



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU PROJELERİNİN TASARIMINDA HARİTA
ÜRETİM TEKNİKLERİNİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI
SİSTEMATİĞİNDE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aytuğ Görkem KALAK
175109005

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK
İkinci Danışmanı: Doç. Dr. Eray CAN

OCAK 2020



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU PROJELERİNİN TASARIMINDA HARİTA
ÜRETİM TEKNİKLERİNİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI
SİSTEMATIĞİNDE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aytuğ Görkem KALAK
175109005

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı


Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK
İkinci Danışmanı: Doç. Dr. Eray CAN

OCAK 2020

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 175109005 numaralı Yüksek Lisans **Aytuğ Görkem KALAK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "**KARAYOLU PROJELERİNİN TASARIMINDA HARİTA ÜRETİM TEKNİKLERİNİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI SİSTEMATİĞİNDE İNCELENMESİ**" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde sunmuş ve oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

İmza / Kanaati
(Kabul/Red)

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK**
Yalova Üniversitesi

 / kabul


İkinci Danışmanı : **Doç. Dr. Eray CAN**
Yalova Üniversitesi

 / kabul

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Fuat KOSANOĞLU**
Yalova Üniversitesi

 / kabul

Dr. Öğr. Üyesi Eyüp ÇALIK
Yalova Üniversitesi

 / kabul

Doç. Dr. Şeref Doğuşcan AKBAS
Bursa Teknik Üniversitesi

 / kabul

Teslim Tarihi : 18 Aralık, 2019
Savunma Tarihi : 09 Ocak 2020

ÖNSÖZ

Ülkemizde ve dünyada artan rekabet faktörü, özellikle lojistik, turizm, ticaret, eğitim, sanayi vb. gibi bir çok sektörü de yakından etkilemektedir. Kitlesele iletişim araçların gelişmesi ve yaygınlaşması, bilgisayar teknolojilerinin ve uydu teknolojilerinin gelişmesi, global ticaret ağının yaygınlaşması, günümüzdeki toplumların yaşam tarzlarının farklılaşması, rekabet faktörünüde önemli ölçüde etkilemektedir. Bir çok insan iş yerine, okula, seyahata, hastaneye vb. yerlere gidebilmek için ulaşım modlarından herhangi birini kullanmak durumundadır. Halihazırda kullanılmakta olan, karayolu, denizyolu ve demiryolu taşımacılığı bu ulaşım modlarını oluşturmaktadır. En yaygın olarak kullanılan karayolu taşımacılığı bu ulaşım modları arasında en çok talep gören ve aynı zamanda projelendirme aşamasında en büyük hassasiyetin gösterilmesi gereken ulaşım modu konumundadır. Dolayısıyla bu kadar talep gören ve bir çok sektöre hizmet veren karayolu taşımacılığı, yol güvenliğinin ve sürüş konforunun maksimum düzeyde olacak şekilde tasarlanması da çok önemli olmaktadır. Bu karayolu tasarımı için üretilen haritaların ve bu haritalarında yapım yöntemleri bu anlamda önem taşımaktadır. Bu harita yapım yöntemlerinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemler içinde günümüzde kullanılan ve gelecekte de gelişimini sürdürecektir olan Uzaktan Algılama yöntemi esas alınarak literatürde Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) olarak bilinen ve bir kalite geliştirme metodolojisi olan bu yöntemle analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda, Yüksek lisansına başladığım ilk günden itibaren bana çok değerli vakitlerini ayıran, her konuda yardımını esirgemeyen ve tecrübeleriyle ışık tutan baş danışmanım saygıdeğer Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK'a, yine tezimin başlangıcından, son aşamasına gelene kadar bana yol göstererek değerli vakitlerini ayıran, bana destek ve yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli eş danışmanım Doç. Dr. Eray CAN'a, her zaman desteğini yanımda hissettiğim güzel anneme ve bütün aileme, eğitim hayatım için maddi manevi bütün desteğini veren babacığımın aziz hatıralarına ve can yoldaşım Çiğdem Erol'a, ayrıca araştırmamız için bizlere destek olan konunun uzmanlarına ve akademisyenlere teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2019

Aytuğ Görkem KALAK
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
	No
ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxi
1.GİRİŞ	1
2.BİR KARAYOLU PROJESİNİN TASARIM AŞAMALARI.....	5
2.1 İstikşaf (Ön Araştırma).....	5
2.2 İstikşaf Raporu ve Hazırlanması.....	7
2.3 Yol Etütleri	8
2.4 Güzergah Geçkisi Araştırması.....	9
2.5 Karayolu Tasarımında Sıfır Poligonu	10
2.6 Bir Karayolu Projesinin Tasarımında Proje Standartları.....	12
2.7 Karayolu Projelerinin Geometrik Unsurları	14
2.7.1 Yatay Konum Geometrisi.....	14
2.7.1.1 Yatay kurp.....	16
2.8 Dever Tasarımı ve Rakordman Boyu.....	17
2.9 Düşey Konum Geometrisi	19
2.10 Düşey Kurp.....	19
2.11 Yatay ve Düşey Eksen Uyumu	20
2.12 Kırmızı Hat ve Kırmızı Hattın Geçirilmesi	21
2.13 Kesit Geometrisi	22
2.14 Toprak Dağıtımını ve Brükner Diyagramı	23
3. HARİTA VE PLANLARIN ÜRETİLME YÖNTEMLERİ.....	25
3.1 Harita ve Planların Yararlanma Alanları.....	25
3.2 Harita ve Planlarda Ölçek ve Ölçeklerine Göre Gruplandırılması	25



3.3 Topografik Haritalarda Yeryüzünün Topografik Yapısının Gösterilmesi	27
3.4 Eş yükseklik Eğrilerinin Özellikleri.....	28
3.5 Topografik Haritalardan Elde Edilen Bilgiler	28
3.6 Harita ve Planların Hazırlanmasında Kullanılan Yersel Yöntemler	29
3.7 Harita ve Planların Hazırlanmasında Hava Fotogrametrisi Yöntemi	33
3.8 Fotogrametrisinin Diğer Uygulama Alanları	35
3.9 Fotogrametrisinin Sınıflandırılması.....	36
3.10 Hava Fotoğrafi	37
3.11 Ortofoto	39
3.12 Sayısal Yükseklik Modeli.....	41
3.13 Dijital Fotogrametri.....	42
3.14 Dijital Resimle Üzerinde Ölçme İşlemleri	42
3.15 Harita ve Planların Hazırlanmasında Uzaktan Algılama Yöntemi	43
3.16 Uzaktan Algılamada Enerji Kaynakları	44
3.17 Uzaktan Algılamada Algılama Sistemleri	46
3.18 Platformlar	47
3.19 Uzaktan Algılama Uyduları.....	48
4. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (QFD)	49
4.1 Kalite Fonksiyon Yayılımı Nedir.....	49
4.2 Kalite Fonksiyon Yayılımının Tarihçesi	49
4.3 Proje Geliştirme ve Rekabet Üstünlüğünde Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD Uygulama Nedenleri)	50
4.4 Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) Uygulaması ile Yeni Proje ya a Ürün Geliştirme Süreci.....	51
4.5 Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Yararları	51
4.6 Kalite Evi.....	52
4.7 Kalite Evinin Kurulum Süreçleri	54
5. BİR KARAYOLU PROJESİ TASARIMINA ALTLIK TEŞKİL EDEN HARİTA VE PLANLARIN HAZIRLANMASINDAKİ YÖNTEMLERİN QFD SİSTEMATİĞİNDE İNCELENMESİ	63



5.1 Proje Talepçileri ve Müşteri Beklentilerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi (Kalite Evinin A Bölümünün Oluşturulması).....	65
5.2 Yöntemlerin Avantaj ve Dezavantajları Belirlenerek Bağlı ve Mutlak Önemlerinin Hesaplanması (Kalite Evinin B Bölümünün Oluşturulması).....	68
5.3 Harita Üretim Yöntemlerinin Teknik Kriterlerinin Belirlenmesi ve Bu Kriterlerle Proje Talepçilerinin İstekleri Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi (Kalite Evinin C ve D Bölümünün Oluşturulması).....	74
5.4 Harita Oluşturma Metotları ve Hedef Değerler Arasındaki Karşılaştırma ve Analiz (Kalite Evinin F Bölümünün Oluşturulması).....	77
5.5 Teknik İhtiyaçların Aralarındaki Korelasyon Matrisinin Oluşturulması (Kalite Evinin E Bölümünün Oluşturulması)	80
5.6 Bütün Süreçleri Tamamlanmış Olan Kalite Evinin Genel Görüntüsü	82
6. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (QFD) ANALİZİNİN SONUÇLARI VE YORUMLARI	83
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	93



KISALTMALAR

QFD	: Quality Function Deployment
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
GPS	: Global Positioning System
GNSS	: Global Navigation Satellite System
LIDAR	: Laser Imaging Detection and Ranging
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ABS	: Arazi Bilgi Sistemi
CCD	: Charge Couple Device
UV	: Ultra Viyole
IFOV	: Instantaneous Field of View





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1 Jeodezik yöntemle hazırlanan harita ve planlar için işlem adımları.....	31
Çizelge 3.2 Harita üretim süreçleri şeması.....	35
Çizelge 4.1 Kalite evinin genel süreçleri.....	53
Çizelge 4.2 Belirlenen müşteri istekleri ve kalite evindeki konumu (Bölüm A).....	55
Çizelge 4.3 Tüketici istekleri ve önem seviyeleri (Bölüm A).....	55
Çizelge 4.4 Müşteri algılama analizi matrisi (B bölümü).....	57
Çizelge 4.5 Müşteri isteklerinin teknik özellikleri dönüştürülmesi (C Bölümü).....	57
Çizelge 4.6 Müşteri istekleri ile teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon matrisi (D Bölümü).....	58
Çizelge 4.7 Teknik ihtiyaçların mutlak ve bağıl önemlerinin hesaplanması.....	59
Çizelge 4.8 Teknik özellikler arasındaki korelasyon matrisi (E Bölümü).....	60
Çizelge 4.9 İşlemi ve süreçleri tamamlanmış kalite evinin genel görünümü.....	61
Çizelge 5.1 Bir karayolu projesinin oluşturulmasında kullanılan harita ve planlar için proje beklentisi olan kurum ya da kişilerin (Müşteri) talep kriterleri (Kalite evinin A bölümü).....	67
Çizelge 5.2 Bir karayolu projesinin oluşturulmasında kullanılan harita ve planlar için müşteri talepleri ve önem dereceleri (Kalite evinin A bölümü).....	68
Çizelge 5.3 Üç yöntemin değerlendirildiği ve planlanan kalite seviyelerinin, iyileştirme oranlarının, satış avantajlarının, mutlak ve bağıl ağırlıklarının hesaplandığı müşteri rekabet değerlendirmesi bölümü (B bölümü).....	74
Çizelge 5.4 Proje taleplerinin ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi kalite evinin (C ve D bölümleri).....	76
Çizelge 5.5 Kalite fonksiyon yayılımı analizi doğrultusunda hesaplanmış olan mutlak ve bağıl önemler seviyeleri, hedef değerler ve gelişim yönleri (Kalite evinin F bölümü).....	80
Çizelge 5.6 Kalite evinin çatısını oluşturan ve teknik özellikler arasındaki korelasyonu gösteren çatı matrisi (Kalite evinin E bölümü).....	81
Çizelge 5.7 Kalite evinin genel görünümü.....	82



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Harita üzerinden seçimi yapılan güzergah örneği.....	10
Şekil 2.2 Karayolu sıfır poligonu.....	12
Şekil 2.3 Örnek karayolu yatay konum geometrisi.....	14
Şekil 2.4 Karayolu tasarımında kullanılan yatay karp ve elemanları.....	16
Şekil 2.5 Dever uygulaması yapılmış bir karp.....	18
Şekil 2.6 Örnek dever uygulaması ve rakortman boyu.....	19
Şekil 2.7 Örnek karayolu düşey konum geometrisi.....	19
Şekil 2.8 Bölünmemiş bir yola ait enkesit.....	23
Şekil 2.9 Toprak dağıtımı ve diyagramın çizimi.....	24
Şekil 3.1 3D modelli bir harita.....	25
Şekil 3.2 3D modelli bir şehir planı.....	25
Şekil 3.3 Oransal ve çizgisel ölçek.....	26
Şekil 3.4 Topoğrafik haritalarda eşyükseklik eğrileri.....	27
Şekil 3.5 Topoğrafik haritalarda çöküntüsünün yansıtılması.....	28
Şekil 3.6 a,b,c,d Elektronik Total Station, GPS ya da GNSS, yersel Lidar sistemleri ve Nivo ile yapılan yersel ölçme çalışmaları.....	30
Şekil 3.7a ve b Topografik bir arazinin 3 boyutlu sayısal yükseklik modeli çalışmaları.....	32
Şekil 3.8 Yersel yöntemle hazırlanmış halihazır harita örneği.....	33
Şekil 3.9 Hava fotogrametrisi ile harita yapım yöntemi.....	33
Şekil 3.10 Hava fotogrametrisindeki yer kontrol nokta tesisleri.....	34
Şekil 3.11 Uçaktan yapılmakta olan bir hava fotoğrafı çekimi.....	38
Şekil 3.12 Orijinal halde bulunan gridin, geometrik dönüşüm sonucu ortogonal bir gride çevirilmesi.....	39
Şekil 3.13 Sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş bir harita.....	41
Şekil 3.14a ve b Uzaktan algılama ile görüntü alma esaslarını içeren görseller.....	43
Şekil 3.15 Elektromanyetik dalganın parçaları.....	44
Şekil 3.16 Elektromanyetik spektrum.....	45
Şekil 4.1 Kalite evinin temel kısımları.....	53



KARAYOLU PROJELERİNİN TASARIMINDA HARİTA ÜRETİM TEKNİKLERİNİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI SİSTEMATIĞİNDE İNCELENMESİ

ÖZET

Karayolu projeleri, bir ülkenin kalkınmasında ve gelişmesinde çok önemli bir rol üstlenmektedir. Büyük ekonomik yatırımlarla yapılabilen karayolu projelerinin, ülke ekonomisine katkı verebilmesi için, iki nokta arasında projelendirilmesi düşünülen güzergâhın, uygun olarak seçilmesi ve topografya ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu tür ulaşım ile ilgili mühendislik projelerine altlık olarak hizmet veren harita ve planların doğru olarak üretilmesi; yolculuk güvenliği, yolculuk emniyeti açısından da ayrıca çok önemli olmaktadır. Bununla birlikte, karayollarının tasarımı aşamasında, altlık olarak kullanılan harita ve planların hassas olarak üretilmesi de, kalite ve verimlilik açısından en dikkat edilmesi gereken kriterler arasında yer almaktadır. Mühendislik projelerine hizmet veren bu harita ve planların doğruluğu ve hassas olarak üretilmesi, karayolu projelerinin de doğruluğunu ve hassasiyetini çok büyük oranda etkilemektedir. Bir harita veya plan yapımında genel olarak jeodezik ya da yersel (topografik) üretim teknikleri, hava fotogrametrisinden yararlanma teknikleri ve uzaktan algılama uyduları vasıtasıyla sağlanan uydu görüntüsü kullanımıyla ilgili tekniklerden faydalanılmaktadır. Bu yöntemlerin de birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Diğer yandan literatürde QFD olarak bilinen “Kalite Fonksiyon Yayılımı” yöntemi, seçilen bir konu ya da proje ile ilgili olarak, proje teknik kriterlerinin ve projeden beklenen kalite ölçütlerinin bir arada incelenmesini sağlayan bir teknik olmaktadır. Bununla birlikte kalite ile verimlilik açısından en iyi sonuçların bulunmasına olanak tanıyan sistematik ve stratejik bir inceleme yöntemidir. Buna göre bu çalışmada, bir karayolu projesine, altlık olarak hizmet veren harita ve planların yapım yöntemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajların QFD tekniğinde nasıl incelenmesi gerektiği, işlem adımlarından bahsedilerek anlatılmıştır. Ayrıca karayolu projesi talepçisi olan müşteri kurum ve kuruluşların, istekleri ve bu isteklere bağlı olarak da ve ayrıca uzmanların görüşleri de alınarak QFD tekniğinde nasıl bir korelasyon kurulabileceğinden bahsedilmiştir. Bununla birlikte bu üç harita üretim yönteminden biri olan “uzaktan algılama” metodu hedef yöntem olarak seçilmiş ve bu hedef yöntemin gelecekte diğer yöntemlerin avantajlarına göre nasıl geliştirilmesi gerektiği QFD sistematığı içerisinde araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kalite Fonksiyon Yayılımı; Karayolu Projeleri; Harita ve Planlar; Uzaktan Algılama; Hava Fotogrametrisi; Yersel (Jeodezik) Yöntem.



RESEARCHING OF MAPPING TECHNIQUES IN DESIGN OF HIGHWAY PROJECTS IN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT SYSTEMATICS

ABSTRACT

Highway projects, undertake very important roles in development and progress of a nation. In order to get contribution from highway projects, that are made with grand economic investments, the route that is intended to be designed between two points have to be selected properly and to be in compliance with the topography. To produce the maps and plans properly that serve as a base for this kind of transport engineering projects; will also be very important in terms of transport safety, transport security. However, in the design phase of the highway projects, to produce the plans and maps properly that are used as a base are among the most important criteria that deserves ultimate care in terms of quality and productivity. Preciseness and sensitively production of those maps and plans that serve for the engineering projects, will affect the preciseness and sensitivity of the highway projects in a great extent. In the production of a map or plan; geodetic or topographic production techniques, air photography using techniques or satellite image using technique that benefit from remote sensing satellites are utilized in general. There are advantages and disadvantages of these techniques among themselves. On the other hand, the method of quality function deployment that is known in literature as 'QFD', is a method that enables the evaluation of project technical criteria and the quality objectives altogether that are expected from a project in the case of a selected certain subject or project. However, it is also a systematic and strategic review method that enables to find the best results in terms of the quality and productivity. And hence, in this study, the necessity of how to review the advantages and disadvantages of map and plan production techniques with QFD technique that serve as a basis for a highway project, are defined with mentioning the operation stages. In addition, it is also mentioned about how to establish a correlation in QFD technique by receiving the expert opinions for meeting the demands of the companies and organizations for fullfilling their highway projects. However, one of those three map production methods is selected "remote sensing" as target method, and it is mentioned in the operation stages of the QFD systematic as how to improve this target method in the future by considering the advantages of the other methods.

Keywords: Quality Fuction Deployment; Highway Projects; Map and Plans; Remote Sensing; Air Photography; Geodetic Method.



1. GİRİŞ

Ulaştırmanın amacı, insanları, yükleri ve malları en hızlı, en ekonomik ve en güvenilir bir şekilde herhangi bir referans noktasından alıp, ulaşılmak istenen diğer hedef noktaya götürmektir. Bir ülkenin kalkınmasının önemli göstergelerinden biri olan ulaşım her zaman modern alt yapı tesislerine sahip olmalıdır. Özellikle günümüzde artan nüfusla orantılı bir şekilde ulaşım ihtiyacı da hızlı bir şekilde artmaktadır. Bununla birlikte, sanayi, çevre, endüstri, turizm, savunma, ticaret vb sektörlerdeki hızlı gelişim ve artışlar, ulaşım ihtiyacı ve önemi daha da arttırmaktadır. Ulaşım sektörü başlı başına büyük bir sektör olup diğer sektörleri de çok yakından etkilemektedir. Bu sektörlerin ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla topografya ve coğrafya ile de uyumlu olan ulaşım modları günümüzde çok gelişmiştir. Bu ulaşım modları genel olarak kara, deniz, hava, raylı sistemler ana başlıkları altında olmak üzere, literatürde bir çok alanda incelenmektedir. Zemin, topografyaya, taşınacak olan yük miktarına (Lojistik) ve zamana göre en esnek, en kolay, hızlı ve aktarmasız taşıma olanağı sunan ulaşım modlarının başında karayolu projeleri gelmektedir. Ekonomik yükselişin ve gelişimin önemli aktörlerinden biri olan karayolu sistemleri, kendi içerisinde büyük bir ekonomik faaliyeti oluşturmaktadır. Hemen hemen her sektörle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi bulunan ve bu sektörleri pozitif veya negatif yönde etkileyen çok önemli bir hizmet sektörüdür. Karayolu ulaşımının en önemli özelliklerinden biri de noktalar arasında kesintisiz ve hızlı ulaşımı sağlamasıdır. Bu taşıma yönteminin esnekliği ve modlar arasındaki geçişlere uygunluğu karayolu ulaşımının önemini büyük ölçüde arttırmaktadır [1]. Böylesine önemli etkileri olan karayolu ulaşımın tasarımı ve projesinin gerçekleştirilmesi de çok önem arz etmektedir. Karayolu projeleri yolun geçeceği alanın topografyası, jeolojisi, jeofiziksel özellikleri ile ilgili olup, bununla birlikte toplumsal değerleri göz önünde bulundurarak, karayolu kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılayabilen, çevreyi, tarihi ve kültürel dokuyu tahrip etmeden projelendirilmesi gereken kendine özgü bir yapısı olan sistemlerdir. Karayolu tasarımcıları, bu ihtiyaçlarla hazırlanan karayolu projelerini hazırlarken özellikle dikkat etmeleri gereken bir konu da yol güvenliği ve sürüş konforunu göz önüne almalarıdır. Bu şekilde tasarlanan karayolu projeleri trafik akışını kolaylaştırarak trafik kazaları risklerini de minimum düzeye çekmiş olacaktır.

Bir ülkenin her noktasına ulaşım hizmetini sağlayan karayolu sistemleri, yeterli uzunlukta olduğunda, ayrıca fiziki ve geometrik standartları da sağlayıp bununla birlikte güvenli ve emniyetli bir erişim sunduğunda, çevresindekiler ve ülkeleri için bazı olanakları beraberinde sunmaktadır. Bunlardan başlıcaları şunlardır;

- Ticari anlamda sunduğu hizmet itibariyle üreticiye ürettiği malı daha hızlı ve daha uygun olarak pazarlama olanağı verdiğinden, tasarımı yapılan bölgede üretim yönünden canlandırmaktadır ve ticaret (ithalat-ihracat) hacminin gelişmesini sağlamaktadır.
- İyi bir yol ağının varlığı ülkelerin her alanda kalkınması sağlamaktadır.
- Yol ağındaki iyileşmeyle birlikte toplumların birbirleriyle etkileşimi artmakta bu da sosyal gelişim ve kültür birliğine yol açarak, birlik ve beraberliği bir ülkede güçlendirmektedir.
- İyi bir ulaşım ağı eğitim, sağlık, turizm, haberleşme ve kamu hizmetlerin daha etkin bir şekilde sunulmasını sağlamaktadır.
- Yol ağındaki geometrik standartların artmasıyla beraber, yakıt tasarrufunu arttırmış olup zamanın da optimum şekilde kullanımını sağlayarak, trafik kazalarının da önemli ölçüde önüne geçmesini sağlamaktadır.

Böylesine önemli özellikleri ve faydaları olan karayolu ulaşım sistemlerinin, tasarımında kullanılan harita ve planların da önemi oldukça büyük olmaktadır. Özellikle tasarlanan yolun topografya ve eğim koşulları ile uyumlu bir şekilde ilerlemesi ve inşaatı sırasında da belirlenen bütçeye uygun olması (dengeli kazı dolgu hacimleri) ve güvenli bir yol seyahatinin sağlanması için üretilen harita ve planlar yol tasarımında gerekli olmaktadır. Karayolu projelerinde, özellikle arazinin sayısal yükseklik modelini (SYM), eğim yapısının ve topografik özelliklerinin hassas ve prezisyonlu olarak gösterilmesi için harita yapım sanatının da çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Özellikle karayolu projelerine altlık teşkil eden harita ve planların üretilmesinde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında yersel ölçme çalışmaları gelmekle birlikte son zamanlarda hava kameralarındaki teknolojik ilerlemelerin ışığında hava fotogrametrisi yöntemiyle harita yapım sanatları gelişmiştir. Bununla birlikte uydu sistem ve sensörlerinin gelişmesiyle de uzaktan algılama teknikleri kullanılarak harita yapım sanatları daha da ilerlemiştir. Bu yöntemlerin başında gelen yersel ölçmeler özellikle de GPS sistemlerin gelişmesiyle daha çok kullanılmaktadır. Bu üç yöntemin birbirine göre avantajları olmasıyla

birlikte dezavantajları da mevcuttur. Örneğin, yersel ölçme yöntemiyle hazırlanan harita çalışmalarında zaman ve ekonomik yönden büyük maliyetler ortaya çıkmaktadır. Öte yandan hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama uydu sistemleri kullanılarak yapılan harita çalışmalarında zaman daha kısa olmakla birlikte bazı çalışmalarda daha ekonomik olabilmektedir. Aynı zamanda hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama çalışmalarında atmosferik koşullar harita yapım çalışmalarına zaman zaman engel teşkil etmektedir. (Örneğin görüntünün üzerinde bulutlanma olayının gerçekleşmesi) Yersel çalışmalarda ise böyle bir sorun bulunmamaktadır. Karayolu tasarımında önemli bir yere sahip olan büyük ölçekli harita ve planların yapımında bu üç yöntem aralarında incelenerek karşılaştırılmış ve hedef yöntem olarak seçilen uzaktan algılama yönteminin, teknik karakteristikleri doğrultusunda nasıl bir gelişim kaydetmesi gerektiği bu tez çalışmasının da konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu sorunun cevabı Kalite Fonksiyon Yayılımı sistematüğinde incelenerek, öncül yöntem olan uzaktan algılama yönteminin, teknik karakteristikler doğrultusunda hedef değerleri belirlenmiş bununla birlikte hangi yönde gelişim gösterdiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) 1960'lı yıllarda Japonya'da geliştirilmiş bir yöntemdir. 1970'li yıllara gelindiğinde ise Japon firmalar Toyota ve Mitsubishi tarafından uygulanmaya başlanmıştır. 1984 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan incelemeyle bütün dünyada kullanılmaya başlayan bir kalite ölçüm tekniğı haline gelmiştir. QFD metodolojisi, müşteri taleplerini tespit ederek, bunları çeşitli teknik datalara dönüştürüp optimize eden iyi bir satış/dağıtım yolu elde edilmesini sağlayan müşteri odaklı bir kalite geliştirme ve ölçme metodudur [2].

Sanayi devrimi öncesi döneme bakıldığında pazarlama, üretim ve mühendislik alanlarında ki faaliyetler tek bir kişi üzerinden yürütülürken, günümüzde ise bu faaliyetler için işletmeler tarafından farklı birimler oluşturulmaktadır. Ürünler ve süreçler arasında ki iletişimi ve bağlantıyı üst düzey yöneticiler sağlamaktadır. Bu aşamada, üst yönetim ile pazarlama, tasarım ve üretim yöneticileri bir araya gelerek, etkin ve verimli bir yönetim için QFD ve Kalite Evi kavramları ortaya çıkmıştır. Bu yönteminde içeriğinde, her ekip, diğer ekiplerin ihtiyaçlarını anlamalı ve bu ihtiyaçları karşılamak için en doğru bilgiyi sağlamaktadır [3].

Bu kapsamda incelendiğinde, QFD bir araç olmamakla birlikte, teknik ihtiyaçların, bir birini destekleyecek ve tanımlayacak şekilde, etkin olarak kullanımını ve gerekli

konuların ortaya çıkarılmasında belirleyici olan bir planlama prosesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği üzere, yolculuk güvenliği ve emniyeti için tasarlanan bir karayolu projesinde yatay ve düşey geometrideki proje tasarım elemanlarının, kazı ve dolgu dengesinin topografya eğim ve sayısal arazi modeli ile uyum sağlayabilmesi için güncel, doğru, hassas olarak yapılmış harita ve planlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu haritalarında üretilme tekniklerinden (yersel jeodezik lme tekniği, hava fotogrametrisi tekniği, uzaktan algılama uydu tekniği) hedef yöntem olarak seçilen uzaktan algılama yönteminin kalite, verimlilik ve nitelik açısından ne durumda olduğu ve hangi konular üzerinde gelişme göstermesi gerektiği bu tez çalışması kapsamında incelenmeye çalışılmıştır. Bu inceleme yapılırken de Kalite Fonksiyon Yayılımının bu konu üzerinde uygulaması yapılarak literatüre bu konuda katkı sunulmaya çalışılmıştır.

2. BİR KARAYOLU PROJESİNİN TASARIM AŞAMALARI

2.1. İstikşaf (Ön Araştırma)

Bir karayolu güzergahı tasarımı yapılırken, güzergahı oluşturacak iki nokta arasında detaylı bir ön etüt çalışması yapılmaktadır. Bu araştırma neticesinde, hangi güzergahın ve/veya güzergahların seçilmesi gerektiği tespit edilmeye çalışılır. Daha sonra kesin etüt çalışması yapılarak kesin güzergah tespit edilmektedir [4,5]. Bu aşamada ayrıntılı olarak aşağıdaki şu hususlara dikkat edilmelidir;

- Karayolu projesi tasarımı yapılırken mümkün olduğunca karayolunun geçeceği bölgelerin turizm, sanayi, ticaret, eğitim, sağlık vb. konularda gelişmesine katkı sağlaması gerekmektedir.
- Karayolu projelerinin tasarımı yapılırken mümkün olduğunca nüfusun çok fazla olduğu bölgelerden geçirilmesi, bu projelerin yararlılığının arttırmaktadır.
- Yolun geometrik standartları çerçevesinde toprak işleri minimum düzeyde tutulmalıdır.
- Karayolu güzergahı tasarlanırken arazinin doğal dreneja müsait olan kısımlarından geçmeli ve boyuna eğim hiçbir noktada %0.5'den az olmamalıdır.
- Yolun temel zemini çok sağlam ve mukavemetli olmalıdır.
- Proje hızını ve işletme maliyetini arttıran boyuna eğimler yol standartları içerisinde minimum düzeyde tutulmalıdır.
- Eğim kaybı olmaması için arazinin doğal eğimine göre hareket edilmelidir.
- Keskin dönüşler ortadak kaldırılarak kurpların geniş yarıçaplı olması sağlanmalıdır.
- Dağlık ve yüksek rakımlı bölgelerde yol güzergahı güney yönünden geçirilmelidir.
- Yol zeminini tehdit edeceğinden akarsu yataklarına yakın olmamalıdır.
- Diğer yönden gelen yollarla ve hemzemin geçitlerle tehlikeli kesişmeler yapılmamalıdır.
- Bölgenin tarafık hacmi doğru bir şekilde hesaplanarak, uygun planlama ve kamulaştırma yapılmalıdır.
- Yol yapım esnasından gereken tüm ekipman, materyal ve malzemeler eksiksiz temin edilmelidir.

- Güzergahın geçmesi gereken tüm yerlerde tali mücbir noktalarına dikkat edilmelidir.

