standartları desteklemesinin yanından Eurocontrol'ün EAD sistemine Kasım 2014'ten bu yana üye ülkeler tarafından yüklenmektedir (URL-2).

2.2 Veri Standartları

Bilgilerin paylaşılması söz konusu olduğunda verinin aktarılırken kullanılacağı standartlar önem kazanmaktadır. Bu nedenle havacılık endüstrisi de veri paylaşım ve saklama standartları geliştirmiştir. Bu bölümde çalışmada incelenen AIXM 4.5 ve ARINC 424 veri standartlarının ilgili kısımları anlatılacaktır.

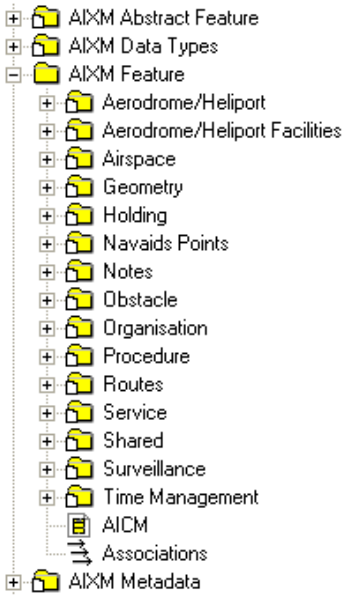
2.2.1 AIXM 4.5

Havacılık bilgi yönetimi gün geçtikçe ürün odaklı olmaktan çıkarak veri odaklı olmaya doğru gitmektedir. Verinin de bilgisayar ağları içinde bulunan bilgisayarlar arasında aktarılabilmesi için standartlara ihtiyaç vardır. Havacılık verisinin aktarımı için AIXM (Aeronautical Information Exchange Model) standardı FAA ve Eurocontrol tarafından belirlenmiştir. AIXM standardı ile havacılık endüstrisinin havacılık verilerini modellenmiştir (Şekil 2.2). Bu sayede havacılık bilgi yönetim sistemleri arasında verinin paylaşımı kolaylaşmış ve standartlaştırılmıştır.

AIXM ile gelen başlıca faydalar;

- Otomasyon sistemlerinin anlayacağı şekilde gerçek dünya konseptinin teorik yapıda tasarlanmış olması,
- Mantıksal ilişkilerin yazılım üretim süresince sunulması,
- Uygulamalar arasında bağımsızlık,
- Havacılık verisinin aynı dili konuşan kişiler tarafından standartlaştırılması,
- Veri tutarlılığının takip edilmesi ile oluşabilecek hataların önüne geçilir,
- AIXM modeli farklı birçok yazılım ve sistemler tarafından tekrar kullanılabileceği için maliyetler düşer (URL-4).

AIXM modeli Unified Modelling Language (UML) kullanılarak tasarlanmıştır. UML ile nesneler ve bunlar arasındaki ilişkiler tanımlanabilir (Alhir, 2003). UML her ne kadar yazılım geliştirme için kullanılsa aynı zamanda iş süreçlerini ve veri tabanı modelleme içinde kullanılmaktadır. AIXM modeli UML ile tasarlandığı için kolaylıkla nesne yönelimli bir yazılım diline dönüştürülebilir.



Şekil 2.2: AIXM veri modeli nesneleri.

Eurocontrol EAD sistemi üzerinden AIXM verisi servis edilmektedir. Her ne kadar AIXM bugün 5.1 sürümüne gelmiş olsa da EAD halen 4.5 sürümünü desteklemektedir. AIXM 5.1 sürümü ile gelen zamanrr modeli, Geography Markup Language (GML) entegrasyonu AIXM 4.5 sürümünde bulunmamaktadır. Bu nedenle 4.5 sürümünde coğrafik veriler nesnelerin enlem, boylam ve yükseklik özniteliklerinde sayısal olarak ifade edilmiştir. Enlem ve boylam değerleri WGS84

(World Geodetic System 1984) koordinat sisteminde derece cinsinden ondalıklı sayı şeklinde tutulmaktadır. WGS84 sistemi U.S. Defence and Mapping Agency (DMA) tarafından geliştirilmiş ve günümüzde hem birçok coğrafi bilgi sistemi yazılımının varsayılan olarak hem de GPS (Global Possitioning System) tarafından kullanılır (Sickle, 2004).

AIXM modeli ICAO Annex 15 baz alınarak tasarlanmıştır bu nedenle bir AIP yayınındaki tüm verileri kapsar (URL-4). AIP'de yer alan uçuş haritalarının ise AIXM içinde temsil edilebilmesi için ARINC 424 standardından faydalanılmıştır.

2.2.2 ARINC 424

ARINC 424 başta A424 komitesi olmak üzere havacılık endüstrisinin önemli oyuncuları tarafından geliştirilmiştir. İlk sürümü Mayıs 1975 yılında çıkmış ve bugün Auğustos 2010 yılında çıkan sürüm ile 19'a ulaşmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte uçaklardaki sistemlerde gelişmiş ve mekanik sistemlerden elektronik sistemlere geçiş olmuştur. Bu elektronik cihazlarla yapılan uçuşlar aletli uçuş rotalarını takip eder. Bu rotaları takip ederek uçuşun güvenli şekilde sağlanması için navigayon yardımcısı yersel ve uydu sistemleri bulunur. Bu sistemlerden gelen veriler uçaktaki elektronik cihazlar tarafından değerlendirilerek uçağın yatay ve düşey konumu belirlenir. Ancak uçaklarda bulunan karmaşık elektronik cihazları hata yapmadan yönetmek zordur, bu yüzden bu cihazları yönetecek bir Uçuş Yönetim Sistemi (UYS) de pilota yardımcı olması için bulunur. UYS'nin görevi elektronik cihazlardan aldığı verileri değerlendirerek uçağın navigasyonunu sağlamaktır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Uçak içinden UYS paneli ve ekran görüntüsü.

Uçağın navigasyonunun UYS ile otomatik sağlanabilmesi hava yolları, geçiş noktaları, terminal prosedür ve navigasyon yardımcılarının verileri UYS'ye uçuş öncesinde yüklenmesi gerekmektedir. Dünyada üç firma uçuş yönetim sistemi bilgisayarı üretmektedir ve bu bilgisayarların tamamı ARINC 424 veri standardını destekler. UYS içine yüklenen sayısal navigasyon verisinin kaynağı yine AIP yayınlarıdır. AIP yayınları içindeki hava alanları, seyrüsefer noktaları, seyrüsefer yolları, navigasyon yardımcılarına ait bilgiler ve uçuş haritaları ARINC424 standartlarında kodlanarak sayısal navigasyon verisi üretilir ve kullanıcılara servis edilir.

ARINC 424 dosyaları sabit 132 sütun genişliğindeki satırı bir hava alanı, seyrüsefer noktası, seyrüsefer yolu, navigasyon yardımcısı veya terminal prosedürü olacak şekilde satırlarla kodlanır. Her sütunun alabileceği değerin; aralığı, biçemi ve birimleri sabittir.

Noktasal seyrüsefer noktalarının, hava alanlarının ve navigasyon yardımcısının kodlanması için temel olarak isimleri, varsa frekansları ve koordinatlarının bilinmesi yeterlidir. Aynı şekilde seyrüsefer yolları iki nokta arasında doğrusal bölümlerden oluştuğu için ARINC 424 şeklinde kodlanması kolaydır. Ancak uçuş haritalarının terminal prosedürü şeklinde kodlanması gerekir ve bunun için özel bir kodlama standardı geliştirilmiştir. Bu standart AIXM içinde de aynı şekilde korunmuş ve kullanılmaktadır. Veri sağlayıcı veya EAD sistemine veri girişi yapan kurumlarda bu konuda yetişmiş özel elemanlar çalışmakta ve AIP içinde yayınlanan uçuş haritalarını ARINC 424'e göre terminal prosedür şeklinde kodlamaktadır.

Terminal prosedürler bir veya daha fazla prosedür bacağından oluşur. İlk bacak başlangıç noktasını temsil eder ve aslında nokta ile temsil edilir. Sonraki bacaklar doğru, yay veya eğri şeklinde temsil edilir (ARINC Specification 424-19, 2008, Attachment 5). ARINC 424'te 23 farklı prosedür bacağı bulunur. Bir prosedür bacağının başlangıç noktası bir önceki bacağın sonu, daha önce tanımlanmış bir nokta veya navigasyon yardımcısı olabilir. Prosedür bacağının bitiş noktası ise daha önce tanımlanmış bir nokta, navigasyon yardımcısı veya diğer bacağın başlangıç noktası olabilir. Her bacak tipinde zorunlu alanlar değişmektedir. Bu alanların doldurulmaması durumunda bacak doğru kodlanmış kabul edilmez. Bir prosedür içinde bacaklar sıra numarası ile sıralanır. UYS bilgisayarı en küçük sıra numarası ile başlayarak prosedür bacaklarını takip eder ve uçuşu gerçekleştirir. Bacaklar

tanımlanırken kullanılan uzunluk birimi deniz mili, açılar derece ve yükseklik birimi fittir.

3. ALETLİ UÇUŞ HARİTALARI

Aletli uçuşlarda pilotun uçuşu takip edebilmesi ve uçuş yönetim sistemi (UYS) bilgisayarını doğru yönlendirebilmesi için uçuş haritalarına ihtiyaç vardır. Bu haritalar uçuşun sırasıyla kalkış, seyrüsefer, yaklaşma ve iniş safhalarında kullanılır. Uçuşa başlamadan önce pilot hangi meydanlar arasında uçuş gerçekleştirecekse o meydanların aletli uçuş haritaları verilir. ICAO Annex 4 (2009) aletli uçuş haritalarını;

- kalkış safhası için 'Standard Departure Chart - Instrument (SID)',
- seyrüsefer safhası için 'En-Route Chart',
- yaklaşma safhası için 'Standard Arrival Chart - Instrument (STAR)',
- iniş safhası için 'Instrument Approach Chart',

şeklinde isimlendirmiştir.

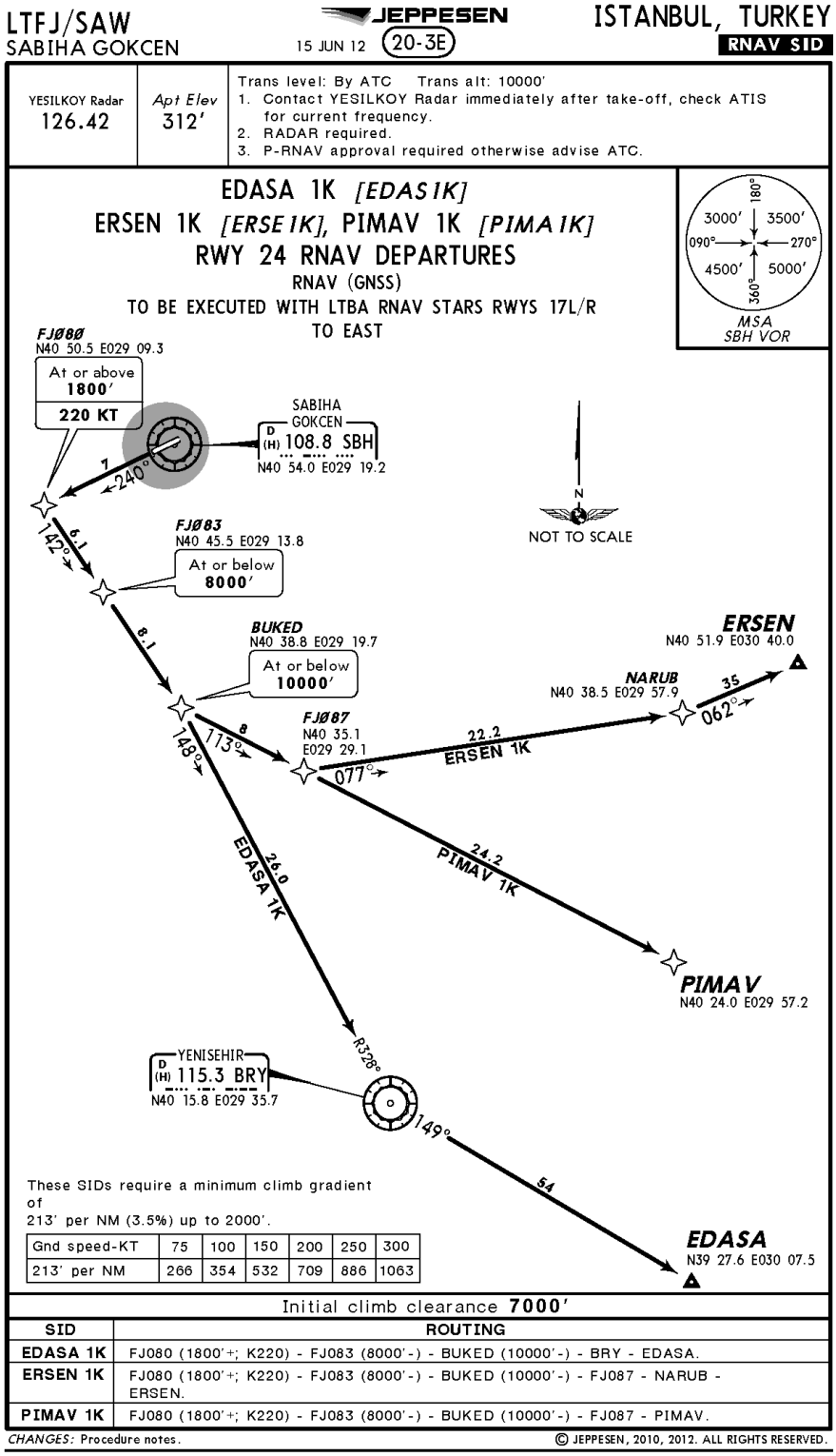
Bir hava alanının pist sayısına, bulunduğu konuma, hava trafiğine bağlı olarak uçuş haritası sayısı değişir. Bu nedenle pilotlar hangi kalkış, yaklaşma ve iniş prosedürünü kullanacaklarını o safhayı gerçekleştirmeden önce hava trafik kontrol merkezinden öğrenirler. Bir aletli uçuş haritası birden fazla uçuş prosedürünü kapsayabilir, pilotlar hangi prosedürü kullanacaklarsa o prosedürü içeren ve görselleştiren uçuş haritasını kullanırlar.

3.1 Kalkış Haritası

Kalkış haritaları uçağın pisten ayrılışından seyrüsefer safhasına geçişine kadar geçen kısımda kullanılır (Lankford, 2002). Bu kısımda çalışmaya konu olan kalkış haritaları ICAO Annex 4 (2009) standartlarına göre incelenecektir.

Harita kalkışın gerçekleşeceği pisti ve kalkış safhasının bittiği son noktayı kapsayacak şekilde ölçekli olarak üretilmelidir. Eğer prosedür bacakları çok uzunsa ve harita alanı dışına taşıyorsa taşan kısımlar "NOT TO SCALE" ibaresi ile harita içinde yeni bir kare alan açılarak ölçeksiz olarak gösterilebilir. Harita üstünde kuzeyi gösteren bir işaret koyulmalıdır. İstenirse manyetik kuzey sapması da gösterilebilir.

Harita ilgili olduğu meydanın konumunu dikkate alarak uygun bir açı koruyan projeksiyonu ile çizilmelidir.



Şekil 3.1: Örnek kalkış haritası.

Harita üstünde ait olduğu hava alanının adı, ICAO kodu, IATA kodu, bulunduğu şehrin ve ülkenin adı belirtilir. Ayrıca hangi tarihte geçerli olacağı ve varsa indeks numarası da yazılır (Şekil 3.1). Yine haritanın üst kısmında bulunan tabloda harita içinde görselleştirilen prosedürlere ait yolların kodlaması, hava kontrol merkezinin yayın yaptığı frekans (ATIS, Automatic Terminal Information Service) ve hava alanının referans nokta yüksekliği (fit) verilir.

Uçuş prosedürüne ait bacakların uzunlukları (deniz mili), manyetik veya gerçek azimut değerleri (derece) ile yazılır. Uçuş prosedürüne etkiyen navigasyon yardımcılarının frekansları, konumları (derece, dakika, saniye), adları (latin ve mors alfabesi birlikte) belirtilir. Diğer noktaların ise adları ve konumları belirtilir.