İstikşaf, başlangıç ve sonu tespit edilen iki nokta arasında göreceği hizmet bakımından arıza, drenaj, kazı dolgu hacmi, jeolojik sağlamlık, trafik ve gelişme faktörleri gibi hususlar göz önünde tutularak kabul edilen çeşitli standartları en teknik ve ekonomik şekilde karşılayacak olan yol güzergahını veya güzergahlarını harita ve plan üzerinde araştırmak olduğu bilinmektedir. Başlangıcı ve sonu tespit edilen noktalarda yapılacak hizmet bakımından arıza, drenaj, mesafe, toprak hacmi, sağlamlık ve trafik gelişme faktörleri gibi hususlar göz önünde tutularak kabul edilen çeşitli standartları en teknik ve ekonomik şekilde karşılayacak yol güzergahlarını harita ve arazide araştırmaktır. Diğer bir ifade ile mevcut şart ve talepler dikkate alınarak yolun geçeceği bölgenin harita ve arazide tespit edilmesine istikşaf denmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğündeki yolların istikşaf çalışmalarını Etüt, Proje ve Çevre Dairesi Başkanlığı yürütmektedir. İstikşaf sırasında takip edilecek yöntem yolun önemine ve mümkün olan şartlara göre değişmektedir. Bölgenin haritası varsa, öncelikle bu haritalar detaylı bir şekilde incelenmektedir, uygun güzergahlar tespit edilerek sonrasında bu güzergahlar yerinde araştırılmaktadır. Haritası veya planı olmayan arazilerde, istikşaf hava fotoğrafları yardımıyla veya arazideki yersel keşif araştırmalarıyla yapılmaktadır.

Bir yol yapımında istikşaf çeşitleri iki türlü yapılmakta olup bunlar klasik ve fotogrametrik ya da uzaktan algılama yoluyla elde edilen harita ve planlar üzerinden yapılmaktadır. Klasik istikşafda 1/250000, 1/100000, 1/25000 ve eğer mevcut ise 1/5000 ölçekli harita ve planlar üzerinden yapılmaktadır. Bu planlar üzerinden birkaç güzergah belirlendikten sonra bu güzergahlar arazide gezilerek daha ayrıntılı topografik ve jeolojik olarak da araştırmaları yapılabilmektedir. Klasik istikşafda arazi gezilerek topografik durum gereği geçilmesi zorunlu olan akarsu veya vadi geçitleri, arazideki boyun noktaları, geçilmesi zorunlu olan mücbir noktalar belirlenmektedir. Ayrıca bu aşamada önemli bölgelerin fotoğrafları çekilerek alınması gereken not ve bilgiler kayıt edilmektedir. İstikşaf yapılan bölgede, yakınlarda bulunan malzeme ocakları, zemin durumları, su vb. malzemelerin yerleri tespit edilmektedir. Kış mevsimlerinde kuzey bölgelerde don ve buzlanma olacağından güney kısımlar dikkate alınmaktadır. Çığ tehlikesi olan bölgelerde kar istikşafı yapılmaktadır. Harita üzerinde bulunmayan detaylar eksiksiz bir şekilde

tamamlandıktan sonra, hatalar giderilir ve her güzergah için bir istikşaf raporu hazırlanmaktadır [4].

2.2. İstikşaf Raporu ve Hazırlanması

İstikşaf komisyonu tarafından hazırlanan raporda;

- Yolun adı
- İstikşafı üstelenenler ve tarihi
- Güzergahlar ve güzergahların adları
- Güzergahın büyük haritada gösterilmiş şekli
- Beklenen yol yapım maliyeti ve her bir aşamanın maliyetinin açıklanması
- Güzergaha ait plan ve fotoğraflar
- Zemin şartları
- Kamulaştırma durumu
- Sanat yapılarının sayısı, türü ve yeri
- Güzergah uzunluğu
- Akarsu geçit yerleri
- Kavşaklar
- Trafik hacmi ve türü
- Malzeme ocaklarının yeri
- Yapım ve bakımı ilgilendiren hususlar
- Karar

Fotogrametrik ve uzaktan algılama yöntemlerindeki istikşaf çalışmalarında ise yapılması kararlaştırılan bir karayolu projesinin çok kısa zamanda yapılması günümüz teknolojik şartlarında bir zorunluluk haline gelmektedir. Klasik metodla istikşaf hem zaman kaybına hem de fotogrametrik yöntemle göre daha düşük hassasiyete ve daha yüksek maliyete neden olmaktadır. Bu nedenle proje için gerekli arazi işlerini ortadan kaldırarak en kesitlerin alınması dahil bütün ölçümleri havadan çekilen fotoğraflar üzerinden yapmak, yol ekseninin ve projenin aplikasyonu için gerekli tüm detayları, koordinatları ile hesaplayarak, hacim hesaplarını en doğru ve en hassas şekilde yapmak için fotogrametrik yöntemin yollarından birkaç tanesini oluşturmaktadır. Fotogrametri bir ölçüm metodu olup, bir şeklin veya yeryüzü parçasının çekilen fotoğraflarıyla yeniden düzenlenerek modelini çıkartma işlemidir. Bu iş genel olarak şu şekilde yapılmaktadır:

Arazi parçasının iki ayrı noktadan, en iyi eksenleri birbirine paralel olmak şartıyla fotoğrafları çekilmektedir. Bu şekilde çekilen fotoğraflar o arazi yüzeyinin kabartma olarak görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Üç boyutlu görme kabiliyeti sayesinde bir fotogrametrik görme aracı ile çekilen iki fotoğrafın birbirine göre fotoğraf çekme anındaki durumları incelenmektedir. Araziye benzeyen kabartma model üzerinde hareket edebilen bir göstereyi bir yer veya yol üzerinde yürüterek bu hareket istenilen bir ölçekte ortogonal projeksiyon halinde kağıt üzerine çizilmektedir.

Topoğrafik durumun seçilebilmesi için geometrik şeklin çizilmesi haricinde içindeki bina, çeşme, yol gibi detayların da alınması şarttır. Bir arazi parçasının fotoğraflanması genel olarak yerdeki noktalar üzerinden ya da araziye yukarıdan görebilmek için uçaktan yapılmaktadır. Bunun için fotogrametri iki ayrı gruba ayrılmaktadır.

- Yer fotogrametrisi
- Hava fotogrametrisi

Yer fotogrametrisi yöntemi düz arazide uygulamak zor olmakla beraber dağlık arazide uygulanması daha uygundur. Ancak karayolu yapım amacı için gerekli yöntemlerden biri değildir.

Hava fotogrametrisi yöntemi ise ilk önce küçük ölçekli haritalar üzerinde kullanılıp sonrasında ise teknolojik gelişmeler ile birlikte daha büyük ölçekli haritaların yapımında kullanılmaya başlanmış olup ve yüksek başarı oranı elde edilmektedir [6]. Uzaktan algılama metoduyla yapılan istikşaf çalışmaları ise son derece hassas ve gelişmiş uydu teknolojileri ile uzaydan çekilen uydu görüntüleri vasıtasıyla yapılan güzergah araştırma çalışmalarını kapsamaktadır. İstenilen iki nokta arasında, güzergah çalışması yapılırken, dijital olarak çekilmiş olan uydu görüntüleri üzerinden topografya için çıkartılan sayısal yükseklik modeli üzerinden eğim ve mesafe bilgileri kullanılarak en uygun yol geometrik standartları da göz önüne alınarak optimum güzergah araştırılması yapılmaktadır.

2.3. Yol Etütleri

İstikşaf yoluyla güzergahın geçeceği yolun belli olan bölümleri için tesviye eğrili şerit halinde harita çıkarmak üzere gerekli arazi be büro çalışmalarına etüt

denmektedir. Etüt haritalarının genellikle 1/2000 ölçekli olması yeterli olmaktadır. Şehir ve kasaba içleri ile daha fazla detaya inilmesi gereken yerlerde ölçek 1/1000 olmaktadır. Arazinin özelliklerine göre etüt haritaları 100-300 m genişlikteki araziye kapsayacak şekilde hazırlanmaktadır. Yol eksenini için daha farklı çözümlerin bulunabileceği bölümlerde ise etüt haritası genişliği gerekli olduğu kadar arttırılmaktadır. Uzun mesafeleri düz arazilerde yol ekseninin kolay bir şekilde tespit edilebileceği için etüt çalışmasını ihmal etmek bazı sorunlara sebep olabilmektedir. Böyle arazilerde çok seyrek ve az da olsa yol eksenine tekabül etmemesinde yararı olan çeşme, bina, ağaçlık alan, mezarlık gibi bölümleri gösterir ve tesviyesi eğrisiz harita üzerinden alınması gerekmektedir. Ancak, kısa mesafede yol onarım projelerinde arazi baştan sona net bir şekilde görüldüğü takdirde etüt haritasından feragat edilebilmektedir [7].

2.4. Güzergah Geçkisi Araştırması

İstikşaf ve etüt çalışmaları neticesinde yol güzergahının geçebileceği arazi net bir şekilde değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmelerden sonra kesin sonuç elde edebilmek için güzergahlar arasında seçim yapılması gerekmektedir. Prensipte olarak birbirini takip eden iki mücbir nokta arasında güzergahın mümkün olduğu kadar kısa ve düz olması istenmektedir. Eğimi azaltmak amacıyla yol uzunluğu arttırılabilmektedir. Güzergah belirlenmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınmaktadır;

- Bir sırt aşılırken, mümkün olduğunca düşük kotlu noktalardan geçmelidir.
- Toprak tesviyesi, yan hendekler taşıyabileceği suyun kapasitesi en büyük kottan daha yüksekte olacak biçimde planlanmalıdır.
- Toprak tesviyesi kotu tespitinde mümkün olduğu kadar kazı dolgu hacimlerinin birbirini dengelemesine çalışılmalıdır.
- Yolun iki tarafındaki taşınmaz mülk sahipleri yoldan daha çok faydalanılmalıdır.
- Çok dik arazilerin etrafından geçmek, dikine inip çıkılmasından daha iyi olmaktadır. Bazı durumlarda tüneller düşünülebilir. Derin kazı dolgu işlemlerinden ve bakım masrafları düşünülerek bu durumdan kaçınılmalıdır.
- Akarsu yatakları eğimli ve gevşek malzemeden meydana gelmiş yamaçlardan geçerken eğim yönüne dikkat edilmel, yol güzergahı seçiminde bu eğimin platforma doğru kaymaya müsait olmayan tarafından geçirilmelidir.

- Yolun vadi boyu geçmesi gereken durumlarda yol kotu yüksek tutulmalıdır. Bir vadinin yamacından diğer yamacın geçişinde dar bir yer tercih edilmelidir aksi durumda viyadük ve köprülerin boyu artar. Köprüler vadilere dik istikamette yapılmalıdır.
- Demiryolu geçilirken altgeçit veya üst geçit yapılmalıdır.

İki nokta arasında değişik güzergahlar geçirilmesi mümkün olduğu durumlarda, bunlardan hangisinin seçileceği karşılaştırma yapılarak anlaşılır. Bu karşılaştırma yapılırken;

- a) Yolun hizmet edeceği bölgenin trafik karakteristiği ile diğer trafik faktörleri
- b) Yol yapımı sırasında karşılaşılan zorluklar ve kolaylıklar
- c) Bakım masrafları

Karşılaştırmada, istikşaf ve etütte elde edilen bilgilerden faydalanılmaktadır. Boy kesitler çıkarılıp sanat yapılarının miktarları, eğimler ve yol yapım maliyeti karşılaştırılarak hangi güzergahın seçileceğine karar verilmektedir [8]. Şekil 2.1’de harita üzerinden yapılan güzergah seçimi gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Harita üzerinden seçimi yapılan güzergah örneği [9]

2.5. Karayolu Tasarımında Sıfır Poligonu

Çizimi yapılmış tesviye eğrili harita üzerinden yol güzergahının araştırılmasında, geçilecek yerlerin tespit edilmesinde verilen eğim şartlarına göre öncelikle sıfır

poligonu çizilmektedir. Sıfır poligon, verilen eğime göre doğal zemine en iyi oturan, en az kazı ve dolgu miktarını belirten güzergahı belirlemektedir. Tespit edilecek eğim proje standartlarında verilen en büyük eğimden $1/5 - 1/3$ kadar küçük alınır veya arazinin düz veya engebeli oluşuna bağlı olarak değişen birden küçük katsayı ile çarpılarak sıfır poligonu için eğim tespit edilmektedir. Harita ölçeği ve tesviye eğrileri, kot farkı bilindiğine göre sıfır hattı için gerekli olan pergel hesabı yapılmaktadır. Proje üzerinde yolun geçmesi zorunlu olan noktalar tespit edilip her iki nokta arası için sıfır poligonu çizilmektedir. Bunun için ölçeye uygun olan pergel açıklığı ayarlanıp tesviye eğrileri kesiştirilmektedir [7]. Sıfır poligonunun elde edilmesi ile esaslar aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir.

- İki kontrol noktası arası birbirine bağlanırken ideal olarak tek eğim kullanılmalıdır.
- Hesaplanan pergel açıklığı değeri ile ikinci noktaya varılmadığı, bu noktanın altına ya da üstüne düşüldüğü takdirde, sözkonusu noktaya varabilmek için bu iki nokta arasında herhangi bir yerde eğim değiştirmek yerine maksimum eğiminin içinde kalmak koşuluyla, eğim oranında yapılacak uygun bir değişikliklerle pergel açıklığı yeniden hesaplanır ve bu pergel açıklığı ile kontrol noktaları arasında güzergâh etüdü tekrarlanır. Nokta üzerine düşülünceye kadar işleme devam edilir, ikinci ile üçüncü kontrol noktaları arasında da hesaplanacak pergel açıklığı değerleri ile güzergâh etüdü tamamlanır.
- Ana kontrol noktalarına temas sağlamak için mümkün görülen ve aynı zamanda uygun düşen durumlarda bu noktaların yerlerinde küçük ölçüde değişiklikler yapılabilir. Ancak böyle bir değişikliğe sadece zorunluluk karşısında başvurulmalıdır.
- Güzergâh boyunca zorunluluk olmadıkça inişten çıkışa yani negatif eğimden pozitif eğime, ya da pozitif eğimden negatif eğime geçilmemelidir.
- Hesaplanan pergel açıklığı ile iki tesviye eğrisi arasını geçmek mümkün olamıyorsa, bu durumda hesaplanan ya da seçilen eğim arazi eğimine göre fazla demektir. Bu takdirde seçilen eğim küçültülmelidir.
- Sıfır poligonunun kenarları tesviye eğrilerini net bir şekilde kesmelidir. Şayet uygulanan pergel açıklığı ile aynı tesviye eğrisi aynı yönde birden fazla kesiliyorsa, enterpolasyon başvurulmalıdır. Yani arazisinin çok girintili ve

tipine göre belirlenmektedir. Özellikle dağlık arazilerde eğim y¼ksek tutulmaktadır. Minimum Kurb Yarıçapı, araçlar bir kurbun içine doğru girdikleri zaman merkez kaç kuvvetinin etkisiyle kurbun dışına doğru itilmeye başlar ve kurbtan sapabilmektedir. Araçların kurlarda ilerlerken stabil bir şekilde yollarına devam edebilmesi kurbun içine doğru eğim verilerek araçların daha dengeli gitmesini sağlamaktadır. Proje hızı belirlenirken kurb yarıçapları göz önünde bulundurulmaktadır. Enkesit Tipi, karayolunun görünen yüzü olan kaplamanın belirlenmesi için gerekli olan önemli bir özelliği oluşturmaktadır. Aynı zamanda, karayolunun genişliğini ve şevlerin üst yapısının cinsinin belirlenmesinde de önem arz etmektedir [7]. Proje standartları belirlenmiş olan bir karayolunda teknik etütler üç yönden yapılmaktadır;

- Trafik Etüdü
- Jeolojik ve Zemin Etüdü
- Proje Standartları ve Arazi Engebesi Yönünden Güzergah Etüdü

Trafik etüdü, karayolunda potansiyel geçmesi beklenen taşıt miktarı ile güvenli araç sürüşünün maksimizasyonu için gerekli etütler yapılmaktadır. Bu etütte, taşıt miktarı, taşıtların cinsi ve ağırlıkları, taşıtların hızı, trafik hacmi ve duruş ve geçiş mesafelerinin araştırmaları yapılmaktadır. Jeolojik ve zaman etüdünde ise, karayolu güzergahının geçeceği yerlerde yapılan arazi ve zemin araştırmaları olmaktadır. Karayolu geometrisinin en önemli faktörlerinden biri olan jeolojik durum aynı zamanda karayolu güvenliğininide etkilemektedir. Proje standartları ve arazi engebesi yönünden güzergah etüdü, proje standartlarını belirlemeye yönelik olup aynı zamanda topoğrafik şartlarında göz önüne alınarak yapılan teknik bir etütdür ve aşığıdaki özellikleri sağlamalıdır;

- Geçiş zorunlu olan noktalar kesinlikle bir birlerine bağlanmalıdır.
- İki mecburi noktada kalan karayolunda eğim kaybı olmamalıdır.
- Maksimum boyuna eğim, proje hızına, kaplamanın cinsine ve jeolojik yapıya uygun olarak belirlenmelidir.
- Tek eğimli sürekli çıkışlar uygun değildir. Çünkü taşıtlar sürekli hız kaybeder ve trafik akışı olmusuz etkilenebilir [12].

2.7. Karayolu Projelerinin Geometrik Unsurları

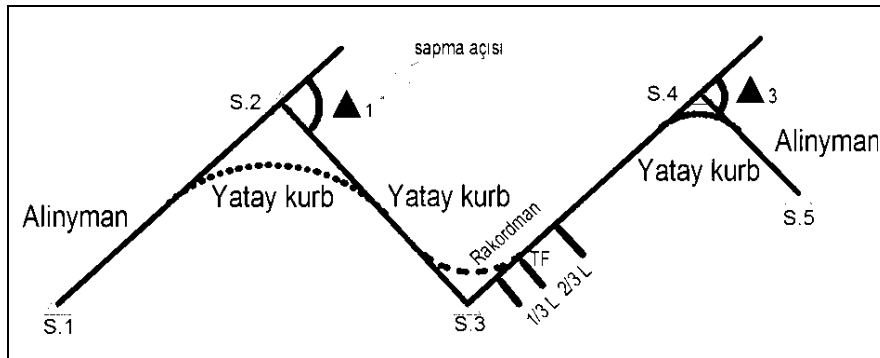
Karayolu projelerinin niteliksel özelliklerini ortaya koyan çizimler ve grafiksel dökümanlar projenin geometrik unsurlarını oluşturmaktadırlar. Bu geometrik özellikler, karayolunun sürüş konforu ve emniyeti açısından oldukça önemli olup, tasarımı sırasında yapılan hatalar karayolundaki can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Bu sebeple konusunda uzman kişilerin bu tasarımlara dikkat etmesi gerekmektedir.

Bu geometrik parametreler;

- 1) Yatay Konum Geometrisi
- 2) Düşey Konum Geometrisi
- 3) Kesit Geometrisi

2.7.1 Yatay Konum Geometrisi

Bir karayolunun yataydaki şekli onun yatay konum geometrisi ile ilişkili olmaktadır. Karayolunun yatay geometrisi, alinyan ve kurplardan oluşmaktadır. Yolun yatay geometrisi tasarlanırken, arazinin topoğrafik yapısı ve eğimi, arazinin sayısal yükseklik modeli, trafik hacmi, karayolu güvenliği ve emniyeti, sürüş konforu vb. unsurlar göz önüne alınarak tasarımı yapılmaktadır. Alinyan, yolun düz olan bölümleri olup, karayolunun tasarımı sırasında bazı kriterler göz önüne alınarak yapılmaktadır. Kurplar ise, karayolunun yatay konum geometrisinin bir diğer unsurunu oluşturmaktadır. Yatay eksenin yön değiştirdiği yerlerde, karayolunun geçtiği arazinin durumuna bağlı olarak tasarlanan yatay eğriler bulunmaktadır. Kurplar tasarlanırken, alinyanlarda olduğu gibi bazı kriterler göz önüne alınarak yapılmaktadır [13]. Örnek karayolu yatay konum geometrisi ile ilgili görünüm şekil 2.3'de verilmektedir.



Şekil 2.3: Örnek karayolu yatay konum geometrisi [14]

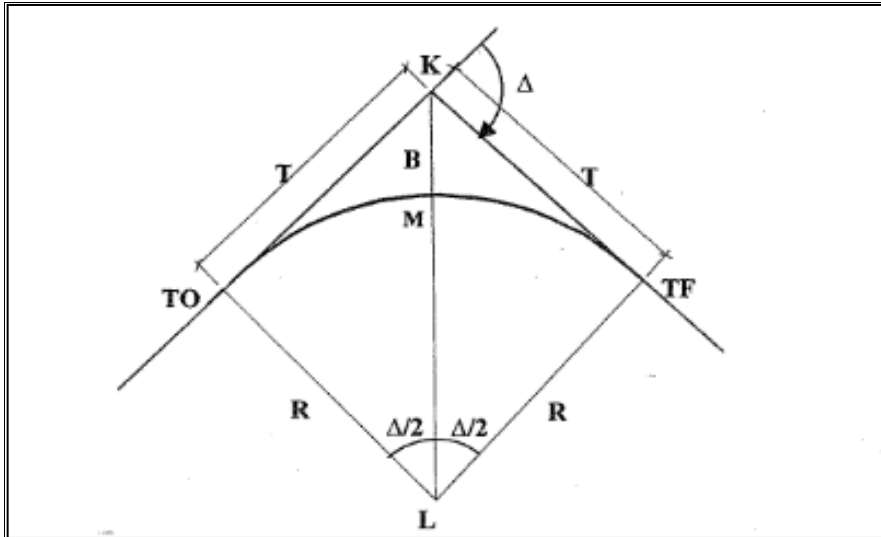
Bir karayolunun yatay eksen geometrisi tasarlanırken bazı kurallara ve hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu kural ve hususlar;

- Güzergah topoğrafyaya uyma koşuluyla mümkün olduğu müddetçe ana istikamette olmalıdır.
- Yolun yapımı ve bakımı kadar, estetik açıdan da arazinin topoğrafyasına uyup kıvrılarak devam eden bir güzergah, ilke olarak arazinin doğal durumunu bozarak devam eden uzun aliymanlara tercih edilmelidir.
- Genellikle kısa kurp sayısı minimum tutulmalıdır. Çok sayıda kısa kurplarla dalgalı bir şekil almış güzergaha sağlıklı bir trafik akışını sağlamak daha zorlu olmalıdır.
- Seçilen proje hızına bağlı olarak tespit edilen minimum kurp yarıçapı şartları zorladığı durumlarda kullanılmalıdır.
- Şartlar elverdiği sürece büyük yarıçaplı kurplar her zaman tercih edilmelidir.
- Uzun aliymanların sonuna küçük yarıçaplı kurpların konulmasından kesinlikle kaçınılmalıdır. Aksi takdirde uzun aliymandan iyice hızlanma eğilimindeki taşıtların küçük yarıçaplı kurpta yoldan çıkma ve savrulma riski ortaya çıkacaktır.
- Keskin yatay kurpların olmaması için yatay eksenlerin sapma açıları olabildiğince küçük tutulmaya çalışılmalıdır.
- Yatay kurbun minimum uzunluğu devlet yollarında tasarım hızının 3 katı olmalıdır.
- Yatay kurplar arasında çok uzun ve çok kısa aliymanlar konulmasından kaçınılmalıdır.
- Büyük yarıçaplı kurplardan küçük yarıçaplı kurplara aniden geçilmemelidir. Küçük yarıçaplı kurp konulacak yere ulaşmadan önce kurp yarıçapları kademeli olarak azaltılmalıdır. Bu şekilde sürücü hızını aniden değiştirmek zorunda kalmayacak ve kaza riski azalacaktır.
- Uzun ve özellikle yüksek dolgu kesimlerinde keskin kurplar kullanılmamalıdır.
- Birbirini izleyen aynı yönde yatay kurp yapımından olabildiğince kaçınılmalıdır.

- Birbirini izleyen geçiş eğrisiz ve özellikle tersp kurplar arasında kısa aliyman boylarının kullanılması dever uygulamasını güçleştireceğinden böyle bir uygulamadan da kaçınılmalıdır.
- Kombine kurpların kullanımında dikkatli olunmalıdır [13].

2.7.1.1.Yatay kurp

Taşıtların bir aliymandan diğer bir aliymana geçişlerinde, geçişin rahat ve düzgün olmasını sağlamak amacıyla aliymanlar arasına bir eğri yerleştirilmektedir. Bu eğri R yarıçaplı bir daire olabileceği gibi birden fazla dairenin birleşimi de olabilmektedir. Dağlık ve dalgalı arazilerde zorunlu noktalar arasındaki kot farklarından dolayı, yolun doğrultusu sık sık değişebilmektedir. Düz arazilerde doğrultu değişmesi ve yatay kurp ihtiyacı daha az olmaktadır[15]. Bir karayolu projesindeki yatay kurp tasarımlarında yolun bazı kriterleri sağlaması gerekmektedir. Bu geometrik kriterler yolculuk ve sürüş konforu ve güvenliği açısından oldukça gerekli olmaktadır. Tasarımı iyi yapılmamış olan yatay kurplarda konfor bozularak kötü yolculuk şartlarına sebep olmaktadır. Bu nedenle bir karayolu tasarımın yatay geometrisinin önemli bir parçası olan yatay kurpların karayolunda kritik kesimleri oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu kurpların detaylı bir şekilde tasarımlarının yapılması ve parametrelerinin hesaplamalarının da doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi önemli olmaktadır [15,16]. Şekil 2.4’de yatay kurp ve elemanlarının bulunduğu bir görsel verilmektedir.



Şekil 2.4: Karayolu tasarımında kullanılan yatay kurp ve elemanları (T:Teğet Boyu, R:Yarıçap,B: Bisektör Boyu, Δ :Sapma Açısı,TO:Kurp Başlangıç Noktası,TF:Kurp Bitiş Noktası, K:Some Noktası M: Kurp Yay Boyu) [5]

2.8. Dever Tasarımı ve Rakordman Boyu

Dever, yatay kurplarda, taşıtların hızlarından dolayı meydana gelen merkekaç kuvvetini yenmek, araçların savrulmasını ve devrilmesini önlemek amacıyla verilmesi gereken enine eğime denmektedir [4]. Dolayısıyla yatay kurpda yol konforu ve yol güvenliği için dever tasarımı gerekmektedir. Yapılacak uygun ve doğru dever tasarımı ile konfor ve güvenlik açısından oluşabilecek tehditler giderilmektedir [6]. Yol üzerine seyir halinde olan taşıtların değişik tip ve hızda olmaları ve ayrıca trafik arttığı zaman işletme hızının düşebileceği de göz önüne alınırca çok yüksek değerdeki deverin uygulanması mümkün olmamaktadır. Geometrik standartlar için maksimum deverin tespitinde göz önünde tutulması gereken hususların başlıcaları şu şekilde olmaktadır;

- İklim Şartları
- Arazi şartları
- Bölgenin özelliği
- Çok yavaş seyreden taşıtların sıklığı

Bu hususlar dikkate alındığında, tek bir maksimum dever değerinin uygulanmasının mümkün olmayacağı sonucu elde edilmektedir. Kar ve buzlanmanın olmadığı bölgelerde maksimum dever olarak %10 uygun görülmektedir. Buna karşın kar ve buzlanmanın daha sık görüldüğü bölgelerde maksimum dever %8-6 ile sınırlandırılmaktadır. Şehir ve kasabaların iskan edilmiş veya işyeri kesimleri yakınından geçen, üzerinde sık sık hemzemin geçit bulunan karayollarında dever uygulaması yapılmamaktadır. Yerleşim alanlarından nispeten uzaklaştığı ve hemzemin kavşakların azaldığı durumlarda %2 dever uygulaması uygun görülmektedir. Bu dever limitlerini aşmamak koşulu ile, merkekaç kuvvetinin tamamen dever ile karşılanması mümkün olmamaktadır. Bir miktar yanal sürtünmenin göz önünde tutulması gerekmektedir. Yanal sürtünme ile dever kombinasyonu ükelere göre farklı şekillerde uygulanmaktadır. Karayolları Geometrik Standartları proje hızını %75'inin dever, %25'inin sürtünme ile karşılanmasını kabul etmiştir. Buna göre dever formülünü şu şekilde göstermek mümkün olmaktadır (1); [17].

$$S = \frac{0.00443 V^2}{R} \quad (1)$$

S = Dever, m/m

V= Proje hızı, km/saat

R= Kurp yarıçapı, m

Rakortman boyunun hesaplanmasın da kullanılan formül ise şu şekilde gösterilmektedir (2);

$$Ls = \frac{0.0354 V^3}{R} \quad (2)$$

Ls = Rakortman boyu, m

V= Proje hızı, km/saat

R=Kurp yarıçapı, m

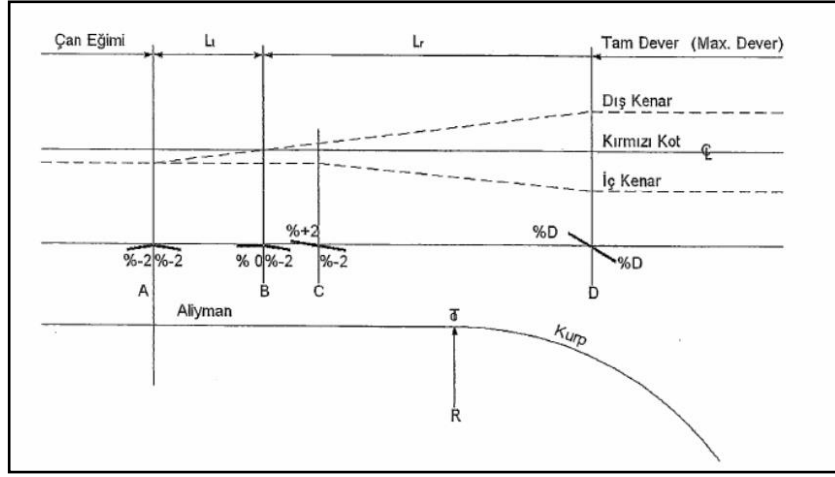
Bunun yanı sıra dever uygulaması üç değişik şekilde yapılır;

- Yolun eksenini sabit tutarak iç kenarın düşürülüp, dış kenarın yükseltilmesi
- Yolun iç kenarının sabit tutularak, eksen hattı ile dış kenarın yükseltilmesi
- Yolun dış kenarının sabit tutularak iç ve eksen hattının düşürülmesi



Şekil 2.5: Dever uygulaması yapılmış bir kurp [18]

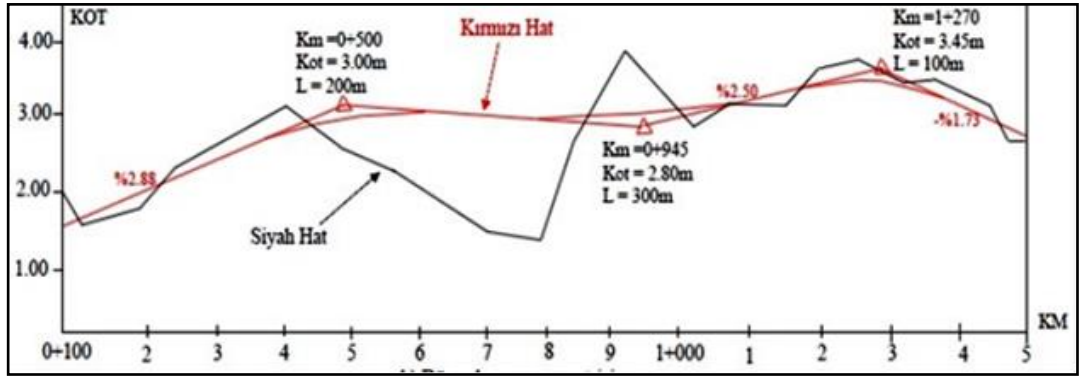
Kurplarda, dever tasarımı yapılırken güvenlik, estetik, drenaj ve konfor gibi ihtiyaçları karşılayabilmesi için aliymanlarda çatı eğiminden başlayıp kurbun içinde maksimum dever oranına ulaşacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu tasarımın yapıldığı uzunluk rakordman boyu olarak ifade edilmektedir. Rakortman boyu şekil 2.6'da görüldüğü üzere Lt ve Lr mesafelerinin toplamı olmaktadır [13].