Haritada istenirse yer yüzünü temsilen eş yükselti eğrileri de gösterilir. Uçuşta dikkat edilmesi gereken yapay ve doğal mânialar da harita da yükseklikleri (fit) ile gösterilir. En yüksek mânia noktası da ayrıca belirtilir.

Harita üstünde 25 deniz mili yarı çaplı alanda MSA (Minimum Sector Altitude) gösterimi yapılır. MSA, 25 deniz mili yarıçaplı merkezi hava alanı referans noktası veya bir navigasyon yardımcısı olan en yüksek mâniadan minimum 300 metre ve daha yükseği temsil eden bölümlere ayrılmış dairedir (Croucher, 2005, p.6-59).

Uçuş esnasında pilotun dikkatine sunulmak istenen notlar da harita üstünde uygun yerlerde gösterilebilir. Son olarak eğer harita üstünde değişiklik yapıldıysa bunların bir not olarak yazılması gerekir.

3.2 Seyrüsefer Haritası

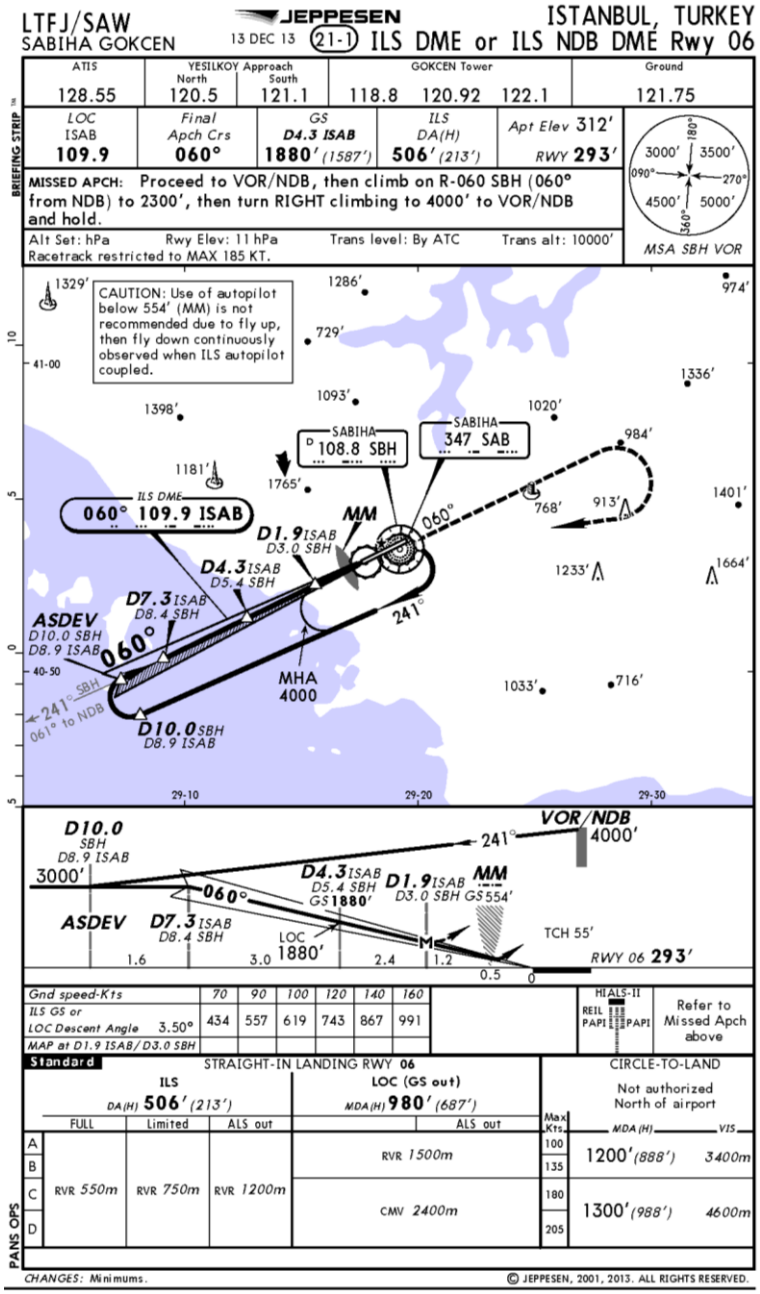
Seyrüsefer safhası uçuşun kalkış safhası tamamlanması ile başlar ve yaklaşma safhasına kadar devam eder. Bu süreçte pilot seyrüsefer haritasını kullanır. Seyrüsefer haritaları düşük ve yüksek profil olmak üzere ikiye ayrılır ve bu ayrım ülkenin belirlediği irtifa aralıklarında kullanılacak haritayı temsilen kullanılır.

3.3 Yaklaşma Haritası

Yaklaşma haritaları uçuşun seyrüsefer safhasının bitiminden başlayarak iniş safhasına kadar olan kısmında kullanılır. Uçağı güvenli bir şekilde piste doğru yönlendirdiği için yaklaşma haritalarının temel amacı pilot ve hava trafik kontrol merkezinin iş yükünü azaltmaktır (Lankford, 2002).

3.4 İniş Haritası

Uçuşun yaklaşma safhasından piste inişini tamamlamasına kadar olan kısımda kullanılır. İniş haritaları diğer uçuş haritalarından farklı olarak sadece tek bir prosedür gösterir ve prosedür güzergahının düşey profil çizimi de haritanın altında gösterilir (Şekil 3.2).

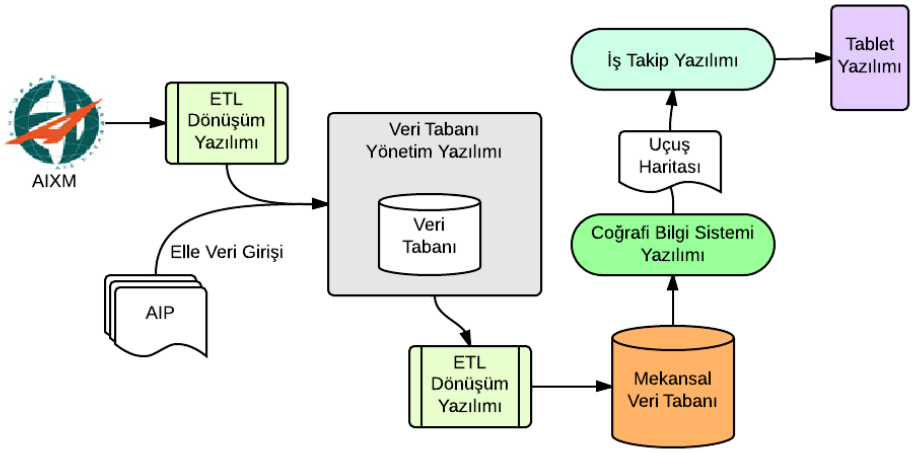


Şekil 3.2: Örnek iniş haritası.

4. SİSTEM TASARIMI

4.1 Havacılık Verisi Yönetim Sistemi Tasarımı

Günümüzde havacılık yönetim sistemleri ürün merkezli olmaktan çıkıp veri merkezli olmaya doğru gitmektedir. Bu nedenle Eurocontrol AIXM veri standardını geliştirilmiş ve bu standarda uygun veri depolayıp servis eden EAD sistemini kurmuştur. Bu çalışmada veriler öncelikli olarak EAD sisteminden AIXM formatında alınacak şekilde düşünülmüştür. AIXM verisinde eksik olan veya düzeltilmesi gereken bilgiler ilgili eAIP'den bakılarak tamamlanacaktır. Toplanan verilerin depolanması için bir veri tabanı tasarımı yapılmıştır. Bununla birlikte toplanan verilerin yönetimi için veri tabanı yönetim yazılımı da geliştirilmiştir. EAD sisteminden gelen AIXM verilerinin veri tabanına yüklenmesi ve veri tabanından coğrafi bilgi sistemi yazılımına ait mekânsal veri tabanına aktarımı için Safe firmasına ait FME adlı bir Extract, Transform, Load (ETL) yazılımı ile dönüşüm süreçleri tasarlanmıştır. CBS yazılımının kalkış haritası üretebilmesi için kartografik kurallar tanımlanmış ve üretim yapılarak örnek haritalar üretilmiştir. Tüm bu süreçlerin iş takibi ve haritaların yayını için süreç takip yazılımı geliştirilmiştir. Son olarak yayınlanan haritaların kullanıcıya ulaştırılması için tablet cihazlarda çalışan yazılım geliştirilmiştir. Böylece sistem tasarımı verinin alınması ve ürüne dönüşmesi sürecinde ihtiyaç duyulan tüm bileşenler ile hazırlanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Sistem içerisinde verinin dolaşımı.

4.2 Havacılık Veri Tabanı Tasarımı

Veri tabanı tasarımı bir kalkış, seyrüsefer, yaklaşma ve iniş uçuş haritası için gereken;

- ülke ve organizasyonlar,
- hava alanı,
- pist,
- navigasyon yardımcıları,
- terminal prosedürleri,
- bekleme noktaları,
- MSA (Minimum Sector Altitude),
- geçiş noktaları ve
- seyrüsefer hava yolu parçaları

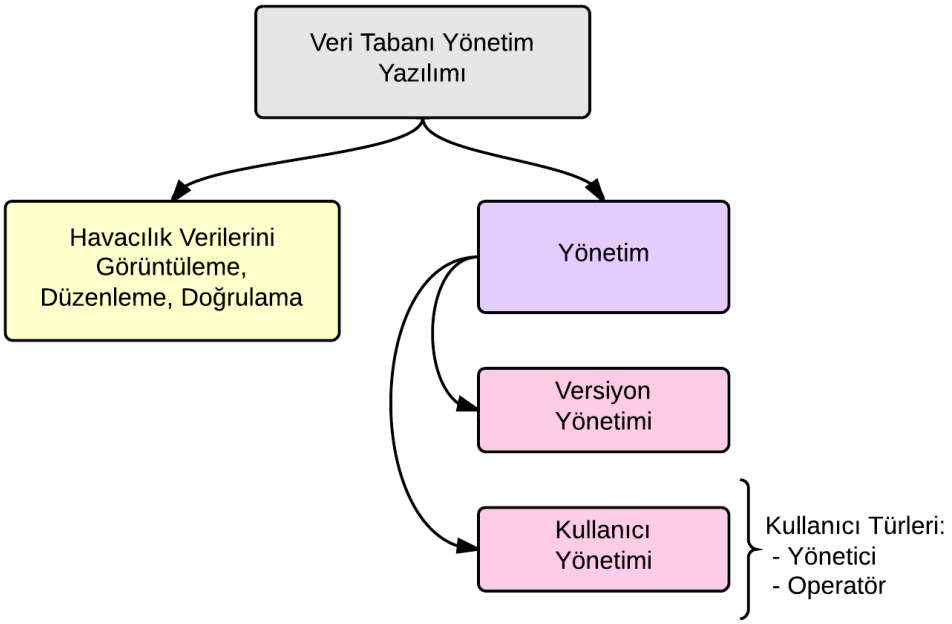
veri tabanı varlıkları ve ilişkiler AIXM 4.5'in XML şemasına göre yapılmıştır (AIXM 4.5 XML Schema).

Veri tabanı sunucusu için yazılım seçilirken piyasada bulunan PostgreSQL, MS SQL ve Oracle yazılımları incelenmiştir. Veri tabanı sunucusu seçimi yapılırken veri tabanı sunucusunun sektörde kendini ispatlamış olmasına, kullanılacak programlama dilleri ile uyumuna, zamansal veri tutabilmesine, birden fazla veri versiyonunun aynı anda çalışabilmesine dikkat edilmiştir. Bu kriterler göze alındığında havacılık bilgisi için önemli olan zamansal veri tutma ve birden çok veri versiyonu ile çalışabilen tek veri tabanı sunucusunun Oracle yazılımı olduğu görülmüştür. Oracle yazılımının Workspace Manager eklentisi, zamansal veri tutma ve birden fazla veri versiyonu ile çalışabilmeyi olanaklı kılmaktadır (Oracle Database 12c: Workspace Manager).

4.3 Yazılımların Geliştirilmesi

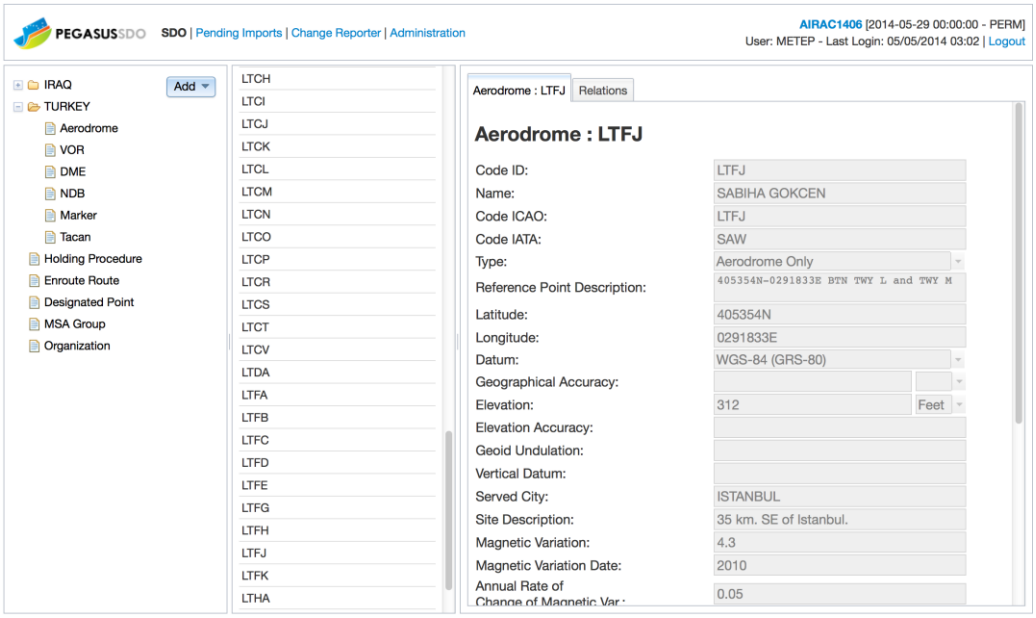
4.3.1 Havacılık Veri Tabanı Yönetim Yazılımının Geliştirilmesi

Havacılık veri tabanı yönetim yazılımı toplanan verilerin görüntülenmesi, düzenlemesi ve doğrulanması amacıyla çok kullanıcılı ve veri versiyonlandırma desteği ile tasarlanmıştır (Şekil 4.2).



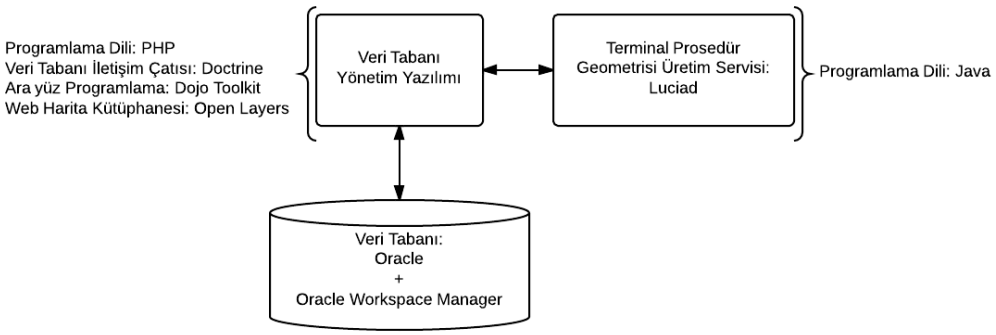
Şekil 4.2: Veri tabanı yönetim yazılımının bölümleri.