Şekil 2.6: Örnek dever uygulaması ve rakortman boyu [13]

2.9. Düşey Konum Geometrisi

Karayolu projelerinde düşey konumlarda eğimli eksenlerden ve bu eksenleri bir birine bağlayan düşey kurplardan meydana gelmektedir. Düşey geometri, yol estetiği, drenajlar ve hendekler, karayolu güvenliği ve ekonomik şartlar göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Düşey kurplar aliyman doğrusunu bir birine bağlayan geometrik eğrilerden oluşmaktadır [13]. Düşey konum geometrisi şekil 2.7'de gösterilmiştir [19].



Şekil 2.7: Örnek karayolu düşey konum geometrisi [19]

2.10. Düşey Kurp

Düşey kurplar düşey ekseninde eğimlerin birbirine kademeli olarak geçişini sağlamaktadır. Düşey kurplar açık veya kapalı şekillerde olabilmektedir. Düşey kurpların uygulaması basit olmalı ve projede işletim açısından emniyet ve konforu, arzu edilen yol görüşünü ve yeterli drenajı sağlaması gerekmektedir. Bütçenin imkan verdiği sürece, daha uzun görüş mesafesi uzaklıkları uygulanmaktadır. Seyahat edenlerin konforu için eğimlerin değişim oranları kabul edilebilir sınırlar içerisinde

tutulmaktadır. Bu şart, yerçekimi ve düşey merkezkaç kuvvetinin aynı yönde (yöndeş) etkilemesi sebebiyle açık düşey kurplarda daha çok önem kazanmaktadır. Bununla birlikte estetik unsurlarda göz önüne alınmaktadır. Uzun kurp, kısa kurba göre çok daha iyi bir görüş imkanı sunmaktadır. Kısa kurplar profilde ani kırıklık görüntüsü vermektedir [5,17].

Bir Karayolu Projesinin Düşey Tasarımı Yapılırken aşağıda verilen bazı hususlara dikkat edilmesi karayolu tasarımının topografya ile uyumu açısından önemli olmaktadır. Bu hususları şu şekilde sıralanmaktadır;

- Sık sık değişen ve kısa uzunlukta eğimler yerine arazi topoğrafyasına uygun olan eğimler seçilerek karayolu güvenliği açısından mümkün olan en düşük eğim kullanılmalıdır.
- Sürekli eğim değiştiren boykesitlerden kaçınılıp, özellikle ağır taşıtların daha hızlı hareket etmelerine sebep olacağından tehlikeli bir durum teşkil edebilmektedir.
- Aynı yönlü iki düşey kurp arasına kısa aliyman konulması tercih edilmemektedir.
- İki düşey aliyman arasına çok kısa dere tipi düşey kurp konulmamalıdır aksi durumdagece sürüşlerinde far ışığının aydınlatma mesafesi kısa olan düşey kurbun görünmesini engelleyerek yol güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir.
- Uzun iniş eğimli boykesitlerden kaçınılıp, çok uzun inişin sonunda bir çıkış eğimi yoksa özellikle ağır taşıtların aşırı hızlanmaları trafikte tehlike yaratmaktadır.
- Uzun çıkış eğimli boykesitlerde daha dik eğimlerin alt tarafa konulmasına ve tırmanın sonuna yaklaşırken eğimin azaltılmasına veya sürekli tırmanan eğim yerine kısa mesafeli yatık eğimlerle zürekliği kesilmiş düşey eksen tasarımının yapılması önemli olmaktadır.
- Kazılarda yeterli drenajın sağlanmadığı yerlerde dere tipi düşey kurplardan kaçınılımalıdır.

2.11. Yatay ve Düşey Eksen Uyumu

Yatay ve düşey eksenler karayolunun temel unsurları olup özenle tasarımı yapılmaktadır. Yol yapımı bittikten sonra eksen bozukluklarının düzeltilmesi çok zor ve maliyetli olmaktadır. Yatay ve düşey eksen tasarımları birbirinden bağımsız

olarak yapılmamaktadır. Emniyet ve düzenli trafik akışı ile birlikte estetiğin de sağlanması en güvenilir ve ekonomik yolu yatay ve düşey eksenleri projenin başında bu bilinçle ve iyi bir uyum içinde belirlemekten geçmektedir [13]. Yatay ve düşey eksenlerin uyumunda gözönüne alınması gereken hususları şu şekilde belirtilmektedir;

- Yatay ve düşey geometrinin dengeli ve uyumlu olabilmesi için yatay kurp yarıçapları ve boyuna eğimlerin tasarımında uyum sağlanmalıdır.
- Örtüşen veya çakışan yatay ve düşey kurpların neden olacağı trafik etkileri özenle etüt edilmelidir.
- Yatay kurpların içinde düşey kurp uygulaması gerektiğinde, yol güvenliği olan etkisinin incelenmesi koşulu ile düşey ve yatay kurpların çakıştırılması genellikle daha iyi görünüm sağlamaktadır.
- Yatay ve düşey eksenler aynı yönde çok sayıda kurp kullanılarak oluşturulmamalıdır.
- Özellikle gece sürüşlerinde yol güvenliği açısından far aydınlatma mesafesi içinde yatay ve düşey kurpların görünürlüğü sağlanmalıdır.
- Kavşak yaklaşımlarında araçların yavaşlama ve durma ihtiyaçları için yatay ve düşey kurplar mümkün olduğunca büyük yarıçaplı olmalı ve gerekli görüş mesafesi sağlanmalıdır.

2.12. Kırmızı Hat ve Kırmızı Hattın Geçirilmesi

Kırmızı hat, yolun toprak işleri sonunda, yol ekseninin boykesitteki durumunu gösteren çizgi olup karayolu düşeygeometrisinin belirlenmesinde oldukça önemli bir yere sahip olmaktadır. Bir karayolu tasarımında kırmızı hat ya da proje hattı çizilirken şu hususlara dikkat edilmelidir;

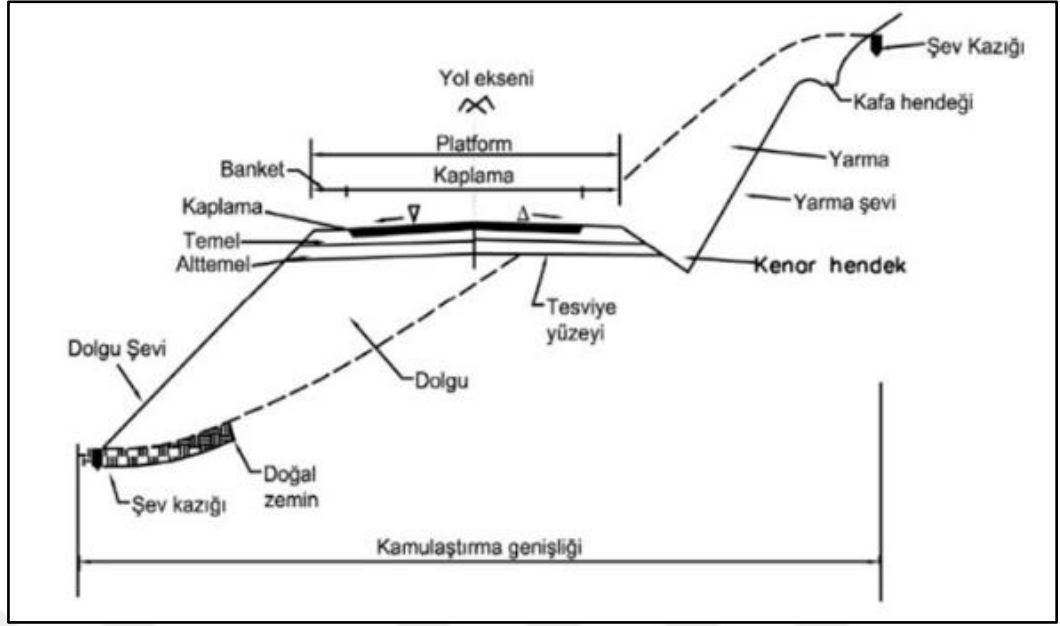
- Toprak işleri minimum düzeye indirilmelidir.
- Ana kontrol noktalarında kazı dolgu miktarı en aza indirilmelidir.
- Düşey kurp uzunlukları ve asgari görüş uzunlukları sağlanmalıdır.
- Dik eğimli bölgeler kısa mesafeli olmalıdır.
- Karayolunun doğal zeminin üstünden geçirilerek yolun su altında kalması engellemelidir.
- Nehir yataklarının kenarından geçen yollarda çizgi su yüzeyinin üstünde olmalıdır.

- Düşey kurpların yatay kurpların dışında kalacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Tek eğimli yol yapılmamalıdır.
- Hemzemin geçitlerde kurp yapımından kaçınılmalıdır.
- Menfezlerin üzerinde belir miktarda dolgu yüksekliği yapılmalıdır.
- Minimum kırmızı çizgi eğimi %0.5, maksimum eğim birinci sınıf yollarda %7, ikinci sınıf yollarda %8 ve üçüncü sınıf yollarda %10, otobanlarda ise %4-5 oranında olmalıdır [6].

2.13. Kesit Geometrisi

Karayolu projeleri tasarımı gerçekleştirilirken, yolun geçtiği topoğrafyanın yükseklik bilgisini ve projenin tasarım durumunu görmek amacıyla, yol projesinin boykesit ve enkesit bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yolun gidiş ve dönüş istikameti boyunca topografyadaki yükseklik değişimini ve kırmızı kotun nasıl tasarlanması gerektiğini projede boykesit çıkarımı ve çizimi yardımıyla elde edilmektedir. Yine karayolu projelerinin tasarımında yolun enine kesit boyunca topografyanın ve projeye ait tip kesitlerin tasarım durumu görmek ve anlamak amacı ile de yol en kesit bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enkesitler, arazinin şartlarına bağlı olarak yatay eksen boyunca belirli aralıklarla ve gerekli görülen yerlerde, dere geçişlerinde ise dere eksenini boyunca veriv olarak alınmaktadır. Enkesitler yatay eksenden itibaren sağ ve solda olmak üzere genellikle 30 m uzunluğunda alınmaktadır. Arazi yüksekliğinin ani değişim gösterdiği durumda ise şevlerin araziye kesbilmesi açısından yeterli uzunlukta alınmaktadır. Ölçekli olarak çizilen enkesitler üzerine yol gabarisinin yerleştirilmesi için yatay kurpların maksimum deyerleri belirlenip her enkesitte olması gereken deyerler hesaplanmaktadır [4].

Bir karayolu projesi tasarlanırken boykesit ölçeği 1/1000-1/2000-1/5000 gibi ölçekler olabilirken buna karşılık gelen en kesit ölçeği de 1/100-/200-1/500 arasında olabilmektedir. Karayolu tasarımındaki Enkesit geometrisi yol güvenliğinde ve trafik hacminde çok önemli bir unsuru oluşturmaktadır. Enkesit geometrisinin tasarımı, arazinin yapısına, karayolunun sınıfına, trafik hacmine ve proje hızına bağlı olarak yapılmaktadır [8,20]. Şekil 2.8’de bir karayolu projesine ait enkesit geometrisi ile ilgili bir şematik görsel sunulmaktadır.



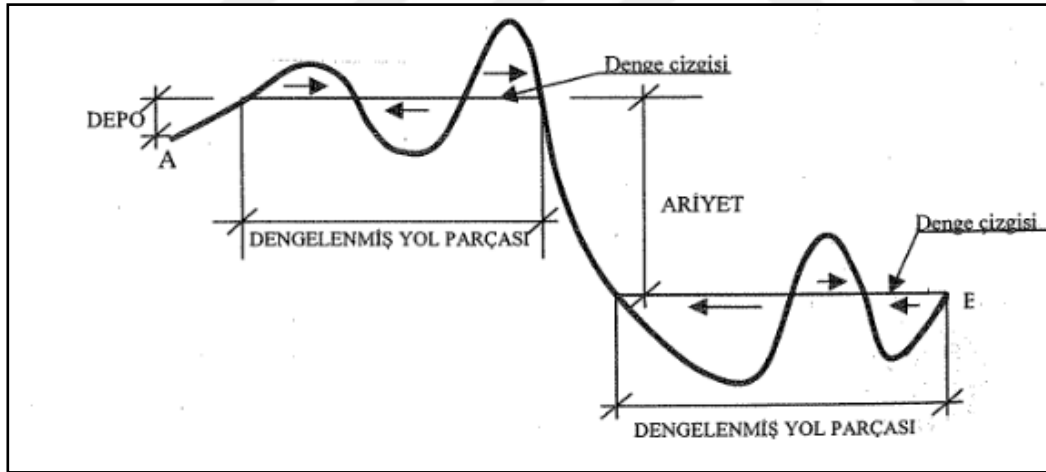
Şekil 2.8: Bölünmemiş bir yola ait enkesit [5]

2.14. Toprak Dağıtımı ve Brükner Diyagramı

Bir karayolu güzergahının her kesitinde başlangıçtan itibaren, başlangıçtaki en kesit noktasından son en kesit noktasına kadar her en kesit noktasında oen kesitten önce var olan hacimlerin (yarmaların dolgu değerleri ile ve (+) işaretle) ve dolguların (dolguların geometrik hacimleriyle ve (-) işaretle) cebirsel toplamlarının bir karşılaştırma çizgisinin (apsis ekseninde uzunluklar, ordinat ekseninde ise hacimler belirtilir) üstünde yarmaların (+) ve altında dolguların (-) belirli bir ölçekle işaretlenerek bu noktaların birleştirildiği bir diyagrama "kütleler diyagramı" veya "brükner diyagramı" denmektedir [21]. Brükner eğrisinin özelliklerinden başlıcaları şunlardır;

- Bütün minimum ve maksimum noktasına, boykesitteki bir geçiş noktası denk gelir.
- Yer çizgisi ile ayrılan kapalı alanda kazı dolguyu dengeler.
- Taşın yönleri doğru olarak gösterilir.
- Yükselen kısımlar kazıyı, alçalan kısımlar dolguyu gösterir.
- Diyagram yer çizgisinin üstünde biterse, kazı fazlası.
- Yer çizgisinin altında biterse dolgu fazlası meydana gelir.
- Diyagram tam yer çizgisinin üstünde biterse dolgu ve yarmaların toplamı sıfır olur yani kazı dolgu birbirini dengeler.

Brükner diyagramının oluşturulmasının amaçları, kazı dolgu hacim hesaplarında en ekonomik dengelemeyi sağlamak, dolgu yapımı için kullanılacak olan kazıların taşınmasında ortalama taşıma mesafesini hesaplamak ve bu taşıma mesafesine göre nakliye ödemelerin, yapmak ve taşıma mesafelerine göre en uygun nakliye makineleri grubunu (Dozer, Ekskavatör, Kamyon, Skreyper) belirlemekle beraber brükner diyagramı sonucunda çıkan nakliye mesafeleri, toprak işlerini en ekonomik olarak nasıl çözüleceğini hakkında fikir sahibi olmayı sağlamaktadır. Örneğin; brükner eğrisine göre 5 km ortalama taşıma mesafesi çıktığını gören proje mühendisleri dolgular için gerekli malzemeyi yarma kazılarından taşımak yerine maliyeti düşük olan yakın mesafedeki ariyet veya yan ariyet kazılarından dolguyu oluşturarak projede büyük ekonomik katkı sağlayabilmektedirler. Brükner diyagramı, proje mühendislerinin toprak işlerini en ekonomik duruma getirmesini sağlayan bir araç olmaktadır. Proje mühendisleri toprak dengelemesinde, projenin özelliğini dikkate alarak ve tüm ekonomik mukayeseleri yaparak en ekonomik denge çizgisine karar vermektedir [4,5,6]. Şekil 2.9'de toprak dağıtımı ve diyagramın çizimi ile ilgili görsel verilmektedir.

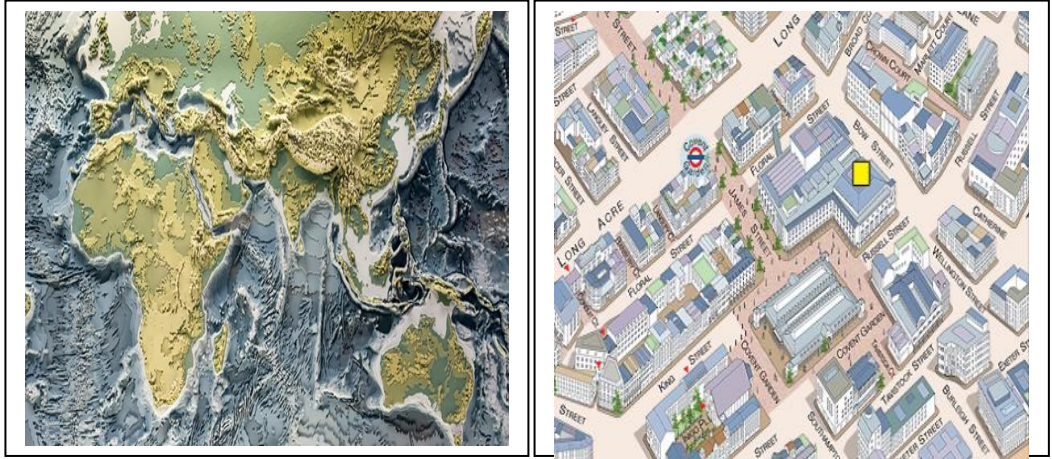


Şekil 2.9: Toprak dağıtımı ve diyagramın çizimi [5]

3. HARİTA VE PLANLARIN ÜRETİLME YÖNTEMLERİ

3.1. Harita ve Planların Yararlanma Alanları

Harita ve planların üretilmesinde kullanılan ve veri toplama tekniklerini içeren ölçme tekniği yöntemleri ve bilimi, yeryüzünün ve üzerindeki kültürel özelliklerinin biçim ve büyüklüklerinin belirlenmesinde önemli bir unsur olmaktadır. Bununla birlikte arazi içerikli çeşitli mühendislik projelerinin (karayolu, demiryolu, boru hattı vb.) hazırlanmasında ve uygulanmasında ihtiyaç duyulan, ölçü çizim ve hesaplamaların yapılmasını da kapsayan bir bilim dalı olmaktadır. Günümüzde harita ve planlarının üretilmesi ile ilgili çoğu işler arazi ve ofis ortamlarında yürütülen çalışmalar içermektedir. arazide yapılan ölçümlerin doğruluğu çizim işlerini ve üzerinde tasarımı yapılacak olan mühendislik projesinin doğruluğu etkileyeceğinden bu ölçümlerin en doğru ve hassas bir şekilde yapılması önemli olmaktadır. Ayrıca ölçülen bir arazi parçasının harita plan kesit gibi iki ya da üç boyutlu grafik modelleri elde edilebilmektedir. Bu modellerin doğru ve istenilen nitelikte olması arazi işlerinde olduğu gibi değerlendirme, çizim işleminde doğru ve yeterli incelikte yapılmasına bağlı olmaktadır [22]. Harita yapım yöntemleri ister klasik (yersel), ister fotogrametrik isterse de uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak yapıldığında ölçme doğruluğu ve hassasiyetini büyük önem arz etmektedir. Şekil 3.1 ve 3.2’de üç boyutlu model harita örnekleri verilmiştir.

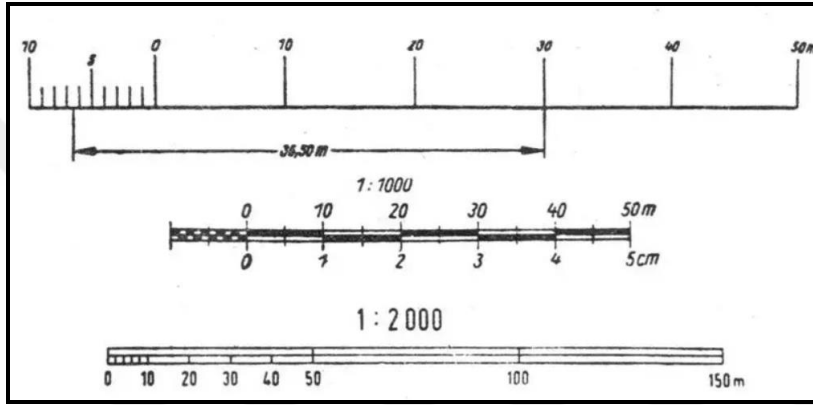


Şekil 3.1: 3D modelli bir harita [23] Şekil 3.2: 3D modelli bir şehir planı [24]

3.2. Harita ve Planlarda Ölçek ve Ölçeklerine Göre Gruplandırılması

Harita ve planlar arazinin ve üzerindeki şekillerin boyutsal olarak belirli oranda küçültülmesi ile elde edilen iki boyutlu modeller olmaktadır. Bu küçültme oranına, o modelin ölçeği adı verilmektedir. Harita ve planlarda bu oranlar; 1/500, 1/1000,

1/2000, 1/2500, 1/5000, 1/10000, 1/25000, 1/50000, 1/100000 gibi yuvarlak olan değerlerden seçilmektedir. $M=1/$ $M=1/5000$ ölçekli bir harita üzerindeki bir birim uzunluk, arazi üzerinde, gerçekte 5000 birim uzunluğa karşılık gelmektedir. Bu şekilde, payı 1, paydası 500, 1000, 10000 gibi sayılar olan bayağı kesirler ile gösterilen ölçeğe ise kesir ölçek denilmektedir. Bir diğer ölçek tipi ise grafik veya çizgisel ölçek tipi olmaktadır. Şekil 3.3’de oransal ve çizgisel ölçek gösterilmektedir. Ölçek, harita ve planların en önemli unsurunu oluşturmaktadır ve harita-planın hazırlanış amacı, yer verilecek bilgilere ait ayrıntılar, doğruluk derecesi, ekonomik faktörler gibi unsurlar gözönünde bulundurularak belirlenmektedir.



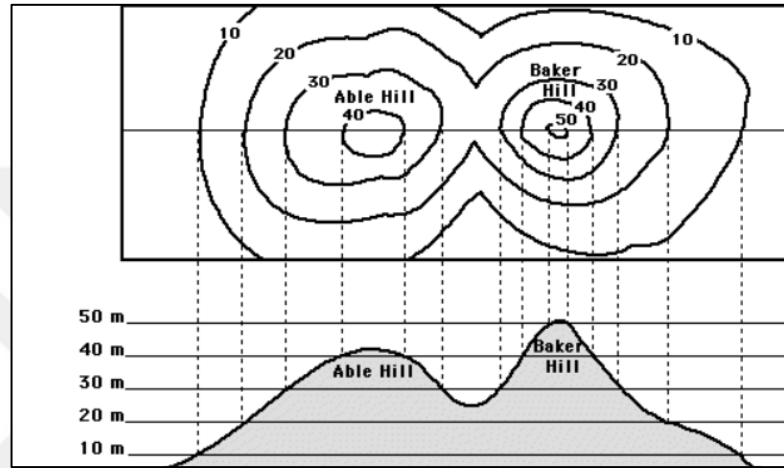
Şekil 3.3: Oransal ve çizgisel ölçek [25]

Harita ve planların ölçeklerine göre gruplandırılması ise aşağıda belirtildiği şekilde yapılmaktadır;

- Büyük ölçekli haritalar; Ölçekleri 1/500-1/5000 arasında olan haritalar, genellikle plan olarak adlandırılır. Bunlar ait oldukları arazi ile ilgili detaylı bilgiler içermektedir. Çeşitli mühendislik projeleri ile ilgili işlerde ve mülkiyet sınırlarını göstermede bu gruba giren haritalardan yararlanılmaktadır.
- Orta ölçekli haritalar; Ölçekleri 1/10000-1/50000 arasında olan haritalardır. Daha çok askeri amaçları için ve çeşitli mühendislik projelerinde arazi ile ilgili ilk etüt ve araştırmaların yapımında kullanılmaktadır.
- Küçük ölçekli haritalar; Ölçekleri 1/100000 ve daha küçük olan haritalardır. Stratejik amaçlar için ve çeşitli konulardaki bölge ve ülke planlamalarında kullanılmaktadır.

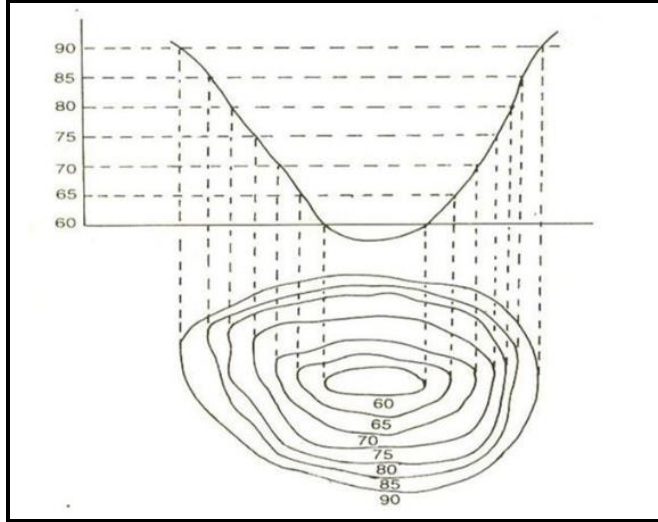
3.3. Topografik Haritalarda Yeryüzünün Topografik Yapısının Gösterilmesi

Üzerinde biri büyük, diğeri küçük, yan yana iki tepe bulunan bir arazinin, deniz yüzeyinden itibaren 100,110,120,130 ve 140 m yüksekliklerden geçen yatay düzlemlerle arazinin yapmış olduğu arakesitlerin bir yatay düzlem üzerindeki projeksiyonları “yükseklik eğrileri” olarak adlandırılmaktadır. Her bir arakesit üzerindeki tüm arazi noktalarının yükseklikleri olduğundan, bu eğrilere “eşyükseklik veya düzeç eğrileri” de denir. Şekil 3.4’de eşyüksek eğrileri örneklendirilmiştir.



Şekil 3.4: Topografik haritalarda eşyükseklik eğrileri [26]

Topografik harita ve planlarda yeryüzünün topoğrafik yapısını yansıtmada be eğrilerden faydalanılmaktadır. Arazideki bir çöküntü özelliğinin de bu yöntem ile topoğrafik haritada yansıtılması görülmektedir. Yeryüzündeki morfolojik şekiller olan dağ, tepe, çukur, vadi, düzlük, yamaç gibi unsurların harita ve planlar üzerinde en uygun şekilde gösterilmesi bu yükseklik eğrileri ile mümkün olabilmektedir. Şekil 3.5’de topoğrafik haritada çöküntüsünün yansıtılması gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Topoğrafik haritalarda çöküntüsünün yansıtılması [27]

3.4. Eşyükseklik Eğrilerinin Özellikleri

Yükseklik eğrileri ve yansıttıkları arazi yapısı ile ilgili önemli özelliklerin şu başlıklarda özetlenmektedir;

- Bir yükseklik eğrisi üzerindeki tüm noktalar aynı yüksekliktedir.
- Her yükseklik eğrisi, ait olduğu pafta içinde veya dışında kendi üzerinde kapanır.
- Pafta içindeki kapalı eğriler, tepe veya çukur biçimli arazi yapısını gösterirler.
- Yükseklik eğrileri arazinin en büyük hatlarını izleyen dere, su ayırım çizgisi gibi hatları dik olarak keserler.
- Farklı kotlu yükseklik eğrilerinin birbirleri ile kesişmesi söz konusu olmamaktadır.
- Ara mesafeleri fazla değişken ve düzensiz olan ardışık eğriler, engebeli arazi yapılarını; birbirine eşit aralıklı ardışık eğriler ise düzgün eğimli arazi yapısını yansıtmaktadır.