Havacılık veri tabanı yönetim yazılımı için web programlama dillerinden PHP (Hypertext Preprocessor) dili kullanılmıştır. Günümüzde her web programlama dilinin yetenekleri birbirine çok yakındır, PHP programlama dilinin seçilme nedeni bu dildeki deneyimin diğer web programlama dillerine göre daha fazla olmasıdır. Platformun web tabanlı seçilme nedeni ise yazılımın bakım maliyetlerini düşük tutmak ve kolay erişilebilir olmasını sağlamaktır. Böylece kullanıcılar sadece internet tarayıcılarını kullanarak herhangi bir kurulum yapmadan erişim sağlayabilir. Yazılımın geliştirilmesinde açık kaynak kodlu programlama kütüphanelerinden faydalanılmıştır. Yazılımın programlanması sırasında ileride yeni özelliklerin kolayca eklenebilmesi için Model-View-Controller (MVC) yazılım mimarisine uygun olan CodeIgniter programlama çatısı ile programlanmıştır. CodeIgniter çatısı PHP ile kodlanmış hazır bulunan metotlarla hızlı ve kolay yazılım geliştirmenizi sağlar (Upton, 2007). CodeIgniter çatısının Oracle veri tabanı sunucusuna olan desteği zayıf olduğu için CodeIgniter programlama çatısına Doctrine programlama çatısı gömülerek uygun hale getirilmiştir. Doctrine, SQL (Structured Query Language) yazmadan veri tabanı işlemleri yapılmasına olanak veren güçlü bir programlama çatısıdır (Dunglas, 2013). Kullanıcı ara yüzünün programlanması için Dojo Toolkit kütüphanesi kullanılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Veri tabanı yönetim yazılımının ekran görüntüsü.

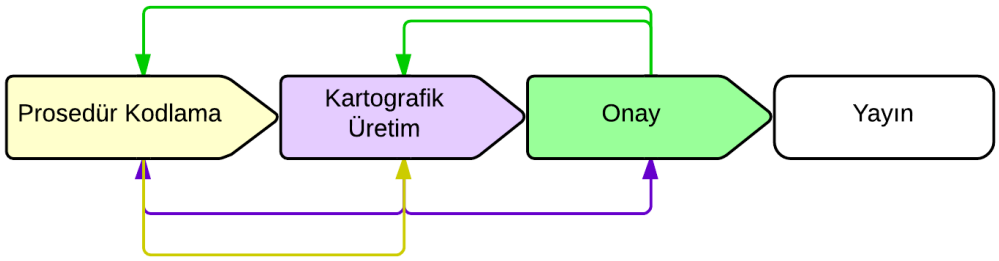
Dojo Toolkit, ara yüz programlamada içerisindeki hazır bileşenler ve birçok internet tarayıcısı desteğiyle hem programlama da hem de kullanıcı deneyiminde avantaj sağlamaktadır (Harmon, 2008). Mekansal verilerin harita altığı üstünde görselleştirilmesinde OpenLayers kütüphanesi kullanılmıştır. OpenLayers kütüphanesi ile çok katmanlı, interaktif, farklı veri formatlarını destekleyen ve birçok OGC standardını destekleyen web harita uygulaması geliştirilebilir (Perez, 2012). Geliştirilen yazılım ayrıca Luciad (Belçika) firmasının geliştirdiği açık kaynak kodlu olmayan havacılık bilgi sistemi programlama kütüphanesinden faydalanmıştır (Şekil 4.4). Bu kütüphane ile ARINC 424 standardına uygun olarak kodlanan terminal prosedürlerinin otomatik olarak geometrisinin üretimi sağlanmıştır. Kütüphanenin Java programlama dili tabanlı olması nedeniyle etkileşim web servisi olarak sunulması yolu ile sağlanmıştır.



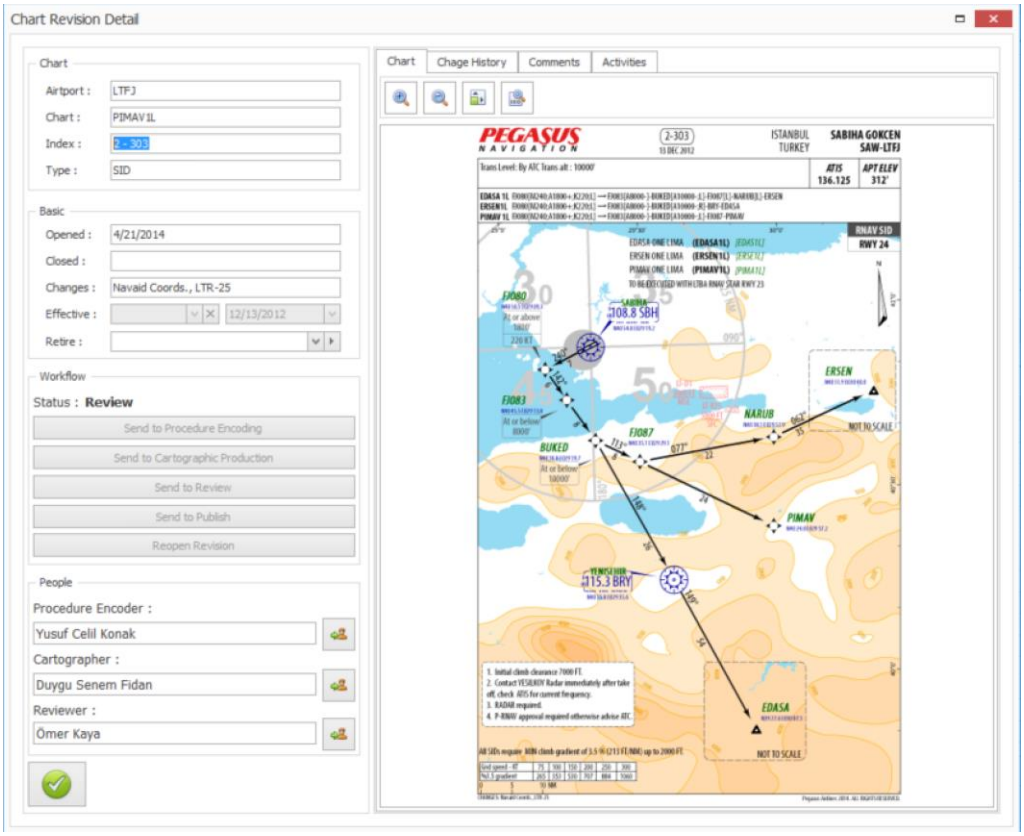
Şekil 4.4: Veri tabanı yönetim yazılımında kullanılan diller ve etkileşimler.

4.3.2 İş Takip ve Süreç Yönetim Yazılımının Geliştirilmesi

Uçuş haritası üretim süreci üç aşamadan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Bu süreçlerin adı sırasıyla; prosedür kodlama, kartografik üretim ve onay (Şekil 4.5). Masaüstü yazılımı olarak C# programlama dili ile geliştirilen yazılım çok kullanıcılı bir yapıya sahiptir. Her kullanıcı yönetici tarafından role atandığı role göre sürece katılır. Örneğin kontrolör sadece onay sürecinde yetkili olarak atanabilir. Bir harita üretim işi oluşturulurken bu üç süreçte hangi kullanıcının sorumlu atanacağı seçilir. Bir harita üretim işi oluşturulduktan sonra prosedür kodlama adımı ile süreç başlar ve sorumlu kullanıcının görevini tamamlaması beklenir. Sorumlu kullanıcı görevini tamamlayarak bir sonraki kullanıcının görevi yapması için süreci ilerletir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5: İş takip süreçleri.



Şekil 4.6: İş takip yazılımının ekran görüntüsü.

4.3.3 Mobil Yazılımın Geliştirilmesi

Üretilen uçuş haritalarının kullanıcılara ulaştırılması için mobil yazılım geliştirilmiştir. Mobil yazılım geliştirilirken Apple (Amerika Birleşik Devletleri) firmasının iOS platformu seçilmiştir. iOS platformu yine aynı firmanın ürettiği iPad adlı tablet bilgisayarlarının işletim sistemidir. Bu platformun seçilmesinin en temel nedeni iPad cihazlarının kokpit için kullanım sertifikalarının olması ve havacılık sektöründe çalışanlar tarafından tercih edilmesidir. Bu sayede yazılımın testi ve ürünlerin incelenmesi daha fazla kullanıcı ile yapılabilmiştir. Sadece iş takip yazılımı tarafından yayınlanan ve geçerlilik tarihindeki uçuş haritaları mobil yazılım ile görüntülenebilir (Şekil 4.7). Yazılımın gece kullanımı için uçuş haritasının gece görünümünde gözleri daha az yoracak şekilde de görüntülenmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.7: Mobil yazılımın ekran görüntüsü.

4.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Entegrasyonun Geliştirilmesi

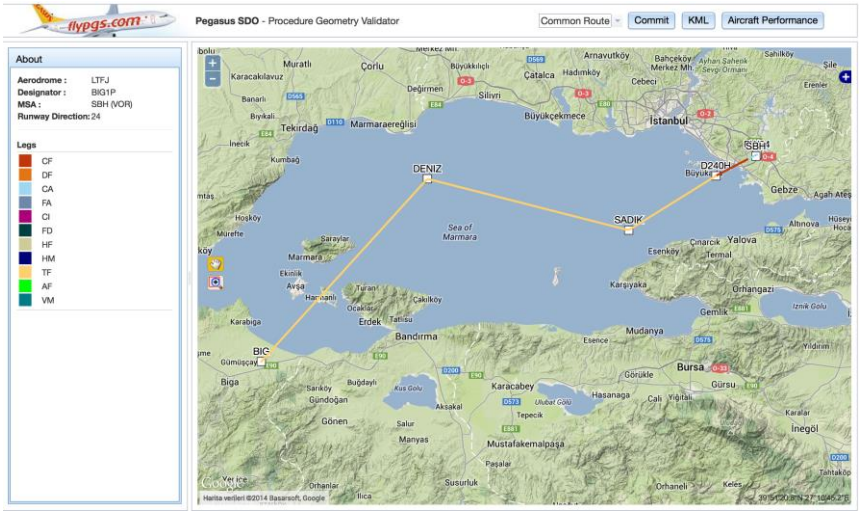
Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı uçuş haritaları üretiminde, veri aktarımı, sayfa şablonu tasarımı ve kartografik görselleştirme de kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin basit bir tanımı yoktur, yatay bir teknoloji olduğu için bir çok endüstri ve entelektüel düzlem ile çakışır (Tomlinson, 2007). CBS yazılımı olarak ESRI (Environmental Systems Research Institute, Amerika Birleşik Devletleri) firmasının havacılık uçuş haritalarının üretimi için geliştirdiği ürün olan ArcGIS for Aviation seçilmiştir. Yazılım AIXM 4.5 şemasına uygun veri tabanı desteği vermektedir böylece bu yazılım ile EAD'den alınacak AIXM verisi ile çalışmak kolaydır (Brunk ve Porosnicu, 2005). Bu yazılım ile kalkış haritalarının üretimi için gereken kartografik görselleştirme ihtiyacına göre bu konuda özelleşmiş araçlar kullanılarak görselleştirme kuralları tanımlanmıştır. Yazılımın kuralları tanımlarken sadece Visual Basic Scripting Edition (VBScript) dilini desteklemesi nedeniyle tüm kurallar bu dille yazılmıştır. Yazılım aynı zamanda gelişmiş sayfa şablonu tasarımı araçlarına sahiptir. Bu sayede çıktı oluşturacak harita ürününün sayfa tasarımı yapılmıştır. Tüm tasarım ve kuralların yazımı aşamasında çalışmaya destek veren Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.'nin pilotları ile görüş alış verişi yapılmıştır. Sayfa tasarımları üretilecek ürünlerin sadece bilgisayar ekranlarında görüntüleneceği için baskıya uygun hazırlanmamıştır. Bu nedenle sayfa boyutu ve kenar boşlukları standarda uygun değildir. Çıktılar Portable Network Graphics (PNG) dosya formatında kaydedilerek iş takip yazılımına yüklenir ve onaya gönderilir.

CBS yazılımı kendi veri tabanı şemasını ve sistemini kullanmaktadır. Bu nedenle veritabanı yönetim yazılımı ile ilişkisi ESRI ve Safe Software firmasının birlikte geliştirdiği ArcGIS Data Interoperability adlı ETL yazılımı ile kurulmuştur. Bu ETL yazılımı ile aynı zamanda Eurocontrol'den indirilen AIXM dosyalarının veri tabanına aktarımı da yapılmaktadır.

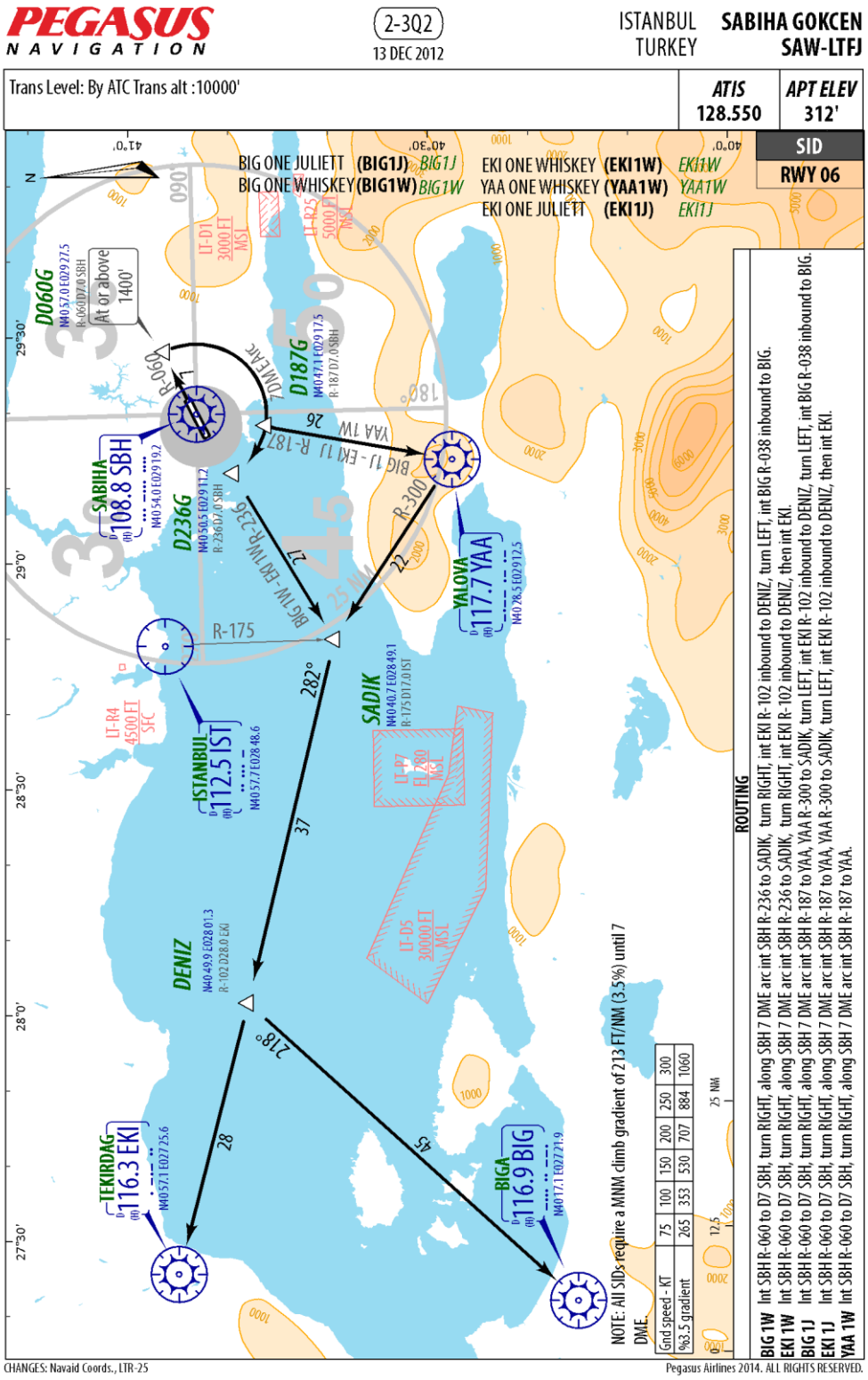
5. UYGULAMA: KALKIŞ HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

Eurocontrol'ün EAD sisteminden indirilen AIXM dosyaları ETL yazılımı kullanarak veri tabanına aktarılmıştır. Aktarım sonrası pilot hava alanı olarak seçilen Sabiha Gökçen Havalimanı'na ait kalkış prosedürlerinin ARINC 424 standardına uygun kodlamalarının eksik olduğu görülmüştür. Kalkış prosedürleri veri tabanı yönetim yazılımı kullanılarak kodlanmış ve geometrileri otomatik üretilmiştir (Şekil 5.1). Harita altlığı olarak kullanılmak üzere National Aeronautics and Space Administration (NASA) internet sitesinden Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) türündeki uydu verileri indirilerek her 1000 fit için eşyükselti eğrileri CBS yazılımına ait araç ile otomatik olarak çizilmiştir.