3.5. Topoğrafik Haritalardan Elde Edilen Bilgiler

Madencilik, ulaşım, imar gibi arazi içerikli çeşitli proje çalışmalarında, daha çok, topoğrafik haritalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmaların her aşamasında arazinin, özellikle 1/1000-1/5000 arası büyük ölçekli haritalardan sağlanacak bilgilerine gereksinim duyulmaktadır. Bu tür topoğrafik haritalardan elde edebilecek bilgileri şu başlıklarda incelemek mümkün olmaktadır;

- Yeryüzünün topoğrafik yapısıyla ilgili bilgiler
- Drenaj ağı, akarsu ve durgun su kaynakları ile ilgili bilgiler
- Kültür yapıları ve insan faaliyetleri ile ilgili bilgiler
- Bitki örtüsü ve tarımsal faaliyetler ile ilgili bilgiler
- Ölçme tesisleri ve referans sistemleri ile ilgili bilgiler

Topoğrafik haritalardan elde edebilecek bir diğer bilgiler olan sayısal içerikli bilgileri ise şu şekilde incelemek mümkün olmaktadır;

- Nokta konumu ile ilgili sayısal bilgiler
- İki nokta arasındaki yükseklik ile ilgili sayısal bilgiler
- İki nokta arasındaki arazi eğimi ile ilgili sayısal bilgiler
- İki nokta arasındaki arazinin topoğrafik kesiti ile ilgili sayısal bilgiler
- İki nokta arasındaki arazinin doğrusal hattın doğrultu açısıyla ilgili sayısal bilgiler
- Yatay uzunlukların belirlenmesi ile ilgili sayısal bilgiler

3.6. Harita ve Planların Hazırlanmasında Kullanılan Yersel Yöntemler

Karayolu projelerinin hazırlanmasında ve projelerinin çizilmesinde önemli bir yere sahip olan uygulamalarda çoğunlukla yersel yöntemler kullanılmaktadır. Yersel yöntemlerle hazırlanan halihazır harita ve planlar için ilk öncelikle arazide yer kontrol noktalarının tesis edilmeleri için istikşaf ve etüt çalışmaları yapılmaktadır. Arazide yapılan bu çalışmalar sonrasında yer kontrol ya da jeodezik ölçme ağı noktaları tesis edilmektedir. Tesis edilen bu noktalar daha sonra yersel ölçmeler yapılarak koordinatları belirlenmektedir. Koordinatları (X,Y,Z) belirlenen bu yersel ölçme noktalarından faydalanarak arazideki ayrıntı noktalarının (mevcut yol ve mevcut yol ağları, arazideki doğal şekiller, binalar, elektrik, su, kanalizasyon, doğal gaz vb. altyapı hatları vb...) koordinatları belirlenerek halihazır haritanın çizim işlerine geçilmektedir. Çizim işleri uygulanırken, kartoğrafik kurallara ve büyük ölçekli haritaların yapım yönetmeliği dikkate alınarak, çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Günümüzde bu ölçümler GPS ya da GNSS (Global Positioning System ya da Global Navigation Satellite Systems) gibi uzaysal sistemlerin yanında (LİDAR) yersel laser tarama sistemleri, elektronik uzaklık ölçerler (EUÖ) teodolit ve sayısal ve optik nivo gibi ölçme cihazları

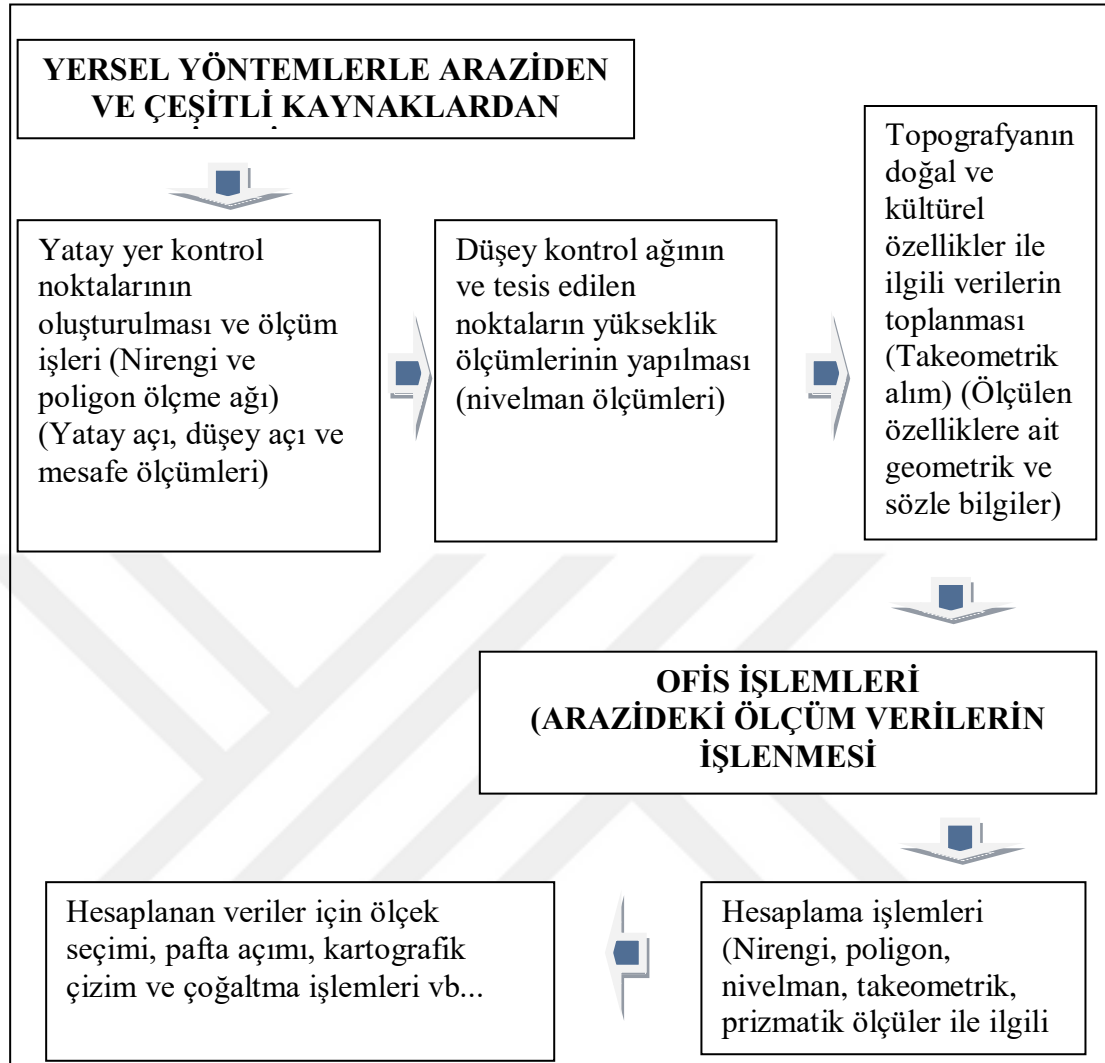
kullanılmaktadır. Şekil 3.6a, Şekil 3.6b, Şekil 3.6c ve Şekil 3.6d'de yersel ölçme ekipman ve cihazları ile ilgili görseller sunulmaktadır.



Şekil 3.6. a,b,c ve d: Elektronik Total Station, GPS ya da GNSS, yersel Lidar sistemleri ve Nivo ile yapılan yersel ölçme çalışmaları [28,29,30,31]

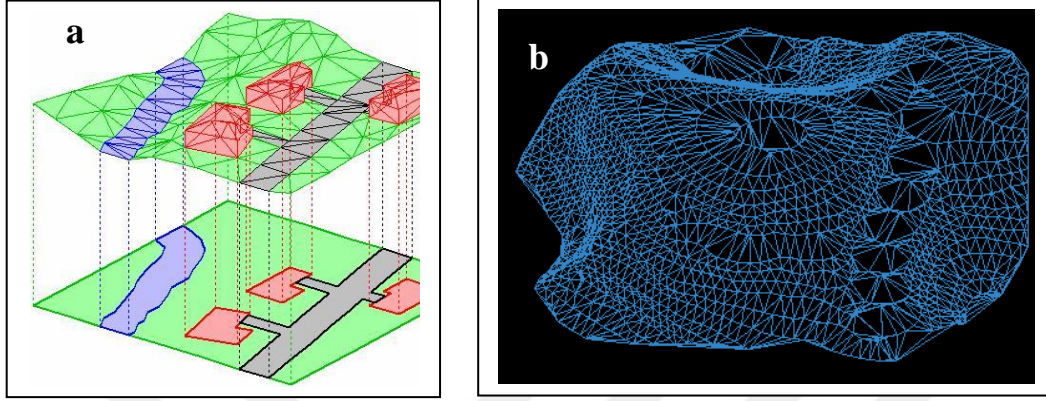
Yapılan bu yersel ölçümlerin hassasiyeti, üretilen haritanın hassasiyetini etkilemektedir. Dolayısıyla bu harita üzerinde yapılan karayolu tasarım çalışmaları da üretilen haritanın hassasiyetinden etkilenmektedir. Bu sebeple karayolu ve demiryolu gibi ulaşım projelerinin tasarımında kullanılacak olan haritaların hassass bir şekilde üretilmesi de önem arz etmektedir. Bir yersel çalışmada genel olarak aşağıda verilen çizelge 3.1'de işlem adımları izlenebilmektedir [22].

Çizelge 3.1: Jeodezik yöntemle hazırlanan harita ve planlar için işlem adımları [22].



Yersel yöntemlerle yapılan harita ve plan çalışmalarında ilk olarak yatay yer kontrol noktalarının arazide optimum bir şekilde tesis edilmesi gerekmektedir. Bu işlem yapılırken haritası yapılacak arazi, mümkün olduğu kadar temsil edilmesi gerekmektedir. Yapılan bu istikşaf ve etüt çalışmaları sonrasında jeodezik noktalar arazide tesis edilmektedir. Bu noktalar pilye şeklinde olabileceği gibi beton taşlar ya da demir borular şeklinde olabilmektedir. Sonrasında arazide tesis edilen yer kontrol ölçme ağının röper alma işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemler bittikten sonra noktaların X ve Y yatay koordinatların belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlemler total station ya da GPS sistemleri ile olabilmektedir. Noktaların X ve Y koordinatları için ölçümler tamamlandıktan sonra Z koordinatı belirlenmesi ya da yüksekliklerinin belirlenmesi işlemi nivelman ölçümü aracılığıyla yapılmaktadır. Bu ölçümlerde nivo ve miralar kullanılmaktadır. Özellikle arazinin sayısal yükseklik modelinin (SYM) belirlenmesinde nivelman işlemi önem arz etmektedir. Sayısal yükseklik modelleri

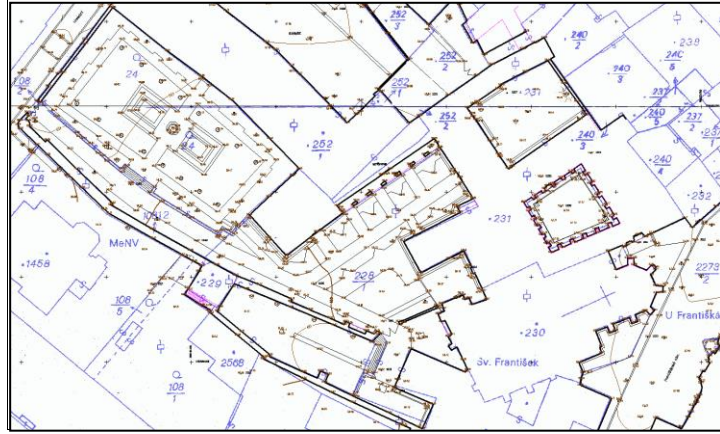
bir karayolu ve demiryolu projelerinde arazinin ya da topografyanın yükseklik değişimini ve eğim durumu göstermede önemli bir unsur olmaktadır. Özellikle hacim ve hakediş hesaplamalarında hassas olarak üretilmeleri gerekmektedir. Şekil 3.7a ve 3.7b’de sayısal yükseklik modeli görselleri verilmektedir.



Şekil 3.7a ve b: Topografik bir arazinin 3 boyutlu sayısal yükseklik modeli çalışmaları [32,33]

Bu işlemler yapıldıktan sonra, bir karayolu projesine altlık olacak harita ve planların yapımı için, arazideki doğal ve kültürel özellikler ile ilgili bilgilerin ve verilerin toplanması ve ölçülmesi gerekmektedir. Bu işlemler arazide takeometrik detay alımı kapsamında gerçekleştirilmektedir. Ayrıca ölçülen bu topografik özelliklere ait geometrik ve sözel bilgiler bu aşamada toplanmış olmaktadır [22]. Yine bu aşamada topografyada bulunan mevcut yol ve mevcut yol ağları, arazideki doğal şevler, binalar, elektrik, su, kanalizasyon, doğal gaz vb. altyapı hatları vb. noktasal, çizgisel ve alansal özelliklerin koordinat bilgileri ile ilgili bilgilerde toplanmış olmaktadır. Bu kısımda Total Station ve GPS ya da GNSS sistemleri, ölçüm ekipmanı olarak kullanılabilirlerdir.

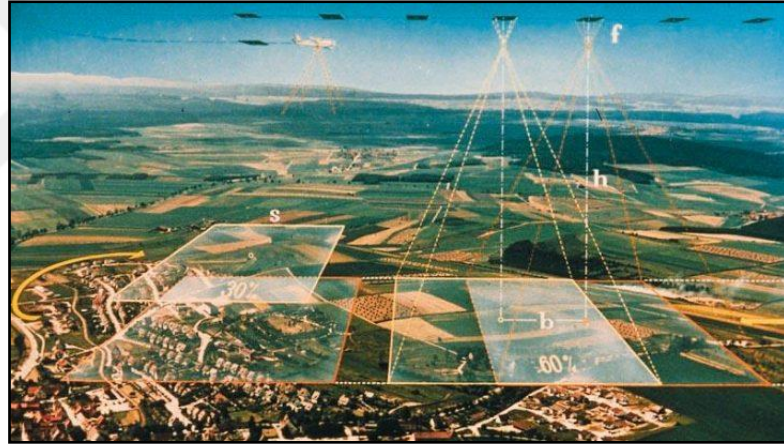
Arazide yapılan bu yersel ölçümler sonrasında ofis ortamına geçilerek arazide toplanmış ve ölçülmüş bilgilerin hesap işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalar nirengi, poligon noktalarının yatay (X,Y) ve düşey (Z) konumlarının belirlenmesiyle birlikte arazideki topografik detay noktalarının konum hesaplamalarını da içermektedir. Bu hesaplamalar takeometrik, prizmatik, nivelman ile ilgili hesaplamalar olmaktadır. Bu hesaplamaların ardından kartoğrafik çizim işlemleri gerçekleştirilerek uygun ölçekteki halihazır harita ve planların yapımı tamamlanmaktadır. Şekil 3.8’de yersel yöntemlerle hazırlanmış halihazır harita örneği verilmektedir.



Şekil 3.8: Yersel yöntemle hazırlanmış halihazır harita örneği [34]

3.7. Harita ve Planların Hazırlanmasında Hava Fotogrametrisi Yöntemi

Karayolu projelerinin hazırlanmasında ve projelerinin çizilmesinde yersel yöntemlerin yanında hava fotogrametri yöntemi de çoğunlukla kullanılmaktadır. Fotogrametri öncelikle bir harita yapım yöntemidir. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9: Hava fotogrametrisi ile harita yapım yöntemi [35]

Günümüzde dünyanın çeşitli ülkelerinde ve Türkiye’de büyük ve orta ölçekli haritaların üretiminde uzun yıllardan beri başarı ile uygulanmaktadır. Hava fotogrametrisi yönteminde aşağıda açıklanan maddelerde ve Çizelge 3.2 de belirtilen harita üretim süreçlerini takip ederek gerçekleştirilmektedir.

1. Haritası yapılacak olan alanda belirli sıklıkta noktalar tesis edilmektedir. Hava fotoğrafının çekiminden önce bu noktaların fotoğrafta görülecek biçimde hava işaretlemeleri yapılması gerekmektedir. (Şekil 3.10)



Şekil 3.10: Hava fotogrametrisindeki yer kontrol nokta tesisleri [36]

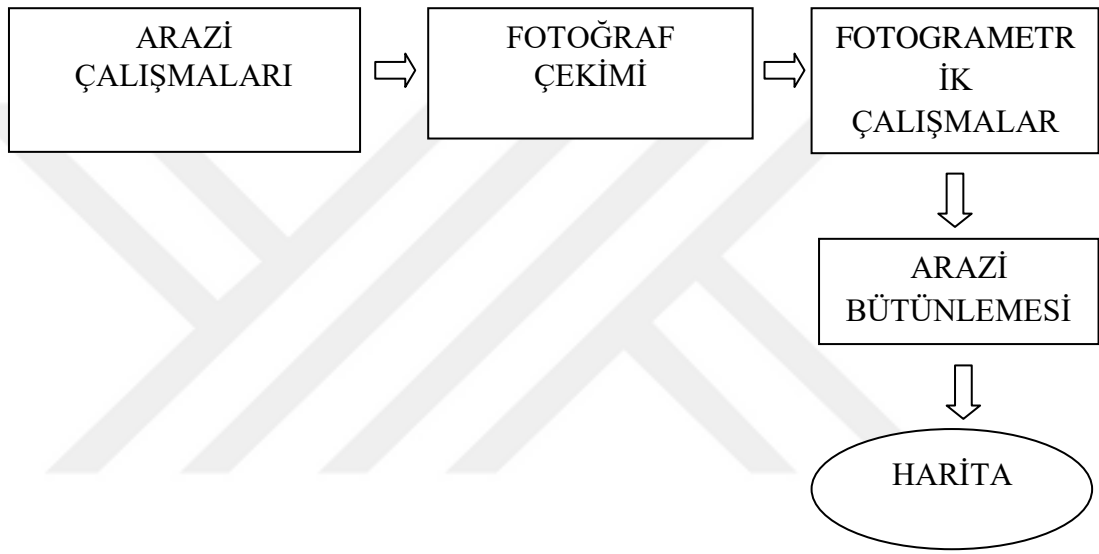
Bu noktalara koordinat verebilmek için açı kenar ve yükseklik ölçümü yapılarak arazide çalışmalar yapılmaktadır. Varsa bu noktaların koordinatlarını daha önce oluşturulan bir ülke koordinat sistemine bağlanmaktadır. Böylece bu çalışmalar sonucunda fotoğraflarda görülebilen kontrol noktalarının X,Y,Z koordinatları bulunmuş olmaktadır [26].

2. Yapılacak olan uçuş planına göre yerdeki hava işaretlerinin tamalanmasından hemen sonra uçaktaki özel bir kamera ile harita alanının fotoğrafları çekilmektedir. Daha sonrasında filmlerin banyoları yapılarak, bu filmler üzerinde ölçümler yapılarak diyapozitif fotoğraflar basılmaktadır [37].
3. Fotogrametrik değerlendirme cihazlarında koordinatı bilinen veya bilinmeyen tüm hava işareti noktalarının koordinatları ölçülür ve bir dizi hesaplamadan sonra koordinatları bilinmeyen noktaların da koordinatları bulunur. Bu noktaların koordinatları yardımıyla ve stereo değerlendirme cihazından arazinin 3 boyutlu küçütülmüş vegeometrik olarak tam benzeri bir stereo model oluşturulmaktadır. Günümüzde bu 3 boyutlu arazi modelleri bilgisayar ortamlarında dijital olarak üretilmektedir. Bu 3 boyutlu modelden haritanın amacı ve ölçeği ile ilgili gerekli olan ayrıntılar ve eş yükselti eğrileri çizilmektedir [37].
4. İlk çizimler araziye götürülerek arazi ekiplerince çizilmeyen kısımlar var ise bu eksikler giderilmektedir. Daha sonraki aşamada, Yer, semt, yol adları ve diğer sözel bilgiler çizilen haritaya eklenmektedir. Genel bir denetim içeren bu çalışma sonunda orijinal bir harita elde edilmektedir. Daha sonra kartografik işlemlerle baskı çalışmaları yapılmaktadır [37].

Bu süreçten de anlaşılacağı üzere fotogrametrik yöntemle harita üretiminde arazi çalışmaları tamamıyla ortadan kalkmamaktadır. Çalışmaların başında ve sonunda

araziye başvurma ve arazide çalışma kaçınılmaz olmaktadır. Ne var ki arazi çalışmalarının yoğun bölümünü oluşturan ayrıntı ölçümleri büroya ya da laboratuvara taşınmaktadır. Haritacılık açısından fotogrametrinin gelişmesine neden olan temel düşünce, pahalı olan arazi çalışmalarının olabildiğince daha ucuz olan büro çalışmalarına dönüştürmektir. Günümüzde bu arazi çalışmaları daha da aza indirilmektedir [37]. Sonuç olarak günümüzde fotogrametri harita üretiminde vazgeçilmez bir yöntem olmaktadır. Çizelge 3.2’de harita üretim süreçlerinin adımları belirtilmektedir.

Çizelge 3.2: Harita üretim süreçleri şeması [38]



Bugünkü bilgisayar teknolojisi imkanları, arazi ile bağlantılı her türlü bilginin birarada bulunabildiği, kolayca kullanılabilirdiği sistemler sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Arazi Bilgi Sistemi (ABS) adı verilen bu sistemler ile araziye ilişkin çalışmalarda, kararlarda sistemin sağladığı, sorgulama olanakları ile istenilen bilgiye kolayca ulaşılabilmekte arazi ile ilgili tasarımlar bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir [37].

3.8. Fotogrametrinin Diğer Uygulama Alanları

Fotogrametri harita üretimi dışında pek çok farklı alanlarda da yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından bazı başlıkları şu şekilde sıralamak mümkün olmaktadır [37] ;

- Ormancılık
- Tarım

- Kent Planlaması
- Etüt-Proje
- Arkeoloji
- Mimarlık

3.9. Fotogrametrinin Sınıflandırılması

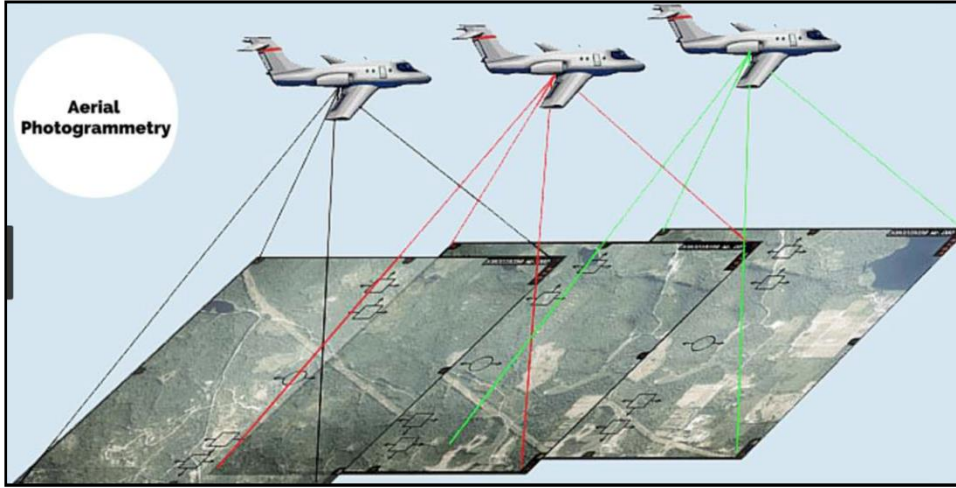
Fotogrametride kullanılan kameranın durumuna göre, ölçümü yapılacak olan nesnenin yakın ve uzak oluşuna göre, edinilmek istenen bilginin türüne göre, değerlendirme yöntemine ve uygulama alanlarına göre fotogrametrik sınıflandırmalar yapılmaktadır. Fotogrametrik sınıflandırmalar, aşağıda belirtilen yöntemler yapılabilmektedir;

- Yersel Fotogrametri; yer üzerinde bulunan bir noktadan çekilmiş fotoğraflarla yapılmış olan fotogrametrik yöntemdir.
- Hava Fotogrametrisi; Bir uçaktan veya bir hava aracında bulunan bir kamera ile çekilmiş fotoğraflarla çalışan fotogrametrik yöntemdir.
- Yakın Resim Fotogrametrisi; nesne-kamera uzaklığı en fazla 300 m olan fotogrametrik yöntemdir.
- Foto-Yorumlama; fotoğrafik dokuyu inceleyerek nesnelere ve yakın çevre hakkında bilgi üreten, arazinin yapısını ve yüzeysel özelliklerini inceleyen fotogrametrik yöntemdir.
- Metrik Fotogrametri; fotoğraflardan konum, yükseklik, uzaklık, alan ve hacim gibi metrik bilgilerin alınmasını ya da doğrudan doğruya harita çizimini amaçlayan fotogrametrik yöntemdir.
- Topoğrafik Fotogrametri; topoğrafik harita üretimi ile ilişkili haritacılık fotogrametrisi yöntemidir.
- Topoğrafik Olmayan Fotogrametri; topoğrafik harita yapım ve topoğrafik ölçmeler dışında, başka bir tabir ile haritacılık fotogrametrisi dışında kalan bir yöntemdir.
- Kadastro Fotogrametrisi; kadastro haritalarının yapımında uygulanan yöntemdir.
- Jeodezik Fotogrametri; jeodezik nokta üretiminde uygulanan yöntemdir.
- Endüstri Fotogrametrisi; yapı mühendisliğinde, metalurji, madencilik, gemi ve uçak yapımı, otomatik sanayi vb. uygulanan yakın resim fotogrametrisi yöntemidir.

- Mühendislik Fotogrametrisi; mühendislik projelerinin hazırlanmasında vb çalışmalarda uygulanan yöntemdir.
- Mimarlık Fotogrametrisi; özellikle tarihsel değeri olan yapıların belgelendirilmelerinde uygulanan yöntemdir.
- Analog Fotogrametri; değerlendirmelerin özellikle harita çizimlerinin analog olarak yapıldığı topoğrafik fotogrametri yöntemidir.
- Analitik Fotogrametri; çözümlerin matematiksel yöntemlerle yapıldığı, bilgisayar destekli bir yöntemdir.
- Sayısal (Dijital) Fotogrametri; sayısal fotoğraflarla ve iş istasyonlarında çalışan bir yöntemdir.
- Tek Resim Fotogrametrisi; tek tek fotoğrafları kullanarak metrik bilgiler üretmeyi amaçlayan, foto-plan, foto-mozaik üreten bir yöntemdir.
- Çift Resim Fotogrametrisi; ortak alanları alan fotoğraf çiftlerinin üzerinde ölçümler yaparak bilgiyi üretmeyi amaçlayan fotogrametrik yöntemdir. Stereo fotogrametrisi de denmektedir.
- Ortofotografi; çizgi harita ile aynı geometrik doğruluğu sağlayan haritaların üretimi ilgilenen yöntemdir.
- Uzaktan Algılama; geniş alanlarda, nesne ile doğrudan temas halinde bulunmayan bir tür kayıt sistemi ile çalışan sistemlerdir [37].

3.10. Hava Fotoğrafı

Genellikle fotogrametrik işlemler, farklı noktalardan çekilen fotoğraflar ile başlamaktadır. Hava fotogrametrisi için çekilen fotoğrafları temel özellikleri, fotogrametrinin diğer dallarında değişiklikler yaparak kullanılmaktadır. Çekilen fotoğrafların düşey yönde olması beklenmektedir. Ancak bu durum bazı zamanlar mümkün olmayabilmektedir. Şekil 3.11’de gösterildiği üzere hava fotogrametrisinin ve düşey bir fotoğrafın geometrisinin örneği gösterilmektedir. Eğer fotoğraflar analog olarak alındıysa bu fotoğraflar banyo işleminde geçirilerek diapositif hale getirilmektedir. Daha sonra fotogrametrik değerlendirme cihazları kullanılarak değerlendirme yapılması gerekmektedir. Burada ki ana hedef çekilen fotoğraflardan arzu edilen bilgilerin alınması ve ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması olmaktadır [38].



Şekil 3.11: Uçaktan yapılmakta olan bir hava fotoğrafı çekimi [39]

Bu değerlendirmeler ve ölçümlerden sonra stereo değerlendirme aşamasına geçilmektedir. Buradaki temel prensip farklı iki noktadan çekilmiş olan fotoğraflar ile üç boyutlu bir sayısal model oluşturabilmektir. Bu işlemler analog veya matematiksel yöntemler kullanılarak modellenmektedir. Stereo modeli oluşturabilmek için, fotoğraf çekimi esnasında ki koşulların değerlendirme cihazında veya matematiksel olarak oluşturulması gerekmektedir. Bu durum iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşama karşılık yöneltmesi, ikinci aşama ise mutlak yöneltmesidir.

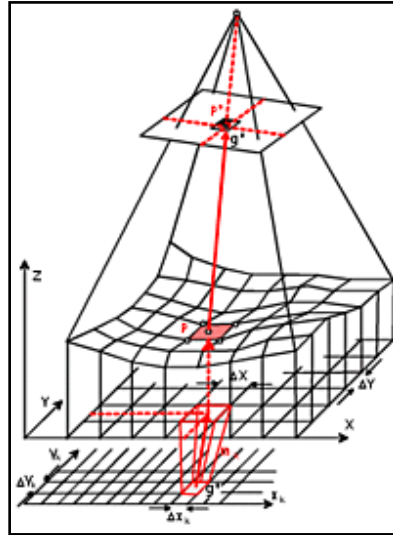
Karşılıklı yöneltmede bütün eğiklikler ve dönüklükler giderilmektedir. Mutlak yöneltmede ise model yatay konuma getirilerek arazi koordinat sistemi ile ilişkisi kurulmaktadır. Matematiksel olarak yöneltme, resim koordinatlarından arazi koordinatlarına geçiş şeklinde yapılmaktadır. Arazi koordinatları ile resim koordinatları arasındaki ilişkiyi ifade eden bağıntı şu şekilde gösterilmektedir (3);

$$\begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ z - z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + mR \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (3)$$

Burada, X_0 , Y_0 , Z_0 fotoğraf çekim noktasının koordinatlarını, m ölçek faktörünü ve R ise iki sistem arasındaki dönüklük matrisini göstermektedir. Bütün bu işlemler sonucunda hedef arazi üzerindeki herhangi bir detayın üç boyutta ki koordinatlarının belirlenmesi olmaktadır [38].

3.11 Ortofoto

Çizgisel ve grafiksel haritalar fotogrametrik yöntemlerle üretilmektedir. Ancak bu haritalar arazi üzerindeki tüm bilgileri içermemektedir. Oysaki bir çok meslek grubunda (mimarlık, coğrafya, orman, jeoloji, ziraat) haritadan çok daha fazla bilgi alınmasını istemektedir. Ortofoto bu beklentilere karşılık verebilecek fotogrametrik yöntemlerle üretilen temelde bir foto-haritadır. Ortofoto, bir fotoğrafın diferansiyel yataylanması veya eğikliklerin giderilmesi ve yükseklik farklarının ortadan kaldırılması şeklinde tanımlanmaktadır [40]. Başka bir ifadeyle ortofoto haritalar, fotoğraf eğikliği ve arazi yüksekliğinin her noktada farklı olmasından dolayı resim hatalarının çözümlendiği ve üzerinde ki her doğrultuda ölçeğin sabit kaldığı fotoğraf tabanlı haritalar olmaktadır [38]. Çekilen bir fotoğraftan ortofoto üretimi yapabilmek için bir takım işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler hem X,Y düzlemi için hem de Z düzlemi için yapılmaktadır. Geleneksel ortofoto üretiminde bütün işlemler bu doğrultuda geliştirilmiş özel ölçme değerlendirme cihazlarıyla yapılmaktadır. Çekilen bir fotoğraf eğiklik ve dönüklüklerden dolayı biçim bozukluğuna uğrayabilmektedir. Şekil 3.12’de merkezi projeksiyonla oluşturulmuş orijinal fotoğraftaki grid, geometrik bir transformasyon sonucu ortogonal projeksiyon olan haritadaki bir gride çevrilimektedir [38].



Şekil 3.12: Orijinal halde bulunan gridin, geometrik dönüşüm sonucu ortogonal bir gride çevrilmesi [41]

Bu işlem, optik aletler kullanılarak bir fotoğrafın diferansiyel kısımlara bölünerek yeniden çekilmesi ile elde edilmektedir. Bununla birlikte fotoğraf üzerinde yükseklik farkında doğan hatalar bu şekilde düzeltilmiş olmaktadır. Üretilen ortofoto

haritalardan irtifa bilgisi elde edebilmek için, sayısal yükseklik modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı, ortofotolar, sayısal yükseklik modeli (SYM) üzerine yapılandırılmaktadır. Ortofoto üretimindeki temel amaç, kamera koordinat sistemindeki görüntü matrisinin, arazi koordinat sisteminde (x,y) görüntüye dönüşümünden meydana gelmektedir. Bu dönüşümdeki temel amaç, resim eğikliklerini ortadan kaldırmaktır. Ayrıca dönüşüm için xy- düzlemine ait grid noktalarının z değerinin bilinmesi gerekmektedir. Burada önemli olan nokta, dönüşüm sonucunda yeniden örnekleme sonucunda piksellerin grid değerlerinin değiştirilmemesi gerekmektedir. Geometrik yatay düzeltme ile beraber radyometrik düzeltmede gerekmektedir. Yeniden yapılan örneklemede en yakın komşuluk, bilinear dönüşüm ve biküçük dönüşüm yöntemleri kullanılmaktadır [38].

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin çok ileri düzeyde olmasıyla birlikte, dijital ortofoto üretimi harita uygulamalarında da çokça ön plana çıkmaktadır. Geleneksel ortofoto üretiminden farklı olarak dijital ortofotolar bilgisayar ortamlarında yapılmaktadır. Ortofoto haritaları üretebilmek için, bu fotoğrafa ilişkin model yöneltme bilinmeyenleri ve sayısal arazi modeline ihtiyaç duyulmaktadır [42]. Hava fotoğraflarının istenilen piksel boyutlarında taranarak bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Fotogrametrik nirengi ölçmeleri ve dengeleme işlemlerinden sonra her fotoğrafa ilişkin yöneltme bilinmeyenleri elde edilmektedir. Uygun enterpolasyon yöntemleri ile sayısal arazi modelleri üretilmektedir. Daha sonra ortofoto görüntüleriyle oluşturulan arazi modeli uygun yazılımlar kullanılarak çakıştırılmaktadır. Oluşan bu ortofoto görüntülerle pafta kenar bilgileri, eşyükseklik eğrileri, grid çizgileri gibi vektörel bilgiler de eklenebilmektedir. Ortofoto haritaların kalitesini etkileyen en önemli etkenlerden biri hava fotoğrafının ölçeğinin seçimi olmaktadır. Ayrıca fotoğraf kalitesinde yüksek olması gerekmektedir. Bunun için hava fotoğrafının optimum piksel boyutunda taranmış olması gerekmektedir. Temel olarak ortofoto haritalarının doğruluğu direkt olarak sayısal arazi modeline bağlı olmaktadır[38]. Dijital ortofotonun klasik ortofotya göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunları şöyle sıralamak mümkün olmaktadır;

- Dijital ortofotolar CBS verisi olarak depolanabilmektedir.
- Dijital ortofotolar çok bantlı sınıflama, detay tanıma, görüntü katmanlama gibi metatlarla analiz edebilmektedir.
- Çok iyi komşulukla foto-mozaik üretimi yapabilmektedir.

- Kenar belirleme işlemleri uygun filtremeler ile yapılabilmektedir.
- Görüntü içeriği, renk ayarı ve kontrast ayarı işlemlerini yapabilmektedir.
- Hızlı bir şekilde ve yüksek doğruluk ile harita üretimi sağlamaktadır.
- Yüksek bir geometrik doğruluğa sahip olmaktadır [38].

3.12. Sayısal Yükseklik Modeli

Fotogrametrinin en temel işlevlerinden biride Sayısal Yüksek Modelleri (SYM) olmaktadır. Bu işlemlerin tamamı bilgisayar ortamlarında olmaktadır. SYM, verilerinin profiller boyunca veya belirli bir grid ağı noktalarında ölçümü ve çizimi mümkündür. SYM verileri yardımı ile eş yükseklik eğrileri doğrulukla hesaplanabilmektedir [43]. Genellikle SYM verileri ortofoto haritaların üretiminde, iki boyutlu CBS katmalarına üçüncü boyutun verilmesinde kullanılmaktadır. CBS içerisinde SYM verileri çok yönlü bir şekilde kullanılmaktadır. Bunları şu şekilde ifade etmek mümkün olmaktadır;

- Gölge haritaların oluşturulması
- Topoğrafik amaçlı perspektiflerin oluşturulması
- Eğim haritalarının yapılması
- Arazide görülen-görülme yerlerin analizinin yapılması
- Sayısal eğim modellerinin yapılması

Eşyükseklik eğrilerinin hesaplanması ve çizilmesi şeklinde sıralanabilmektedir [38,44]. Şekil 3.13'de sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş bir harita gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş bir harita [45]

3.13. Dijital Fotogrametri

Dijital fotogrametri elektronik cihazlarla kaydedildikten sonra bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Klasik fotogrametride ise kamera görüntüleri fotoğrafik olarak kaydedilmektedir. Bu durum, aynı zamanda bu iki yöntemi birbirinden ayırt eden en önemli özellik olmaktadır [46]. Bundan sonraki süreçler bilgisayarlar üzerinden devam etmektedir. Dijital fotogrametride girdi olarak taranmış fotoğraflar yada dijital kameralardan alınan görüntüler veri olarak kullanılmaktadır. Dijital görüntülerin en küçük elamanına piksel adı verilmektedir. Her bir piksel kapladığı arazi yüzeyi ile ilgili bilgiler taşımaktadır. Pikseller siyah-beyaz bir görüntüde 0 ile 255 arasında bir değer almaktadır. Bu değerlere gri seviyesi veya yoğunluğu denmektedir. Renkli görüntülerde kırmızı, mavi ve yeşil olmak üzere üç tip renk katmanı bulunmaktadır [38,47]. Dijital görüntülerin elde edilmesi, dijital fotogrametrideki en önemli aşama olmaktadır. Bu görüntüler iki şekilde elde edilmektedir. Birincisi, direkt olarak dijital görüntü alan kameralar, ikincisi ise analog kameralar tarafından alınan görüntülerin taranması yoluyla gerçekleştirilmektedir. CCD kameralar, nesnelerin iki boyutlu görüntü düzlemine elektronik etkilşimle kaydeden kameralar olmaktadır. Sensör düzlemi ise silikon bir tabakadan oluşmaktadır. Belirli periodlarla alınan analog sinyaller, bir dönüştürücü mekanizma ile dijital forma çevirilirler. Piksellerin belirli bir geometrik büyüklükleri olmaktadır. Ayrıca her pikselin bir yoğunluğu veya gri değeri olmaktadır. Buna renk derinliği veya radyometrik çözünürlük adı verilmektedir [38].

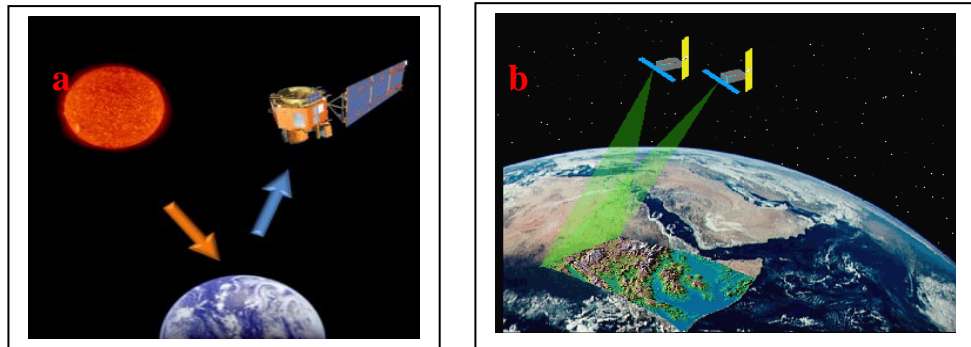
3.14. Dijital Resimle Üzerinde Ölçme İşlemleri

Herhangi bir resim metrik bir kamera ile çekilmiş ise, o resme ait iç yöneltme elemanları yani asal nokta koordinatları ve asal uzaklıklar bilinmektedir. Eğer görüntü dijital kamerayla çekilmiş ya da tarayıcı ile dijital hale dönüştürülmüş ise, bu durumda iç yöneltme elemanları resim üzerindeki çerçeve işaretlerinin dijital ortamda otomatik olarak belirlenmesi ile birlikte hesaplanabilmektedir. Bu işlemin yapılması piksellerin yoğunluğu ile mümkün olmaktadır. Resim üzerindeki noktaların bulunması ve koordinatlarının ölçülmesi piksel-altı doğruluklar yapılabilmektedir. Noktaların ait oldukları pikseller, nokta korelasyon yöntemi ile, piksel altı ölçüm ise en küçük kareler metodu ile belirlenebilmektedir [38].

3.15. Harita ve Planların Hazırlanmasında Uzaktan Algılama Yöntemi

Karayolu projelerinin hazırlanmasında ve projelerinin çizilmesinde diğer bir yöntemde Uzaktan Algılama (Remote Sensing) yöntemidir. Uzaktan algılama, yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfer ya da uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm cihazlarıyla, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri konusunda bilgi alma ve değerlendirme tekniği olmaktadır [48]. Uzaktan algılama bilimi nesnelerin ve varlıkların nasıl ortaya çıkabilecekleri konusunu anlamak için teori ve araçlar sağlayarak sürekli gelişmekte ve analiz teknikleri kullanarak yararlı bilgiler üretmektedir [38,49].

Uzaktan algılama tekniğinde algılama yeryüzüne dönük olarak havadan veya uzaydan yapılmaktadır. Bununla birlikte algılama objelerle fiziksel temasa geçilmeden gerçekleştirilmektedir [38,48]. Işık bir enerji olup, güneşten elektromanyetik dalgalar halinde yayılarak Dünya'ya ulaşmaktadır. Dünya'ya ulaşan bu enerji, yeryüzü üzerindeki nesnelere aydınlattığında, onlarla etkileşim göstermektedir. Bu enerjinin bir kısmı objeler tarafından emilmektedir. Enerjinin bir kısmı ise nesneden ya da objeden geri yansımaktadır. Enerjinin diğer kalan kısmı da saçılmaya uğramaktadır. Yansıyan ve saçılan enerji yeryüzündeki objelerin belirlenmesi için uygun olmaktadır. Uzaktan Algılama bilim ve sanatı, yeryüzünden bu şekilde alınan enerjilerin, analiz edilmesiyle yeni bilgileri ortaya çıkaran ve genel olarak dijital görüntü alan bir yöntem olmaktadır. Kaynağını güneşten alan enerji atmosferden yayılarak, yeryüzündeki nesnelere ve objelere etkiler ve tekrar atmosfere doğru yönelmektedir. Bu enerji fotografik kamera ya da elektronik dedektörler tarafından tespit edildiğinde, bu algılayıcılar tarafından bilgisayarda saklanabilen ve dijital veriye dönüştürülmektedir [38]. Şekil 3.14 a ve b de uzaktan algılama ile görüntü alma esaslarını içeren görseller verilmektedir.

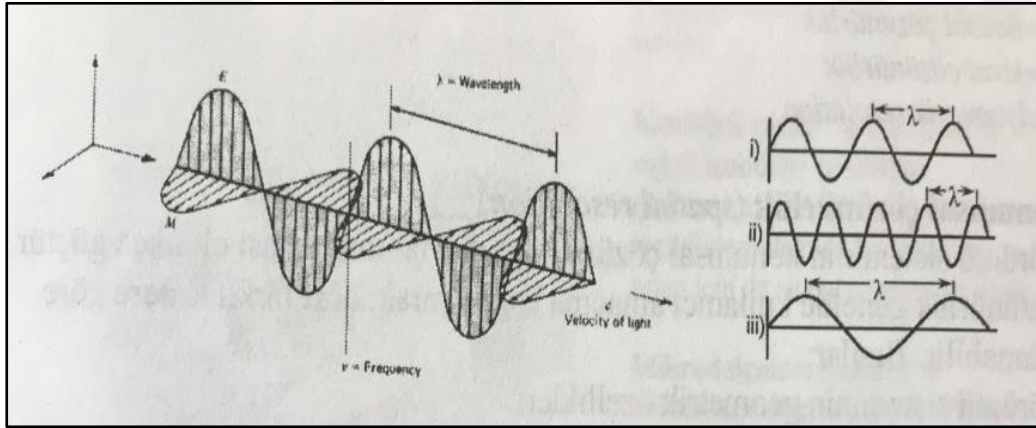


Şekil 3.14 a ve b: Uzaktan algılama ile görüntü alma esaslarını içeren görseller [50,51]

Uzaktan algılama yöntemiyle toplanan veriler üretilen bilginin ve vericinin cinsine bağlı olarak birkaç çeşit analiz yöntemleriyle işlenebilmektedirler. Uzaktan algılama verileri diğer verilerle birlikte, örneğin arazide yapılan yersel ölçmeler, jeoloji ve jeofizik haritaları, sayısal yükseklik modelleri (SYM), toprak haritaları ya da istatistiksel veriler gibi mevcut bilgilerden de faydalanarak beraber analiz edilebilmektedirler [38].

3.16. Uzaktan Algılamada Enerji Kaynakları

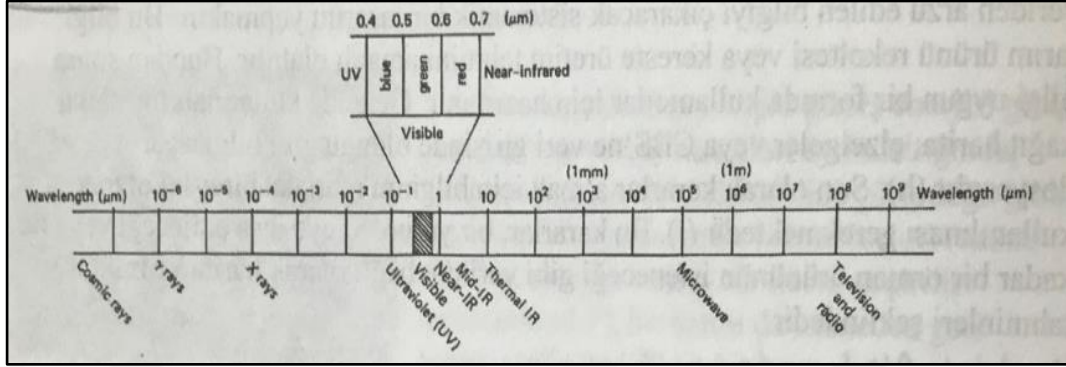
Işık, elektromanyetik bir enerji çeşidi olarak bilinmektedir. Radyo dalgaları, x-ray, morötesi(uv) vb. çeşitler bunlara örnek olarak gösterilebilmektedir. Her bir çeşit elektromanyetik enerjinin bazı önemli özellikleri bulunmaktadır. Elektromanyetik enerji “ışık hızında” 3×10^8 m/sn’de hareket etmektedir. Genellikle bir dalga gibi hem elektrik hem de manyetik eleman olarak davranmaktadır. Bir dalganın en yüksek yeri ile onu takip eden dalganın tepesi arasındaki uzunluğa dalga boyu (wavelength) denmektedir. Bir saniyede oluşan dalga sayısı da frekans (frequency) olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.15’de bir elektromanyetik dalganın parçaları örneklendirilmiştir.



Şekil 3.15: Elektromanyetik dalganın parçaları [38,52]

Uzaktan algılamada, elde edilen enerji cinsi elektromanyetik spektrum içinde tanımlanabilmektedir. Spektrum mikron dalga boyu biriminde parçalara ayrılmaktadır ve her mikron 1 metrenin milyonda birine denk gelmektedir (10^6). Spektrumun bölümleri dalga boylarının karakteristik isimlerine göre adlandırılmaktadır. Ultraviyole (morötesi), infrared (kızılötesi), visible (görünebilir) ve mikro dalga bölgeler spektrumun bilinen bazı bölgelerini oluşturmaktadır. Spekturumun 0.4-0.7 mikron arası görünür bölge (mavi,yeşil,kırmızı) olup, insan gözüne duyarlı ve dalga boyu aralığı çok kısa olmaktadır. Ultraviyole bölgesi en kısa

dalga boyuna sahiptir ve görünür mavi bölgenin yanında olmaktadır. Spektrumun görünür, infrared ve mikrodalga bölgeleri uzaktan algılamada en fazla kullanılan spektrum bölgelerini oluşturmaktadır [38]. Şekil 3.16' de örnek Elektromanyetik Spektrum gösterilmektedir.



Şekil 3.16: Elektromanyetik spektrum [27]

Kozmik Işımlar: Dış uzaydan gelen radyasyonlardır. Elektromanyetik spektrumdaki en kısa dalga boyunu oluşturmaktadır.

Gama Işımları: Atom çekirdeğinden gelen radyasyonlardır genellikle çekirdekteki anlık değişimler sonrasında yayılmaktadır (radyoaktivite). Bir atom çekirdeğinin çapından daha küçük dalga boyuna sahiptirler.

X-Işımları: Kaynaklar; lambalar, x-ışını tüpleri ve metal bir objeye çarpan hızlı elektronlardır. X-ışınları yumuşak yüzeyli maddelere nüfuz etmektedir.

Ultraviyole Işımlar: Kaynaklar; lambalar, gaz deşarjları ve yıldızlardır (güneş). Kısa dalga boyuna sahip ışınlar zararlı olabilmektedir.

Görünen Işık: Işık olarak adlandırılan elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümü insan gözüyle görülebilmektedir. Bu bölümde mor ile başlayıp kırmızı ile biten renkler bulunmaktadır.

Kızılötesi Işımlar: Bütün sıcak ve soğuk maddeler tarafından oluşturulmaktadır. Atomlar tarafından emildiklerinde maddeyi ısıtırlar, bundan dolayı ısı radyasyonu da denmektedir.

Mikrodalgalar: Radarlarda kullanılan çok kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarıdır. Bununla birlikte mikrodalga fırınlarda ve kablosuz uzak mesafe iletişimde kullanılmaktadır.

Radyo Dalgaları: Bu dalgaların kaynakları elektrik osilasyonlardır. Televizyon, telefon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanılmaktadır.

3.17. Uzaktan Algılamada Algılama Sistemleri

Uzaktan algılamada kullanılan sensör (algılayıcı) sistemlerinin yapısı, kullanıcıların gözlemlerden ne tür bilgi elde etmeyi amaçladığına bağlı olmaktadır. Bu sebeple algılama sistemlerinden önce, uzaktan algılamada çözünürlük (resolution) kavramının incelenmesi gerekmektedir. Uzaktan algılama üç tip çözünürlük bulunmaktadır [38,53]. Bunlar;

- Konumsal Çözünürlük
- Spektral Çözünürlük
- Radyometrik Çözünürlük

a) Konumsal Çözünürlük (spatial resolution)

Bir görüntü sisteminin konumsal çözünürlüğünün tanımlanması oldukça zor olabilmektedir. Bu çözünürlük genelde kullanıcı amacına bağlı olup, dört farklı kritere göre tanımlanabilmektedir. Bunlar;

- Görüntü sisteminin geometrik özellikleri
- Aynı hedef noktalarının ayırt edebilme yeteneği
- Hedef noktaların ayırt edebilme yeteneği
- Küçük hedeflerin spektral özelliklerinin ölçülebilme yeteneği

Dijital görüntü elde eden bir tarayıcı, yapısı itibariyle bir anda yeryüzünde ancak küçük bir alana bakıp oradan sayısal değerler okuyabilmektedir. Tarayıcı optiğin açısız ayırma gücünü ifade eden bu kavram Anlık Görüş Alanı (IFOV- Instantaneous Field of View) olarak adlandırılmaktadır. Anlık görüntü açısı ya da uzunluk olarak ifade edilmektedir. Geometrik ayırma, genel olarak algılayıcı tarafından, yeryüzünde ayrılması mümkün olan uzunluğa denmektedir. Geometrik ayırma piksel büyüklüğüne bağlı olmaktadır [38].

b) Spektral Çözünürlük (spectral resolution)

Optik görüntü sisteminin bir diğer önemli özelliği de spektral çözünürlük olmaktadır. SeaSat, ERS-1-2, JERS ve RADARSAT gibi mikrodalga görüntü toplayan uydular hariç, dijital görüntülerin büyük bir çoğunluğu multiband veya multispectral

algılayıcılar tarafından toplanmaktadır. Bunun anlamı tek bir görüntü ayrı yarı spektral bantlara bölünmüş kayıtlar olmaktadır. Burada spektral çözünürlük spektral bandın genişliğini ifade etmektedir. Spektral çözünürlük, yeryüzündeki cisimlerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama ile tanımlanabilmeleri için en önemli etken olmaktadır. Zira, yeryüzündeki cisimlerin spektral özellikleri ile kendi özellikleri arasında kuvvetli bir korelasyon olmaktadır. Algılayıcıların ilişkilerinde bu özellikler göz önünde tutularak, algılayıcının istenilen spektral değişiklikleri fark edebilecek özellikte olması sağlanmaktadır. Her spektral bant elektromanyetik spektrumun bir bölümünde duyarlı olmaktadır. Bu bölüm, başlangıç ve bitiş dalga boyları ile bilinmektedir. Teorik olarak, spektrumun ne kadar çok ve küçük parçaya ayrılırsa, spektral gücü de o kadar artmaktadır. Ancak optimal çözüm en az bant kullanarak istenilen ayrımı yapabilmektir. Spektrumun pozisyonu, genişliği ve spektral bandın sayısı hedefe göre düzenlenmektedir (rekolte, bitki türü, kaya tipleri) ve bunlar multispectral görüntüler ile tanımlanmaktadır [38].

c) Radyometrik Çözünürlük (radiometric resolution)

Yeryüzündeki her pikselden gelen ışığa, bilgisayarlarda saklanılabilmesi için tarayıcıdaki algılayıcılar yardımı ile ışımının şiddetine bağlı olarak derecelere ayrılmaktadır. Buna radyometrik veya temel ayırma adı verilmektedir. Yani, belirli sayıda ayırık değerler biçiminde ifade edilmektedir. Derecelendirme ne kadar yüksek olursa, bilgi kapasitesinde o derece yüksek olmaktadır. Bilgisayarların yapılarından dolayı her bir değer 1 byte ile ifade edilmesi çoğunlukla uygun görüldüğünden ve 1 byte, 8 bit'ten oluştuğu için ayırt edilebilen renk derinliği seviyesi 2^6 , 2^8 gibi değerler almaktadır. Genellikle en akranlığa, yani düşük sinyal seviyesine 0, en yüksek sinyal seviyesine 63 veya 255 değerleri verilmektedir. Örneğin Landsat-3'deki MSS'te $2^6=64$, Landsat-5'deki MSS'te ise $2^8=256$ renk derinlik seviyesini ifade etmektedir. Buna karşın NOAA uyduları AVHRR algılayıcılarında ise 10 bit seviyesi bulunmaktadır [38].

3.18. Platformlar

Yeryüzünü belirli uzaklıklardan gözleyebilmek için gerekli algılama cihazlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Algılama cihazlarını taşıyan bu araçlara platform adı verilmektedir. Uzaktan algılamada sivil amaçlı kullanılan platformlar genellikle 3 gruptan oluşmaktadır. Bunlar, daha çok araştırma amaçlı olarak yerde kullanılan

hareketli veya hareketsiz olan yer (ground) platformları, atmosfer içerisinde algılama amaçlı kullanılan uçak tabanlı hava (airborn) platformları ve uzaydan algılama yapabilmek için kullanılan insanlı veya insansız olarak kullanılan uydu tabanlı uzay (spaceborn) platformları olmaktadır [38].

3.19. Uzaktan Algılama Uyduları

Dünyamızın etrafında çeşitli amaçlara hizmet etmek üzere dolaşan bir çok uydu bulunmaktadır. Bunların başında meteoroloji, haberleşme, askeri uydular ve yeryüzünü alıglayan uydular gelmektedir. Haritacılık açısından en etkin uydular, yeryüzünün doğal ve yapay detayları üzerinden değişik şekillerde bilgiler toplayan uydular olmaktadır. İlk uzaktan algılama uydusu olan ve yeryüzüne sürekli bilgi ve ABD yapımı LANDSAT 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. Ardından Fransız, Belçika ve İsveç yapımı SPOT 1986 yılında fezaya gönderilmiştir. Daha sonra 1990-1995 yılları arasında beş yeni uydu yörüngeye oturtulmuştur. Bunlar, Avrupa ortak yapımı ERS, ilk Kanada uydusu RADARSAT, Rus yapımı RESURS, Hindistan yapımı IRS ve Japon uydusu JERS olmaktadır. Bu uydulardan sadece RADARSAT ve ERS tümüyle aktif sistemde iş görmektedir. Aktif sistem, uyduların her hava koşulunda ölçüm yapabilme özelliğini ifade etmektedir [38,48,54]. Günümüzde bulunan bazı güncel uydulardan bazılarında şu şekilde sıralamak mümkün olmaktadır; Global Navigation Satellite System (GNSS), Landsat, Satellite Pour l'Observation de la Terre (SPOT), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), TerraSAR (TanDEM-X). Bu uydular farklı amaçlara yönelik olup, hassas konumlama, toprak kaynakları, bitki örtüsü ve yükseklik tespiti, tropik hava ve küresel enerji, ve topoğrafik gözlem yapabilme yeteneklerine sahip olmaktadır.

4. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (QFD)

4.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı Nedir

Günümüzde rekabet faktörü düzeyinin en üst seviyeye çıkmasından dolayı, firmaların ya da idarelerin ve yetkili kurumların, zaman ve kalite unsurlarını daha öncelikli bir konumda tutması gerekmektedir. Bu durum, yeni yönetim ve üretim tekniklerinin kullanılmasına sebebiyet vermektedir. Gelenekçi bir üretim modelini geride bırakarak, çok daha yüksek bir rekabet gücü sağlayan ve aynı zamanda toplam kalite modeli anlayışını benimseyen işletmeler ve kurumlar rekabet avantajı sağlamakta olup başarıya ulaşmaktadır [55]. Bunun için önlem almaya dönük yaklaşım ve istatistiksel ölçümler büyük rol oynamaktadır. Önlem almaya dönük yaklaşımın birinci adımı, tasarımın kalitesi olup bunu sağlayacak olan yöntem ise “Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD)” yöntemi olmaktadır. QFD, temel anlamda müşteri isteklerini değerlendiren ve bu istekleri ölçülebilir performans özelliklerine dönüştüren, süreçlerin optimize edilmesini sağlayan ve iyi bir satış/dağıtım kanalı elde edilmesine katkıda bulunan müşteri bazlı ve ekip çalışmasını gerektiren bir kalite metodolojisidir [2]. Yapılan çalışmalar doğrultusunda [56] QFD'nin uygulandığı süreçlerde ve projelerde ortaya çıkan problemlerin yüzde elli oranında düşüş kaydettiği, geliştirme süreçlerinin kısaldığı ve yapılan kar ve verimlilik oranlarında artış sağlandığı saptanmıştır. Halen birçok kurum, idare ve kuruluşlar tarafından da bugün bu metot kullanılmaya devam etmektedir [57].

4.2. Kalite Fonksiyon Yayılımının Tarihçesi

Kalite Fonksiyon Yayılımı- kavramı 1960 – 1965 yılları arasında toplam kalite kontrol tekniği uygulamaları sonucunda ortaya çıkmış bir kavram olarak literatürde yer almaktadır. Konuyla ilgili olarak yapılan örnek çalışmalar sonucunda, ilk olarak süreç şemalarının kullanılması, yapılacak işlerin fonksiyonel yayılımı düşüncesinin gelişmesine neden olmuştur. Bu noktada süreç şemalarının uygulamasıyla kalite fonksiyon yayılımı kavramı şekillenmeye başlamaktadır [58]. Daha sonra Japon bilim insanı Akao bu yaklaşım üzerinde çalışmalar yaparak, ürün tasarım sürecinde bu uygulamadan faydalanarak tasarım karakteristiklerini kalite kontrol noktalarına dönüştürme fikrini ortaya koymaktadır. 1971 yılına gelindiğinde Mitsubishi Heavy Industries şirketine bağlı tanker üretimi yapan Kobe Tersanesi'nde yaşanan aksaklıklardan dolayı, Kalite Fonksiyon Yayılımı yöntemi uygulanarak çözüme kavuşturulmuş ve böylelikle bu yöntemin bilinirliğinin artmasına neden olmaktadır.

Akao'nun yaptığı bir çok uygulamadan sonra 1972 yılındaki "Standarization and Quality Control" dergisinde yayımladığı "Deployment and Quality Assurance of New Products: A System of Quality Deployment" başlıklı makalesinde bu süreci "Quality Deployment" olarak adlandırmaktadır [59]. Daha sonra Akao, Mizuno ile beraber müşteri taleplerini, tasarım aşamasından üretim süreçlerine kadar bütün kanallara entegre eden "Deployment of the Quality Function" adlı kitaplarında Kalite Fonksiyon Yayılımı matrislerini geliştirmektedirler [60]. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Japonca Anlamı Akao ve Mazur'un 80 firmaya uyguladıkları QFD araştırması sonucunda, firmaların QFD yöntemini ve uygulama amaçlarından bazılarını şu şekilde sıralamıştır [61];

- Planlama ve tasarım kalitesini düzenlemek
- Rakip ürün veya hizmet anlayışı ile kıyaslamak
- Rekabet üstünlüğü sağlayacak yeni ürün veya hizmet geliştirmek
- Pazar verilerini elde etmek ve analiz etmek
- Tüm kurum içi süreçlere QFD anlayışını benimsetmek
- Müşteri tatminine yönelik ürün veya hizmet tasarımı geliştirmek
- Maliyeti düşürmek
- Ürün veya hizmet güvenilirliğini arttırmak
- Müşteri değer algısını arttırmak

4.3. Proje Geliştirme ve Rekabet Üstünlüğünde Kalite Fonksiyonu Yayılımı (QFD)Uygulama Nedenleri

QFD, müşterinin talepleri doğrultusunda ortaya çıkan ihtiyaçları, kalite ihtiyaçlarına dönüştüren, üretilen bir ürün ya da proje için tasarım kalitesini belirleme ve her bir bileşenin kalitesi ve süreç elemanları arasındaki ilişkileri sistematik bir şekilde yaymaktadır [62]. Bununla beraber QFD'yi diğer yöntemlerden farklı kılan, ana hedefinin müşterinin ihtiyaçlarına yönelik belirlenmektedir. Kilit müşteri ihtiyaçlarına ve bu ihtiyaçların önceliklerine daha iyi dökümantasyon ve süreç esnasındaki iletişime ağırlık vererek özellikle kritik kalemler üzerindeki yeniden tasarım ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır [63]. QFD bir araç olarak değil, bir işletmeye, diğer teknik araçların birbirlerini destekleyecek ve tamamlayacak şekilde etkin olarak kullanımında ve öncelikli konuların ortaya konmasında yardımcı olan bir planlama süreci olmaktadır. Müşteriyi esas alan QFD yaklaşımı, kuruluşlara bir müşteri odağı kazanmalarında yardımcı olmaktadır [64].

4.4. Kalite Fonksiyonu Yayılımı (QFD) Uygulaması ile Yeni Proje ya da Ürün Geliştirme Süreci

Yeni bir ürün ya da proje geliştirme süreci, yapılması düşünülen ürünün ya da projenin fikri ortaya çıktıktan sonra, kavramsal bir modelin seri üretim aşamalarında üretilip, pazara ya da ihtiyaç sahiplerine sunulmasına kadar geçen faaliyetler zinciri olarak tanımlanabilmektedir [65]. Ürün ya da proje geliştirme süreçlerinin birçoğu müşteri geri bildirimleri ile başlamaktadır. Hedef pazarın belirlenmesinden sonra genel ürünler ve içerikleri, pazarlama stratejileri, beklenen olası satışlar, muhtemel rakip ürünler, demografiler vb. konular tanımlanmaktadır. Buna müteakip alternatifler belirlenerek, bütün olarak değerlendirilerek en optimal durum seçilmektedir [66]. Yeni bir ürün ya da proje geliştirilirken, belirli alt süreçleri ve bu alta süreçlere ait girdi ve çıktıları, performans göstergelerini ve müşteri ya da ihtiyaç sahibi konumunda olan birimlerin beklentilerini içermektedir. Yeni ürün geliştirme süreci, proje uygulamasında belirleyici aşamaları oluşturan beş alt sürece ayrılmaktadır. Bu alt süreçler:

- Ürün ya da proje tanımlama
- Ürün ya da proje tasarımı
- Süreç tasarımı
- Test ve değerlendirme
- Seri üretim ya da uygulama

olarak bilinmektedir ve projenin üzerinde durulması gereken en önemli noktalar olmaktadır [65].

4.5. Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın Yararları

QFD, müşteri yönlendirmeli modern mühendislikte en önemli tekniklerden biri olmaktadır. Bir süreci kısaltma, daha rekabetçi ve daha güvenilir tasarımlar oluşturmak için iki kilit adım, ürünün ya da projenin daha iyi tasarlanması ve tasarım sürecinin daha iyi dökümantasyonla belirsizlikleri bertaraf etmekten geçmektedir [67]. QFD'yi kullanarak bir ürünü ya da projeyi tanımlamak uzun bir zaman almaktadır fakat öncelikle erken bir şekilde belirlenen dökümantasyon ve iletişim iyileştirmesinden dolayı toplam tasarım süresi kısalmaktadır. QFD, aynı zamanda organizasyonda yer alan yetenekli kişilere ve uzmanlara odaklanır ve onları koordine etmektedir [3]. Yapılan bir çalışma göstermiştir ki QFD metodolojisinin uygulanması

sayesinde, başlangıç aşamasında problemlerin önemli ölçüde azaldığı, yapılan çalışmalara ürün geliştirme zamanının 3 te 1 oranında kısaldığını göstermektedir. Ayrıca tasarım aşamasında yapılan harcama, toplam maliyetin sadece %5-8'ini oluşturmasına rağmen, bu aşamada verilen kararlar ürün ya da proje yaşam çevrimi boyunca çıkacak olan maliyeti %60-80 oranında etkilemektedir. Bundan dolayı ürün ve proje tasarım işlemlerinde kullanılmaya başlanmaktadır [68]. QFD'yi kullanan Japon şirketleri, ürün ve proje tasarım ve geliştirme aşamalarında önemli iyileşme sağlamış ve mühendislik değişimlerinde %30-50 oranında azalma olduğunu, tasarım dönüşümlerinde %30-50 oranında azalmaya gidildiğini ve başlatma maliyetlerinde %20-50 oranında düşüş yakaladıklarını görmüşlerdir [63].

4.6 Kalite Evi

Kalite evinin temeli müşterinin talep ve beklentilerini karşılayan ürünlerin ve projelerin tasarımının yapılması fikri olduğundan, kalite evinin temelinde de müşterilerin veya proje taleplerinin beğeni ve tercihlerini yansıtarak tasarımın yapılması gerekliliği yatmaktadır. Bundan dolayı, pazarlama elemanları, proje tasarımcıları ve üretim elemanları ürünün veya projenin henüz fikir aşamasından itibaren yakın bir şekilde çalışması gerekmektedir [3,64]. Kalite evi fonksiyonlar arasındaki planlamayı ve iletişimi sağlayan bir çeşit harita görevi görmektedir. Değişik problemleri ve sorumlulukları olan insanlar kalite evinin çatısı altındaki bilgi çeşitlerinden tasarımda ki önceliklerini hızlı bir şekilde belirleyebilmektedir [3,64]. Kalite evi tasarımında herhangi bir belirsiz unsur bulunmamaktadır. Zamanla bir haritaya bakar gibi, kalite evi diye isimlendirilmekte olan grafiksel tablolara bakılarak sorunlar rahat bir şekilde belirlenebilmektedir. Kalite evi, yeni bir ürün veya projenin planlama süreçlerinin farklı adımlarını göstermektedir [69]. Bu süreç içerisinde müşteri veya proje taleplerinin istek ve ihtiyaçları tasarım karakteristiklerine uzman kişilerin görüşleri ve tecrübeleri, literatür araştırması temellerine dayalı olarak dönüştürülmektedir. Kalite Fonksiyon Yayılımı bu yolla sistematik bir şekilde müşterinin sesini üretim düzeyine ulaştırmaktadır [70]. Kalite evi, bir örgütte ürün veya proje geliştirme için detaylı bir plan oluşturan altı aşamalı modelin ilk adımı olarak kabul edilen “müşteri gereksinimleri” için kalite evi yapılandırılmaktadır. Bu ilk aşamadan sonra, müşteri memnuniyet seviyeleri, teknik özellikler (karakteristikler), müşteri ihtiyaçları ile teknik özellikler arasındaki ilişkiler, teknik özellikler arasındaki korelasyon ve rakip ürünler ile hedef değerler arasındaki

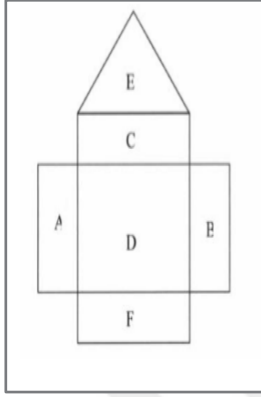
karşılaştırma süreçleriyle oluşturulmaktadır. Bununla birlikte, kalite geliştirme süreci içerisinde bir sorunun oluşmasının beklenmesi, olası sorunların önceden saptanarak önlenmeye çalışması önem arz etmektedir [71]. Son olarak oluşturulan kalite evi (house of quality) sayesinde, kalite fonksiyon yayılımı sisteminin uygulanması için gerekli olan tüm süreç ve planlarının haritası oluşturulmaktadır. Ayrıca bu süreçlerle ilgili genel araştırmalar, incelemeler ve hesaplamalar yapılmaktadır. Kalite evinin genel süreç aşamalarını “Kalite Evinin Kurulum Süreçleri” başlığında detaylı olarak açıklanmaktadır. Ayrıca şekil 4.1’de kalite evinin genel görüntüsü ve süreçleri verilmektedir.

Çizelge 4.1: Kalite evinin genel süreçleri

Teknik İhtiyaçlar		Önem Dereceleri											Korelasyonlar				Mutlak Ağrlık	
		1. Teknik Özellik	2. Teknik Özellik	3. Teknik Özellik	4. Teknik Özellik	5. Teknik Özellik	6. Teknik Özellik	7. Teknik Özellik	8. Teknik Özellik	9. Teknik Özellik	10. Teknik Özellik	11. Teknik Özellik	Boş: Korelasyon Yok	⊙: Kuvvetli Pozitif	xx: Kuvvetli Negatif	o: Zayıf Pozitif		x: Zayıf Negatif
Müşteri İhtiyaçları		Önem Dereceleri												Araştırmayı Yapan Firma				Mutlak Ağrlık
			Rakip A	Rakip B	Planlanan Kalite	Yükümlü Önem	Satış Avantajı											
1. Müşteri İhtiyacı	4	⊙	o		o		Δ		⊙		⊙							MA ₁₅
2. Müşteri İhtiyacı	6	⊙							⊙		Δ							MA ₂₅
3. Müşteri İhtiyacı	8	Δ	o		Δ													MA ₃₅
4. Müşteri İhtiyacı	7		⊙		o	⊙												MA ₄₅
5. Müşteri İhtiyacı	9		o					⊙										MA ₅₅
6. Müşteri İhtiyacı	5			⊙				Δ	o									MA ₆₅
7. Müşteri İhtiyacı	4				Δ				o		⊙							MA ₇₅
8. Müşteri İhtiyacı	8			o														MA ₈₅
9. Müşteri İhtiyacı	9										⊙							MA ₉₅
Mutlak Önem		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁						
Bağıl Önem		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G ₉	G ₁₀	G ₁₁						
Gelişimin Yönü			↓	↓	o	↑	↓	o	↓	o	↑	o	o					
Teknik İhtiyaçları Değerlendirmesi	QFD Araştırmasını Yapan Firma		Rr ₁	Rr ₂	Rr ₃	Rr ₄	Rr ₅	Rr ₆	Rr ₇	Rr ₈	Rr ₉	Rr ₁₀	Rr ₁₁					
	Rakip Değerleri	Rakip A	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra ₄	Ra ₅	Ra ₆	Ra ₇	Ra ₈	Ra ₉	Ra ₁₀	Ra ₁₁					
		Rakip B	Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rb ₄	Rb ₅	Rb ₆	Rb ₇	Rb ₈	Rb ₉	Rb ₁₀	Rb ₁₁					
Hedef Değer		H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁						
Birim		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
												İlişki Anahtarı						
												Δ : Zayıf						
												o : Orta						
												⊙ : Kuvvetli						

4.7 Kalite Evinin Kurulum Süreçleri

Kalite evinin genel görünümünü ve bu ev içerisindeki odacıkların ne anlama geldiğini şekil 4.1’de şu şekilde göstermek mümkün olmaktadır.



- A. Müşterinin ya da Proje Talepçisinin İsteği
- B. Müşterinin ya da Proje Talepçisinin Memnuniyet Seviyesi
- C. Teknik Özellikler
- D. Müşteri ya da Proje Talepçisi ile Teknik Özellikler Arasındaki İlişki Matrisi
- E. Teknik Özellikler Arasındaki Korelasyon
- F. Rakip Ürünler ile Hedef Değerler Arasındaki Karşılaştırma

Şekil 4.1: Kalite evinin temel kısımları [64]

Kalite evinin kuruluşunda ilk olarak hedef pazarın belirlenmektedir. Bunun için çeşitli anket çalışmaları yapılarak veya uzman kişilerin görüşleri alınmaktadır. Kalite evinin Abölümü tüketici/müşteri veya proje talepçilerinin ihtiyaçlarının belirlenmesi aşamasıdır. Müşteri beklentileri, müşterinin ürün ya da projenin özelliklerine ilişkin isteklerini kapsamaktadır. Bu isteklerin tüketicinin kendi beyanları ile ifade etmesi önem arz etmektedir. Müşterilerin veya kullanıcıların ihtiyaçlarının belirlenmesinde şu hususlar dikkate alınmaktadır;

- İlgili kişilerin görüşleri
- Müşteriden gelen geri bildirimler
- Müşteri ile yapılan görüşmeler
- Pazar araştırmaları
- Odak grubu çalışmaları
- Müşteri tatmin araştırmaları
- Sergi ve fuarlar

Müşteri ihtiyaçlarını belirken, maliyetler ve fiyatlar bu aşamada dikkate alınmamaktadır. Müşterilerin dili ile konuşabilmek ve saptanan ihtiyaçların QFD ekibi tarafından doğru bir şekilde algılanması gerekmektedir [72].

Çizelge 4.2: Belirlenen müşteri istekleri ve kalite evindeki konumu (Bölüm A)

Teknik İhtiyaçlar
Müşteri İhtiyaçları
1. Müşteri İhtiyacı
2. Müşteri İhtiyacı
3. Müşteri İhtiyacı
4. Müşteri İhtiyacı
5. Müşteri İhtiyacı
6. Müşteri İhtiyacı
7. Müşteri İhtiyacı
8. Müşteri İhtiyacı
9. Müşteri İhtiyacı

A bölümündeki daha sonraki aşama, tüketici ihtiyaçlarının ya da proje talepçilerinin gruplanması olmaktadır. Bu aşamada, müşteri anketleri veya uzman kişilerin bildirdikleri görüşler vasıtasıyla proje isteklerinin önem seviyeleri belirlenmektedir. Kalite matrisinde müşteri istekleri sütununun hemen yanında müşteri önem seviyelerinin bulunduğu önem derecesi sütunu yer almaktadır. Önem dereceleri belirlenirken 1-10 arasındaki önem seviyesi değerleri kullanılmakta ve proje talepçilerinin istekleri az önemden çok öneme doğru derecelendirilmektedir. Burada 1 değeri en düşük önem derecesini belirtirken, 10 değeri ise en yüksek önem derecesini belirtmektedir. Çizelge 4.3' de tüketici istekleri ve önem seviyelerinin bulunduğu sütun gösterilmektedir.

Çizelge 4.3: Tüketici istekleri ve önem seviyeleri (Bölüm A)

Teknik İhtiyaçlar	Önem Dereceleri
Müşteri İhtiyaçları	
1. Müşteri İhtiyacı	4
2. Müşteri İhtiyacı	6
3. Müşteri İhtiyacı	8
4. Müşteri İhtiyacı	7
5. Müşteri İhtiyacı	9
6. Müşteri İhtiyacı	5
7. Müşteri İhtiyacı	4
8. Müşteri İhtiyacı	8
9. Müşteri İhtiyacı	9

Kalite evinin B bölümünde, tüketici memnuniyet seviyelerinin analizi ve müşteri algılaması analizi yapılmaktadır. Müşterilerin bakış açısıyla önem ve memnuniyet derecelerinin belirlenmesi tek başına, ürünün, hizmetin veya projenin

geliştirilmesinde gerçekçi bir planlama yapabilmek için tek başına yeterli olmamaktadır. Bununla birlikte ürün, hizmet ya da projenin durumu ile rakip ürünlerin durumunun araştırılması gerekmektedir. Bu değerlendirme yapılırken 1-5 (Zayıflıktan üstünlüğe doğru) arasında bir değerlendirme skalasında puanlama uzmanların görüşleri doğrultusunda yapılmaktadır. Burada, ürünler veya kullanılacak yöntemlerin birbirleri arasındaki avantaj ve dezavantajları araştırılmaktadır. Müşteri isteklerinin karşılanmasıyla birlikte bu ürünün satılabilirliğini, ya da projenin, tekniğin kullanılabilirliğinin nasıl etkilendiği ve ürün, proje veya tekniğin üzerinde ne kadarlık bir geliştirmeye ihtiyaç olduğu tespit edilmektedir [64]. Müşteri isteklerini algılamada ki parametreleri şu şekilde açıklamak mümkün olmaktadır;

- a) İyileştirme Oranı: Müşteri beklentilerinde eski modele göre yeni modelde ne kadarlık bir iyileştirme olacağının belirlenmesi anlamına gelmektedir.
- b) Satış Avantajı: 1,0-1,2-1,5 değerleri kullanılarak değişikliğin ya da iyileştirmenin satış getirisine olan etkisini belirlemektedir. 1,2 değeri satış potansiyelini artırırken, 1,5 değeri ise satış potansiyelini çok artırır manasına gelmektedir. 1,0 değeri ise eski modele göre fark yok anlamı taşımaktadır. Bu aşamada yapılacak hesaplamalar için şu formüllerden yararlanılabilmektedir;

$$\text{İyileştirme Oranı} = \frac{\text{Planlanan Kalite Düzeyi}}{\text{QFD Çalışmasını Yapan Şirket Memnuniyeti}} \quad (4)$$

$$\text{Mutlak Ağırlık} = (\text{Önem Derecesi}) \times (\text{İyileştirme Oranı}) \times (\text{Satış Avantajı}) \quad (5)$$

$$\text{Bağıl Ağırlık (\%)} = \frac{\text{Herhangi bir Satırın Mutlak Ağırlığı}}{\text{Toplam Mutlak Ağırlık}} \times 100 \quad (6)$$

Her bir müşteri isteği için iyileştirme oranları, mutlak ve bağıl ağırlık değerleri ve satış avantajı değerleri hesaplanarak kalite evinin ilgili kısımlarına yerleştirilmektedir. Bunların yanı sıra “Planlanan Kalite” ise hedef olarak seçilen yöntemin, gelmesi gereken kalite düzeyini göstermektedir. Bu kalite düzeyi, müşteri isteği veya proje taleplerinin isteklerinin aldığı önem derece düzeyleri baz alınarak belirlenmektedir. Çizelge 4.4’de genel görünümü verilen bir müşteri algılaması analizi matrisi gösterilmektedir.

Kalite evinin D Bölümünde ise müşteri ya da proje talepçilerinin istekleri ile belirlenen teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişki (korelasyon) belirlenmektedir. Bu noktada müşteri isteğinin, teknik ihtiyacı ne derece etkilediği belirlenir ve aralarındaki korelasyonun gücüne bağlı olarak zayıf, orta veya güçlü olduğu belirlenmektedir. Eğer aralarında hiçbir ilişki yok ise boş bırakılmaktadır. Bu durum ise rakamsal olarak şu şekilde ifade edilmektedir. Müşteri isteği ile teknik ihtiyaç arasında güçlü bir korelasyon mevcut ise 9 ile, orta düzeyde bir korelasyon mevcut ise 3 ile, zayıf bir korelasyon mevcut ise 1 ile gösterilmektedir.

Çizelge 4.6: Müşteri istekleri ile teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon matrisi (D Bölümü)

Teknik İhtiyaçlar	Önem Dereceleri											
		1. Teknik Özellik	2. Teknik Özellik	3. Teknik Özellik	4. Teknik Özellik	5. Teknik Özellik	6. Teknik Özellik	7. Teknik Özellik	8. Teknik Özellik	9. Teknik Özellik	10. Teknik Özellik	11. Teknik Özellik
Müşteri İhtiyaçları												
1. Müşteri İhtiyacı	4	⊙	○		○		○	Δ		⊙		⊙
2. Müşteri İhtiyacı	6	⊙					○			⊙		Δ
3. Müşteri İhtiyacı	8	Δ	○		Δ					Δ		
4. Müşteri İhtiyacı	7		⊙		○	⊙						
5. Müşteri İhtiyacı	9		○					⊙				
6. Müşteri İhtiyacı	5			⊙				Δ	○			
7. Müşteri İhtiyacı	4					Δ			○			⊙
8. Müşteri İhtiyacı	8			○								
9. Müşteri İhtiyacı	9											⊙

Kalite evinin F aşamasına gelindiğinde teknik ihtiyaçların mutlak ve bağıl önem değerlerinin hesaplanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Her bir teknik ihtiyacın, müşteri beklentilerinin karşılanmasındaki mutlak ve bağıl önem dereceleri aşağıda belirtilen formüllerle hesaplanmaktadır.

$$\text{Mutlak Önem: } M_j = \sum (\text{Mutlak Önem}) \times (\text{O Satıra Ait İlişkinin Gücü}) \quad (7)$$

$$\text{Bağıl Önem (\%): } G = \frac{\text{Mutlak Önem}}{\text{Toplam Mutlak Önem}} \times 100 \quad (8)$$

Çizelge 4.7: Teknik ihtiyaçların mutlak ve bağıl önemlerinin hesaplanması (F Bölümü)

Teknik İhtiyaçlar		Önem Dereceleri	1. Teknik Özellik	2. Teknik Özellik	3. Teknik Özellik	4. Teknik Özellik	5. Teknik Özellik	6. Teknik Özellik	7. Teknik Özellik	8. Teknik Özellik	9. Teknik Özellik	10. Teknik Özellik	11. Teknik Özellik
Müşteri İhtiyaçları			1. Müşteri İhtiyacı	2. Müşteri İhtiyacı	3. Müşteri İhtiyacı	4. Müşteri İhtiyacı	5. Müşteri İhtiyacı	6. Müşteri İhtiyacı	7. Müşteri İhtiyacı	8. Müşteri İhtiyacı	9. Müşteri İhtiyacı	10. Müşteri İhtiyacı	11. Müşteri İhtiyacı
1. Müşteri İhtiyacı	4	⊙	○		○		○	△		⊙		⊙	
2. Müşteri İhtiyacı	6	⊙					○			⊙		△	
3. Müşteri İhtiyacı	8	△	○		△					△			
4. Müşteri İhtiyacı	7		⊙		○	⊙							
5. Müşteri İhtiyacı	9		○					⊙					
6. Müşteri İhtiyacı	5			⊙				△	○				
7. Müşteri İhtiyacı	4					△			○			⊙	
8. Müşteri İhtiyacı	8			○									
9. Müşteri İhtiyacı	9											⊙	
Mutlak Önem		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	
Bağıl Önem		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G ₉	G ₁₀	G ₁₁	
Gelişimin Yönü		↓	↓	○	↑	↓	○	↓	○	↑	○	○	
Teknik İhtiyaçlar Değerlendirmesi	QFD Araştırmasını Yapan Firma		Rr ₁	Rr ₂	Rr ₃	Rr ₄	Rr ₅	Rr ₆	Rr ₇	Rr ₈	Rr ₉	Rr ₁₀	Rr ₁₁
	Rakip Değerler	Rakip A	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra ₄	Ra ₅	Ra ₆	Ra ₇	Ra ₈	Ra ₉	Ra ₁₀	Ra ₁₁
		Rakip B	Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rb ₄	Rb ₅	Rb ₆	Rb ₇	Rb ₈	Rb ₉	Rb ₁₀	Rb ₁₁
	Hedef Değer		H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁
Birim		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

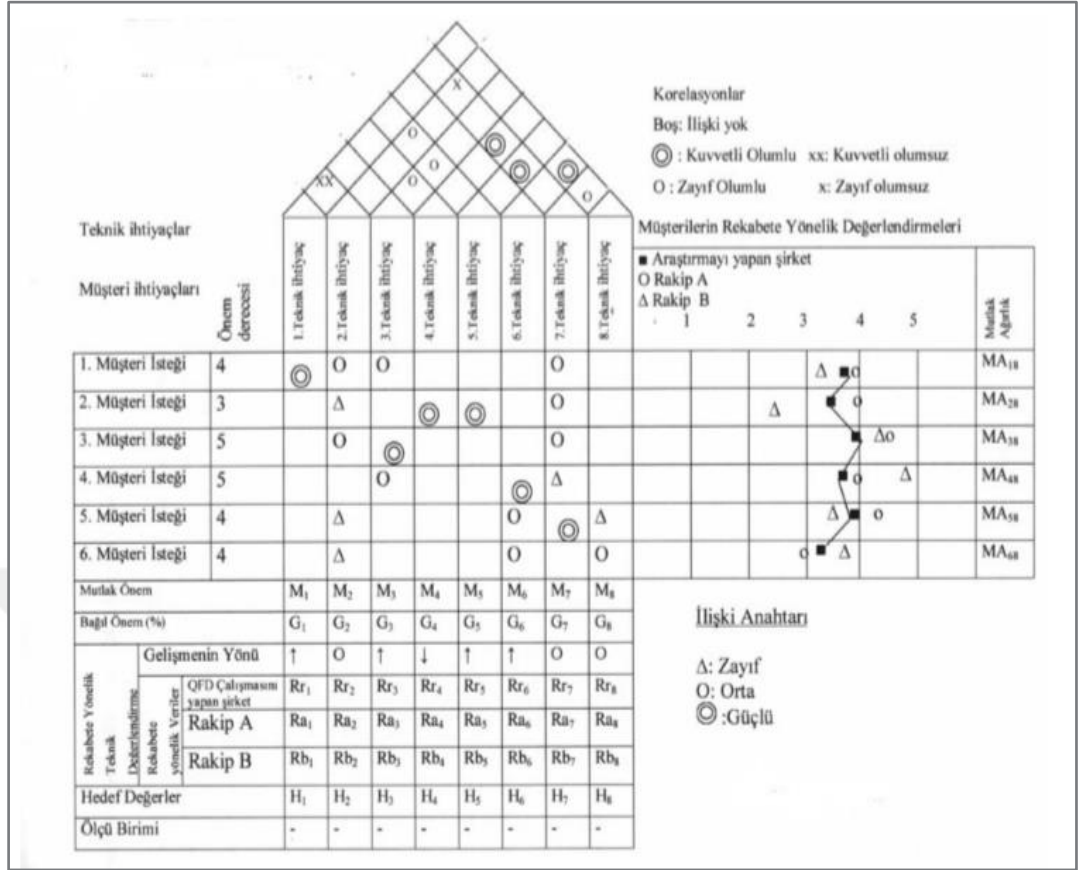
Burada yapılan hesaplama sonucunda her bir sütunun mutlak önem derecesi tespit edilmektedir. Hangi sütunlara ait teknik ihtiyaçlar daha yüksek mutlak önem derecesine sahipse, o teknik ihtiyaçlar üzerinde daha fazla durulmaktadır. Kalite evinin E bölümünde ise teknik özelliklerin bir biri arasındaki korelasyon matrisini oluşturmaktır. Bir çok teknik ihtiyaç, diğer teknik ihtiyaçlar ile ilişkili olabilmektedir. Bu teknik ihtiyaçlardan birinin geliştirmesi amacıyla yapılan bir çalışma, ilgili ihtiyaca yardımcı olabilmektedir ve bunun sonucunda olumlu veya yararlı olabilecek bir etki ortaya çıkabilmektedir [73]. Diğer yandan ise, bir ihtiyacı geliştirmek için yapılan çalışma ilgili ihtiyacı olumsuz yönde de etkileyebilmektedir. Korelasyon matrisinde genellikle dört adet sembol kullanılmaktadır. Kuvvetli ve olumlu bir ilişki için çift daire (⊙), zayıf ama olumlu bir ilişki için ise tek daire (○), olumsuz zayıf bir ilişki için tek yıldız (x), kuvvetli olumsuz bir ilişki için ise çift yıldız (xx) kullanılmaktadır. Teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon matrisi kalite evinin çatısına yerleştirilmektedir [64]. Çizelge 4.8’de teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon matrisi gösterilmektedir.

Çizelge 4.8: Teknik özellikler arasındaki korelasyon matrisi (E Bölümü)

1. Teknik Özellik	2. Teknik Özellik	3. Teknik Özellik	4. Teknik Özellik	5. Teknik Özellik	6. Teknik Özellik	7. Teknik Özellik	8. Teknik Özellik	9. Teknik Özellik	10. Teknik Özellik	11. Teknik Özellik
⊙	○		○		○	△		⊙		⊙
⊙					○			⊙		△
△	○		△					△		
	⊙		○	⊙						
	○					⊙				
		⊙				△	○			
				△			○			⊙
		○								
										⊙

Çatı matrisinde de kullanılan sembollerle teknik özelliklerin aralarındaki korelasyonların kuvveti ifade edilmektedir. Çatı matrisi veya korelasyon matrisi kullanıcıya teknik özelliklerin hangilerinin uyuşup, hangilerinin uyuşmadığı açısından son derece yararlı bir matris olmaktadır. Bir birini negatif yönde korelasyon gösteren teknik özellikler, farklı yöndeki müşteri veya proje taleplerinin beklentilerinin sonucu olmaktadır. Belirlenmiş olan korelasyon düzeyi olumsuz veya kuvvetli ise QFD ekibinin bu teknik özelliklerin üzerinde durarak geliştirmesi için gerekli önlemleri alması gerektiğini de ifade etmektedir [74]. Kalite evi şematik olarak çizelge 4.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9: İşlemi ve süreçleri tamamlanmış kalite evinin genel görünümü



Bu süreçlerin sonucunda, geliştirme süreçlerinin planlanması ve tüm bu süreçlerin sonucunda çizelge 4.9’da görüldüğü gibi nihai kalite evi ortaya çıkmaktadır. Sektörel özellikler, ürün, hizmet veya proje için kritik önem taşıyan bazı değişkenler ilave olarak kalite evine eklenebilmektedir [55].

Bu tez çalışmasının beşinci bölümünde QFD yöntemi ile ilgili bir uygulamaya yer verilmiş olup, yukarıda terosinden bahsettiğimiz kalite evi süreçlerinin hepsi uygulamanın bir parçası olarak oluşturulmuş ve hesaplanmıştır.



5. BİR KARAYOLU PROJESİ TASARIMINA ALTLIK TEŞKİL EDEN HARİTA VE PLANLARIN HAZIRLANMASINDAKİ YÖNTEMLERİN QFD SİSTEMATIĞİNDE İNCELENMESİ

Karayolu projeleri bir ülkenin kalkınmasında ve gelişmesinde son derece önemli katkıları olan projeler arasında yer almaktadır. Bu projelerin doğru ve istenilen ihtiyaca hizmet edebilmesi ve projenin hassas olarak hazırlanabilmesi için, bu projelere altlık teşkil eden plan ve haritalarında hassas ve doğru yapılması gerekmektedir. Yapılan haritaların, planların ve 3 boyutlu sayısal arazi modellerinin (SYM) doğru olması üretilen karayolu projelerinin de kalitesini ve hesap doğruluğunu arttıracaktır. Bir karayolu projesine altlık teşkil eden harita ve planların yapılma yöntemleri de çeşitlilik göstermektedir. Bu yöntemlerin başlıcaları, yersel (topografik jeodezik) çalışmalar, hava fotogrametrisi yoluyla yapılan çalışmalar ve uzaktan algılama uyduları vasıtası ile yapılan çalışmalar olmaktadır. Her yöntemin kendine göre avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, belirlediğimiz hedef harita üretim yöntemini diğer harita üretim yöntemlerine göre QFD sistematiğini de kullanarak ne kadar geliştirilmesi gerektiğinin bulunması olmaktadır. Seçilen yöntem aynı zamanda karayolu projelerinin tasarım hassasiyeti ve doğruluğunu da etkilemektedir. Bu çalışmada bahsedilen bu yöntemler Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) sistematiğinde analiz edilmiş ve bununla birlikte bazı teknik özellikler ve proje beklentisi olan kurum ya da kuruluşların beklentileri de göz önüne alınarak, harita üretim yöntemleri hakkında bazı analizler ve araştırmalar yapılmıştır. Yine bu çalışmada, proje müşterisi kurumların veya kişilerin müşteri memnuniyet seviyeleri de belirlenmiştir. Bununla birlikte, QFD Analizi için, sektörel uzmanlara, bir karayolu projesine altlık teşkil eden harita üretim yöntemleri ile ilgili sorular sorulmuş ve araştırmalar da yapılmıştır. Sonrasında, alternatif harita üretim metodları (hava fotogrametrisi ve yersel yöntem) bu tez çalışmasında hedef metod olarak dikkate alınan Uzaktan Algılama metodu ile karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Böylece alternatif yöntemlerin de kuvvetli ve zayıf oldukları yönleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Proje için beklentisi olan müşteri adına sektörel uzmanlar tarafından hedef metod olan Uzaktan Algılama (Uydu Görüntüleme) ve diğer alternatif metodlar ('hava fotogrametrisi ve 'yersel yöntem) bir sıralamaya sokulmuştur. Daha sonra bu sıralama QFD literatüründe belirtilen puanlama

sistemine dönüştürülerek kalite evine aktarılmıştır. Uzaktan algılama yöntemi aşağıdaki sebeplerden dolayı hedef yöntem olarak kabul edilmiştir.

- Harita üretim yöntemleriyle ilgilenen sektörel ve akademik uzmanların bildirdiği görüşler
- Literatürde yapılan araştırmalar,
- Teknik olarak uzaktan algılama yönteminin teknolojik gelişmelere açık olması
- Gelecekte daha da geliştirilebilir popüler bir yöntem olması
- Uydu görüntüleriyle üretilen haritaların diğer yöntemlere göre daha ekonomik ve zaman yönünden kısa olması
- Uydu görüntülerinin daha geniş tarama alanlarına sahip olması
- Görüntülerin sayısal ve bilgisayar ortamına aktarılabilir olması
- Coğrafi Bilgi Sistemlerine kolay entegre edilebilir olması
- Veri yapılarının basit ve anlaşılabilir olması vb.

Bu çalışmada kalite evinin A bölümünde ilk olarak konu ile ilgili,projeyi talep eden müşteri beklentileri ve ihtiyaçları belirlenip, daha sonra uzman görüşleri de alınarak müşteri ya da projeyi talep eden kişi ya da kurumların ihtiyaçları gruplandırılmış ve önem seviyeleri belirlenmiştir.Daha sonraki aşamada, kalite evinin de B kısmını oluşturan harita yapım yöntemlerinin, birbirleri ile ilgili olan avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Kalite evinin bu kısmı oluşturulurken 1 ile 5 arasında (zayıflıktan üstünüğe doğru) puanlama sistemi kullanılmıştır.Örneğin; proje beklentilerinden biri olan harita tasarım süresi 3 yönteme göre uzmanlar yönünden değerlendirildiğinde uzaktan algılama yöntemin diğer 2 yönteme göre daha üstün olduğu için 5 puan verilmiş arkasından gelen hava fotogrametrisine 4 yersel çalışmaların süresi en uzun tutacağından diğer yöntemlere göre 3 puana almıştır. Bununla birlikte aynı bölümde, proje talepçilerinin ihtiyaçları ve isteklerinin bağlı ve mutlak ağırlık seviyeleri hesaplanmıştır. Uygulamada üzerinde çalıştığımız 3 yöntemden (yersel (jeodezik) çalışmalar, hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama yöntemlerinden) uzaktan algılama yöntemi hedef yöntem olarak belirlenmiştir. Bu yöntemin diğer iki yöntemle kıyas edilerek avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Kalite evinin C bölümünde ise müşteri yada proje talepçilerinin beklentilerinden yola çıkılarak belirlenen harita yapım yöntemlerinin teknik özelliklerine yer verilmiştir. Bu özellikler belirlenirken hem proje talepçilerinin istek

ve beklentiler göz önüne alınmış hem de literatür ve konu ile ilgili uzman kişilerden görüş alınmıştır. Kalite evinin D bölümünde ise müşteri ilişkileri ile teknik özellikler arasındaki korelasyon saptanmıştır. Bu korelasyon katsayıları hesaplanırken 1-3-9 skalası kullanılmış ve uzman görüşlerine başvurulmuştur. Burada 1 zayıf korelasyonu, 3 orta düzeydeki korelasyonu 9 ise yüksek düzeydeki korelasyonu göstermektedir. Örneğin; proje talepçilerinin isteklerinden biri olan harita güncelleme kriterinin teknik özellikler bölümünde yer alan kamera ve sensör teknolojileri ile 3 (Orta düzey) korelasyon gösterdiği uzman görüşlerine göre saptanmıştır. Bu aşamalar tamamlandıktan sonra, kalite evinin F bölümünde yer alan teknik ihtiyaçlara ait mutlak önem seviyeleri belirlenmiş daha sonra bunlar yüzdelik anlam ifade eden bağıl değerlere çevrilmiştir. En yüksek yüzdeye ya da öneme sahip olan teknik özellikten başlanmak suretiyle gelişmelerin hangi yönde (yukarı, aşağı veya sabit) olup olamayacağı saptanmış ve kalite evinde grafiksel olarak gösterilmiştir. Daha sonrasında, son işlem olarak kalite evinin E bölümü oluşturulmuştur. Bu aşamada proje talepçilerinin beklenti ve istekleri baz alınarak oluşturulan yöntemlere ait teknik özelliklerin birbirleri ile ilgili olan bağlantı ve korelasyonları yine konunun uzman kişi ve akademisyenlerine danışılarak saptanmıştır. Burada örneğin; teknik özelliklerden biri olan ölçek faktörünün yine bir diğer teknik özellik olan arazi görüntüsü detayı ile pozitif yönde kuvvetli bir korelasyon olduğu uzman görüşleri de dikkate alınarak saptanmıştır. Tezin ilerleyen bölümlerinde kalite evinin her bir süreci detaylı olarak aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

5.1. Proje Talepçileri ve Müşteri Beklentilerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi (Kalite Evinin A Bölümünün Oluşturulması)

Bir karayolu projesine altlık olarak servis veren haritaların yapım yöntemlerine bu tez çalışmasının literatür kısmında bahsedilmiştir. Bu yöntemler, biri yersel (jeodezik ya da topografik) çalışmalar (ölçmeler) olup diğer iki yöntem ise hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama uyduları yardımıyla çekilen uydu görüntülerini olmaktadır. Karayolu projelerinin hassas ve prezisyonlu olarak yapılabilmesi için projeden beklenen unsur, buna altlık teşkil eden haritaların da hassas olması gerektiğidir. Bu anlamda düşündüğümüzde, ilk olarak uygulamamıza da konu olan bu üç yöntem için proje talepçilerinin istekleri ve ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu ihtiyaçlar belirlenirken,

konunun uzmanlarına danışılmış ve bu çalışmanın da literatüründe verilen araştırmalar yapılmıştır. Bu kriterler;

- Harita Tasarım Süresi: Bir haritanın tasarım süresi proje beklenti kriterlerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. Haritanın tasarımı, süre ve hızı aynı zamanda karayolu projesinin tasarım hızını, süresini ve maliyetini etkilemektedir. Bu sebeple kalite evinin A bölümünde bu kritere yer verilmiştir.
- Harita Tasarım Maliyeti: Bir haritanın tasarım maliyeti, bir karayolu projesinin tasarım maliyetini etkilemektedir. Literatür ve uzman görüşleri doğrultusunda, proje beklenti kriterleri arasında bu unsura da yer verilmektedir.
- Harita Güncellemeleri: Bir karayolu projesinin güncel bir harita ve plan üzerinde yapılması son derece önemli olmaktadır. Bu aynı zamanda kadastro ve kamulaştırma maliyetlerinin de güncel olarak belirlenmesinde de önemli bir kriter olmaktadır. Ayrıca tasarımı yapılacak olan karayolu projelerinin tasarım doğruluğunu ve hassasiyetinin arttıracığı beklenmektedir.
- Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu: Bir karayolu projesinin harita üzerinde doğru olarak tasarımının yapılması ve projelendirilmesi bu yolun inşaatı aşamasında zorlukları da ortadan kaldıracaktır. Bu yüzden bir karayolu projesinde projeyi talep eden kurum ya da kişiler için önemli bir kriter olmaktadır. Bu aynı zamanda maliyet ve zaman konularında da avantaj sağlayacaktır.
- Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu: Bir karayolu projesinin yatay geometrisinin doğru planlanması ve yataydaki hesaplamaların ve tasarımın doğru yapılabilmesi için bu karayolu projesine altlık olarak hizmet verecek olan plan ya da haritanın yatay konum doğruluğuna milimetre (mm) hassasiyetinde sağlaması gerekmektedir.
- Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu: Karayolu projelerinde metraj hesaplamalarının ve kazı dolgu hesaplamalarının hassas bir şekilde yapılması için karayolu projesine altlık olarak hizmet veren haritanın düşey konum doğruluğu yine milimetre (mm) seviyesinde olmalıdır.
- Haritadaki Üç (3D) Boyutlu Model Doğruluğu: Bir karayolu projesine altlık olan plan ve haritanın dijital ortamda üç boyutlu modelinin oluşturması

gerekmektedir. Bu da aynı şekilde projenin görsel olarak doğru bir şekilde görülebileceğini sağlamakla birlikte yine kazı ve dolgu hesaplamalarında yardımcı bir kriter olmaktadır.

- Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti: Bir haritanın hem dijital hem de kağıt ortamında doğru ve hassas çizilmesi, karayolu projesinin de doğru olarak çizilmesini ve projelendirilmesini etkileyen önemli bir kriter olarak uygulamada yer verilmiştir.
- Teknoloji Kullanımı: Haritanın ya da planın üretilmesinde kullanılan modern teknolojiler haritanın hassaslığını ve prezisyonunu da arttırdığından, bu modern yöntemlerin kullanılması da son derece önemli olmaktadır. Bu tez çalışmasının uygulamasını oluşturan kalite evi tasarımındaki proje beklentileri (ya da müşteri talepleri) kısmına bu kriterde uzman kişilere danışılarak dahil edilmiştir. Bu tez çalışmasının uygulamasına konu olan bir karayolu projesinin oluşturulmasında kullanılan harita ve planlar için proje beklentisi olan kurum ya da kişilerin (Müşteri) talep kriterleri çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1: Bir karayolu projesinin oluşturulmasında kullanılan harita ve planlar için proje beklentisi olan kurum ya da kişilerin (Müşteri) talep kriterleri (Kalite evinin A bölümü)

QFD - HOQ
Proje Talepçilerinin İstekleri
Harita Tasarım Süresi
Harita Tasarım Maliyeti
Harita Güncellemeleri
Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu
Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu
Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu
Haritadaki 3D Model Doğruluğu
Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti
Teknoloji Kullanımı

Uygulamanın ikinci aşamasında belirlenen bu kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Bu önem dereceleri harita tasarım süresi, teknoloji kullanımı ve harita üzerindeki yol tasarım doğruluğu için 1-10 arasında 9 puan alarak maksimum önem arz ederken, harita güncellemeleri ve haritadaki 3D model doğruluğu ise 7 puan

olarak en az öneme sahip olan proje beklenti kriterleri olmuştur. Yine aynı şekilde harita tasarım maliyeti, haritadaki yatay ve düşey konum doğrulukları ve harita çizim doğruluğu ve hassasiyeti 8 puan olarak diğer önemli proje beklenti kriterleri arasında yer almıştır. Bu önem seviyeleri konuyu uzmanı olan kişilerin değerlendirmesi sonucunda elde edilmiştir. Çizelge 5.2’de bu önem derecelerine ait görsel verilmektedir.

Çizelge 5.2: Bir karayolu projesinin oluşturulmasında kullanılan harita ve planlar için müşteri talepleri ve önem dereceleri (Kalite evinin A bölümü)

QFD - HOQ	
Proje Talepçilerinin İstekleri	Önem Derecesi
Harita Tasarım Süresi	9
Harita Tasarım Maliyeti	8
Harita Güncellemeleri	7
Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu	9
Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu	8
Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu	8
Haritadaki 3D Model Doğruluğu	7
Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti	8
Teknoloji Kullanımı	9

5.2. Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajları Belirlenerek Bağlı ve Mutlak Önemlerinin Hesaplanması (Kalite Evinin B Bölümünün Oluşturulması)

Bir karayolu projesine altlık hizmeti veren haritaların, hangi metodun kullanılarak yapılacağı önemli bir unsur oluşturmaktadır. Bunun nedeni her motodun kendine özgü, çeşitli üstünlükleri ve zayıflıkları olmasıdır. Kalite evinin bu kısmında bu üç yöntemin birbirleri ile olan üstünlükleri ve zayıflıkları araştırılmıştır ve bu kısımda 1 ile 5 arasında (zayıflıktan üstünlüğe doğru) puanlama sistemi kullanılmıştır. Örneğin; proje beklentilerinden biri olan harita tasarım süresi 3 yönteme göre uzmanlar yönünden değerlendirildiğinde uzaktan algılama yöntemin diğer 2 yönteme göre daha üstün olduğu için 5 puan verilmiş arkasından gelen hava fotogrametrisine 4 yersel çalışmaların süresi en uzun tutacağından diğer yöntemlere göre 3 puana almıştır. Proje talepçilerinin istekleri ve ihtiyaçları paralelliğinde bu üç yöntem birbiri ile mukayese edilerek, hangi yöntemin hangi kriterde daha üstün veya zayıf bir konumda olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak bu aşama bize tek başına Kalite

Fonksiyon Yayılımı (QFD) analizi için mutlak bir sonuç veren bir aşama olmamaktadır. Bu aşama harita ve planların oluşturulmasında, proje taleplerinin sunduğu ihtiyaç ve beklentiler için QFD'ninilerleyen süreçlerinde kullanılacak olan parametreleri oluşturmaktadır. Bu parametler incelendikten sonra, yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı, hedef yöntem olarak belirlenmiş olan uzaktan algılama yönteminin nihai sonuçları elde edilmiş ve gereken gelişim yönleri bulunmuştur. Bu aşama özelinde yaptığımız araştırmaları ve hesapları şu şekilde göstermek mümkün olmaktadır.

Bu bölümde müşteri rekabet değerlendirmesi başlığı altında harita ve planların oluşturulması için, kullanılan üç yöntemin uzman kişilerin verdiği görüşler dikkate alınarak şu şekilde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken proje taleplerinin her bir istek ve ihtiyaçları çerçevesinde ayrı ayrı değerlendirilerek üç yöntem birbiri ile kıyas edilmiş ve üstünlükleri ve zayıflıkları belirlenerek şu sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar;

- Birinci proje kriteri olan “harita tasarım süresi” için uzaktan algılama yöntemi en üstün olan yöntem iken(5 puan) jeodezik (yersel) yöntem en zayıf yöntem (3 puan)olarak belirlenmiştir.Hava fotogrametrisi yöntemi ise bu kriter için 4 puan almıştır.
- İkinci proje kriteri olan “harita tasarım maliyeti” için yine uydu görüntüleme yöntemi en üstün yöntem iken(5 puan), jeodezik (yersel) yöntem ise en zayıf yöntem (3 puan) olarak belirlenmiştir.Hava fotogrametrisi yöntemi ise bu kriter için 4 puan almıştır.
- Üçüncü proje kriteri olan “harita güncellemeleri” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan), uydu görüntüleme yöntemi en zayıf yöntem (3 puan) olarak belirlenmiştir.Hava fotogrametrisi yöntemi ise bu kriter için 4 puan almıştır.
- Dördüncü proje kriteri olan “harita üzerindeki yol tasarım doğruluğu” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan) , uydu görüntüleme yöntemi en zayıf yöntem (3 puan) olarak belirlenmiştir.Hava fotogrametrisi yöntemi ise bu kriter için 4 puan almıştır.
- Beşinci proje kriteri olan “haritadaki yatay konum doğruluğu” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan), uydu görüntüleme ve hava fotogrametrisi yöntemi zayıf yöntem (4 puan) olarak belirlenmiştir.

- Altıncı proje kriteri olan “haritadaki düşey konum doğruluğu” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan), uydu görüntüleme ve hava fotogrametrisi yöntemi zayıf yöntem (4 puan) olarak belirlenmiştir.
- Yedinci proje kriteri olan “haritadaki 3D model doğruluğu” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan), uydu görüntüleme ve hava fotogrametrisi zayıf yöntem (4 puan) olarak belirlenmiştir.
- Sekizinci proje kriteri olarak “harita çizim doğruluğu ve hassasiyeti” için jeodezik (yersel) yöntem en üstün yöntem iken (5 puan), uydu görüntüleme ve hava fotogrametrisi zayıf yöntem (4 puan) olarak belirlenmiştir.
- Son olarak dokuzuncu proje kriteri olan “teknoloji kullanımı” için uydu görüntüleme yöntemi en üstün yöntem iken (5 puan), jeodezik (yersel) yöntem en zayıf yöntem (3 puan) olarak belirlenmiştir. Hava fotogrametrisi yöntemi ise bu kriter için 4 puan almıştır.

Bu değerlendirilmelerin ardından, planlanan kalite, iyileştirme oranı, satış avantajı, mutlak ve bağıl ağırlıklar hesaplanmıştır. Bu hesaplama ise şu şekilde gerçekleştirilmiştir;

Planlanan Kalitenin Belirlenmesi: Her üç yöntem için, bütün proje kriterleri tek tek baz alınarak proje taleplerinin istekleri ve ihtiyaçları için belirlediğimiz önem seviyeleri dikkate alınarak beklenen kalite seviyeleri oluşturulmuştur.

İyileştirme Oranı: Projeyi talep eden kişi ve kurumların eski modele göre yeni modelde ne kadarlık bir iyileştirme olacağını, iyileştirme oranı hesaplanılarak tespit edilmiştir. İyileştirme oranı yalnızca harita üretim yöntemlerinden hedef yöntem olarak belirlediğimiz “uzaktan algılama” yöntemi özelinde hesaplanmıştır. Bu oran şu şekilde hesaplanmıştır;

Her bir proje kriteri için planlanan kalite seviyesinin, yapılan üstünlük ve zayıflık karşılaştırması için sadece uzaktan algılama yönteminin aldığı puanlara teker teker bölünmesi ile elde edilmiştir;

$$\text{İyileştirme Oranı} = \frac{\text{Planlanan Kalite Düzeyi}}{\text{QFD Çalışmasını Yapan Şirket Memnuniyeti}}$$

İyileştirme Oranı (Harita Tasarım Süresi İçin)

$$= \frac{9}{5} = 1.8$$

İyileştirme Oranı (Harita Tasarım Maliyeti İçin)

$$= \frac{8}{5} = 1.6$$

İyileştirme Oranı (Harita Güncellemeleri İçin)

$$= \frac{7}{3} = 2.3$$

İyileştirme Oranı Harita (Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu İçin)

$$= \frac{9}{3} = 3$$

İyileştirme Oranı (Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu İçin)

$$= \frac{8}{4} = 2$$

İyileştirme Oranı (Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu İçin)

$$= \frac{8}{4} = 2$$

İyileştirme Oranı (Haritadaki 3D Model Doğruluğu İçin)

$$= \frac{7}{4} = 1.8$$

İyileştirme Oranı (Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti İçin)

$$= \frac{8}{4} = 2$$

İyileştirme Oranı (Teknoloji Kullanımı İçin)

$$= \frac{9}{5} = 1.8$$

Proje talepçilerinin oluşturmuş olduğu dokuz ayrı kriter için, uydu görüntüleme yönteminin planlanan kalite seviyeleri bu şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplamanın sonrasında ise satış avantajı şu şekilde belirlenmiştir;

Satış Avantajı: Bu bölümde proje talepçilerin istekleri baz alınarak, bu üç harita yönteminin tercih edilebilme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre literatürde puan skalası 1.0-1.2-1.5 şeklinde olmaktadır. Bu puanlamada 1.0 anlamı mevcut sisteme göre tercih edilebilirliğinde bir değişikliğin olmadığı anlamına gelmekle birlikte 1.5 puanın anlamı ise tercih edilebilirliğinin çok yüksek olacağı anlamına gelmektedir.

Mutlak Ağırlık: Mutlak ağırlıklandırma, her bir proje kriteri için önem derecesi, iyileştirme oranı ve satış avantajının çarpımında elde edilmiş bir parametredir. Mutlak ağırlık, Kalite Fonksiyon Yayılımı analizinin en önemli kısmını oluşturan harita üretim yöntemlerinin, hedef değerler ile karşılaştırılıp analiz ettiğimiz bölümde kullanılacak olan parametreyide oluşturmaktadır. Her bir kriter için şu şekilde hesaplanmıştır;

Mutlak Ağırlık (Harita Tasarım Süresi İçin)

$$= 9 \times 1.8 \times 1.5 = 24$$

Mutlak Ağırlık (Harita Tasarım Maliyeti İçin)

$$= 8 \times 1.6 \times 1.2 = 15$$

Mutlak Ağırlık (Harita Güncellemeleri İçin)

$$= 7 \times 2.3 \times 1 = 16$$

Mutlak Ağırlık (Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu İçin)

$$= 9 \times 3 \times 1.5 = 41$$

Mutlak Ağırlık (Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu İçin)

$$= 8 \times 2 \times 1.2 = 19$$

Mutlak Ağırlık (Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu İçin)

$$= 8 \times 2 \times 1.2 = 19$$

Mutlak Ağırlık (Haritadaki 3D Model Doğruluğu İçin)

$$= 7 \times 1.8 \times 1 = 12$$

Mutlak Ağırlık (Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti İçin)

$$= 8 \times 2 \times 1.2 = 19$$

Mutlak Ağırlık (Teknoloji Kullanımı İçin)

$$= 9 \times 1.8 \times 1.5 = 24$$

Proje talepçilerinin oluşturmuş olduğu dokuz ayrı kriter için, mutlak ağırlık seviyeleri bu şekilde hesaplanmış ardından yüzdelik ifade edilebilmesi bağıl ağırlık oranlara çevirilmiştir. Bağıl ağırlıklar şu şekilde hesaplanmıştır;

$$\text{Bağıl Ağırlık} = \frac{\text{Herhangi bir Satırın Mutlak Ağırlığı}}{\text{Toplam Mutlak Ağırlık}} \times 100$$

Bağıl Ağırlık % (Harita Tasarım Süresi İçin)

$$= \frac{24}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = \%13$$

Bağıl Ağırlık % (Harita Tasarım Maliyeti İçin)

$$= \frac{15}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 8$$

Bağıl Ağırlık % (Harita Güncellemeleri İçin)

$$= \frac{16}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 9$$

Bağıl Ağırlık % (Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu İçin)

$$= \frac{41}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 21$$

Bağıl Ağırlık % (Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu İçin)

$$= \frac{19}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 10$$

Bağıl Ağırlık % (Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu İçin)

$$= \frac{19}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 10$$

Bağıl Ağırlık % (Haritadaki 3D Model Doğruluğu İçin)

$$= \frac{12}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 6$$

Bağıl Ağırlık % (Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti İçin)

$$= \frac{19}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 13$$

Bağıl Ağırlık % (Teknoloji Kullanımı İçin)

$$= \frac{24}{\Sigma \text{mutlak ağırlık sütunu (190.64)}} \times 100 = 13$$

Yukarıdaki hesaplamaların ardından tüm mutlak ağırlıkla, yüzdelik olarak bağıl ağırlıklandırmalara dönüştürülerek yüzdesel ağırlıkları hesaplanmış ve ayrıca ağırlıklandırma grafiğinde çubuk grafiği şeklinde gösterilmiştir. Bütün bu hesaplamaların ardından Müşteri rekabet değerlendirme başlığı altında oluşturduğumuz kalite evini bu bölüm özelinde bitmiş kısmı çizelge 5.3'de şu şekilde sunulmuştur.

Çizelge 5.3: Üç yöntemin değerlendirildiği ve planlanan kalite seviyelerinin, iyileştirme oranlarının, satış avantajlarının, mutlak ve bağıl ağırlıklarının hesaplandığı müşteri rekabet değerlendirme bölümü (B bölümü)

	Müşteri Rekabet Değerlendirmesi									Ağırlıklandırma Grafiği
	Uydu Görüntüleme	Hava Fotoğrafi	Jeodezik (Yersel) Yöntem	Planlanan Kalite	İyileştirme Oranı	Satış Avantajı	Mutlak Ağırlık	Bağıl Ağırlık (%)		
Harita Tasarım Süresi	5	4	3	9	1,8	1,5	24	13	■	
Harita Tasarım Maliyeti	5	4	3	8	1,6	1,2	15	8	■	
Harita Güncellemeleri	3	4	5	7	2,3	1,0	16	9	■	
Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu	3	4	5	9	3,0	1,5	41	21	■	
Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu	4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■	
Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu	4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■	
Haritadaki 3D Model Doğruluğu	4	4	5	7	1,8	1,0	12	6	■	
Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti	4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■	
Teknoloji Kullanımı	5	4	3	9	1,8	1,5	24	13	■	

5.3. Harita Üretim Yöntemlerinin Teknik Kriterlerinin Belirlenmesi ve Bu Kriterlerle Proje Talepçilerinin İstekleri Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi (Kalite Evinin C ve D Bölümünün Oluşturulması)

Kalite evinin bu aşamasında ise proje talepçilerinin kendi düşünceleri ve ifadeleriyle oluşturulmuş olan taleplerini ve isteklerini, projeye uygun olarak belirlenen teknik ihtiyaçlara dönüştürülmüştür. Daha sonra bu teknik ihtiyaçlar ile müşterilerin beklentileri arasındaki korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Proje beklenti kriterleri ile teknik özellikler arasındaki korelasyonların oluşturulmasında uzman kişilerin görüşlerine başvurulmuştur. Burada ilişki derecelerini belirlemek için 1-3-9 skalası kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla, zayıf ilişki, orta ilişki ve kuvvetli ilişkiyi temsil etmektedir. Bu ilişki dereceleri şu şekilde belirlenmiştir;

- Harita tasarım kriterlerinden, harita tasarım süresi, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, kamera

sensör teknolojileri ve görüntünün kapsadığı alan özellikleri ile yüksek korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi özelliği ile orta düzeyde korelasyon göstermiştir.

- Harita tasarım kriterlerinden, harita tasarım maliyeti, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi, kamera ve sensör teknolojileri, görüntünün kapsadığı alan ve sayısal yüksekli modeli özellikleri ile yüksek korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi, ölçek faktörü, yol geometrisi uygunluğu ve eğim tespit edilebilirliği özellikleri ile orta düzeyde korelasyon göstermiştir.
- Harita tasarım kriterlerinden, harita güncellemeleri hiçbir teknik özellikle ile yüksek korelasyon göstermemekle beraber, mekansal çözünürlük, arazi görüntüsü detayı, kamera ve sensör teknolojileri ve görüntünün kapsadığı alan özellikleri ile orta düzeyli korelasyon göstermiştir.
- Harita tasarım kriterlerinden, harita üzerindeki yol tasarım doğruluğu, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, ölçek faktörü, koordinat doğruluğu, yol geometrisi uygunluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ve sayısal yükseklik modeli ile özellikleri ile yüksek korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi, arazi görüntüsü detayı ve kamera ve sensör teknolojisi özellikleri ile orta düzeyde korelasyon göstermiştir ve ayrıca eğim tespit edilebilirliği özelliği ile de zayıf düzeyde korelasyon göstermiştir.
- Harita tasarım kriterlerinden haritadaki yatay konum doğruluğu, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, ölçek faktörü, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, yol geometrisi uygunluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi özellikleri ile yüksek düzeyde korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi ile de orta düzeyde korelasyon göstermiştir.
- Harita tasarım kriterlerinden haritadaki düşey konum doğruluğu, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, ölçek faktörü, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, yol geometrisi uygunluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi, eğim tespit edilebilirliği ve sayısal yükseklik modeli ile yüksek düzeyde korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi ile orta düzeyli bir korelasyon göstermiştir.
- Harita tasarım kriterlerinden, harita 3D model doğruluğu, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, ölçek faktörü, arazi görüntüsü detayı, koordinat

doğruluğu, yol geometrisi uygunluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi, eğim tespit edilebilirliği ve sayısal yükseklik modeli ile yüksek düzeyde korelasyon gösterirken, harita istikşaf ve etüt süresi ile orta düzeyli bir korelasyon göstermiştir.

- Harita tasarım kriterlerinden, harita çizim doğruluğu ve hassasiyeti, teknik özellikler olan mekansal çözünürlük, ölçek faktörü, koordinat doğruluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ile yüksek düzeyde korelasyon gösterirken, arazi görüntüsü detayı, yol geometrisi uygunluğu ve eğim tespit edilebilirliği özellikleri ile orta düzeyli bir korelasyon göstermiştir.
- Son olarak harita tasarım kriterlerinden, teknoloji kullanımı, mekansal çözünürlük, kamera ve sensör teknolojileri ve görüntünün kapsadığı alan ile yüksek düzey korelasyon gösterirken, koordinat doğruluğu ile orta düzey, arazi görüntüsü detayı ile zayıf düzey bir korelasyon göstermiştir.
- Proje beklenti kriterleri ile teknik özellikler arasında hiçbir değer almayanların aralarında herhangi bir korelasyon tespit edilememiştir. Yani teknik özellik ile proje beklenti kriteri arasında korelasyon bulunmamaktadır.

Kalite evinin bu aşamasında proje talepçilerinin istek ve ihtiyaçlarına mukabil olarak oluşturulmuş olan teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon uzman kişilerin bildirdiği görüşler doğrultusunda belirlenmiştir. Proje tasarımı için gereken kriterler ile teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon kuvvetini gösteren matris çizelge 5.4'de proje beklenti kriterleri ile teknik ihtiyaçlar arasındaki korelasyon matrisi verilmiştir.

Çizelge 5.4: Proje talepçilerinin ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi kalite evinin (C ve D bölümleri)

QFD - HOQ	Teknik Özellikler											
	Önem Derecesi	Mekansal Çözünürlük	Harita İstikşaf ve Etüt Süresi	Ölçek Faktörü	Arazi Görüntüsü Detayı	Koordinat Doğruluğu	Yol Geometri Uygunluğu	Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi	Eğim Tespit Edilebilirliği	Kamera ve Sensör Teknolojisi	Görüntünün Kapsadığı Alan	Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu
Müşteri Talepleri												
Harita Tasarım Süresi	9	9	3		9	9				9	9	
Harita Tasarım Maliyeti	8	9	3	3	9	9	3	9	3	9	9	9
Harita Güncellemeleri	7	3			3					3	3	
Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu	9	9	3	9	3	9	9	9	1	3		9
Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu	8	9	3	9	9	9	9	9				
Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu	8	9	3	9	9	9	9	9	9			9
Haritadaki 3D Model Doğruluğu	7	9	3	9	9	9	9	9	9			9
Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti	8	9		9	3	9	3	9	3			3
Teknoloji Kullanımı	9	9			1	3				9	9	

5.4 Harita Oluşturma Metotları ve Hedef Değerler Arasındaki Karşılaştırma ve Analiz (Kalite Evinin F Bölümünün Oluşturulması)

Kalite evinin bu aşamasında teknik özelliklerin mutlak önemleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, yüzdelik olarak ifade ettiğimiz bağıl önemleride bulunmuştur. Her 3 harita üretim yöntemi için de her bir teknik özelliğe ait literatürden araştırılan rekabete yönelik teknik veriler bulunmuştur. Buradaki amaç hedef yöntem olarak seçilen uzaktan algılama yöntemi için en yüksek yüzdelik dilime ya da bağıl önemesahip olan teknik özelliklerin, bir başka ifadeyle en çok üzerinde durulması gereken teknik özelliklerin belirlenmesiyle iştirme ve geliştirmesi olmaktadır. Daha sonra harita ve planlarını oluşturmak için kullanılan ve hedef olarak belirlediğimiz uzaktan algılama yönteminin, olması gereken hedef değerleri ve bunlara karşılık gelen birimleri literatürden araştırılarak belirlenmiştir. Sonrasında bu ihtiyaçların hangi yönde gelişim göstermesi gerektiği saptanmaya çalışılmıştır. Mutlak önem seviyelerinin hesaplanması şu şekilde tez çalışmasında aşağıdaki hesaplamalar yapılarak elde edilmiştir

Mutlak Önem: $\sum(\text{Mutlak Önem}) \times (\text{O Satıra Ait İlişkinin Gücü})$

Mutlak Önem (Mekansal Çözünürlük İçin)

$$9 \times 24 + 9 \times 15 + 3 \times 16 + 9 \times 41 + 9 \times 19 + 9 \times 19 + 9 \times 12 + 9 \times 19 + 9 \times 24 = 1618$$

Mutlak Önem (Harita İstikşaf ve Etüt Süresi İçin)

$$3 \times 24 + 3 \times 15 + 3 \times 41 + 3 \times 19 + 3 \times 19 + 3 \times 12 = 392,43$$

Mutlak Önem (Ölçek Faktörü İçin)

$$3 \times 15 + 9 \times 41 + 9 \times 19 + 3 \times 19 + 9 \times 12 + 9 \times 19 = 1039,2$$

Mutlak Önem (Arazi Görüntüsü Detayı İçin)

$$9 \times 24 + 9 \times 15 + 9 \times 41 + 9 \times 19 + 9 \times 19 + 9 \times 12 + 3 \times 19 + 1 \times 24 = 1065,2$$

Mutlak Önem (Koordinat Doğruluğu İçin)

$$9 \times 24 + 9 \times 15 + 9 \times 41 + 9 \times 19 + 9 \times 19 + 9 \times 12 + 9 \times 19 + 3 \times 24 = 1422,99$$

Mutlak Önem (Yol Geometri Uygunluğu İçin)

$$3 \times 15 + 9 \times 41 + 9 \times 19 + 9 \times 19 + 9 \times 12 + 3 \times 19 = 924,03$$

Mutlak Önem (Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi İçin)

$$9x15 + 9x41 + 9x19 + 9x19 + 9x12 + 9x19 = 1131,4$$

Mutlak Önem (Eğim Tespit Edilebilirliği İçin)

$$3x15 + 1x41 + 9x19 + 9x12 + 3x19 = 427,3$$

Mutlak Önem (Kamera ve Sensör Teknolojisi İçin)

$$9x24 + 9x15 + 3x16 + 3x41 + 9x24 = 746,14$$

Mutlak Önem (Görüntünün Kapsadığı Alan İçin)

$$9x24 + 9x15 + 3x16 + 9x24 = 624,64$$

Mutlak Önem (Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu İçin)

$$9x15 + 9x41 + 9x19 + 9x12 + 3x19 = 843,39$$

Yukarıda hesaplanmış olan bu mutlak önemlerin yüzdeler şeklinde ifade edildiği bağlı önem seviyeleri ise şu şekilde hesaplanmıştır;

$$\text{Bağıl Önem (\%)} = \frac{\text{Mutlak Önem}}{\text{Toplam Mutlak Önem}} \times 100$$

Bağıl Önem (%) (Mekansal Çözünürlük İçin)

$$x = \frac{1618}{10234,45} \times 100 = \% 16$$

Bağıl Önem (%) (Harita İstikşaf ve Etüt Süresi İçin)

$$x = \frac{392,43}{10234,45} \times 100 = \% 4$$

Bağıl Önem (%) (Ölçek Faktörü İçin)

$$x = \frac{1039,2}{10234,45} \times 100 = \% 10$$

Bağıl Önem (%) (Arazi Görüntüsü Detayı İçin)

$$x = \frac{1065,2}{10234,45} \times 100 = \% 10$$

Bağıl Önem (%) (Koordinat Doğruluğu İçin)

$$x = \frac{1422,99}{10234,45} \times 100 = \% 14$$

Bağıl Önem (%) (Yol Geometri Uygunluğu İçin)

$$x = \frac{924,03}{10234,45} \times 100 = \%9$$

Bağıl Önem (%) (Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi İçin)

$$x = \frac{1131,4}{10234,45} \times 100 = \%11$$

Bağıl Önem (%) (Eğim Tespit Edilebilirliği İçin)

$$x = \frac{427,23}{10234,45} \times 100 = \%4$$

Bağıl Önem (%) (Kamera ve Sensör Teknolojisi İçin)

$$x = \frac{746,14}{10234,45} \times 100 = \%7$$

Bağıl Önem (%) (Görüntünün Kapsadığı Alan İçin)












$$x = \frac{624,64}{10234,45} \times 100 = \%6$$

Bağıl Önem (%) (Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu İçin)

$$x = \frac{843,39}{10234,45} \times 100 = \%8$$

Çizelge 5.5'deki görselde mutlak ve bağıl önemler hesaplanmış ve uzaktan algılama yöntemine göre hedef değerler ve gelişim yönleri belirtilmiştir. Bununla birlikte seçilen hedef yöntem olan uzaktan algılama yöntemi için belirlenen özelliklere göre geliştirilmesi ve iyileştirilmesi yapılacak olan teknik özellikler belirlemiştir. bu tez çalışmasının 6. bölümünde yer alan sonuçlar bölümünde ise konu ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

Çizelge 5.5: Kalite fonksiyon yayılımı analizi doğrultusunda hesaplanmış olan Mutlak ve bağıl önem seviyeleri, hedef değerler ve gelişim yönleri (Kalite evinin F bölümü)

		Teknik Özellikler										
		Mekansal Çözünürlük	Harita İstikşaf ve Etüt Süresi	Ölçek Faktörü	Arazi Görüntüsü Detayı	Koordinat Doğruluğu	Yol Geometri Uygunluğu	Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi	Eğitim Tespit Edilebilirliği	Kamera ve Sensör Teknolojisi	Görüntünün Kapsadığı Alan	Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu
Mutlak Önem		1618	392,43	1039,2	1065,2	1423	924,03	1131,4	427,23	746,14	624,64	843,39
Bağıl Önem (%)		16%	4%	10%	10%	14%	9%	11%	4%	7%	6%	8%
Ağırlıklandırma Grafiği												
Gelişmenin Yönü		●	↓	●	●	↓	↑	↓	↑	↑	●	↑
Technical Competitive Assessment Technical Competitive Data	Uydu Görüntüleme	0.31-1	40	117500	1	dm	80	70-80	75-85	MTS	12000	70-80
	Hava Fotoğrafı	0.03 - 0.1	35	115000	0.45	cm	85	80-90	85-95	CCD	3,20	80-90
	Jeodezik (Yersel) Yöntem	-	30	111000	-	mm	95	90-100	95-100	-	-	90-100
	Hedef Değer	<0.50 m	30	1110000	1,5	cm	80-100	80-100	100,00	TIRS2	>10000	80-100
Birim		M	Gün	Kesir	M	mm	Yüzde	%	Yüzde	Pixel	KM2	%
Sütun		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

5.5 Teknik İhtiyaçların Aralarındaki Korelasyon Matrisinin Oluşturulması (Kalite Evinin E Bölümünün Oluşturulması)

Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) analizinin, son olarak oluşturulan bu aşamasında, bu 3 harita üretim yöntemi için belirlenen teknik özelliklerin birbirleri ile ilgili olan ilişki matrisi oluşturulmuştur. Burada her bir teknik özellik diğer teknik özellikler ile karşılaştırılarak aralarında nasıl bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Eğer iki özellik arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki var ise (o) şeklinde, aralarında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki var ise (oo) şeklinde gösterilmiştir. Eğer bu iki teknik özellik arasında negatif ama zayıf bir ilişki var ise (*) şeklinde, negatif kuvvetli bir ilişki var ise (**) şeklinde gösterilmiştir. İki teknik arasında herhangi bir ilişki (korelasyon) yok ise kalite evinin bu bölümü boş bırakılmıştır. Aşağıda aralarında sadece pozitif veya negatif anlamda ilişki bulunan teknik özelliklerin açıklamalarına yer verilmektedir. Aralarında herhangi bir korelasyon bulunmayan teknik özellikler çizelge 5.6'da verildiği gibi boş bırakılmıştır. Bu değerlendirmeler konun uzmanları kişilerin bildirdiği görüşler çerçevesinde oluşturulmuş olup, şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- Mekansal çözünürlük, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ve kamera ve sensör teknolojisi özellikleri ile pozitif yönde kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Harita istikşaf ve etüt süresi, eğim tespit edilebilirliği ile pozitif yönde zayıf bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.
- Ölçek faktörü, arazi görüntüsü detayı ve koordinat doğruluğu ile pozitif yönde kuvvetli bir korelasyon gösterirken, görüntünü kapsadığı alan ile negatif yönde kuvvetli bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu ile pozitif yönde kuvvetli bir korelasyona sahip olduğu tespit edilirken, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ile pozitif yönde zayıf bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Koordinat doğruluğu ile de sayısal yükseklik modeli arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.6'da teknik ihtiyaçların aralarındaki korelasyonu gösteren çatı matrisi verilmiştir.

Çizelge 5.6: Kalite evinin çatısını oluşturan ve teknik özellikler arasındaki korelasyonu gösteren çatı matrisi (Kalite evinin E bölümü)

Teknik Özellikler										
Mekansal Çözünürlük	Harita İstikşaf ve Etüt Süresi	Ölçek Faktörü	Arazi Görüntüsü Detayı	Koordinat Doğruluğu	Yol Geometri Uygunluğu	Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi	Eğim Tespit Edilebilirliği	Kamera ve Sensör Teknolojisi	Görüntünün Kapsadığı Alan	Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu

5.6 Bütün Süreçleri Tamamlanmış Olan Kalite Evinin Genel Görüntüsü

Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) analizi ile yapmış olduğumuz kalite evinin aşağıdaki çizelge 5.7’de verildiği gibi son ve tamşekli görülmektedir. Kalite evi oluşturulurken tüm süreçler için farklı uygulama, araştırma ve hesaplamalar yapılmıştır. Kalite evini oluşturulurken konunun uzmanı kişilere danışılarak ve literürden elde ettiğimiz bilgilerle yapılmıştır. bunula birlikte yapılan matematiksel hesaplamaların sonrasında kalite evinin son ve tam şekli oluşturulmuştur.

Çizelge 5.7: Kalite Evinin Genel Görünümü

QFD - HOQ		Teknik Özellikler										Müşteri Rekabet Değerlendirmesi												
		Mekansal Çözünürlük	Harita İstikşaf ve Etüt Süresi	Ölçek Faktörü	Arazi Görüntüsü Detayı	Koordinat Doğruluğu	Yol Geometri Uygunluğu	Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi	Eğim Tespit Edilebilirliği	Kamera ve Sensör Teknolojisi	Görüntünün Kapsadığı Alan	Sayısal Yükseklik Modeli Uygunluğu	Uydu Görüntüleme	Hava Fotoğrafı	Jeodezik (Yerel) Yöntem	Planlanan Kalite	İyileştirme Oranı	Satış Avantajı	Mutlak Ağırılık	Bağıl Ağırılık (%)	Ağırlıklandırma Grafiği			
Müşteri Talepleri		9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	4	3	9	1,8	1,5	24	13	■	
Harita Tasarım Süresi		8	9	3	3	9	9	3	9	3	9	9	9	9	5	4	3	8	1,6	1,2	15	8	■	
Harita Güncellemeleri		7	3		3						3	3			3	4	5	7	2,3	1,0	16	9	■	
Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu		9	9	3	9	3	9	9	9	1	3				9	3	4	5	9	3,0	1,5	41	21	■
Haritadaki Yatay Konum Doğruluğu		8	9	3	9	9	9	9	9	9					4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■	
Haritadaki Düşey Konum Doğruluğu		8	9	3	9	9	9	9	9	9					9	4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■
Haritadaki 3D Model Doğruluğu		7	9	3	9	9	9	9	9	9					9	4	4	5	7	1,8	1,0	12	6	■
Harita Çizim Doğruluğu ve Hassasiyeti		8	9		9	3	9	3	9	3					3	4	4	5	8	2,0	1,2	19	10	■
Teknoloji Kullanımı		9	9		1	3					9	9			5	4	3	9	1,8	1,5	24	13	■	
Mutlak Önem		1618	392,4	1039,2	1065	1422,99	924	1131	427,23	746,1	624,6	843,4												
Bağıl Önem (%)		16%	4%	10%	10%	14%	9%	11%	4%	7%	6%	8%												
Ağırlıklandırma Grafiği		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Technical Competitive Assessment	Technical Competitive Data	Gelişmenin Yönü																						
		Uydu Görüntüleme	0.31-1	40	1/7500	1	cm-dm	80	70-80	75-85	MTS	12000	70-80											
		Hava Fotoğrafı	0.03-0.1	35	1/5000	0.45	cm	85	80-90	85-95	CCD	3,20	80-90											
		Jeodezik (Yerel) Yöntem	-	30	1/1000	-	mm	95	90-100	95-100	-	-	90-100											
		Hedef Değer	<0.50 m	30	1/10000	1,5	<10 mm	80-100	80-100	100,00	TIRS2	>10000	80-100											
	Birim	M	Gün	Kesir	M	mm	Yüzde	%	Yüzde	Pixel	KM2	%												
	Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11												

6. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI ANALİZİNİN SONUÇLARI VE YORUMLARI

Karayolu taşımacılığı güvenilir ve emniyetli olması, hem yaygın bir şekilde kullanılması hem de bir defa da çok fazla yükün ve eşyanın taşınmasına olanak sağlaması sebebiyle en çok tercih edilen taşımacılık yöntemlerinden biri olmaktadır. Bir evin eşyalarının taşınmasından, bir fabrikanın (makine, teçhizat ve ekipmanlarının) taşınmasına varıncaya kadar her tür taşımacılık karayolu taşımacılığı ile gerçekleştirilebilmektedir. Gerek kolaylığı açısından, gerek uygun fiyat açısından ve gerekse de bir çok lokasyona ulaşılabilir olmasından dolayı, karayolu taşımacılığı lojistik, sağlık, turizm, sanayi, eğitim ve bunun gibi bir çok sektörde kullanımı en çok yaygınlaşmış olan taşıma yöntemi konumunda olmaktadır.

Bir karayolu projesini oluşturmak için gerekli olan en önemli unsur, karayolu projesine altlık görevi üstelenecek olan harita ve planların yapımı olmaktadır. Günümüzde bu harita ve planların yapılmasına yönelik genellikle kullanılan üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemleri şu sıralayacak olursak;

- Jeodezik (yersel) yöntem
- Hava fotogrametrisi yöntemi
- Uzaktan algılama yöntemi

Bu yöntemlerden her biri kendi içerisinde önemli özelliklere sahip olmaktadır. Jeodezik (yersel) yöntem ile yapılan harita ve planlarda, arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri çok daha iyi bir şekilde tatbik edilebilmektedir. Hava fotogrametrisi yöntemi aracılığı ile yapılan harita ve planlarda tek bir seferde geniş görüntüler elde etmesi sebebiyle daha kısa sürelerde harita yapımına olanak sağlamaktadır. Son olarak uzaktan algılama yöntemi ile yapılan haritalarda, bütün yeryüzü taranarak, yüksek çözünürlükte elde edilen görüntüler sayesinde, çok kısa sürelerde çok büyük alanların haritalarının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bilgisayar ve uydu teknolojilerinin hızla ilerlemesiyle beraber bu yöntemin popülerliği her geçen gün artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, harita ve planları oluşturabilmek için kullanılan bu üç yöntemin analizlerini ve değerlendirmelerinin yapılması için Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) tekniğinden faydalanılmıştır. Kalite Fonksiyon Yayılımı QFD, temel anlamda müşteri ya da proje beklentisinde olan kişi veya kurumların isteklerini değerlendiren ve bu

istekleri ölçülebilir performans özelliklerine dönüştüren, süreçlerin optimize edilmesini sağlayan ve iyi bir satış/dağıtım kanalı elde edilmesine katkıda bulunan müşteri bazlı ve ekip çalışmasını gerektiren bir kalite metodolojisi görevi görmektedir.

Bu tez çalışmasında karayolu projelerindeki harita üretim yöntemleri (jeodezik, hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama) için proje talepçilerinin istekleri ve bu yöntemlerin teknik özellikleri birlikte değerlendirilerek QFD metodolojisinde incelemiştir. Bu harita üretim yöntemlerinden uzaktan algılama yöntemi harita üretim yöntemleriyle ilgilenen sektörel ve akademik uzmanların bildirdiği görüşler, literatürde yapılan araştırmalar, teknik olarak uzaktan algılama yönteminin teknolojik gelişmelere açık olması, gelecekte daha da geliştirilebilir popüler bir yöntem olacak olması, uydu görüntüleriyle üretilen haritaların diğere yöntemlere göre daha ekonomik ve zaman yönünden kısa olması, uydu görüntülerinin daha geniş tarama alanlarına sahip olması, görüntülerin sayısal ve bilgisayar ortamına aktarılabilir olması, Coğrafi Bilgi Sistemlerine kolay entegre edilebilir olması ve veri yapılarının basit ve anlaşılabilir gibi sebeplerden dolayı ve konunun uzmanı kişilerin bildirdiği görüşler de dikkate alınarak QFD analizinde kullanılmak üzere hedef yöntem olarak seçilmiştir. QFD analizinin uygulanması ve aynı zamanda O'nun anlaşılır ve anlamlı olması için kalite evinin oluşturulması öncelikli olarak yapılmış ve bu süreçte şu aşamalar izlenmiştir;

Kalite evi oluşturulurken, A bölümü olarak adlandırılan kısımda proje talepçilerinin kaliteli bir harita ve planın oluşturulabilmesi için beklenti ve istekleri belirlenmiştir. Daha sonra, proje talepçilerinin bildirdikleri bu kriterlere uygun olarak teknik özellikler belirlenmiştir. Teknik özelliklerin yer aldığı bu kısım böylelikle kalite evinin C bölümünü oluşturmuştur. Bununla birlikte, harita üretim yöntemleri, proje talepçilerinin her bir istek ve ihtiyaçlarıyla değerlendirilerek bu üç yöntemin aralarındaki üstünlük ve zayıflıklarının belirlendiği B bölümü oluşturulmuştur. Aynı zamanda bu bölümde, hedef olarak belirlediğimiz uzaktan algılama yöntemi için planlanan kalite, iyileştirme oranı, satış avantajı, mutlak ve bağıl ağırlıklar hesaplanmıştır. Kalite evinin D bölümünde ise, proje talepçilerinin beklentileri ile teknik özellikler arasındaki ilişkiler (korelasyon) belirlenmiş ve 1-3-9 skalasında değerlendirilmiştir. F bölümüne gelindiğinde ise, teknik özelliklerin mutlak önem seviyeleri hesaplanmış ve bunlar bağıl yüzdelere aktarılmıştır. Bununla birlikte her

üç yöntem için teknik veriler literatürden araştırılmış ve hedef yöntem için, hedef değerler belirlenmiş ve bu değerlere ait birimler belirlenerek, iyileştirmesi gereken teknik özelliklerin gelişim yönleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Son olarak kalite evinin E bölümünde, teknik özelliklerin birbirleri ile ilgili olan korelasyonlar saptanmaya çalışılmış ve çatı matrisi oluşturularak kalite evi son ve tam şekline getirilmiştir.

Proje talepçilerinin memnuniyet seviyeleri analizinde de görüleceği üzere “Harita Üzerindeki Yol Tasarım Doğruluğu” yönündeki proje beklenti kriteri %21 ile en büyük bağıl öneme sahiptir ve en çok bu beklenti üzerinde durulmuştur. Buna göre, hedef yöntem olan uzaktan algılama yönteminde öncelikli olarak,

- Mekansal Çözünürlük (%16 bağıl önem ile)
- Koordinat Doğruluğu (%14 bağıl önem ile)
- Karayolu Projesi Kazı-Dolgu Hesap Dengesi (%11 bağıl önem ile)
- Ölçek Faktörü (%10 bağıl önem ile)
- Arazi Görüntüsü Detayı (%10 bağıl önem ile)

özelliklerinin üzerinde durulması gerektiği belirlenmiştir.

İkincil özellikler veya öncelikli olmayan özellikler ise şu şekilde oluşmuştur;

- Yol Geometrisi Uygunluğu (%9 bağıl önem ile)
- Sayısal Yükseklik Modeli (%8 bağıl önem ile)
- Kamera ve Sensör Teknolojisi (%7 bağıl önem ile)
- Görüntünün Kapsadığı Alan (%6 bağıl önem ile)
- Harita İstikşaf ve Etüt Süresi (%4 bağıl önem ile)
- Eğim Tespit Edilebilirliği (%4 bağıl önem ile)

Ortaya çıkan bu durum sonucunda, uzaktan algılama yöntemi için, öncelikli olarak üzerinde durulması gereken mekansal çözünürlük, ölçek faktörü ve arazi görüntüsü detayı özelliklerinin mevcut koşullar altında belirlenen hedef değerleri ortalama olarak karşılayacağından durumunu koruduğu görülmektedir. Ancak, karayolu projesi için kazı-dolgu hesap dengesinin %80-%100 hedef aralığı olarak saptandığından, %70-%80 aralığında görülen bu kriterin iyileştirilmesi gerektiği ve sonuçların proje maliyetini de etkileyeceğinden önemle üzerinde durulması gerektiği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda dm-cm hassasiyetinde belirlenen koordinat

doğruluğunun hedef yöntem uzaktan algılama yöntemi için yapılacak olan düzeltmelerle mm düzeylerine indirgenmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Ayrıca kalite evinin çatı matrisinde, teknik tanımlayıcıların (mühendislik karakteristikleri) iç ilişkilerini göstermektedir. Burada, teknik tanımların hangilerinin uyuşup hangilerinin zıt düştüğü şu şekilde belirlenmiştir.

- Teknik tanımlayıcılardan, mekansal çözünürlük, arazi görüntüsü detayı, koordinat doğruluğu, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ve kamera ve sensör teknolojileri ile pozitif yönde kuvvetli bir ilişki gösterdiği saptanmıştır.
- Teknik tanımlayıcılardan, harita istikşaf ve etüt süresi, eğim tespit edilebilirliği ile pozitif yönde zayıf bir ilişki gösterdiği saptanmıştır.
- Teknik tanımlayıcılardan ölçek faktörü, arazi görüntüsü detayı ve koordinat doğruluğu ile pozitif yönde kuvvetli bir ilişki gösterdiği saptanırken, görüntünün kapsadığı alan ile negatif yönde kuvvetli bir ilişki gösterdiği saptanmıştır.
- Teknik tanımlayıcılardan, arazi görüntüsü detayı ile koordinat doğruluğu pozitif yönde kuvvetli bir ilişki gösterdiği saptanırken, karayolu projesi kazı-dolgu hesap dengesi ile pozitif yönde zayıf bir ilişki gösterdiği saptanmıştır.
- Teknik tanımlayıcılardan koordinat doğruluğu ile sayısal yükseklik modeli uygunluğu pozitif yönde kuvvetli bir ilişki gösterdiği saptanmıştır.

Bu iyileştirmelere yapıldığı takdirde uzaktan algılama yöntemi gelecekte karayolu projeleri için son derece etkin bir yöntem olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] UBAK, T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Resmi Web Sitesi, (ubak.gov.tr), Ankara, 2019.
- [2] A. Sevük, Kaynak Elektrodu Üretiminde Kalite Fonksiyon Yayılımı Açılımı QFD Açılımına Bir Örnek, Tüsiad-Kalder 7 (1988) 133-160.
- [3] J.R. Hauser ve D., Clausing The House of Quality, Harvard Business Review (1988) No:3, 63-67.
- [4] N. Yaman ve F. Kaman, Yol Bilgisi Temel Ders Kitabı, Orta Dereceli Endüstriyel Teknik Öğretim Okulları, Milli Eğitim-Gençlik ve Spor Bakanlığı Yayınları (1988) 343s.
- [5] T. Kiper, Karayolu Projesi Temel Bilgileri, YTMK Yayın (2002) No: 23, 241s.
- [6] İ. Süttaş ve G., Öztaş, Karayolu İnşaatında Uygulama ve Projelendirme, İTÜ İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, Karayolu İnşaatı ve Trafik Bilim Dalı, Teknik Yayınevi (1983) 368s.
- [7] A. Tunç, Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları, Asil Yayın Dağıtım, 1. Baskı Haziran (2004) 253s.
- [8] E. Baban, Yol Projesi Tatbikat Dersleri, Birsen Yayınevi 2. Baskı (2000) 105s.
- [9] Gebze Günlük Haber Gazetesi, <https://www.gebzehaber.net/yol-guzergahi-degistirildi-15404h.htm>, 2019.
- [10] Ö. B. Seçkin, Bir Orman Yolu Projesinde Güzergah Planının Hazırlanması, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Dergisi, 34.3: (1984) 92-108.
- [11] Yol Planının Çizilmesi, <https://slideplayer.biz.tr/slide/10997918/>, 2019.
- [12] Yol Güzergahının Etüdü,
https://www.tamyol.com.tr/UserFiles/Content/yol_yapim_teknikleri.pdf, 2019.
- [13] Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayolu Tasarım El Kitabı, (2005) 297s.
- [14] Yol Güzergahının Etüdü,
https://www.tamyol.com.tr/UserFiles/Content/yol_yapim_teknikleri.pdf, 2019.

- [15] E. Demirok, Karayolları Projelerindeki yol Tasarımı ve Yapım Çalışmalarını Etkileyen Risk ve Hataların FMEA ve Pareto Sistematığında İncelenmesi, Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, (2018) Bitirme Tezi.
- [16] A. Özbay, Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Ders Notları (2017).
- [17] F. Umar ve N. Yayla, Yol İnşaatı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İnşaat Fakültesi Matbaası, 5. .Baskı (1997), 287s.
- [18] CSDY Daily Cars <http://auto-zer.com/photo/mclaren-mp4-2/05/default.html>, 2019.
- [19] H.P. Eylem ve G. Ç. Özarpat, Karayolu Geometrik Elemanlarının Tasarımı, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Tarımsal Yollar, (2013) 25s.
- [20] E. Can, Ş. Kuşçu, ve H. Şahin, Sürat yollarında kullanılan ikinci nesil geçiş eğrilerinin kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi, 2.Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, (2005) İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [21] N. Tosun, Toprak İşlerinde Brükner Uygulaması, (2006) 137s.
- [22] Ş. Kuşçu Madenlerde Ölçme ve Plan, Madencilik Topografyası Filiz Kitabevi, İstanbul, (1997) 263s.
- [23] Geominerals, <https://u-geominerals.com.my/geological-exploration>, 2019.
- [24] Mapping London <https://mappinglondon.co.uk/2014/covent-garden/>, 2019.
- [25] KentMühendislik <http://www.kentmuhendislik.com/dogrusal-olcek-nedir/>, 2019.
- [26] Doğaya Kaçış, Topografik Haritaları Okumak <https://dogayakacis.com/2014/01/18/topografik-haritalari-okumak/>, 2019.
- [27] Harita Okuma ve Yorumlama, <https://slideplayer.biz.tr/slide/3067368/>, 2019.
- [28] Terms Used in Leveling and their Uses in Surveying, <https://theconstructor.org/surveying/terms-in-leveling-uses/20077/>, 2019.
- [29] Terms Used in Leveling and their Uses in Surveying, <https://theconstructor.org/surveying/terms-in-leveling-uses/20078/>, 2019.

- [30] Terms Used in Leveling and their Uses in Surveying, <https://theconstructor.org/surveying/terms-in-leveling-uses/20079/>, 2019.
- [31] Terms Used in Leveling and their Uses in Surveying, <https://theconstructor.org/surveying/terms-in-leveling-uses/20080/>, 2019.
- [32] Using Photogrammetry to Generate a DEM and Orthophoto <http://hydrology.usu.edu/giswr/archive07/keithb/termpaper/>, 2019.
- [33] Delicad CAD and AEC plugs-in, <https://www.delicad.com/en/index.php>, 2019.
- [34] Katastralni Mapa, <https://korthar2015z.blogspot.com/2017/05/ucelova-mapa.html>, 2019.
- [35] Asmin Mühendislik, <http://asminmuhendislik.com/genel/fotogrametri/>, 2019.
- [36] İnsansız Hava Aracı Sistemleri ile Detay Ölçmeleri , Harita Üretimi ve Kontrol Esasları, http://www.mapeg.gov.tr/Duyurular/duyuru_dukuman/mapeg_iha_teknik_standartlar.pdf, 2019.
- [37] A. Yaşayan, Fotogrametri I, II, III Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı (1996).
- [38] T. Yomralıoğlu, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamaları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Akademi Kitabevi, Trabzon, (2000) 480s.
- [39].COYOTE GULCH, <https://coyotegulch.blog/2018/04/30/usbr-awards-6-6-million-contract-for-photogrammetry-to-improve-operations/>, 2019.
- [40] M. H. Turan, Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi, Mimari Restorasyon Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Urla, İzmir, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 19, No: 1 (2004) 43-50.
- [41] British Columbia, https://www2.gov.bc.ca/gov/content/data/geographic-data-services/digital_imagery/orthophotos, 2019.
- [42] F. A. Sesli, Sayısal Fotogrametri ile Kıyı Alanlarındaki Değişimin İzlenmesi, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yöntemi Dergisi 2006/2 (2006) Sayı: 95.

- [43] M. Arslanoğlu ve M. Özçelik, Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, Harita Genel Komutanlığı, Bilgi Sistem Destek Dairesi Başkanlığı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, (2005) Ankara.
- [44] M. Özbalmumcu, Fotogrametri Bilimindeki Son Gelişmeler, Harita Genel Komutanlığı Dergisi, Sayı:112 (1984) 54s.
- [45] Land Info WorldWide Mapping LLC,
<http://www.landinfo.com/GalDTM1mMecca.htm>, 2019.
- [46] Z. Duran ve G. Toz, Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul, İTÜ Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 6 (2003) 19-30.
- [47] E. Kocaman, Yersel Fotogrametrinin Dünü, Bugünü ve Yarını Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Araştırma Raporu; Fakülte Yayınları, No:1997/2 (1997), Trabzon.
- [48] A. Sesören Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar, (2016) 128s.
- [49] D. Maktav, ve F. Sunar, Uzaktan Algılama Kalitatif Yaklaşım, Çeviri Kitabı, (1991), Hürriyet Ofset.
- [50] NASA,https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/fuifacts/txt_passive_active.html, 2019.
- [51] Principles of Radar Systems, <https://web.stanford.edu/class/ee254/>, 2019.
- [52] S.Aronoff, Geographic Information Systems: A Management Perspective. WDL pub., Ottawa. Baker CP, Panciera EC, A geographic information system for groundwater protection planning. Journal of Soil and Water Conservation 45 (1989) 246–248.
- [53] C. Örmeci, Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Cilt:1, Sayı:1345 (1987) 112s.

- [54] A. C. Katherine, J. T. Hardy and D. O. Wallin, Coral Reef Habitat Discrimination Using Multivariate Spectral Analysis and Satellite Remote Sensing, International Journal of Remote Sensing, Vol. 24 (2003) Issue 13.
- [55] H. Savaş ve M. Ay, Üniversite Kütüphanesi Tasarımında QFD Uygulaması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:7, Sayı:3 (2005).
- [56] Y. Akao, Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Products Design, Cambridge M.A: Productivity Press (1990).
- [57] Y. Taptık ve Ö. Keleş, Kalite Savaş Araçları, KalDer Yayınları, 1.Baskı, (1998) 186s.
- [58] G. H. Mazur, Delighting Customers with QFD: Voice of Customer Meets Voice of Process, 14th International Symposium on QFD, QFD Institute, Ann Arbor Michigan, USA, (2008).
- [59] Y. Akao, Quality Function Deployment QFD, Integrating Customer Requirements Into Product Design, Productivity Press, Portland, Oregon (1988).
- [60] J. C. Jiong, M. L. Shiu and M. H Tu, QFD's Evolution in Japan and the West Quality Progress, Vol:40, No:7 (2007b) 30-37.
- [61] Y. Akao, and G. H. Mazur, The Computer Research Committee Was Named QFD, Research Group (2003) p22.
- [62] Y. Akao, An Introduction to Quality Function Deployment Quality Integrating Customer Requirements into Product Design (ss. 1-24) Portland, Oregon: Productivity Press (1990).
- [63] Y. B. Cengiz, ve Y. Yayla, Rekabet Üstünlüğü İçin Modern Yaklaşımlar, Tüsiad-Kalder 6: 1 (1997) 51-158.
- [64] E. Güllü, ve Y. Ulcay, Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Bir Uygulama, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7.1 (2002) 71-91.

- [65] T. Özsipahi ve H. Ünsal, Developing and Integrated Model of Designing The Ideal TV For The Consumers Through QFD: A Consumer Electronics Case Study in: Transactions From The Ninth Symoisum on QFD (1997).
- [66] J. S. Cristiano, J. K. Liker, and C. C. White, Customer Driven Product Development Through Quality Function Deployment in the U.S. and Japan, Industrial on Ops. Engineering Department, University of Michigan, (2000).
- [67] R. M. Fortuna, Beyond Quality: Taking SPC Upstream, Quality Progress, June (1988) 23-28.
- [68] B. King, Better Design in Half the Time: Implementing QFD in America, 3rd Goal/qpc (1989).
- [69] H.-M. Kuo, and C.-W. Chen, Application of Quality Function Deployment To Improve The Quality of Internet Shopping Website Interface Design, Department of Logistics Management, Shun-Te University and Institute of Maritime Information and Technology, National Kaohsiung Marine University, Taiwan, International Journal of Innative Computing, Information and Control, Volume: 7, Number: 1 (2011) January.
- [70] C. P. M. Govers QFD Not Just a Tool But A Way of Quality Management, International Journal of Production Economics, 69(2) (2001) 151-159.
- [71] H. Hearon, Using QFD To Improve Technical Support to Make Commodity Products More Competitive, Japan Business Consultants Ltd. The 14th Symposium on QFD (2002), QFD Institute.
- [72] A. Aytac, and V. Deniz, Quality Function Deployment in Education: A Curriculum Review, Department of Chemical Engineering, Engineering Fac., Kocaeli University, Quality & Quantitiy 39 (2005) 507-514.
- [73] V. Dinesh, R. Chilakapati and S. B. Blanchard, (1996), Quality Function Deployment (QFD): Integration of Logistics Requirements Into Mainstream System Design, System Engineering Design Laboratory (SEDL), Industrial and Systems Enginerring, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia
- [74] F. Yenginol, Neden Kalite Fonksiyon “Göçerimi” ?, İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 9 Sayı 1 (2008) 7-15.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Aytuğ Görkem Kalak

Doğum Yeri ve Tarihi: Bakırköy / 04.04.1992

E-Posta: gorkemkalak@yahoo.com

Lisans: Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans: Endüstri Mühendisliği

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

A. G. Kalak, H. Erbiyik, E. Can, Operation Steps Toward Studying Map Production Methods To Be Used In Highway Projects Design By QFD (Quality Function Deployment) Systematic, International Symposium on Applied Geoinformatics (ISAG-2019), Yıldız Technical University, (2019) p.46–52/614.