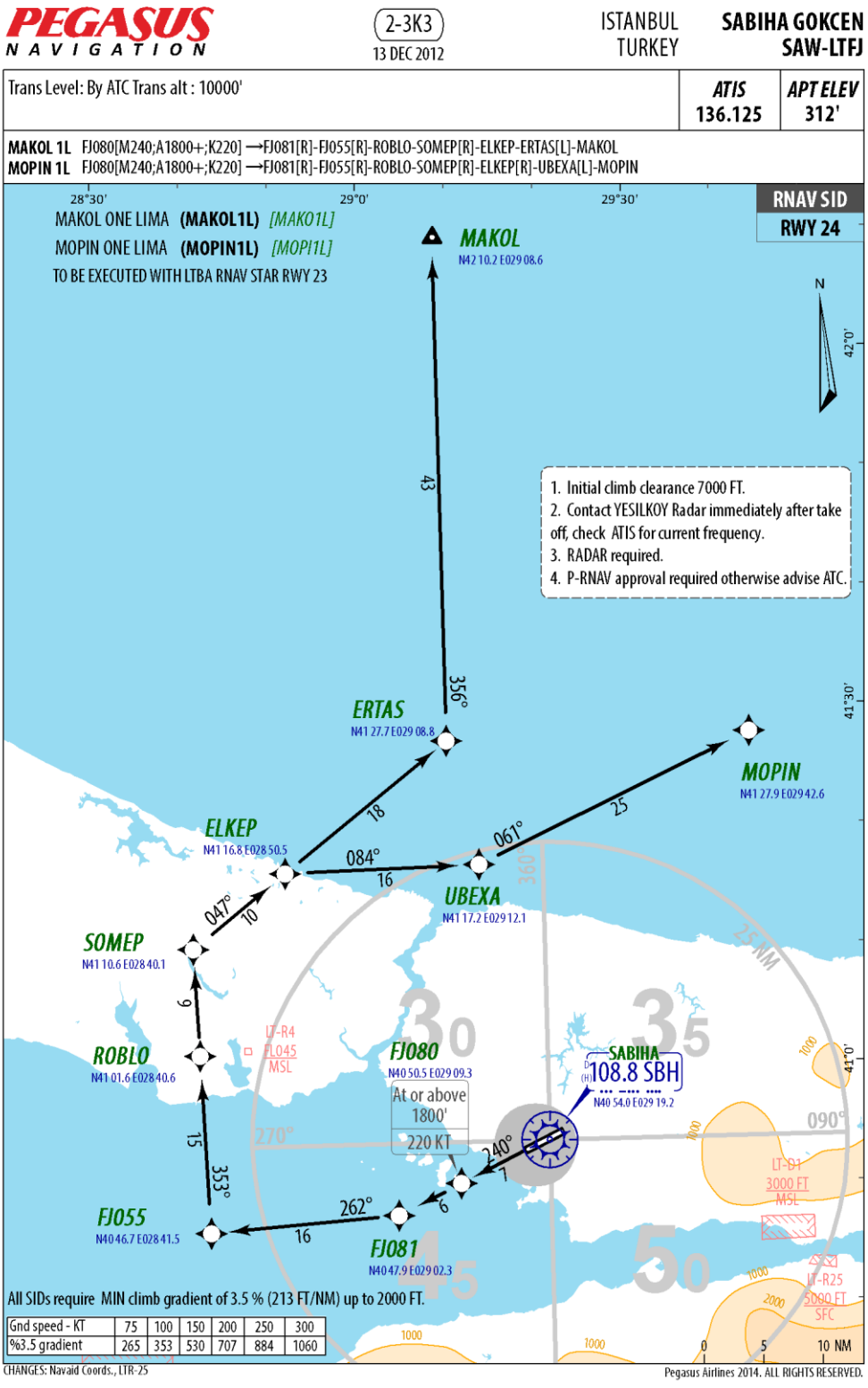
Tüm veri üretimi tamamlandıktan sonra veriler yine ETL yazılımı kullanılarak coğrafi bilgi sistemlerine aktarılmıştır. CBS yazılımında daha önce tanımlanan kurallar sayesinde terminal prosedürüne ait nesnelerin sembolleri ve etiketleri otomatik üretilmiştir. Haritalar için Annex 4'te belirtildiği gibi tüm uçuş prosedürüni kapsayacak şekilde ölçek ve Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyon sistemi seçilmiştir. Sayfa şablonuna tüm nesneler gösterilecek şekilde haritalar yerleştirilmiş ve üst ve alt bilgiler verilmiştir (Şekil 5.2-4). Onay aşamasında AIP'nin ilgili sayfaları ile karşılaştırma yapılarak bilgilerin doğruluğu kontrol edilmiştir. Onay aşamasından geçen haritaların mobil yazılım ile görüntülenmesi sağlanmıştır.



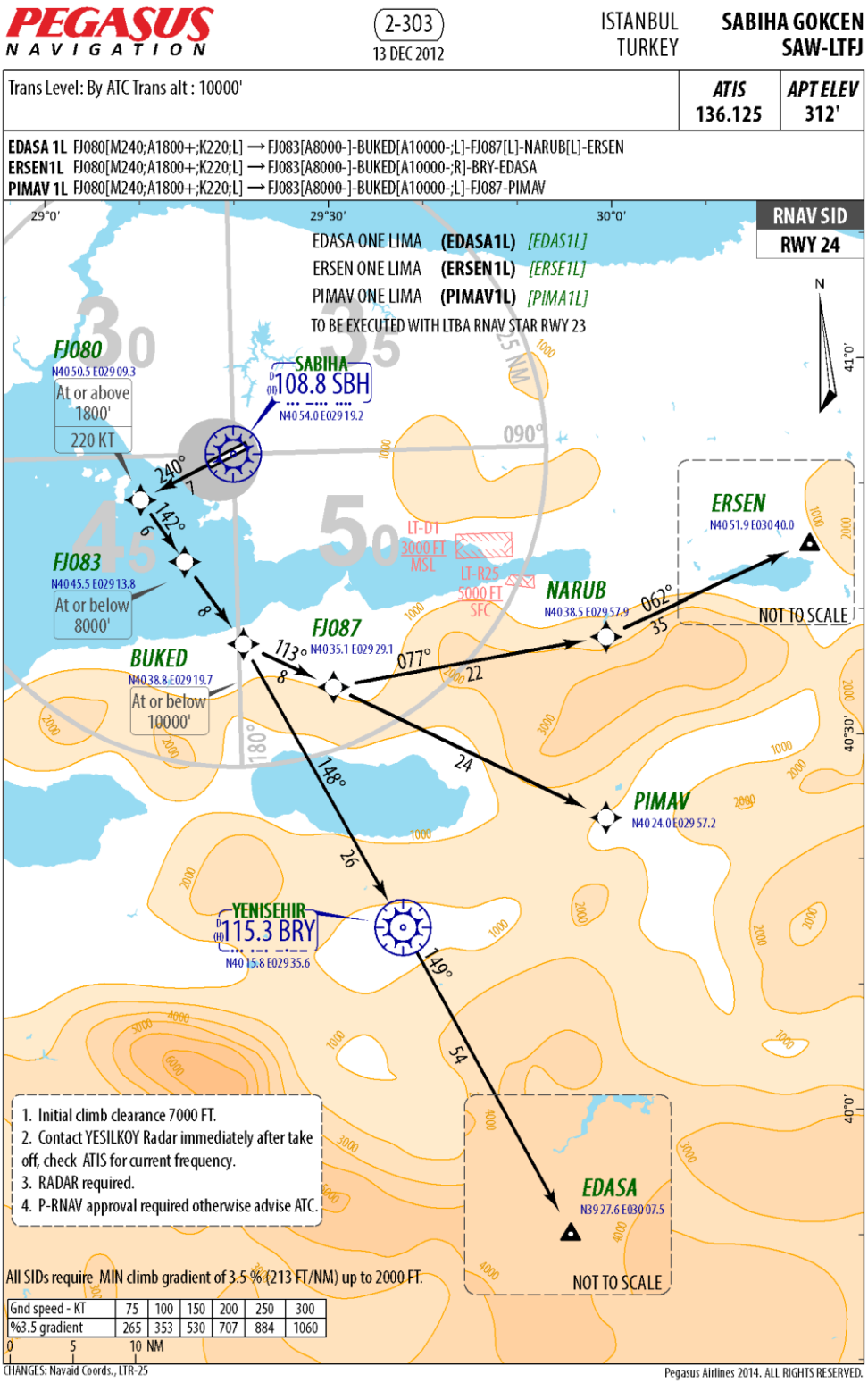
Şekil 5.1: Terminal prosedürünün geometrisi otomatik üretiliyor.



Şekil 5.2: Üretilen örnek kalkış haritası - 1.



Şekil 5.3: Üretilen örnek kalkış haritası - 2.



Şekil 5.4: Üretilen örnek kalkış haritası - 3.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında donanım ve yazılım bileşenlerinin tasarımları tamamlanarak geliştirme ve uygulama aşamalarına ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada kullanılan Oracle veri tabanın için tercih nedeni olan Workspace Manager eklentisi yazılım tasarlanırken bir alternatifi olmadığı için seçilmiştir ancak çalışma devam ederken Boundless firması GeoGit adlı bir sistemi geliştirip sunmuştur. Bu sistem PostgreSQL desteği ile çoklu veri versiyonlarıyla çalışmaya olanak sağlamaktadır (URL-6). Çalışmada havacılık veri tabanı tasarımı için AIXM 4.5 şeması temel alınmıştır, bugün AIXM'in en son versiyonu 5.1'dir. Bu yeni versiyon GML standardı ile mekânsal verileri taşımaktadır (Alameh, 2012). Ancak EAD sistemi bu şemayı henüz desteklememektedir, desteklemesi durumunda mekânsal verilerin taşınması da daha kolay olacaktır. Çalışma konusuna benzer çalışmalar dünya üzerinde, özellikle havacılık sektörü gelişmiş ve teknolojide ileri olan ABD ve Almanya gibi iki ülkede mevcuttur. Ülkemizde bu konuda henüz herhangi bir çalışma yapılmamıştır ve böylesi bir teknoloji de geliştirilmemiştir. Bu nedenle, çalışma konusu ülkemiz için yenidir. Çalışma kapsamındaki en önemli unsurlar, ulusal ve uluslararası standartlarda üretilen ve değişik kaynaklardan gelen havacılık bilgilerinin etkin yönetiminin, güncelliğinin ve güvenirliğinin sağlanması ve pilotların kolaylıkla kullanabileceği uçuş haritalarının üretilmesi ve geliştirilmesidir. Çalışma ile ülkemizde var olmayan ve özellikle yüksek uçuş güvenliği sağlayan uçuş haritalarının üretilmesini sağlayan bir donanım ve yazılım sisteminin geliştirilmesi incelenmiştir. Bu sistem ile sunulacak hizmet, halihazırda yurt dışından çok yüksek maliyetlerle satın alınmaktadır.

Geliştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı sistemin belirlenen optimal ölçeklerde ve bire bir ölçekte minimum insan etkisiyle güncel sayısal uçuş haritası üretmesi, saklaması, arşivlemesi ve interaktif olarak online servis etmesinin sağlaması incelenmiştir. Çalışmaya ortak olan akademisyen ve yüksek lisans öğrencisi, çalışmalarının ürüne ve uygulamaya dönüşmesini arzu etmektedir. Çalışma süresince Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş. firması ile iş birliği yapılmış uygulamaların ticari bir araca dönüşmesi ve ekonomik getiri sağlaması yönünde planlar yapılmaktadır.

Taraflar, proje bittikten sonra da gerektiğinde düzeltmeler ve geliştirmeler yapmak ve uygulamaların ticarileştirilmesi yönünde birlikte çalışmak üzere işbirliği yapmıştır. Çalışma geri kalan uçuş haritaları için de başarı ile sonuçlandığı taktirde, çalışma sonucu geliştirilecek ürün doğrudan kullanılabilecek ve ticarileşebilecektir.

Çalışma çıktısı ürünler daha önce yabancı şirketlerden satın alındığı için, geliştirilecek ürün ithal ikamesi olacak ve katma değeri yüksek olacaktır Çalışma çıktısının yaygın kullanım alanı, uçuş operasyonlarının gerçekleştirilmesi ve uçuş planlaması olacaktır. Hammaddesi sadece bilgi ve insan emeğine dayalı olan çalışmada ürünler oldukça uygun maliyetlerle hazırlanıp kullanıcılara sunulması planlamaktadır. Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı da, bu konudaki ihtiyaçlarını yukarıda sözü edilen yabancı firmalardan temin etmektedirler. Bu nedenle çalışmadan elde edilecek ürün ve bilginin ve milli savunma açısından da önemi büyüktür. Bu hizmete ihtiyaç duyan sivil havacılık şirketleri yılda yaklaşık 13 milyon ABD doları ödeyerek, hizmeti ithal etmektedirler. Bu hizmetler için yapılacak harcamaların artık yurtiçinde yapılarak ülke içinde kalması öngörülmektedir. Bu çalışma ile havacılıkta kullanılan ve Türkiye'de bulunmayan teknolojilerden biri ülkemize kazandırılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Alameh, N. (2012). OGC Plays Key Role in Next-Generation Aviation Information Systems. *GEOWorld, Vol. 25 Issue 12*, 30

Alhir, S. S. (2003). Learning UML, *O'Reilly*.

Annex 4 (2009). Aeronautical Charts, *International Civil Aviation Organization*.

Annex 15 (2010). Aeronautical Information Services, *International Civil Aviation Organization*.

ARINC Specification 424-19 (2008). Navigation System Data Base, *Aeronautical Radio, Inc*.

Brunk, B. K. ve Porosnicu, E. (2005). Aeronautical Information Exchange Model (AIXM) GIS interoperability through GML, *25th Annual Esri International User Conference*, San Diego, California, USA, 25-29 Temmuz.

Croucher, P. (2005). JAR Professional Pilot Studies, *Electrocution Technical Publishers.*

Dunglas, K. (2013). Persistence in PHP with the Doctrine ORM, *Packt Publishing.*

Harmon, J. E. (2008). Dojo: Using the Dojo JavaScript Library to Build Ajax Applications, *Addison-Wesley Professional.*

Hughes, D. (2012). EAD Overview, AIXM 5.1 Seminar, Brüksel, Belçika, 4-5 Aralık.

Lankford, T. T. (2002). Using Aeronautical Charts, *McGraw-Hill*.

Perez, A. S. (2012). OpenLayers Cookbook, *Packt Publishing*.

Sickle, J. V. (2004). Basic GIS coordinates, *CRC Press*.

Tomlinson, R. (2007). Thinking About GIS (2. sürüm), *ESRI Press.*

Upton, D. (2007). CodeIgniter for Rapid PHP Application Development, *Packt Publishing.*

AIXM 4.5 XML Schema. (t.y.). *Eurocontrol.* Alındığı tarih: 04.05.2014, adres: https://db.tt/217ch8jv

Oracle Database 12c: Workspace Manager. (t.y.). *Oracle.* Alındığı tarih: 04.05.2014, adres: http://download.oracle.com/otndocs/products/workspace_manager/pdf/workspace_manager_12c_twp.pdf

Url-1 <*http://www.geo.itu.edu.tr/mekansalbilisim/*>, alındığı tarih: 25.07.2013.

Url-2 <*https://www.eurocontrol.int/articles/electronic-aeronautical-information-publication-phase-2-p-11/*>, alındığı tarih: 03.05.2014.

Url-3 <*http://www.eurocontrol.int/ead/*>, alındığı tarih: 03.05.2014.

Url-4 < *http://www.aixm.aero/public/standard_page/introduction_benefits.html*>, alındığı tarih: 03.05.2014.

Url-5 < *http://www.aixm.aero/public/standard_page/introduction_benefits.html*>, alındığı tarih: 03.05.2014.

Url-6 < *http://geogit.org/>, alındığı tarih: 04.05.2014*



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: **Mete Ercan Pakdil**

Doğum Yeri ve Tarihi: **Van, 22/04/1987**

Adres: **İstnbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği, Maslak / İstanbul**

E-Posta: **pakdilme@itu.edu.tr**

Lisans: **Geomatik Mühendisliği**

Yüksek Lisans:

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR