

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**KARAYOLU UYGULAMA PROJELERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
(ARAYÜZ YAZILIMIYLA) MOBİL OLARAK TAM DENETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sina ASHERLOU

**ARALIK 2015
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KARAYOLU UYGULAMA PROJELERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
(ARAYÜZ YAZILIMIYLA) MOBİL OLARAK TAM DENETİMİ

Sina ASHERLOU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSLİĞİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02.12.2015
Tezin Savunma Tarihi : 25.12.2015

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Şeref ORUÇ

Trabzon 2015

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Ana Bilim Dalında
Sina ASHERLOU Tarafından Hazırlanan

KARAYOLU UYGULAMA PROJELERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
(ARAYÜZ YAZILIMIYLA) MOBİL OLARAK TAM DENETİMİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 08/12/2015 gün ve 1630 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Şeref ORUÇ

Üye : Doç. Dr. Tayfun DEDE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Orhan KARPUZ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, karadeniz teknik üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, inşaat mühendisliği anabilim dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı bana öneren ve tez çalışmamın her aşamasında ilgisini esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, değerli hocam sayın Doç. Dr. Şeref ORUÇ'A teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Eğitim hayatımın tüm aşamalarında bana emeği geçen tüm öğretmenlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak hayatım boyunca beni sabır, şefkatle destekleyen ve fedakarlıklarını asla unutmayacağım annem Fakhri BAKHTİYARİ ve babam Akbar ASHERLOU'ya ve sevgili eşim Homeyra HAJİHOSEYNLOU'ya minnet ve şükranlarımı sunmayı zevkli bir görev sayar, çalışmamın faydalı olmasını gönülden dilerim.

Sina ASHERLOU
Trabzon, 2015

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Karayolu Uygulama Projelerinin Bilgisayar Destekli (Arayüz Yazılımıyla) Mobil Olarak Tam Denetimi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Şeref ORUÇ’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/12/2015

Sina ASHERLOU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür.....	2
1.3. Amaç ve Kapsam.....	4
1.4. Koordinat Sistemleri ve Kontrol Ağları.....	5
1.4.1. Dik Koordinat Sistemi ve Koordinat Hesapları	5
1.5. Trigonometrik Daire ve Trigonometrik Fonksiyonlar	9
1.6. Karayolu İnşaatı.....	13
1.6.1. Aplikasyon Çalışmalarının Belli Başlıkları	13
1.6.1.1. Altyapı (Toprak İşi) Çalışmaları	13
1.6.1.2. Sanat Yapıları.....	14
1.6.1.3. Üst Yapı	14
1.7. Yatay Düzlemde	15
1.7.1. Doğru Parçası	15
1.7.2. Yatay Kurp Yayısı.....	16
1.8. Karayolu ve Elemanları ile İlgili Genel Tanımlar	16
1.8.1. Karayolu-Karayolu Trafığı.....	16
1.8.2. Geçki-Plan-Boykesit	16
1.8.3. Toprak İşi-Tesviye-Tesviye Yüzeyi-İnce Tesviye	17
1.8.4. Altyapı-Üstyapı-Yol Tabanı.....	17
1.8.5. Alttemel-Temel-Kaplama	18
1.8.5.1. Alttemel (Temelaltı) Tabakası.....	18
1.8.5.2. Temel Tabakası	18

1.8.6.	Şev	19
1.8.7.	Enine Eğim-Boyuna Eğim	20
1.8.8.	Yol Ekseni-Eksen Çizgisi	20
1.9.	Başlangıca Uzaklık-Kilometre	20
1.10.	Yatay Kurbalar	21
1.10.1.	Kurba Çeşitleri ve Karakteristikleri	22
1.11.	Boykesit	23
1.11.1.	Siyah Kot ($H_p^{ÖLÇ}$)	23
1.11.2.	Siyah Çizgi	23
1.11.3.	Kırmızı Kot (H_p^{PRO})	24
1.11.4.	Kırmızı Çizgi	24
1.12.	Enkesit	24
1.12.1.	Tip Enkesit	24
1.12.2.	Toprak İşi	25
1.13.	Boykesitin Hazırlanması	26
1.13.1.	Boyuna Eğimin Sınır Değerleri	28
1.13.2.	Kırmızı Çizginin Geçirilmesi	28
1.14.	Düşey Kurbalar	29
1.14.1.	Dairesel Düşey Kurbalar	29
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	31
2.1.	Karayolu Tasarımında Autocad Civil3D Programının Arazide Kullanımı	31
2.1.1.	Zemin Yüzeyi	32
2.1.2.	Aliyman	37
2.1.3.	Boykesit	39
2.1.4.	Yatay Kurbalar	40
2.1.5.	Kırmızı Çizgi	42
2.1.6.	Düşey Kurbalar	43
2.1.7.	En Kesitler	45
2.2.	Matlab Tabanlı Arayüz Yazılımıyla Karayolu Yapım Denetimi	48
2.2.1.	Kilometre	48
2.2.2.	Eksene Uzaklık	53
2.2.3.	Eksen Üzerindeki Yüksekliği	53
2.2.4.	Yükseklik	55

2.3.	Akış Şeması.....	57
3.	BULGULAR VE İRDELEME.....	60
4.	SONUÇLAR	71
5.	KAYNAKLAR.....	73
6.	EKLER.....	79
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KARAYOLU UYGULAMA PROJELERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
(ARAYÜZ YAZILIMIYLA) MOBİL OLARAK TAM DENETİMİ

Sina ASHERLOU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Şeref ORUÇ
2015, 78 Sayfa, 15 Sayfa Ek

Günümüzde karayolu projelerinin uygulanması sırasında karşılaşılan en önemli problemlerden birisi bu karayolu projelerinin denetiminin doğru ve kısa surede yapılamayıdır. Bu yüzden hem zaman kaybı söz konusu olmakta hem de her noktada tam kontrol imkanı bulunmadığından kontrol dışı yapımlar söz konusu olabilmektedir. Karayolu projeleri hazırlanırken yol boyunca her noktanın enkesitinin çıkarılması mümkün değildir. Dolayısıyla belirli noktaların enkesitleri yalnızca alınabilmektedir. Bu kapsamda uygulama sırasında sadece belirli noktaların kontrolü mümkündür. Bu enkesit noktalarının dışındaki noktaların kontrol edilebilmesi ve projedeki enkesit noktalarının yol genişliğince eksen hattı dışındaki noktaların kontrolünü sağlayabilmek önemli bir avantaj kazandıracaktır. Bunun yanında hem zaman ve maliyet tasarrufu sağlanması, hem de çok kısa sürede uygulama sırasında projeye uygun şekilde enkesit eksen hattı dışında kalan noktalardaki imalatların yapımı ve kontrolünün sağlanabilmesi önemli kolaylık getirecektir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında Matlab tabanlı bir arayüz programı yazılmak suretiyle projenin başlangıcından bitiş noktasına kadar her noktada hızlı, etkin ve kolay bir denetim imkanı sağlanması olanağı ortaya konulmuştur. Tasarlanan arayüz programı daha önceden hazırlanmış ve uygulanmış örnek bir yol projesi üzerinde denenerak sonuçlar karşılaştırılmalı olarak da verilmiştir. Programın istenilen noktaların kontrolüne ilişkin verdiği sonuçlar çok tatmin edici düzeyde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karayolu Projeleri, Matlab Programı, AutoCAD Civil 3D, karayolu projelerinde mobil denetim.

Master Thesis

SUMMARY

HIGHWAY PROJECT IMPLEMENTATION OF COMPUTER-AIDED
(INTERFACE WITH SOFTWARE) MOBILE IN FULL CONTROL

Sina ASHERLOU

Karadeniz Technical University
The Graduate School Of Natural And Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc Prof. Dr. Şeref ORUÇ
2015, 78 Pages, 15 Pages Appendix

Today one of the most important problems encountered during the implementation of road projects the control of the highway project is not performed correctly and the short period of time. So being said loss of control when both constructions there is full control at each point may be mentioned. Removing the cross-section at each point along the path when preparing road projects is impossible. Therefore cross-sections can be taken only in certain points. In this context, the control of the application is only available during certain points. This is to ensure the control point outside of the points can be controlled from outside the cross-section and the cross section point on the axis line width of the road project will provide a significant advantage. Ensuring both time and cost-saving addition, both will bring a very short time during the project implementation in accordance with the construction of manufacturing in those points outside the control of the cross-section axis line and can provide considerable convenience. In this context, the scope of this work program written in Matlab-based interface to copy the project from the start till the end every point, faster, has put forward the possibility of providing an efficient and easy control facilities. Designed and implemented the interface program previously prepared samples assaying results should be compared on a road project as it is given. Given that the results related to the control of the desired point in the program has been very satisfactory.

Key Words: Road Projects, Matlab Program, AutoCAD Civil 3D, mobile inspection in road projects.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Koordinat sistemleri	6
Şekil 2. Dik koordinat sisteminde bölümlenme	7
Şekil 3. Bir doğrunun koordinat sistemindeki yeri	8
Şekil 4. Açıklık açısı	8
Şekil 5. Trigonometrik daire	9
Şekil 6. Dik üçgen	10
Şekil 7. Trigonometrik dairede koordinat hesabı	10
Şekil 8. Trigonometrik birim dairede dört bölge	11
Şekil 9. Koordinat farkları	12
Şekil 10. Yol enkesiti ve elemanları	19
Şekil 11. Geçki yatay geometrisi üzerinde nokta kilometresinin tanımlanması	21
Şekil 12. Kurba yarıçapı-merkez açı ilişkisi	22
Şekil 13. Boykesitte siyah çizgi, kırmızı çizgi, siyah kot, kırmızı kot	23
Şekil 14. Enkesitte kırmızı çizgi, siyah çizgi ve diğer kavramlar	25
Şekil 15. Tepe ve dere düşey kurp tipleri	27
Şekil 16. Dairesel düşey kurba	29
Şekil 17. AutoCAD Civil 3D arayüzü	32
Şekil 18. Proje tasarımı için araziden okunulan tüm noktaların koordinatları	33
Şekil 19. Koordinat gurupları	33
Şekil 20. Yüzey oluşturulması	34
Şekil 21. İzohips ayarlamaları	35
Şekil 22. İzohips haritası	35
Şekil 23. Üçgen ağının yapımı	36
Şekil 24. TIN (üçgen ağı)	36
Şekil 25. İzohips yüksekliği komutu	37
Şekil 26. İzohips yüksekliği	37
Şekil 27. Aliyman çizimi	38
Şekil 28. Sağ-sol uzaklığı	39
Şekil 29. Boykesit çizim komutu	39
Şekil 30. Boykesit örneği	40
Şekil 31. Yatay kurp çeşitleri	41

Şekil 32.	Dairesel yatay kurp.....	41
Şekil 33.	Aliyman ayarlamaları	42
Şekil 34.	Kırmızı çizgi uygulaması.....	43
Şekil 35.	Kırmızı çizgi	43
Şekil 36.	Düşey kurba uygulaması.....	44
Şekil 37.	Örnek düşey kurbalar.....	45
Şekil 38.	Enkesit ayarlaması.....	45
Şekil 39.	Enkesit yapılması gereken yerler	46
Şekil 40.	Enkesit detayları ayarlaması	46
Şekil 41.	Enkesit çizimi için kullanılan komut	47
Şekil 42.	Enkesit çizim örneği	47
Şekil 43.	Plan üzerindeki yolun düz ve yatay kurp kısımlarının başlangıçtaki koordinatları.....	49
Şekil 44.	Excel dosyası.....	50
Şekil 45.	Kilometraj bulunması	51
Şekil 46.	Trigonometrik birim dairede dört bölge	51
Şekil 47.	Yatay kurp üzerinde kilometre görüntüsü	52
Şekil 48.	Eksene Uzaklık.....	53
Şekil 49.	Excel dosyası.....	54
Şekil 50.	Doğru ve düşey kurp kısmı	55
Şekil 51.	Şev ve eksene uzaklığı.....	56
Şekil 52.	Eksen üzerindeki yükseklik	57
Şekil 53.	Matlab tabanlı arayüz yazılımına (KTD) esas teşkil eden akış şeması	58
Şekil 54.	Matlab tabanlı arayüz yazılımına (KTD) esas teşkil eden akış şeması	59
Şekil 55.	Matlab programı başlat tuşu.....	60
Şekil 56.	Örnek bir yol projesi AutoCAD Civil 3D ortamında	61
Şekil 57.	Rasgele bir nokta.....	62
Şekil 58.	Koordinatların yazılacağı yer	63
Şekil 59.	Basılabilecek tuşların yerleri.....	64
Şekil 60.	AutoCAD Civil 3D programında Noktanın eksene uzaklığı ve kilometresi.....	65
Şekil 61.	Noktanın eksene uzaklığı ve kilometresi Matlab arayüzünde görünümü	65
Şekil 62.	AutoCAD Civil 3D’de kırmızı çizgiye göre noktanın yüksekliği	66
Şekil 63.	Matlab arayüzünde yükseklik hesaplaması.....	67

Şekil 64.	Noktanın yüksekliğine göre yol eksenine uzaklığı	67
Şekil 65.	Matlab arayüz yardımıyla noktanın yol eksenine gereken uzaklığı	68
Şekil 66.	Noktanın konumu ve eğimleri.....	68
Şekil 67.	Ulaşacağımız tüm sonuçlar	70

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Bölgelerde koordinatların işaretleri.....	7
Tablo 2. Bölgelerin işaretleri	12
Tablo 3. Dairesel düşey kurba yarıçapları	30
Tablo 4. Aliyman ve yatay kurp başlangıç koordinatları matlab programındaki ismi	49
Tablo 5. Matlab yazılımında eğim ve yükseklik karşılığı	54
Tablo 6. Matlab yazılımındaki şev ve enkesit yükseklik ve eğimin yazılım kodlaması	56
Tablo 7. Hesap makinası için gereken koordinatlar	62
Tablo 8. Basılan tuşların tanımı	63
Tablo 9. Sonuç olarak elde edilen tüm detaylar.....	69

SEMBOLLER DİZİNİ

CBS	: Global Position System
DV.AX	: Matlab Yazılımında Yol Ekseni Karşılığı
DV.EĞİM	: Matlab Yazılımında Eğim Karşılığı
DV.HH	: İki Doğrunun Arasındaki Açık
DV.HSAĞ	: Matlab Yazılımında Yolun Sağ Kenarındaki Yükseklik Karşılığı
DV.HSOL	: Matlab Yazılımında Yolun Sol Kenarındaki Yükseklik Karşılığı
DV.KM	: Matlab Yazılımında Kilometraj Karşılığı
DV.LSAĞ	: Matlab Yazılımında Yolun Sağ Kenarı Karşılığı
DV.LSOL	: Matlab Yazılımında Yolun Sol Kenarı Karşılığı
DV.O	: Matlab Yazılımında Kurp Merkezinin Koordinat Sistemi Karşılığı
DV.R	: Matlab Yazılımında Kurp Yarıçap Karşılığı
DV.SAĞ	: Matlab Yazılımında Yolun Sağ Kenarındaki Eğim Karşılığı
DV.SOL	: Matlab Yazılımında Yolun Sol Kenarındaki Eğim Karşılığı
DV.ŞEVSAĞ	: Matlab Yazılımında Yolun Sağ Kenarındaki Şev Eğimi Karşılığı
DV.ŞEVSOL	: Matlab Yazılımında Yolun Sol Kenarındaki Şev Eğimi Karşılığı
DV.X	: Matlab Yazılımında Bir Noktanın Koordinat Sistemi Karşılığı
KM	: Kilometraj
KTD	: Karayolu Tam Denetim
L	: İki Noktanın Arasındaki Uzaklık
OFFSET	: Eksene Uzaklık
R	: Yarıçap
TIN	: Üçgen Ağı
V	: İki Doğrunun Arasındaki Açık

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Tüm ülkeye dengeli şekilde yayılmış, yeterli uzunlukta, fiziki ve geometrik standartları iyi bir yol ağının oluşturulması, dolayısıyla böyle bir yol ağının sağladığı erişebilirlik ve ulaşım kolaylığı, çevre ve ülke için çok yönlü kalkınma bakımından son derece önemli ve gereklidir [1].

Kalkınmadaki rolü ve yapım maliyetinin yüksek olması bakımından çok özel ilgi gerektiren ve çok karmaşık bir konu olan yol konusunda ülkemizde ve diğer ülkelerde bir takım çalışmalar yapılmış ve özellikle yol üstyapısının projelendirilmesine yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. En verimli sonucun alınabilmesi maksadıyla gelişmelere ve yeniliklere açık olan yol konusundaki çalışmalar halen tüm hızıyla devam etmektedir.

Yol gövdesi altyapı ve üstyapı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Altyapı, toprak işleri (yarma ve dolgu) sonunda projeye uygun olarak oluşturulan tesviye yüzeyinin altında kalan kısım yani taban zeminidir. Üstyapının performansı taban zemininin fiziksel özellikleri ve durumu ile doğrudan ilişkilidir. Bu bakımdan her zaman istenilen şartları sağlaması gerekir. Üstyapı ise trafik yüklerini taban zeminine dağıtan tabakalı bir yapı olup yolun, ekonomik ömrü boyunca üzerinden geçecek olan trafiği olan trafiği büyük deformasyonlara, çatlamalara maruz kalmadan, çevre ve iklim şartlarını etkisine dayanıklı olarak taşıyabilecek şekilde projelendirilmiş kısımdır [2,3].

Konu ile ilgili planlamacılar ve uygulamacılar için ulaştırma altyapısı ve tesislerinin seçimi, inşası ve işletilmeleri hususlarında ülke olarak ve koşulları ile teknolojik gelişmeler yanında günümüz toplumunun belirtilen istek ve tepkilerinin de nazara alınması zorunlu hale gelmiştir. Bütün bu hususların sonucu olarak günümüzde karayolu mühendisliği, trafik mühendisliği yanında ekonomi, istatistik, şehircilik, çevre bilimleri gibi pek çok bilim dalı ile çok yakından ilişkili bir duruma gelmiştir [4].

Mühendislik eğitiminde sayısal hesaplamalara yardımcı olması için kullanılan bilgisayar programlama dillerinden birini biliyorsak diğer dillere geçiş yapabiliriz ve böylece problemin matematik modelini kurabiliriz ve bir program yapabilme tekniğine sahiplenebilmekteyiz. Böylece kullanıcıların bilgisayar veya program denilince yalnız

birkaç değerin girilmesi ve sonucun alınması şeklinde birçok bilgiyi elde etmeleri mümkün olacaktır [5].

Karayolları inşaatı en iyi kalitede ve en az malzeme ile en çok ekonomik bir proje yapılabilmesi için uygulama sırasında en çok denetim yaparak ve kontrolü en fazlaya çıkartarak bir ekonomik proje yapabilmemiz için bilgisayar yazılımları yardımıyla uygulamayı en iyi denetim yapabilmekteyiz.

Bu çalışmada bir karayolu inşaatında kullanabileceğimiz bilgisayar programlarından dünya çapında da en önemli olan AutoCAD Civil 3D ve Matlab programı kullanılarak proje denetim ve kontrolüne yardımcı olması için bir yazılım programı yapılmaktadır ve böylece bir ulaşım projesinde nokta kontrol ve denetimini çok çabuk ve optimize bir şekilde bulmamız mümkün olabilmektedir.

1.2. Literatür

Bir karayolu çalışmasında bazı kritik noktaların hızlı kontrol ve denetimi için bilgisayar yardımıyla bazı çözümler üretilmiştir ve bu çözümler sayesinde uygulama sırasındaki bazı sıkıntılar ortadan kaldırılmaktadır.

Bir karayolunda aliyman tasarımı, karayolu güvenliği, inşaat maliyeti ve işletme maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Optimum tasarım kavramının önemi gerçekleştirilmiş ve söz konusu bilgisayarların kullanımındaki artış ile 1960'lardan beri çalışılmıştır[6].

Teorik olarak, karayolu aliyman optimizasyon problemini değerlendirilmek üzere sonsuz sayıda alternatifler vardır. Bazı nceki uygulamalarda optimizasyon problemi maliyet fonksiyonları, belirsiz olduğu şekilde formüle edildi. Böylece, böyle bir sorunu çözmek için hızlı ve verimli arama algoritmaları kullanmak kaçınılmazdır [7].

Yatay ve dikey aliymanların optimizasyonu önceki çalışmalarda olmasına rağmen, aynı zamanda Temel enkesitli toprak işleri miktarlarının hesaplanmasında ise Chew ve diğerleri (1989)'da Sayısal araştırma kullandılar [8].

Daha sonraki çalışmalarda arazi hacimlerinin alanlarının hesabı boykesit görünümünde ve enkesit kullanmadan hesaplama yapılmaktaydı. Bunlardan bazıları şunlardır; aşamalı genetik algoritmalar Kim ve diğerleri (2002, 2004, 2007)'de ve genetik algoritmalarla ilgili Jha and Schonfeld (2004)'te [9-12].

Easa (1988)'de düşey aliymanla ilgili çalışmalarında arazi hacimlerini hesaplamak için linear programı yardımıyla bir enkesit şablonu oluşturmaktaydı [13].

Toprak işlerinin en aza indirmemiz için kırmızı çizgisinin optimizasyon çalışmalarıyla ilgili bazı diğer tahminlerde vardır mesela Goh ve diğerleri (1988)'de doğrusal programlama ile dinamik programlama ve devlet parametrelendirme modeli, Doğrusal programlama ile Moreb (1995)'te, FWA ve diğerleri (2002)'de Genetik algoritmalar ve Göktepe ve arkadaşları (2005)'te dinamik programlama ile kırmızı çizgisi optimizasyonu ile ilgili bazı çalışmalar yapmışlardır [14-17].

Profil görünümüyle hesaplanan hafriyat hacimleri çok kaba ve bazen ciddi yanlış analiz yapmaya neden olabilir. Daha verimli sonuçlar elde etmek için, Göktepe ve arkadaşları kırmızı çizgi optimizasyon çalışmaları "Ağırlıklı Zemin Hattı Yöntemi" geliştirmiştir (Göktepe ve ark. 2003, 2004, 2005, 2009)'da kesitlerin hacim merkezlerinde geçirilen kırmızı çizgisi bularak Hala en hassas çalışmalarda sadece tasarım şablonları arasından, hafriyat miktarlarının hesaplanmasını temin edebilirlermiş [18-21].

literatürdeki bu çalışmaların optimizasyon yöntemleri kendi kapsamlarının içinde başarılı. Ancak, bunların hiçbiri yeterli değildir, çünkü gerekli bir model montajı ve hacim hesaplama yöntemi ve bu bölümde belirtilen dezavantajların gerçek bir hayattaki tasarım sürecinde etkin bir şekilde kullanılacak zorundadır. Bu nedenle Özkan 2013'teki çalışmalarında Karayolu geometrik tasarımının ilk aşamalarında genellikle bir kaç alternatif yatay güzergah oluşturulur. Seçilen herhangi bir alternatif yatay güzergah için geometrik tasarımın ana hatları, yolun düşey güzergahının oluşturulması ile tamamlanmıştır. Seçilen bir yatay güzergah için tasarım kriterlerine uygun sonsuz sayıda düşey güzergah olabileceğinden, en ekonomik tasarıma ulaşmak için bir optimizasyon metodu kullanılması gereklidir. Tasarımcı tarafından hâlihazırda oluşturulan bir düşey güzergahı optimize etmeye odaklanmıştır. Düşey güzergah ile ilgili ana maliyet kalemi toprak işleri maliyeti olup, optimum çözüme ulaşmak için bunun minimize edilmesi gerekmektedir. Optimizasyonu efektif ve hızlı bir şekilde uygulamak üzere AutoCAD Civil 3D yazılımı seçilmiş ve Visual Basic programlama dili kullanılarak düşey güzergahı optimize etmek için bir program modülü hazırlanmıştır. Böylece toprak işleri maliyetlerinde önemli ölçüde azalma sağladığını göstermiştir[22-25].

Ancak şuraya kadar yukarıda anlatılmış gibi sadece bir karayolu tasarımında yapılacak olan optimizasyonlar anlatılmaktaydı dolayısıyla bir karayolu yapımı ve en iyi sonuca varmak, sadece tasarımdan ibaret değildir ve bu optimize şekilde yapılan

tasarımları optimize şekilde her bir noktanın uygulaması ve mobil olarak denetim ve kontrolü da projenin yapımında en önemli bir konudur. Bu çalışmada AutoCAD Civil 3D programında yapılmış olan bir karayolu projesinin optimum bir hatayla inşası için herhangi bir noktanın denetim ve kontrolü için Matlab yazılımıyla bir arayüz oluşturarak proje yapım sırasının her aşaması kontrolümüz altında olup ve optimum hatayla yapılmaktadır. Böylece optimum hata yaparak yarma ve dolguyu en aza düşürerek, mali bakımdan da en az masrafla proje sonuçlandırılabilir.

1.3. Amaç ve Kapsam

Tüm mühendislik ölçmelerinde olduğu gibi karayolu mühendislik yapılarının ölçümünde de ölçme tekniği yöntemleri alım ve aplikasyon olmak üzere iki farklı şekilde uygulama alanına sahiptir. Alım; fiziksel yeryüzü üzerindeki objelerin ölçme tekniği yöntemleri kullanılarak belli bir ölçekte kağıt düzlemine aktarılması amaçlı yapılan veri toplama işlemidir. Karayolu yapım çalışmalarında kullanılan alım amaçlı ölçme tekniği yöntemleri; yersel ölçme tekniği, GPS (global positioning system) ölçme tekniği, fotogrametrik yöntemle ölçü tekniği, uzaktan algılama ölçü tekniği olarak sınıflandırılır. Aplikasyon; bir mühendislik yapısının tasarlanan yatay ve düşey geometrisinin talep edilen doğrulukları karşılamak koşuluyla araziye aktarılmasıdır. Aplikasyon yatay geometrinin ve düşey geometrinin aplikasyonu olmak üzere ikiye ayrılır[26-29].

Genel olarak karayolu inşaatı sırasında yukarıdaki ölçme teknikleri kullanılarak uygulama devam edebilmektedir ki bu uygulama yöntemleriyle yol yapımında bazı sıkıntılar olabilir. Örneğin yapım sırasında sadece enkesit profillerinin üzerindeki kilometreleri arazide bulup ve aynı enkesit üzerindeki eksene uzaklığı ve sadece yolun sağ ve sol bitiş noktalarının yüksekliği bulunup ve uygulanabilmektedir ve bu nedenle bir yol yapımında en önemli olan yarma ve dolguyu optimum yapabilmek için aslında proje üzerindeki herhangi bir noktanın kontrolü ve yol eksenine uzaklık tespiti ve yol yüzeyinin düzgünlüğünü sağlamak için projeyi adım adım takip edip ve herhangi bir noktanın önce kilometresini bulmak gerekir. Ardından o noktanın eksene uzaklığı ve kırmızı çizgiye göre yüksekliğinin ne kadar olması gerektiğinin hemen anında bulunması; uygulamacıların ve denetimcilerin bulmasını sağlamak üzere uygulamadaki bu önemli problemi çözüme kavuşturmak amacıyla bu çalışmaya girilmiştir. Bu kapsamda matlab programı yardımıyla bir arayüz oluşturuldu. AutoCAD Civil 3D programında yapılmış ve sınırlı

sayıda bulunan enkesitler yerine bu arayüz sayesinde istenilen her noktaya ait enkesit çıkarılması ve de yine istenilen her noktasının kotunu ve yol eksenine olan uzaklığını anında belirleme ve kontrol imkanı sağlanmıştır.

1.4. Koordinat Sistemleri ve Kontrol Ağları

Mühendislik ölçmeleri kapsamındaki görevlerin başarılabilmesi için altlık kullanılacak büyük ölçekli haritaların üretilmesinde, bu altlık dikkate alınarak mühendislik yapısının üç boyutlu (uzay) geometrisi tasarlanmalı ve söz konusu geometri arazide gerçekleştirilmelidir. Bu görev adımlarının üçünde de yeterli sayıda noktanın üç boyutlu (uzay) koordinatlarından yararlanır. Bu nedenle bir uzay koordinat sistemi önceden tanımlanmış olmalıdır.

Küçük mühendislik hizmetlerinde koordinat sistemi yerel olarak tanımlanabilir. Büyük ve önemli mühendislik yapıları söz konusu olduğunda ülke, hatta tüm yeryüzü için tanımlanmış koordinat sistemlerinin ve bu sistemlerde üretilmiş koordinatlara sahip noktalar kümesinin (yatay ve düşey kontrol ağlarının) kullanılması zorunlu olur.

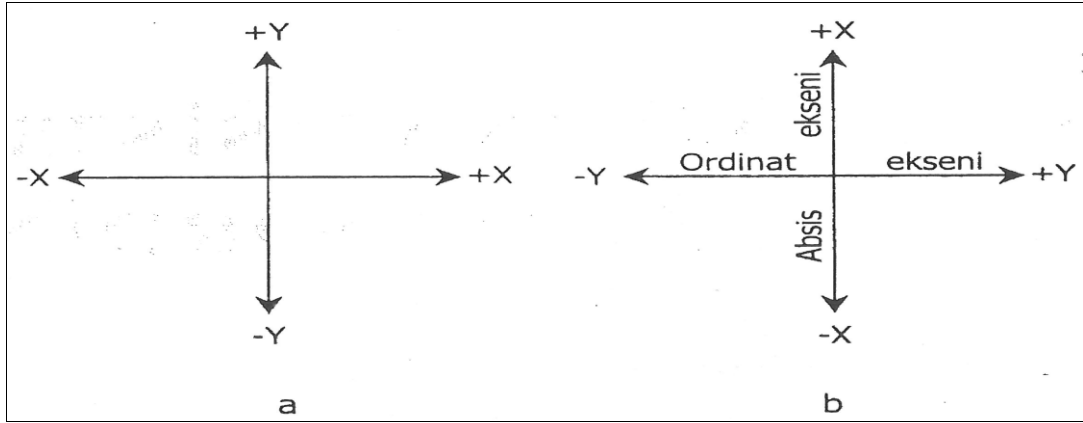
Günümüzde yapay uydu konumlama sistemleri fiziksel yeryüzü noktalarının uzaydaki konumlarını yer merkezli koordinat sisteminde tek anlamlı olarak belirlemektedir. Ancak bu koordinatlar, doğrudan düzleme aktarılamadığı için, görselleştirme ve düzlemde kolay hesap yapma olanağı vermemekte, ayrıca alışılmış açı, uzunluk ve yükseklik farkı ölçme yöntemleri ile bağdaşmamaktadır. Bunlara ek olarak yüksekliklere ilişkin sorunlar da tam olarak giderilmiş değildir. Bu nedenlerle yapay uydu konumlama sistemleri ile oluşturulan ağlar (genellikle GPS ağları) mühendislik ölçmelerinde yatay kontrol ağı olarak kullanılmakta, ayrı bir düşey kontrol ağı (niveleman ağı) ile geoit yükseklikleri gerekli olmaktadır[30-36].

1.4.1. Dik Koordinat Sistemi ve Koordinat Hesapları

Arazide noktaların birbirine göre durumlarını belirlemek için yatay bir düzlem içinde birbirine dik olan iki doğru kullanılır. Bu doğruların oluşturduğu sisteme dik koordinat (kartezyen) sistemi denilir.

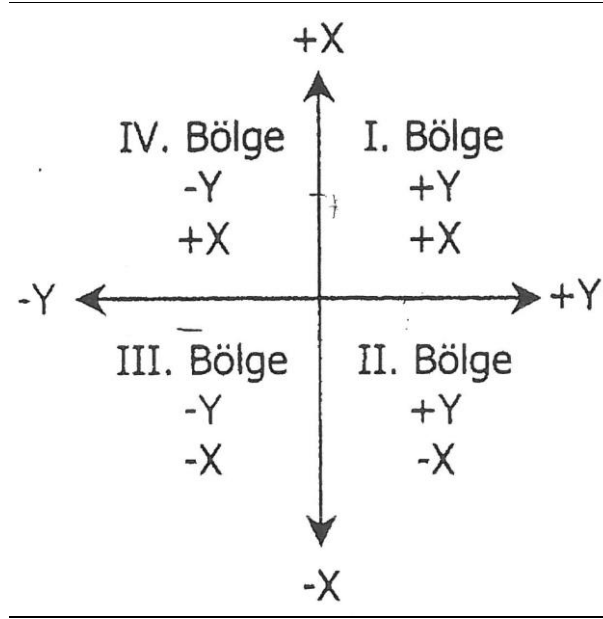
Matematikte kabul edilen koordinat sisteminde sağ-sol doğrultusu X eksenini, yukarı-aşağı doğrultusu Y eksenini göstermektedir, (Şekil 1-a). Haritacılıkta kullanılan koordinat sisteminde ise matematikte kullanılan sistemin tersidir. Ordinat eksenini olarak adlandırılan Y eksenini daima doğu-batı yönünü, absis olarak adlandırılan X eksenini de kuzey-güney yönünü göstermektedir, (Şekil 1-b).

Bunun nedeni, matematikte kullanılan sistem içinde açılarının başlangıç yönü +X olup saat ibresinin tersi yönünde artarlar. Bu durum jeodezide kullanılan aletlerin açı bölüm dairelerine ters düşmektedir. Jeodezide kullanılan formüllerde bir değişiklik olmaması için jeodezik koordinat eksenlerinin yeri değiştirilmiş ve açı başlangıcı kuzey alınmıştır. Böylelikle jeodezik koordinat sisteminde de X ekseninden başlayarak açının büyüme yönünde 100 gon artırıldığında +Y eksenine ulaşılmakta ve matematikte bilinen formüller jeodezide de aynen kullanılabilir. Bir noktanın dik koordinat sistemine göre yeri, o noktadan eksenlere çizilen dikler ile belirtilir. Noktanın ordinat eksenine uzaklığına absis, absis eksenine uzaklığına da ordinat denilir. Her ikisi birden noktanın koordinatını oluşturur[37-40].



Şekil 1. Koordinat sistemleri, [37]

Koordinat sisteminin eksenleri, düzlemi dört bölgeye ayırır. Bu bölgeler, +X ekseninden başlayarak saat ibresinin döndüğü yönde 1'den 4'e kadar numaralandırılırlar. Bölgeleri birbirinden ayırabilmek için eksenler (-) ve (+) şeklinde işaretlenmiştir. Eksenlerin birbirlerini kestikleri orijin noktasından itibaren ordinat ekseninin sağa doğru giden kısmı pozitif (+), sola doğru giden kısmı negatif (-), absis ekseninin yukarı giden kısmı pozitif (+), aşağı giden kısmı negatif (-) ile gösterilir.



Şekil 2. Dik koordinat sisteminde bölümlenme, [37]

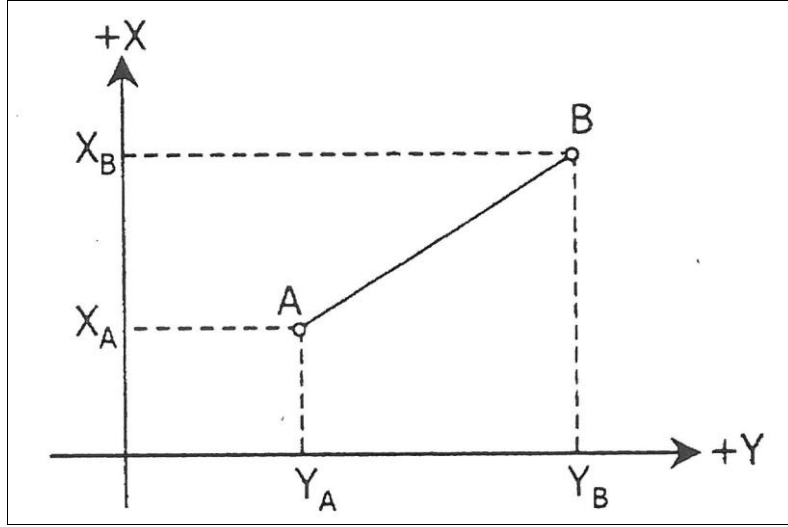
Buna göre şekil 2'den de kolayca görüleceği gibi koordinatlar dik koordinat sisteminin dört bölümünde tablo 1'de gösterilen işaretleri alırlar.

Tablo 1. Bölgelerde koordinatların işaretleri, [37]

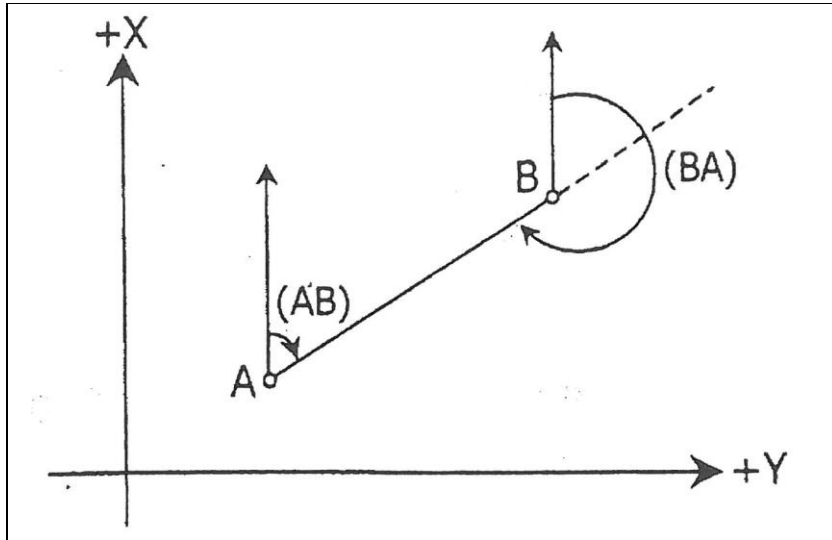
	I. Bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge
Y	+	+	-	-
X	+	-	-	+

Bir doğru iki noktanın koordinatları ili belirlidir. Örneğin A ve B noktalarının koordinatları Y_a , X_a ve Y_b , X_b verilmiş ise AB doğrusu, bu noktaların koordinat sistemindeki yerlerini birleştiren doğrudur,(şekil 3).

+X ekseninden (kuzey) başlayarak saat ibresinin döndüğü yönde bir doğrunun +X eksenini ile meydana getirdiği açıya açıklık açısı denilir,(şekil 4). AB doğrusunun A noktasındaki açıklık açısı (AB) şeklinde, B noktasındaki açıklık açısı da (BA) şeklinde gösterilir. Genel olarak herhangi bir açıklık açısından bahsedildiği zaman bu açı α sembolü ile gösterilir[41-43].



Şekil 3. Bir doğrunun koordinat sistemindeki yeri, [37]



Şekil 4. Açıklık açısı, [37]

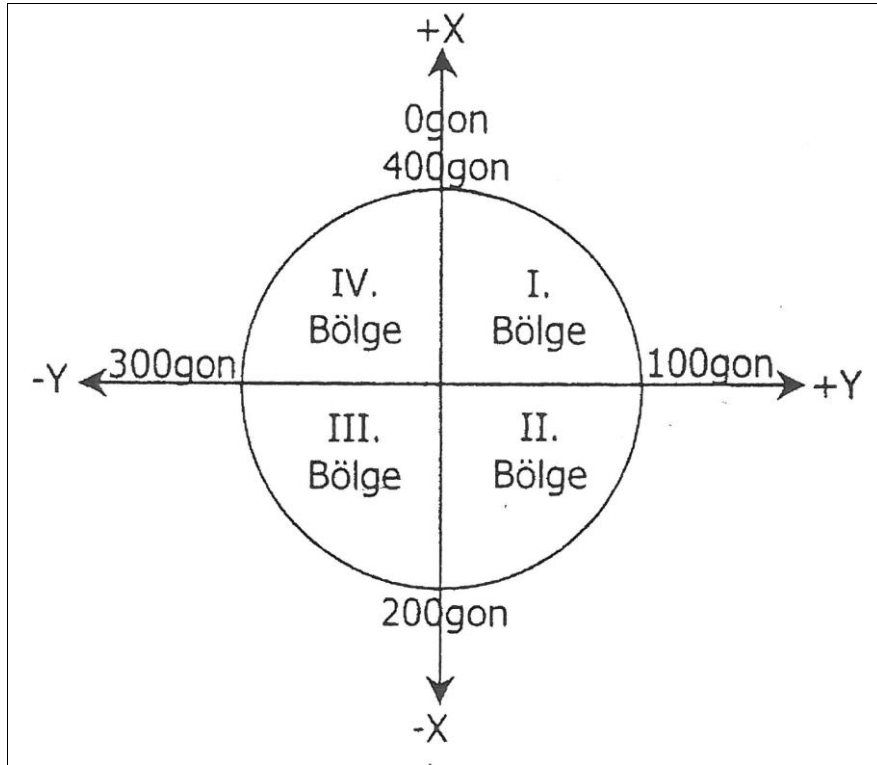
Şekil 4'den de kolayca görüldüğü gibi bir doğrunun bir ucundaki açıklık açısı diğer ucundaki açıklık açısından 200 gon farklıdır. Açıklık açısı 0 gon ile 400 gon arasında değer alır [37].

$$(AB) = (BA) \pm 200 \text{ gon} \quad (1)$$

1.5. Trigonometrik Daire ve Trigonometrik Fonksiyonlar

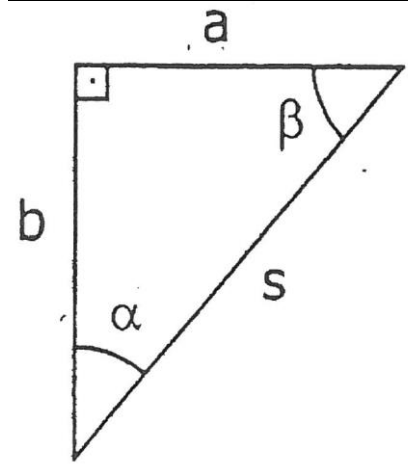
Yarıçapı bir birim olan daireye trigonometrik daire denilir. Trigonometrik daire biri yatay diğeri düşey eksenle dört bölgeye ayrılır.

+Xekseninden başlayarak ve saat ibresinin dönme yönünde birinci bölgedeki açılar 0-100 gon, ikinci bölgedeki açılar 100-200 gon, üçüncü bölgedeki açılar 200-300 gon ve dördüncü bölgedeki açılar 300-400 gon arasında bulunurlar[44].



Şekil 5. Trigonometrik daire, [37]

Bir dik üçgende dar bir açının karşısındaki dik kenarın hipotenüse oranına o açının sinüsü denilir ve sin ile gösterilir. Komşu dik kenarın hipotenüse oranına o açının kosinüsü denilir ve cos ile gösterilir (Şekil 6).



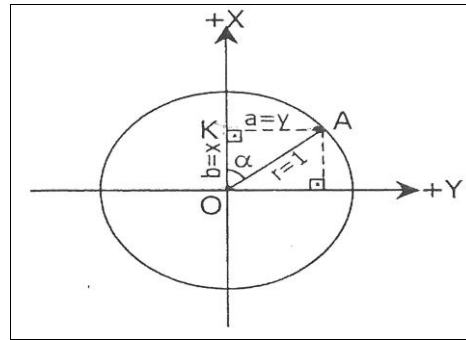
Şekil 6. Dik üçgen, [37]

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{a}{s} ; \cos \alpha = \sin \beta = \frac{b}{s} \quad (2)$$

dir. Ayrıca bir açının karşısındaki dik kenarın komşu dik kenara oranına o açının tanjantı denilir ve tan ile gösterilir. komşu dik kenarın karşısındaki dik kenara oranına da kotanjant denilir ve cot ile gösterilir.

$$\tan \alpha = \cot \beta = \frac{a}{b} ; \cot \alpha = \tan \beta = \frac{b}{a} \quad (3)$$

Trigonometrik daire üzerinde A gibi bir nokta alalım. Bu noktayı merkeze birleştiren doğru ile X eksenini arasında α gibi bir açı meydana gelir. A noktasından X eksenine bir dik çizilecek olursa meydana gelen AKO dik üçgeninde a kenarı A noktasının Y değerine, b kenarı da X değerine eşit olur. Dik üçgenin hipotenüsü dairenin yarıçapıdır.



Şekil 7. Trigonometrik dairede koordinat hesabı, [37]

Trigonometrik dairede $r = 1$ olduğundan (2) bağıntısında $s = 1$ konularak

$$a = \sin \alpha ; b = \cos \alpha \quad (4)$$

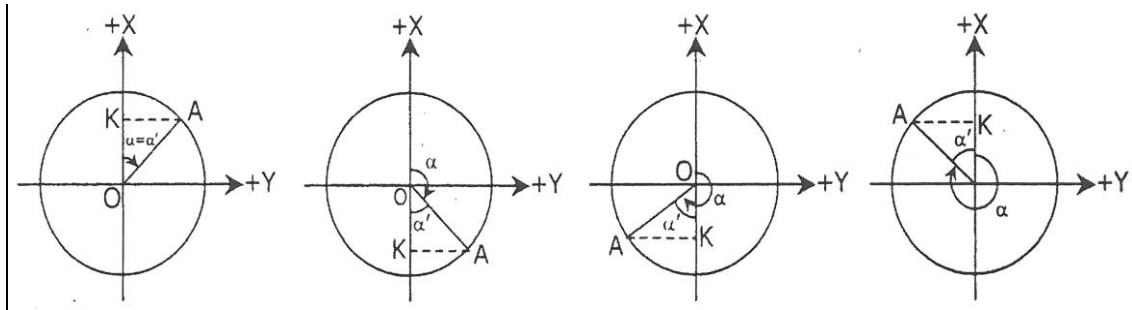
bulunur. a ve b değerlerini A noktasının koordinatları cinsinden yazarak

$$Y = \sin \alpha ; X = \cos \alpha \quad (5)$$

elde edilir.

Buradan da görüldüğü gibi trigonometrik dairede bir açıklık açısının sinüsü o açıyı meydana getiren doğrunun Y eksenine izdüşümüne, kosinüsü ise X eksenine izdüşümüne eşittir. A noktasının çember üzerinde yer değiştirmesi ile bu özellik değişmez.

Dairenin dört bölgesinde, 0 gon ile 400 gon arasında değerler alan açıların trigonometrik fonksiyonlarını bir dar açı cinsinden göstermek mümkündür. Şekil 8'de dört bölümde birer açı çizilmiştir.



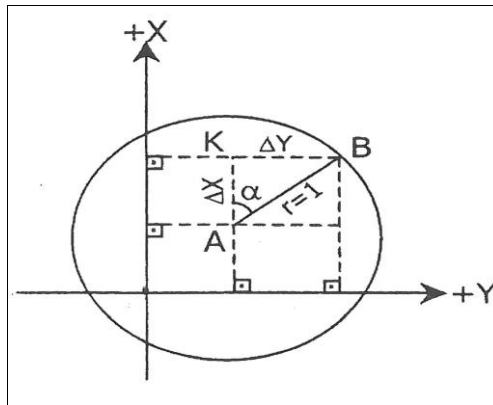
Şekil 8. Trigonometrik birim dairede dört bölge, [37]

Görüldüğü gibi bütün bölgelerde, AOK dik üçgeninde $OA=1$ ise, AK kenarı α açısının sinüsü, OK kenarı da kosinüsüdür. Dikkat edilecek olursa α' ile gösterilmiş olan açı ikinci bölgede $200-\alpha$ gon, üçüncü bölgede $\alpha-200$ gon, dördüncü bölgede ise $400-\alpha$ gon'a eşittir.

Buraya kadar olan açıklamalarımızda açıyı daima koordinat eksenlerinin kesiştiği orijin noktasında kabul ettik. Oysaki bunun her zaman böyle olması gerekmez. Örneğin AB gibi bir doğruyu ele alalım. Bu doğrunun bir ucu orijin noktasında olmadığına göre $\alpha=(AB)$ açıklık açısı, A noktasından +X eksenine çizilen paralel ile AB doğrusu arasında

kalan açıdır. Trigonometrik dairenin merkezi A noktasına kaydırarak olursak OKA üçgeninin yerine burada AKB üçgeni geçer. AKB dik üçgeninde KB dik kenarı A ve B noktalarının ordinatları farkına ($KB = \Delta Y = Y_B - Y_A$) ve AK kenarı absisleri farkına ($AK = \Delta X = X_B - X_A$) eşittir. Şu halde yazılabilir.

$$\Delta Y = \sin \alpha ; \quad \Delta X = \cos \alpha \quad (6)$$



Şekil 9. Koordinat farkları, [37]

(6) bağıntısına göre her bölgedeki Y ile ΔY 'ler $\sin \alpha$ 'ya ve X ile ΔX 'ler $\cos \alpha$ 'ya eşit olduklarından işaretleri de aynıdır. Tablo 2'i genişleterek bölgelerin işaretlerini aşağıdaki gibi göstermek mümkündür [45-47].

Tablo 2. Bölgelerin işaretleri, [37]

	I. Bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge
Y, ΔY , $\sin \alpha$	+	+	-	-
X, ΔX , $\cos \alpha$	+	-	-	+

Özetleyecek olursak:

- İki noktayı birleştiren bir doğrunun açıklığının sinüsü ile iki noktanın Y değerleri farkının ($Y_{son} - Y_{ilk}$) veya aynı açıklığın kosinüsü ile X değerleri farkının ($X_{son} - X_{ilk}$) işaretleri birbirlerinin aynıdır.
- Bir açıklık açısından 100 gon'un katları çıkarıldıktan sonra geriye kalan dar açının, birinci ve üçüncü bölgelerde sinüsü açıklık açısının sinüsüne, kosinüsü

açıklık açısının kosinüsüne, ikinci ve dördüncü bölgelerde ise sinüsü açıklık açısının kosinüsüne, kosinüsü de açıklık açısının sinüsüne eşit olur. Diğer bir deyimle, açıklık açısından 100 gon'un katlan çıkarıldıktan sonra bulunan dar açının trigonometrik fonksiyonları, birinci ve üçüncü bölgelerde açıklık açılarının aynı fonksiyonlarına, ikinci ve dördüncü bölgelerde ise ters fonksiyonlarına eşittir [37, 48-50].

1.6. Karayolu İnşaatı

Uygulama projelerinde geometri gibi tasarımlar, fiziksel yeryüzünde gerçekleştirildiğinde, yapılan eylemlerin tümünü kapsar, bu aşamada jeodezi mühendisinin görevi talep edilen doğrulukları dikkate alarak tasarımılanmış tüm geometrilerin arazide gerçekleştirilmesi (aplikasyon) çalışmalarını organize etmek ve yönetmektir[30,51].

1.6.1. Aplikasyon Çalışmalarının Belli Başlıkları

1.6.1.1. Altyapı (Toprak İşi) Çalışmaları

Projede tasarımılanmış olan geçki yatay ve düşey geometrisi ile enkesit geometrilerinin arazide oluşturulması işlemdir. Sanat yapıları da altyapı kapsamına girer. Bu bağlamda yolun konuşlanacağı arazi şeridinin bazı bölümleri kazılır (yarma), bazı bölümleri ise doldurulur (dolgu); bu kazma ve doldurma işlemlerinin tümüne toprak işi adı verilir. Toprak işi sırasında şu aplikasyon çalışmaları yapılır[52,53].

- a) Şev kazıkları çakılır. Yarma ve dolgu şevlerinin doğal zeminle kesişeceği noktaları gösteren bu kazıklar aynı zamanda geometrisi değişecek, dolayısıyla iş makinelerinin kazı-dolgu yapacağı arazi şeridini belirler[30,54].
- b) Geçki yatay geometrisi arazide kazıklara işaretlenir. Her ne kadar uygulama projesinde geçki yatay geometrisi genellikle 20m aralıklı noktalar yardımı ile belirlenirse de inşaat aşamasında daha sık noktanın aplikasyonu istenebilir. Bu durumda sıklaştırılan noktalardan da enkesit çıkarılması gerekir. Aplike edilen yatay geometri noktalarına eksen kazığı denir. Bu işlem altyapı çalışması bitene dek gerektikçe yenilenir[55].

- c) Her bir eksen kazığına ait enkesit doğrultuları ve şev eğimleri arazide uygun şekilde belirlenir. İnşaatın belirli aşamalarında yapılan nivelman ölçmeleri yardımıyla proje kırmızı kotların arazide gerçekleştirilmesi sağlanır[30,56].
- d) Toprak işi belirli bir aşamaya geldiğinde yan hendeği, kafa hendeği, dip hendeği, gibi drenaj yapıları applike edilir[57].
- e) Toprak işi bittikten sonra elde edilen yüzey tesviye yüzeyi adını alır. Projede tasarımılanan boyuna ve enine eğimleri gerçekleştirmek amacıyla greyder kullanılarak inç tesviye (reglaj) yapılır ve kırmızı kotların son kontrolü ile altyapı çalışmaları bitirilir. Toprak işi aplikasyonlarında talep edilen doğruluk, yatayda ve düşeyde $\pm(1-2)$ cm mertebesindedir [30,52,58,59].

1.6.1.2. Sanat Yapıları

Menfez, köprü, viyadük, tünel, istasyon, istinat duvarı v.d. sanat yapılarının inşaatına genellikle toprak işinden önce başlanır. Bu nedenle sanat yapısının konuşlanacağı yerin belirlenmesinde ve daha sonraki aplikasyon işlerinde son derece dikkatli ve özenli çalışılmalıdır. Çünkü yapılacak bir hatanın geri dönüşü yoktur. İncelenen kaynaklarda sanat yapılarına ilişkin talep edilen doğruluklar konusunda yeterli bilimsel veri bulunamamıştır. Bu konuda yüksek lisans ve doktora tezi düzeyinde araştırılması yararlı olacaktır [30].

1.6.1.3. Üst Yapı

Kara yollarında temel altı, temel ve kaplama tabakalarından, demir yollarında temel altı, temel, balast tabakaları ile travers ve raylardan oluşur. Bu tabakaların kalınlığı yoldan geçecek trafiğin nitelik ve niceliğine, altyapının taşıma gücü vd. zemin özelliklerine ve diğer etkenlere bağlı olarak belirlenir. Kara yollarında kaplama, demir yollarında raylar araçların üzerinde hareket edeceği yuvarlanma yüzeylerini oluşturur. Yolculuk güvenliğinin ve konforunun yeterince sağlanabilmesi için bu yüzeylerin projede öngörülen geometriye sahip ve düzgün olması esastır. Kara yollarında kaplama tabakasının düşey geometrisi daha önemli olup talep edilen doğruluklar için normal kara yollarında $\pm(5-6)$ mm, ekspres yol ve otoyollarda $\pm(1-3)$ mm değerleri verilebilir. Ray aplikasyonunda talep

edilen doğruluklar proje hızına bağlı olup örneğin 120 km/s için yatayda ve düşeyde $\pm(0.6-0.8)$ mm'dir[60]. [53]'te enine ray konumunun talep edilen doğruluğu olarak 160 km/s'e kadarki hızlar için ± 0.67 mm, 200km/s için ± 0.33 mm değerleri verilmektedir[61].

Yukarıda sayılan aplikasyon görevlerinin başarılabilmesi için çalışma bölgelerine yeterince yakın, yeterli sıklıkta, (D,K) düzlem koordinatları – (H) ortometrik yükseklikleri bilinen yatay-düşey dayanak noktaları arazide tesis edilmiş olmalıdır. Ayrıca bu noktaların düzlem koordinatlarının-ortometrik yüksekliklerinin doğrulukları talep edilen aplikasyon doğruluklarını karşılayabilmelidir. Büyük ölçekli harita üretmek amacıyla tesis edilmiş olan proje yatay ve düşey kontrol ağlarının noktaları, doğrulukları yeterli olmak koşulu ile, dayanak noktası olarak kullanılabilir. Gerekiyorsa bu noktaların araları sıklaştırılır. Ancak [34]'e göre üretilen poligon noktalarının düzlem koordinatlarının doğrulukları için oldukça büyük bir sınır değer (± 8 cm) öngörülmüş, nokta yüksekliklerinin ise dakika teodoliti kullanılarak karşılıklı trigonometrik nivelmanla belirlenmesine izin verilmiştir. Bu nedenle proje yatay ve düşey kontrol ağları içinde yer alan poligon noktalarının doğruluklarına toprak işleri dışındaki aplikasyon çalışmalarında kuşkuyla bakılmalıdır. Jeodezi mühendisinin görevi gereken bölgelerde yeterli doğruluğa sahip yatay-düşey aplikasyon ağlarını oluşturmaktır[62-64].

1.7. Yatay Düzlemde

1.7.1. Doğru Parçası

Eğriliği (eğrilik yarıçapı) her noktasında ($K = 0 = \text{sabit}$) Olan eğriye doğru denir. Doğrunun uzunluğu sonsuzdur. Geçki yata geometrisi elemanı olarak belirli uzunluğa sahip doğru parçası kullanılır. Türkçe kaynaklarda doğru parçasına alinyiman, aliyman, tanjant, teğet de denmektedir. Geçki yatay geometrisine ilişkin hesaplarda bilinenler ve hesaplanacaklar açısından şu iki problemle karşılaşılır [51,52,65-68].

1.7.2. Yatay Kurp Yayı

Sabit bir M noktasından uzaklıkları sabit noktaların geometrik yeri dairedir. M noktası daire merkezi, R sabit uzaklığı ise daire yarıçapı adını alır. $K_c = 1/R =$ sabit değeri daire yayı boyunca değişmeyen eğriliği gösterir.

Daire çevresinin toplam uzunluğu (l_T) ve bu uzunluğu gören merkez açısı (α_T) için

$$l_T = 2\pi R \quad ; \quad \alpha_T = 2\pi^{rad} = 400^{gon} \quad (7)$$

Geçerlidir. Geçki yatay geometrisinde belirli R yarıçapına sahip daire çevresinin l_c uzunluğundaki bir bölümü kullanılır. Türkçe kaynaklarda daire yayı yerine Kurba, Dairesel Kurba, Kurp, terimleri de kullanılmıştır[52,53,65-68].

1.8. Karayolu ve Elemanları ile İlgili Genel Tanımlar

Karayolu mühendisliğinde kullanılan bazı ana terimler ve yol elemanlarının tanımları aşağıda kısa olarak verilmiştir[4].

1.8.1. Karayolu-Karayolu Trafığı

Karayolu; her türlü kara taşıtı ve yaya ulaşımı için oluşturulmuş ve kamunun yararlanmasına açık olan arazi şerhidir.

Karayolunun ulaşım amacı ile motorlu ve motorsuz taşıt sürücüleri ile yayalarca kullanılması ise karayolu trafiğini oluşturur.

Karayolu trafiğinde, dolayısıyla yolun kullanılmasında önceden belirlenmiş bir dizi kurala uyulması zorunluluğu vardır[4].

1.8.2. Geçki-Plan-Boykesit

Bir yolun arazi üzerinde izlediği doğrultuya bu yolun geçkisi (güzergahı) denir. Dolayısıyla geçki bir bakıma yolun yeryüzündeki izi olmaktadır.

Yolun yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümü plan olarak tanımlanır. Bir yolun eksenini, planda düz giden kısımlar ile bunlar arasında kalan eğri kısımlardan oluşur. Düz kısımlara aliyman, eğri kısımlara da yatay kurba (kurp) denir. Bir yatay kurba; aliymanı izleyen klotoit veya benzeri özellikli bir birleştirme eğrisi ile daire yayından oluşur.

Plandaki yol eksenini bir doğru boyunca açılır ve bunun düşey bir düzlem üzerinde izdüşümü alınır boykesit (profil) elde edilir. Boykesit çıkış ve iniş eğimli olarak devam eden düz kısımlar ile bunları birbirine bağlayan eğri kısımlardan oluşur. Eğri kısımlara düşey kurba, eğimli düz kısımlara rampa adı verilir. Düşey kurbalar dairesel veya paraboliktir. Rampalar çıkış veya iniş eğimli olur[4,69,70].

1.8.3. Toprak İşi-Tesviye-Tesviye Yüzeyi-İnce Tesviye

Taşıt ve yayaların ulaşmaları sırasında karayolunu kolaylıkla kullanabilmeleri için doğal zeminin belli bir enkesit şekline dönüştürülmesi gerekir. Bu amaçla yol enkesitinde bazı yerler kazılır, bazı yerler doldurulur. İşte bu kazma ve doldurma işlemine toprak işi adı verilir. Doğal zeminin düzeltilmesinden ibaret olan bu işe uygulamada çok zaman toprak tesviyesi veya kısaca tesviye denir. Toprak işi sonucu ortaya çıkan yüzey tesviye yüzeyi'dir. Tesviye yüzeyinin projesine uygun enine ve boyuna eğim de verilerek bir greyder yardımı ile son olarak düzeltilmesi işlemine ince tesviye (reglaj) adı verilir. Reglaj yapılmış bir yol kesimi üstyapı inşasına hazır demektir [4,69,70].

1.8.4. Altyapı-Üstyapı-Yol Tabanı

Yolun, toprak işi sonunda, daha önceden belirlenmiş kot ve enkesit şekline getirilen kısmına altyapı denir. Köprü, viyadük, tünel, menfez, drenaj tesisleri ve istinat duvarı gibi sanat yapıları 'da altyapı içine girer. Altyapı yolun esas taşıyıcı kısmıdır. Ancak, altyapının taşıyıcılık görevini iyi şekilde yapabilmesi için üzerine başka tabakaların da inşa olunması zorunluluğu vardır.

Yolun, trafik yüklerini taşımak ve bu yükü taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak şekilde taban yüzeyine dağıtmak üzere altyapı üzerine inşa olunan ve alttemel (temelaltı) ile temel ve kaplama tabakalarından oluşan kısmı üstyapı olarak tanımlanır [69,70].

Altyapı ve üstyapıdan oluşan yol gövdesinin oturduğu doğal zemin yol tabanıdır[4].

1.8.5. Alttemel-Temel-Kaplama

1.8.5.1. Alttemel (Temelaltı) Tabakası

Tesviye yüzeyi üzerine serilen ve genellikle belli bir granülometrisi olan ve incesi az, kum, çakıl, taş kırığı, yüksek fırın cürufu gibi daneli malzemeden (granüler malzeme) inşa olunan tabakadır. Kaplamadan gelen trafik yükünün taban üzerine yayılmasında üzerinde bulunan temel tabakasına olan yardımı yanında, su ve don tesirlerine karşı tampon bölge vazifesi de gören bu tabakanın teşkili ile daha seçme malzemeden inşa olunan temel tabakasının kalınlığı azaltılmış, böylece ekonomi sağlanmış olur. Taban zemininin durumuna göre, seyrek de olsa, bazı hallerde bu tabakanın teşkilinden vazgeçilebilir [4,69-71].

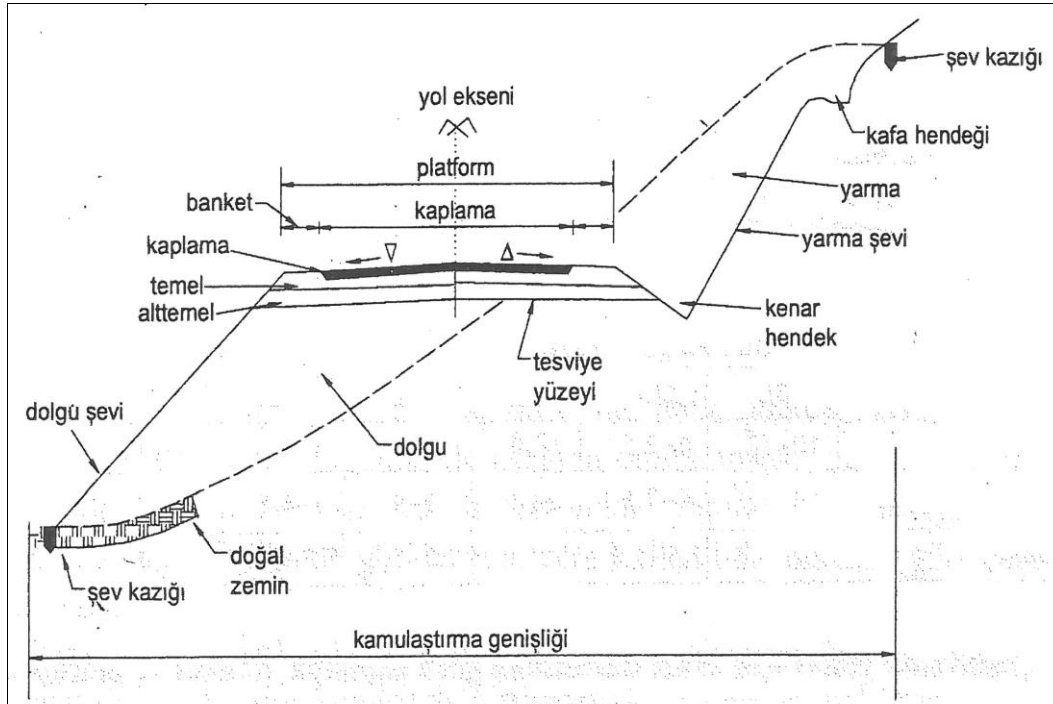
1.8.5.2. Temel Tabakası

Alttemel tabakası ile kaplama tabakası arasına yerleştirilen ve granülometrisi ile malzemesinin fiziki özellikleri alttemel tabakasına göre daha iyi olan doğal kum, doğal çakıl veya kırmataş ile az miktarda bağlayıcı ince malzemeden oluşan tabakadır. Yol gövdesinde özel önemi olan bu tabakanın başlıca görevi kaplamadan intikal eden trafik yükünü, alttemel tabakası ile birlikte taban üzerine yaymak, bu arada trafiğin darbe tesirlerini azaltmaktır.

Temel tabakası üzerine inşa olunan ve trafiğin doğrudan temas ettiği, bitümlü karışımlar, beton, parke vb. Malzeme ile yapılan tabakaya da kaplama (döşeme) adı verilir. Esas görevi düzgün bir yuvarlanma yüzeyi temin etmek olan bu tabaka bir ya da birkaç tabaka halinde inşa olunur. En yaygın şekilde kullanılan ve bitümlü karışımla yapılan beton asfalt kaplamalarda en üstte bulunan tabaka trafiğin ve iklim koşullarının bozucu etkilerine karşı koyan aşınma tabakası'dır. Bunun altındaki tabaka ise binder tabakası olarak tanımlanır.

Yol gövdesinin üstyapısını oluşturan alttemel, temel ve kaplama tabakalarının kalınlıkları; başta yoldan geçecek olan trafiğin miktarı ve cinsi ile taban zemininin taşıma gücü ve iklim koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişir.

Tanımları yapılan ve yapacak olan diğer yol elemanları şekil 10'de gösterilmiştir [4,69].



Şekil 10. Yol enkesiti ve elemanları, [4]

1.8.6. Şev

Bir dolguda platformun dış kenarı ile doğal zemin, yarmada ise kenar hendek tabanı ile doğal zemin arasındaki eğik yüzey bu dolgu veya yarmanın şevi'dir. Şev eğimini belirlemede gözetilen iki ana faktör; zeminin kendini tutma özelliği ile dolgu veya yarmanın yüksekliğidir. Kendisini tutan zeminlerde şev eğiminin biraz daha dik olmasında bir sakınca yoktur. Yüksek dolgularda şev eğiminin az tutulması yolun inşası için daha geniş bir arazi şeridini gerektirirse de trafik güvenliği yönünden tercih olunur. En çok kullanılan dolgu şevleri $3/2$, $3/1$, ve $4/1$ dir. Yarma şevleri için $1/2$, $1/1$, $2/1$ ve $3/2$ değerleri verilebilir. Kaya yarmalarda dik şev kullanılır. $3/2$ şev; yatayda üç, düşeyde iki birime isabet eden eğim demektir [4,69-72].

1.8.7. Enine Eğim-Boyuna Eğim

Yol yüzeyine düşen yağış sularının platformu bir an önce terk edebilmeleri için yol enkesitine eksenden yanlara doğru olmak üzere her iki tarafta verilen eğime enine eğim denir. Enine eğimin miktarı üzerinde etkili ana faktör kaplama cinsidir. Yağış sularının kolayca ve kısa sürede akabileceği ince ince dokulu asfalt kaplamalar için 0,01 ile 0,02 arasında bir eğim uygun kabul edilebilir. Çakıllı kaplamalarda enine eğim 0,03 ile 0,04, toprak yollarda ise 0,04 ile 0,06 mertebesinde olmalıdır. Beton yollar için 0,02 den düşük enine eğim kullanılabilirse de minimum eğim 0,015 olmalıdır. Yine drenaj amacı ile banket eğimi çok zaman kaplama eğiminden fazla tutulur. Kaplanmış banketler için 0,04, çakıl ve kırmataşla örtülü banketler için 0,06 ve toprak olarak bırakılmış banketler için 0,08 enine eğim önerilebilecek değerlerdir.

Yola boyuna doğrultuda verilen eğim boyuna eğim olarak tanımlanır. Boyuna eğimi sınırlayan başlıca faktörler yolun sınıfı ile geçtiği arazinin topografik yapısıdır. Standartları yüksek olan yollarda, ayrıca düz arazilerde boyuna eğim az tutulur. Arazi durumu elverişli olsa da yüzey suyu drenajı amacı ile yola minimum 0,003 ile 0,005 arasında bir boyuna eğim verilmelidir [4,61-73].

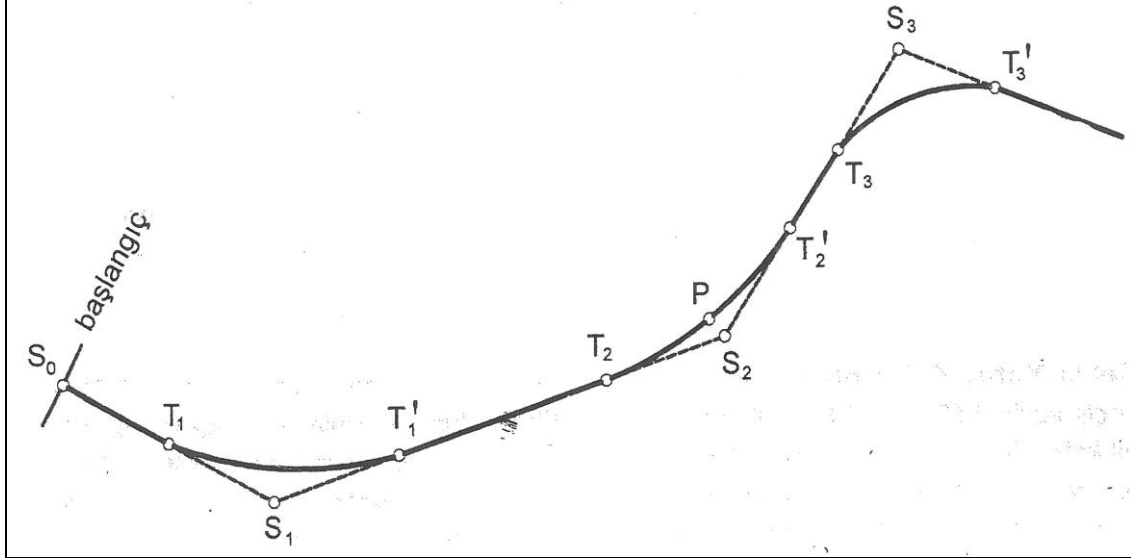
1.8.8. Yol Ekseni-Eksen Çizgisi

Yol kaplamasının ortasından geçtiği varsayılan doğrultuya yol ekseni denir. Bölünmemiş yollarda karşı yönlerden gelen trafiğin kullanabilecekleri yol kısmını göstermek amacı ile yol üzerine çizilen boyuna doğrultudaki çizgiye de eksen çizgisi adı verilir. Eksen çizgisi çok zaman yol platformunu ortalarsa da bu kesin bir kural değildir[4].

1.9. Başlangıca Uzaklık-Kilometre

Herhangi bir geçki noktasının, başlangıç olarak seçilen geçki noktasına olan ve geçki yatay geometrisi boyunca ölçülen yatay uzaklığıdır. Örneğin şekil 11'de P geçki noktasının kilometresi $\overline{S_0, T_1}$ doğru parçası + $\overline{T_1, T'_1}$ eğri parçası + $\overline{T'_1, T_2}$ doğru parçası + $\overline{T_2, P}$ eğri parçasıdır. Yatay geometride geçki dışındaki noktaların, örneğin some noktalarının,

kilometresi olamaz. Kara ve demir yollarında nokta kilometreleri : $KM_p = \text{kilometre} + \text{metre}$, metrenin kesirleri (örneğin 14+034,673) şeklinde yazılır[30,74].



Şekil 11. Geçki yatay geometrisi üzerinde nokta kilometresinin tanımlanması, [30]

1.10. Yatay Kurbalar

Bir yol geçkisinin düz olarak giden kısımlar (aliyman) ile bunları birbirine bağlayan eğri kısımlardan (yatay kurba) oluştuğu daha önce belirtilmişti. Doğrultu değiştirmeye yarayan yatay kurbalar güvenlik, kapasite ve yolculuk konforu yönünden önemli olan kritik kesimlerdir. Yatay kurbalarla ilgili projelendirme iyi yapılmazsa buralarda işletme hızı iyice düşeceği için yolun kapasitesi azalacağı gibi merkezkaç kuvvetin yol açtığı savrulma ve devrilmeler sebebiyle kazalar da artar. Ayrıca, yolculuk konforu yolcuların tahammül sınırını aşacak derecede kötüleşebilir.

Gerçekte, arazi durumu elverişli olsa da bir yolun uzun bir mesafe boyunca düz yani aliyman olarak devamı da istenmez. Çok uzun, örneğin, 8~10 km den daha uzun aliymanlarda özellikle monoton bir ortamda sürücünün dikkati dağılır. Ayrıca, yolda orta ayırıcı yoksa geceleyin karşılıklı far etkisi yani göz kamaşması artacağı gibi yol doğu-batı yönünde ise uzun süreli güneş etkisi de söz konusu olur. Her üç durum sürücü yönünden kazaya karışma olasılığını artırır. Bu gibi durumlarda, uzun aliyman yerine daha kısa aliymanlar teşkili edip bunları büyük yarıçaplı kurbalarla birbirine bağlamak uygun olur.

Yatay kurbalar genel olarak daire yaylarından ibarettir. Ancak, kurba yarıçapı küçük ise hızın fazla olduğu durumlarda aliymandan kurbaya geçiş noktasında ortaya çıkan merkezkaç kuvvetin ani etkisi taşıtın dengesini bozar, ayrıca yolcuyu fazla derecede rahatsız eder. Bu yüzden yüksek standartlı yollarda aliyman ile dairesel kurba arasına geçiş eğrisi ya da rakordman kurbası adı verilen özel eğriler yerleştirilir. Bu eğriler sayesinde kurbaya girişte karşılaşılan merkezkaç kuvvetin etkisi belirli bir uzunluk boyunca dağıtılarak azaltılmış, böylece daha hızlı, güvenli ve konforlu bir geçiş sağlanmış olur.

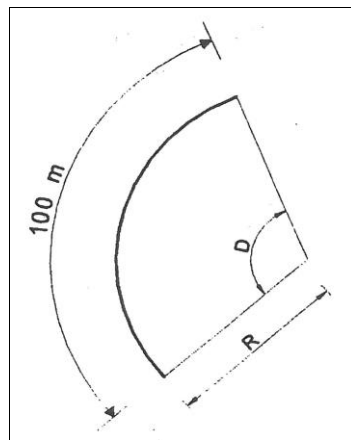
Yatay kurbalarda merkezkaç kuvvetin savurma ve devirme etkisine karşı alınan diğer önlem, kurbanın içine doğru verilen enine eğimdir. Dever olarak tanımlanan bu enine eğimin değeri ve uygulama şekli bu bölümde ele alınan diğer önemli konudur[4].

1.10.1. Kurba Çeşitleri ve Karakteristikleri

Dairesel yatak kurbaların üç türü vardır.

- Basit kurba: İki aliymanı birbirine bağlayan daire yayıdır.
- Birleşik kurba: Bir ortak teğetin aynı tarafında bulunan farklı yarıçapı iki daire yayından oluşur.
- Ters kurba: Ortak teğetin iki tarafında bulunan iki daire yayından oluşur.

Dairesel kurbalar genellikle (R) yarıçapları veya daha seyrek olmak üzere belirli bir çevre uzunluğuna karşı gelen (D) merkez açıları ile belirtilirler. Bu belirli çevre uzunluğu 100 m olarak alınırsa (Şekil 12) aşağıdaki bağıntılar yazılabilir [4].



Şekil 12. Kurba yarıçapı-merkez açısı ilişkisi, [4]

$$\frac{2\pi R}{360} \times D^\circ = 100$$

$$\frac{100}{2\pi R} = \frac{D^\circ}{360} = \frac{D^g}{400}$$

$$R = \frac{5729,58}{D^\circ} = \frac{6369,43}{D^g}$$

(8)

1.11. Boykesit

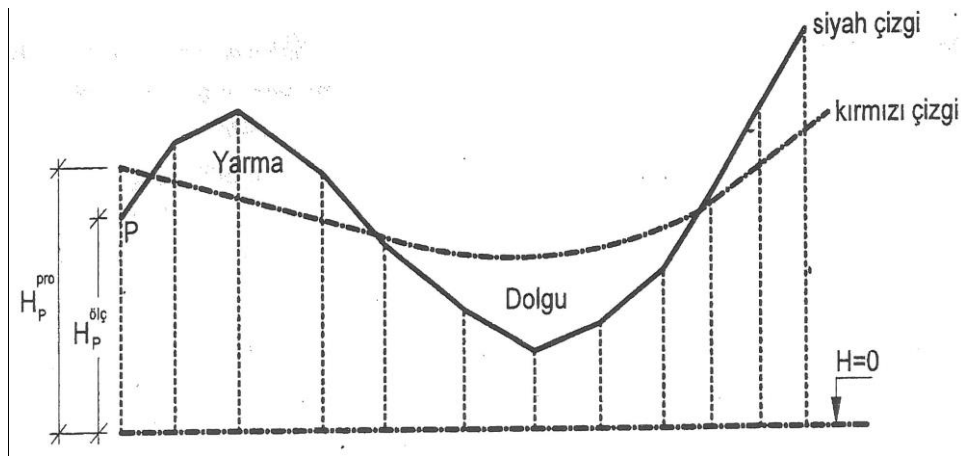
Geçki yatay geometrisi boyunca fiziksel yeryüzünün düşey yüzeylerle ara kesitidir. Boykesitin üretilmesi için geçki yatay geometrisinin tasarımı ve hesapları bitmiş olmalıdır [30].

1.11.1. Siyah Kot ($H_p^{\text{ÖLÇ}}$)

Boykesitte eksen kazığı noktalarının, enkesitlerde ise arazinin karakteristik noktalarının yükseklikleri olup arazinin doğal topoğrafik yapısını gösterir (Şekil 13).

1.11.2. Siyah Çizgi

Boykesit ve enkesitlerde siyah kotu bilinen ardışık noktaların doğru parçaları ile birleştirilmesiyle elde edilen kırık çizgiler dizisi (Şekil 13,14) olup boykesit ve enkesit doğrultusu boyunca arazinin doğal topoğrafik yapısını grafik olarak gösterir [30,75-77].



Şekil 13. Boykesitte siyah çizgi, kırmızı çizgi, siyah kot, kırmızı kot, [30]

1.11.3. Kırmızı Kot (H_P^{PRO})

Boykesit altlığı üzerinde tasarımılanan geçki düşey geometrisi noktalarının proje yükseklikleri olup hesapla bulunur (Şekil 13) [30].

1.11.4. Kırmızı Çizgi

Boykesit altlığı üzerinde tasarımılanan geçki düşey geometrisinin grafik gösterimidir (Şekil 13). Herhangi bir P eksen kazığının siyah ($H_P^{ÖLC}$) ve kırmızı (H_P^{PRO}) kotları geçki düşey geometrisinden bilinmektedir (Şekil 13). Bu bilinenler yardımıyla tip enkesit P noktalarına ait enkesitler üzerine aktarılır; böylece enkesitlerde kırmızı çizgi elde edilir (Şekil 14). Enkesit noktalarının kırmızı kotları hesapla bulunur [30].

1.12. Enkesit

Her bir eksen kazığından geçkiye dik doğrultuda çıkarılan kesitlerdir. Enkesitlerin üzerine eksen kazığının kilometresi mutlaka yazılmalıdır [53,58].

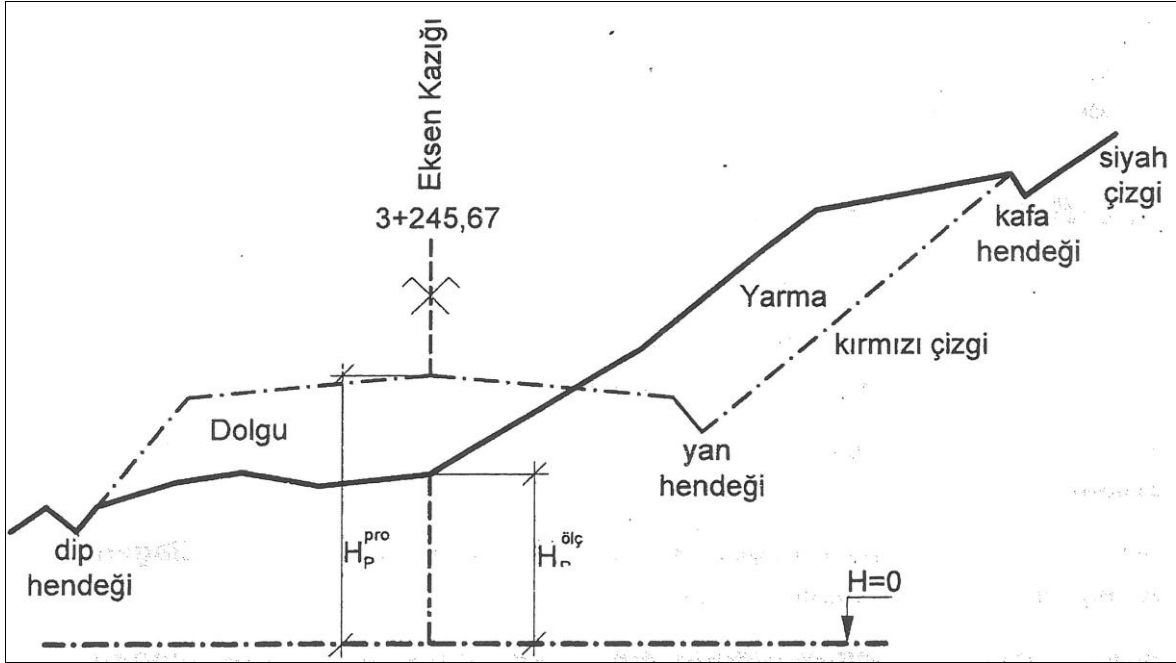
1.12.1. Tip Enkesit

Geçki yatay geometrisinin doğru parçasından oluşan deversiz bölümlerinde geçkiye dik doğrultuda ulaştırma yapısının enine yatay ve düşey geometrisini gösteren kesittir [53,58].

Yatay geometrinin eğrisel bölümlerinde enkesit kırmızı çizgisi oluşturulurken dever uygulaması dikkate alınmalıdır. Ulaştırma yapısı boyunca tek bir tip enkesit genellikle yeterli olmaz; tünellerde, kara yollarının tırmanma şeridi uygulanan bölgelerinde, istinat duvarı gerektiren yüksek dolgu ve yarmalarda, köprü ve menfezlerde, istasyonlarda v.d. özel tip enkesit gerekli olur.

Tip enkesit yarma ve dolgu şevlerinin eğimini, yan, kafa ve dip hendeklerinin boyutlarını, kara yollarında bölünmüş yol olup olmadığı ve şerit sayısı ile banket, kaplama ve orta refüj genişliklerini, demir yollarında hat sayısı, hat genişliği ve hat eksenleri arasındaki uzaklık gibi bilgiler gösterir. Görüldüğü gibi tip enkesit, proje hızı ile birlikte

düşünülmesi gereken, ulaştırma yapısının standardını belirleyen temel elemanlardan biridir [30,78-80].



Şekil 14. Enkesitte kırmızı çizgi, siyah çizgi ve diğer kavramlar, [30]

1.12.2. Toprak İşi

Boykesitte ve enkesitlerde kırmızı ve siyah çizginin oluşturduğu kapalı alanlar yapılması gereken toprak işini gösterir. Kırmızı kotların siyah kotlardan büyük-küçük olduğu alanlarda dolgu-kazı yapılması gerekir; kazı alanlarına yarma da denir.

- Karışık enkesit: Hem dolgu, hem de yarma alanına sahip enkesittir.
- Sandık enkesit: Tümüyle yarma alanından oluşan enkesittir.
- Yarma ve dolgu şevi: Toprak işi sonunda yol ile doğal arazi arasında oluşturulan eğik yüzeylerdir.
- Yan hendeği: Yarma şevine ve yol yüzeyine düşen yağış sularının drenajını sağlayan hendektir(Şekil 14).
- Kafa hendeği: Yarma şevi ile doğal arazinin kesiştiği noktada, gerektiğinde oluşturulan hendektir. Yüksek yamaçlardan gelen yağış suyunu yarma şevini bozmaması için uygulanır (Şekil 14).

- Dip hendeği: Dolgu şevi ile doğal arazinin kesiştiği noktada (Şekil 14) uygulanır; amacı yağış sularının dolgu şevi dibini oyarak çökmeye neden olmasını önlemektir (Şekil 14).
- Ripaj, varyant: Geçki yatay geometrisinin ve buna baülı olarak geçki düşey geometrisinin tasarımı sonunda yatay geometrinin belirli bölümlerinin değiştirilmesi gerekir. Enkesitler içinde kalan yatay geometri değişikliklerine ripaj, enkesitlerin dışına çıkan değişikliklere varyant denir. Boykesit ve enkesitler ripajda yenilenmezken varyantta yenilenmeleri gerekir[30].

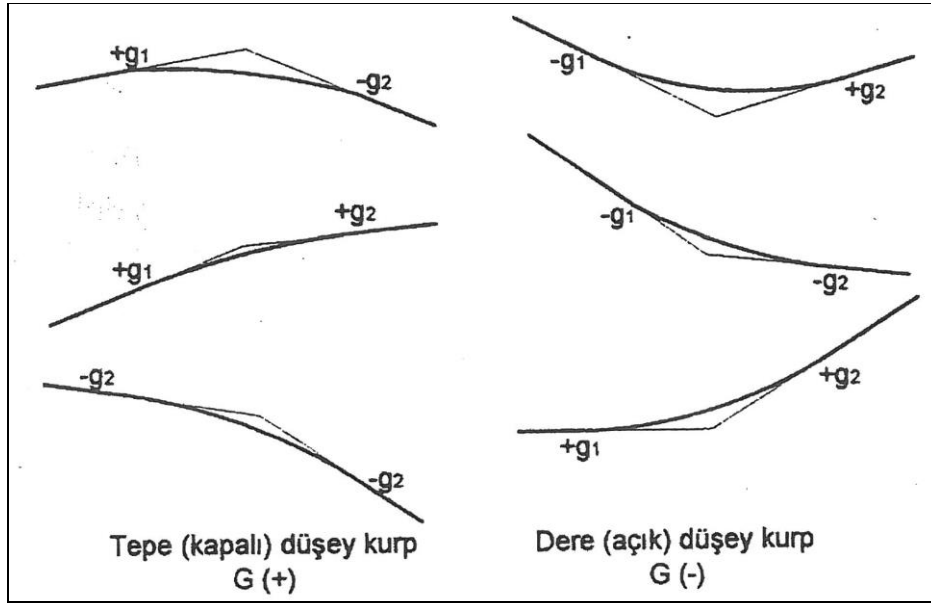
1.13. Boykesitin Hazırlanması

Yolun geçki eksenini boyunca alınan kesiti olan boykesitin hazırlanması sırasında yapılacak ilk iş; alıyman ve kurbalardan oluşan geçki ekseninin plandaki izdüşümünün belli bir ölçekle bir doğru boyunca açılmasıdır. Daha sonra bu doğru üzerinde geçkinin aplikasyonu sırasında kazık çakılan noktalara ait kilometreler (başlangıca olan uzaklıklar) belirtilir ve bu sırada alınan her noktaya ait arazi kotu yine belirli bir ölçekle, belirli bir kıyas hattına göre düşey bir düzlem üzerinde işaretlenir. İşaretlenen bu noktaların birleştirilmeleri ile elde edilen kırık çizgi geçki eksenini boyunca arazinin doğal durumunu gösterir ve siyah çizgi olarak isimlendirilir. Siyah çizgi üzerinde alınan herhangi bir noktaya ait kot ise o noktanın siyah kotu'dur. O halde, boykesitte siyah kot; doğal arazi (zemin) kotu olmaktadır [81-83].

Geçkiye ait siyah çizginin belirlenmesinden sonra, ileride açıklanacak olan esaslar çerçevesinde geçki boyunca kırmızı çizgi (eğim çizgisi) geçirilir. Kırmızı çizgi; yolun tesviyesi yani toprak işi sonunda yol ekseninin boykesitteki durumunu gösteren hat olarak tanımlanabilir ve bu hat üzerindeki herhangi bir noktaya ait kot da o noktanın kırmızı kotu olur. Verilen tanıma göre, yolun tesviye işi sırasında kırmızı çizgi üzerinde kalan kısımlar kazılacak, altında kalan kısımlar ise doldurulacak demektir. Burada belirtilmesi gereken bir husus; tanımları verilen kırmızı çizgi ile kırmızı kotun tesviye kırmızı çizgisi ve tesviye kırmızı kotu oluşlarıdır. Yolun tesviye yüzeyi üzerinde inşa olunan üstyapısının tamamlanmasının sonraki durumu ise kaplama üstü kırmızı çizgisi veya kaplama üstü kırmızı kotunu gösterir ki bu çizgi ve kot tesviye kırmızı çizgisi ve kotundan daha yüksek olacaktır [84].

Kırmızı çizgi; doğru parçaları ile bunları birbirine bağlayan eğri kısımlardan oluşan sürekli bir hattır. Düşey kurba (düşey kurp) adı verilen eğri kısımlar daire veya parabol yaylarıdır. Doğru kısımlara ait kırmızı kotlar başlangıç olarak kabul edilen bir noktaya olan uzaklık ve bu kısımdaki boyuna eğim yardımı ile kolaylıkla hesaplanabilir. Buna karşılık düşey kurpların içine düşen noktalara ait kırmızı kotlar daha sonra görüleceği gibi özel bir hesaplama ile bulunur.

Boykesitte kırmızı çizginin yükselerek gittiği kesimlere rampa, alçalarak gittiği kesimlere ise iniş adı verilir. Bir rampaya bir iniş, rampayı daha az eğimli bir rampa ya da bir inişi daha dik eğimli bir iniş izliyorsa aradaki düşey kurbaya tepe düşey kurp veya kapalı düşey kurp, bir inişi bir rampa, inişi daha az eğimli bir iniş ya da rampayı daha dik eğimli bir rampa izliyorsa aradaki düşey kurbaya da dere düşey kurp veya açık düşey kurp adı verilir (şekil 15). şekillerin altında gösterilen G değeri, g_1 ve g_2 eğimlerinin cebrik farkıdır [85].



Şekil 15. Tepe ve dere düşey kurp tipleri

Uygulamada çok az görülen ve boyuna eğimin sıfır olduğu yatay yol kesimlerine palye adı verilir. Palye ancak arazi durumu elverişli ve yolun enine eğimi yeterli, ayrıca, yanları yani banket dış kenarları açık ise kısa kesimler için yapılabilir. Aksi takdirde daha sonra da değinileceği gibi yola, yüzey suyu drenajı bakımından, muhakkak surette boyuna eğim verilmelidir.

Boykesitin hazırlanması sırasında, yatay ölçek olarak 1/1.000 veya 1/2.000, düşey ölçek olarak da 1/100 veya 1/200 ölçekleri kullanılır. Bu ölçeklere göre hazırlanan boykesit üzerinde, kilometreleri ile belirlenmiş her noktaya yani her kesite ait siyah ve kırmızı kotlardan başka kesitlerin sıra numaraları, başlangıca olan uzaklıkları, kesitler arası mesafe, boyuna eğim değişme noktaları ve bu noktalar arasındaki eğim, yatay kurbaların başlangıç, bitiş ve orta noktaları ile kurba elemanları ayrıca, her kesitteki kazı ve dolgu miktarları yani kırmızı kot siyah kot farkları gösterilir. Cins ve ölçüleri ile belirtilecek menfezler, istinat ve iksa duvarları gibi sanat yapıları da boykesit üzerinde gösterilmelidir. Boykesit ve belirtilmesi gereken bilgiler ile bunların gösteriliş biçimleri Şekil 15'de verilmiştir [4].

1.13.1. Boyuna Eğimin Sınır Değerleri

Kırmızı çizginin geçirilmesi sırasında uygulanacak olan eğimin maksimum değerini tayinde nazara alınacak başlıca faktörler; yolun sınıfı ve arazinin topografik durumu ile yoldan faydalanacak olan trafikteki hakim taşıt cinsidir. Yüksek standartlı yani proje hızının büyük tutulduğu yollarda öngörülen yüksek işletme hızını sağlayabilmek için arazi durumu elverişli ise boyuna eğim mümkün olduğunca az tutulur. Aynı şekilde, yine yüksek standartlı ve ağır taşıt trafiğinin fazla olduğu yollarda taşıtların işletme maliyetini azaltmak amacı ile küçük eğimlerin tercih edilmesi gerekir. Bunlara karşılık, dağlık bölgelerde yapım zorlukları sebebiyle boyuna eğimin yüksek tutulduğu kesimler olabilir. Bu gibi kesimlerde eğimi düşürmek mümkün olamıyorsa hiç olmazsa işletme maliyetini arttırıcı önemli bir unsur olan rampa uzunluğunun en azda tutulmasına çalışılmalıdır[86].

1.13.2. Kırmızı Çizginin Geçirilmesi

Geçki eksenine ait siyah çizginin belirlenmesinden sonra boyuna eğim için KGM tarafından kabul olunan maksimum ve minimum değerler arasında kalınarak, kırmızı çizgi belirlenir. Bu çizgi önce açık poligon şeklinde geçirilir daha sonra tepe noktalarına zorunlu minimum görüş uzunluklarını sağlayan düşey kurbalar yerleştirilir[87].

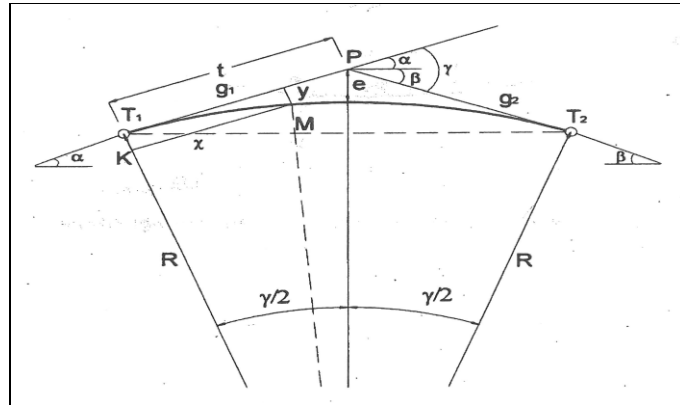
1.14. Düşey Kurbalar

Kırmızı çizginin eğimi değiştirdiği yerlerde görüş uzunluğunun kısılması sebebiyle güvenlik azaldığı gibi, özellikle hızın fazla olması durumunda, ani eğim değişiminin yol açtığı düşey ivme ve sarsıntı yolculuk konforunu da düşürür. Bu sebeplerle belirtilen yerlerde kırmızı çizginin farklı eğimli iki kolu arasına uygun uzunlukta düşey kurbalar uygulanarak sözü edilen sakıncaların giderilmesine çalışılır.

Prensip olarak birbirini izleyen iki kırmızı çizgi kolunun eğimlerinin cebrik farkının %0,5 den büyük olması durumunda bu iki kol arasına düşey kurba uygulanır. Düşük standartlı yollarda ise bu cebrik fark %1 olarak kabul edilebilir[4].

1.14.1. Dairesel Düşey Kurbalar

Düşey kurbaların dairesel olarak teşkil edilmeleri de mümkündür. Şekil 16’da görüldüğü gibi birbirini izleyen iki kırmızı çizgi kolunun eğimleri g_1 ve g_2 ise, bunlar arasına yerleştirilen R yarıçapı daire yayından ibaret olan düşey kurba aşağıda görülmektedir.



Şekil 16. Dairesel düşey kurba, [4]

Dairesel kurbalarla ilgili hesaplamalarda R kurba yarıçapı için yolun sınıfı ve arazi durumuna göre tasviye olunabilecek değerler aşağıda tablo 3’de verilmiştir[88].

Tablo 3. Dairesel düşey kurba yarıçapları, [4]

Düşey kurba tipi ve arazi durumu	Yol sınıfına göre minimum kurba yarıçapları			
	I	II	III	IV
a- Tepe düşey kurba				
Düz arazi	25.000	15.000	10.000	5.000
Engelibeli arazi	15.000	10.000	5.000	2.500
Dağlık arazi	5.000	2.500	1.500	1.000
b- Dere düşey kurba				
Düz arazi	8.000	5.000	3.000	2.000
Engelibeli arazi	5.000	3.000	2.000	1.500
Dağlık arazi	2.000	1.500	1.200	1.000

2. MATERYAL VE YÖNTEM

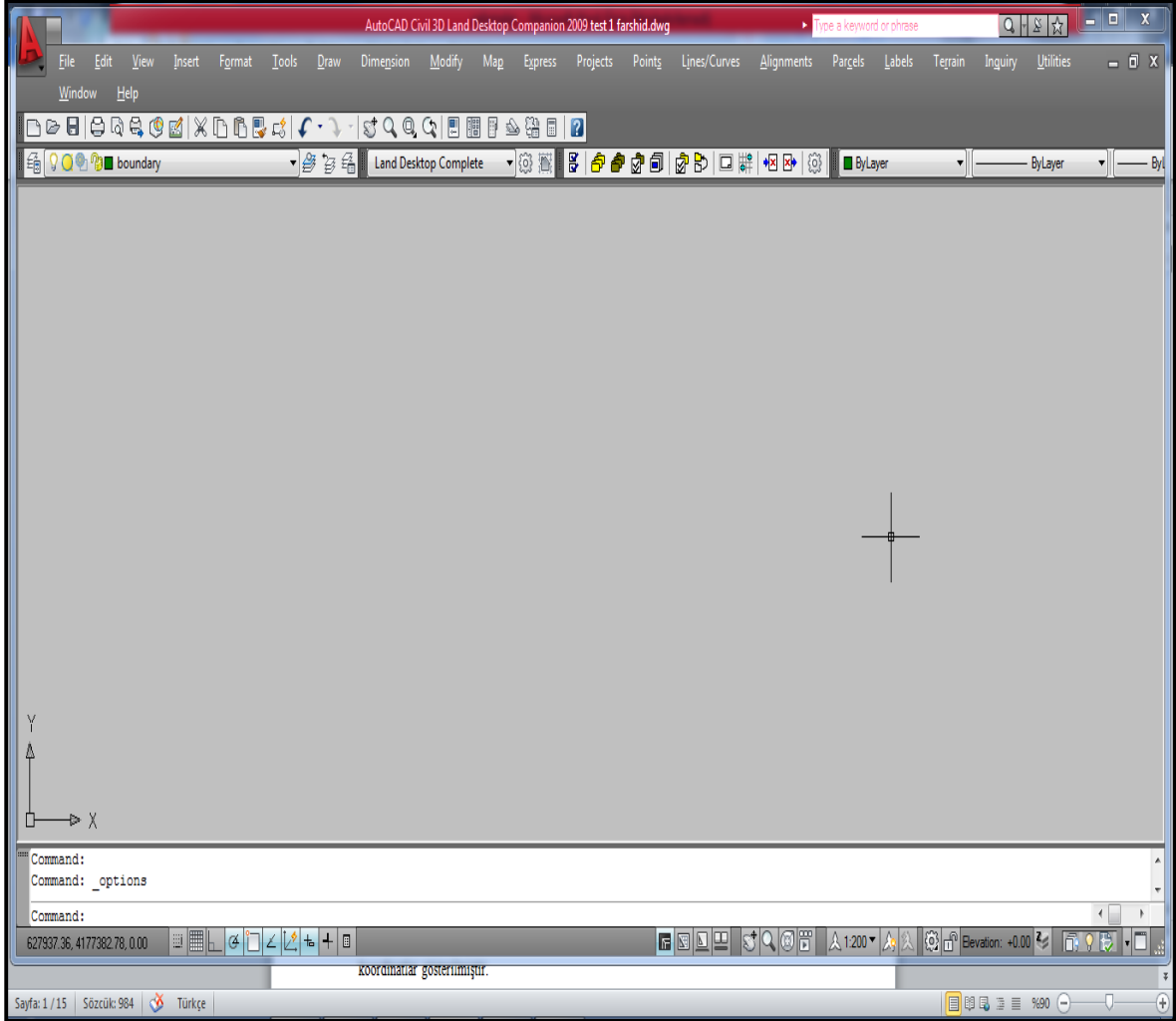
Karayolları inşaatın da bilindiği gibi ilk önce projenin tasarımı elle ve ya bir bilgisayar programı yardımıyla yapılmaktadır. Bu yüzden yapılması gereken yolun tüm detayları yani tüm güzergâhlar ve kırmızı çizginin eğimleri ve tüm yatay ve düşey kurpların detayları karayolları şartnamesine göre yapılabilmektedir. Bu çalışma örnek olarak yaklaşık 2 kilometre uzunluğun da olan iki şeritli bir karayol üzerinde uygulamalı olarak yapılmıştır. Yolun ilk tasarımı AutoCAD Civil 3D bilgisayar programı yardımıyla yapılmış ve uygulama aşamasına gelmiştir. Bir karayolunun bilgisayarda tasarımı ilk olarak arazinin izohipslerini programa çizdirmekle başlanmakta, boykesit ve enkesitleri çıkarılmakta ve en son yarma ve dolgu hacimleri hesaplanmak suretiyle yapılabilmektedir. Ancak, aslında yolun inşaatı yani uygulama sistemi sadece boykesit ve enkesitlerin üzerindeki eğimler, eksen koordinatları ve yükseklik kotlarıyla yapılmaktadır. Bilgisayar programlarında genel olarak enkesitler düz yolda her 20 metrede bir ve yatay kurba içerisinde her 10 metrede bir çizilebilmektedir ve uygulama sırasında sadece her enkesitin eksen koordinatı ve yükseklik kotuna göre inşa edilip ve denetlenebilmektedir. Bu uygulama yöntemi ile inşa edilen yollar maalesef çok az bir sayıda eksen koordinatı elde olduğundan yolun hem boyuna hem de enine yönde sadece eksen üzerindeki kısmının kontrolü yapılabilmektedir. Bu yüzden yolun her yüzeyi tamamlandıktan sonra herhangi bir noktanın denetimi oldukça zor ve hatta istenilen herhangi bir kilometrenin ne kotu ve ne de koordinatı elde olmadığı için projenin denetimi ve uygulaması birçok hatayla yapılabilmektedir. Bu yüzden bu çalışma kapsamında, Matlab yazılım programı yardımıyla yol denetiminin hatalarını optimize edip ve sıfıra yaklaştırılmaktadır. Bu bölümde; ilk önce AutoCAD Civil 3D programıyla hazırlanan proje detayları ve Matlab programı yardımıyla yazılan arayüz tasarımına ilişkin adımlar verilmiştir.

2.1. Karayolu Tasarımında Autocad Civil3D Programının Arazide Kullanımı

Bir karayolu tasarımı sırasında çok önemli detayları, karayolu şartnamesini de göz önüne alarak adım adım yapılması gerekmektedir. AutoCAD Civil 3D programında her

adım için daha detaylı bilgiler kullanım kılavuzunda açıklanmaktadır. (Kullanıcı Kılavuzu, AutoCAD Civil 3D 2009).

AutoCAD Civil 3D’de Boş bir çizim arayüzü Şekil 17’de gösterilmektedir.

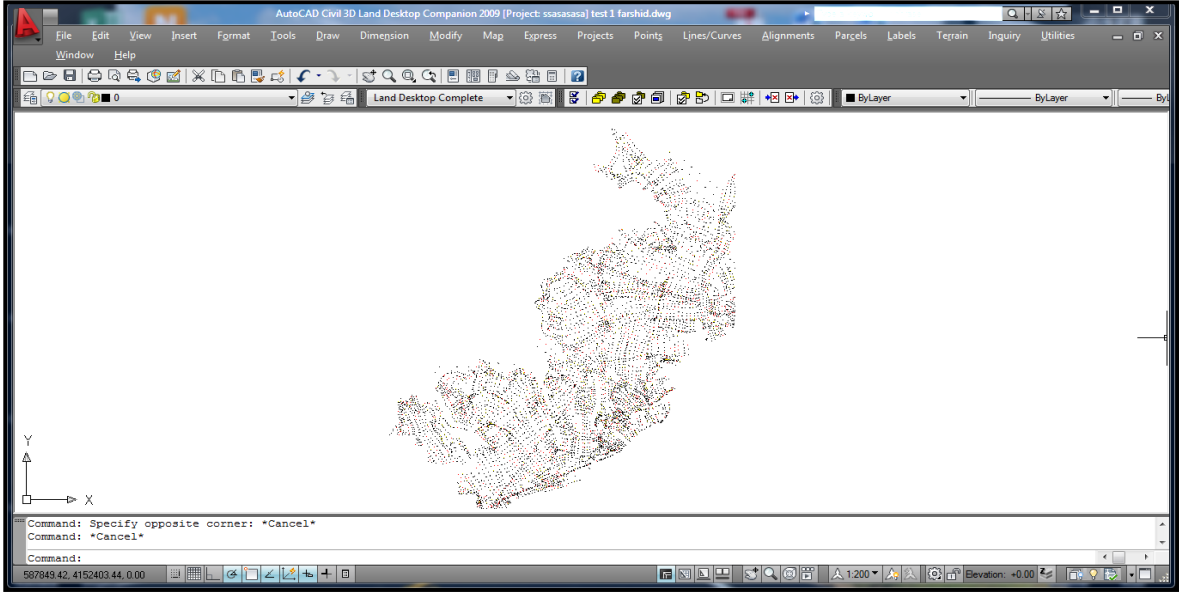


Şekil 17. AutoCAD Civil 3D arayüzü

2.1.1. Zemin Yüzeyi

İlk önce boş bir autocad arayüzün de ölçek, bölge ve koordinat sistemini ayarlayıp ve araziden Total Station ile okunan tüm kotların koordinatlarını AutoCAD Civil 3D arayüzüne aktarılması gerekmektedir. Şekil 18’de tüm bu koordinatlar gösterilmiştir.

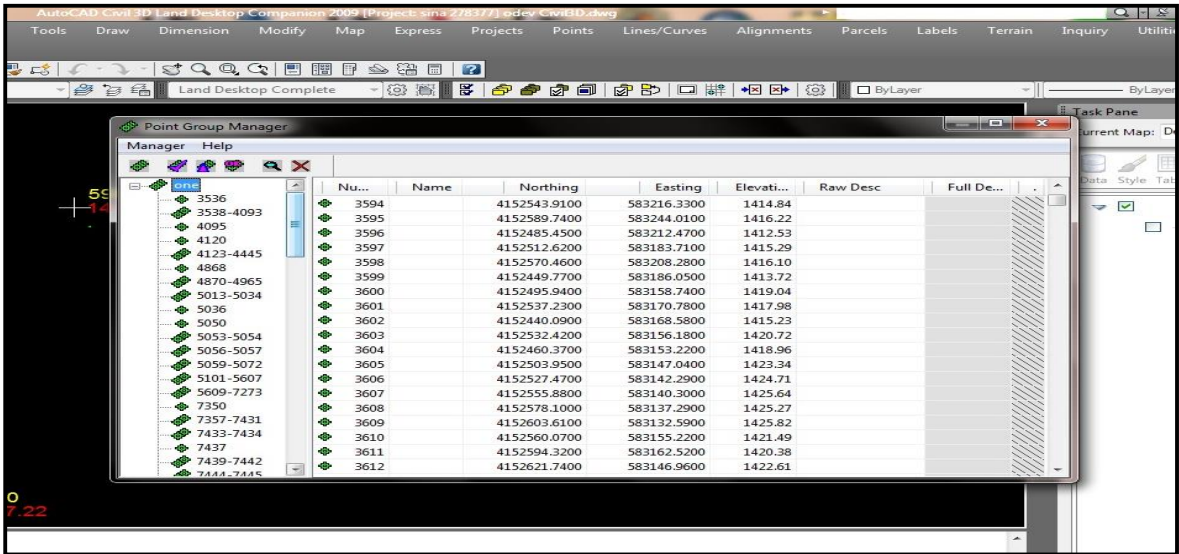
Araziden okunan tüm noktaların koordinatlarını AutoCAD Civil 3D programına aktarılması için kullanılan komut; `point>import/export point>import point>penzd(space delimited)`’dir. Bu komutun kullanımını Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Proje tasarımı için araziden okunulan tüm noktaların koordinatları

Program arayüzünde koordinatların gruplandırılması için kullanılan komut; point» point managment» point group manager» create point manager'dır. Bu komutun kullanımı Şekil 19'da görülmektedir.

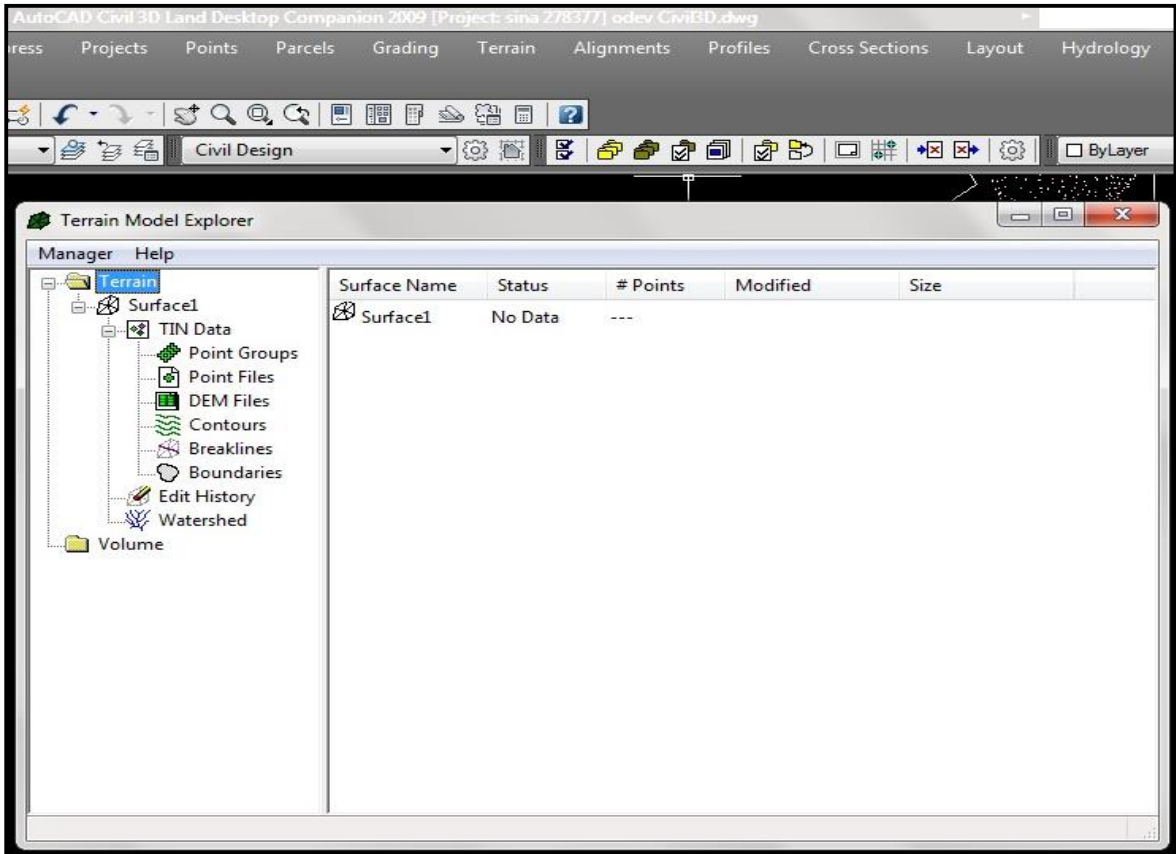
Şekil 19'da görüldüğü gibi projenin arazideki farklı bölgelerinden topladığımız koordinatları ayrı ayrı gruplandırılmakta ve isim verilmektedir.



Şekil 19. Koordinat gurupları

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde yüzey oluşturulması için kullanılan komut; Terrain » terrain model explorer » surface'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 20'de görülmektedir.

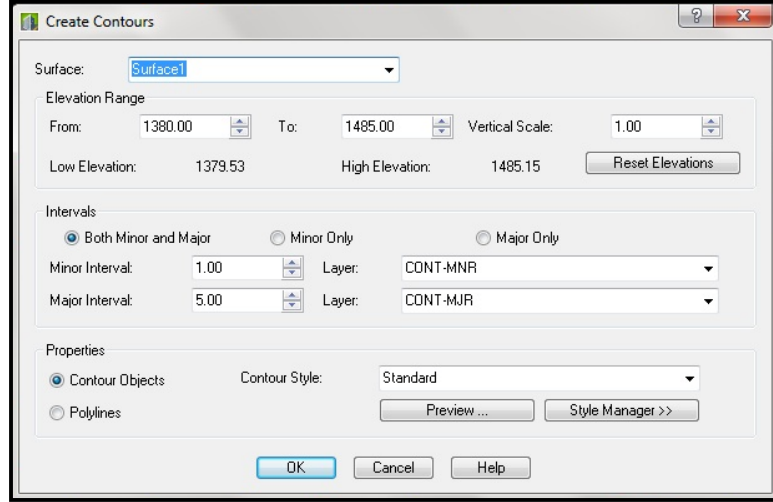
Bir projede yüzey alanının sayısal temsili için araziden okuduğumuz tüm kotları bir yüzey olarak göstermek gerekir. Bu nedenle bir TIN (üçgen ağ) oluşturulur. Bu işlemler Şekil 20'de görülmektedir.



Şekil 20. Yüzey oluşturulması

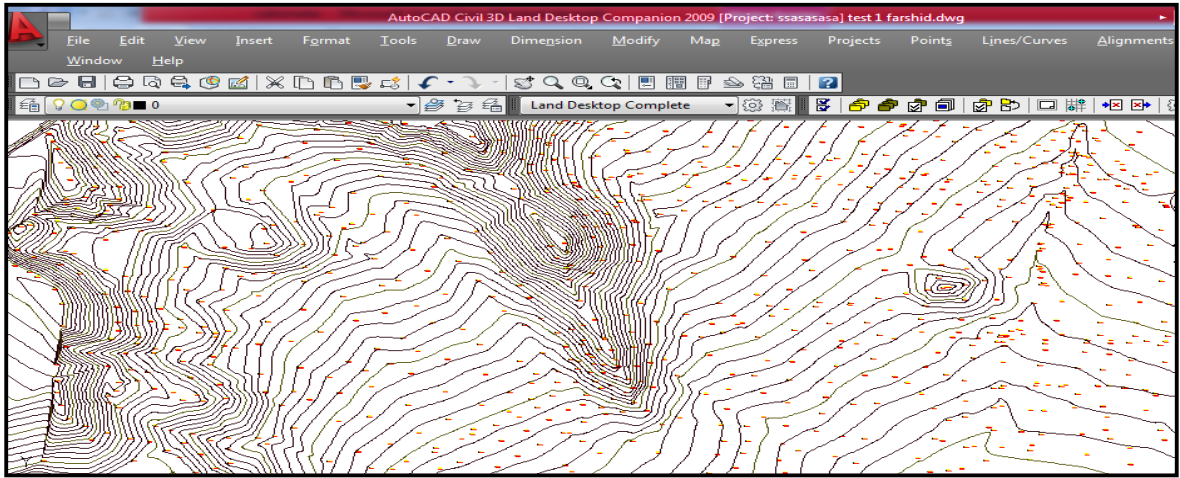
AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde izohips ayarlamaları için kullanılan komut; Terrain » creat contoures » both minor and major'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 21'de görülmektedir.

Yukarıda görüldüğü gibi Bir yüzey oluşturduktan sonra Şekil 21'de görüldüğü gibi izohips çizgilerinin ayarlamaları yani izohipslerin kaç metreden bir çizilmesini istiyorsak bu komut sayesinde yapılabilmektedir.



Şekil 21. İzohips ayarlamaları

Tüm izohipslerin çizilmesi Şekil 22’de görülmektedir. Çizilen izohipslerin üzerinden arazinin yükseklik haritası görülmektedir. Şekil 22 nerenin tepe ve nerenin dere olduğunu göstermektedir.

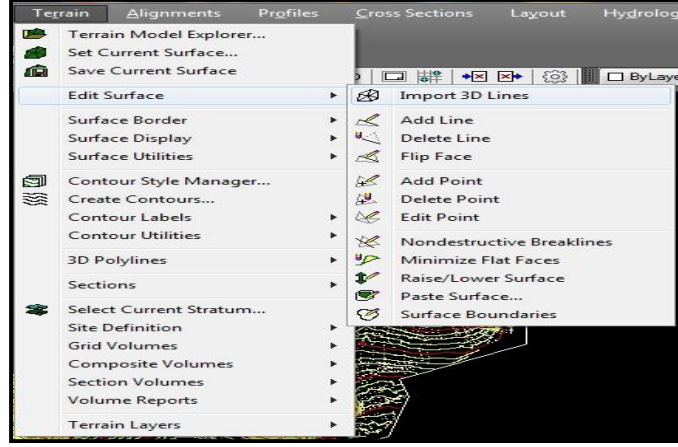


Şekil 22. İzohips haritası

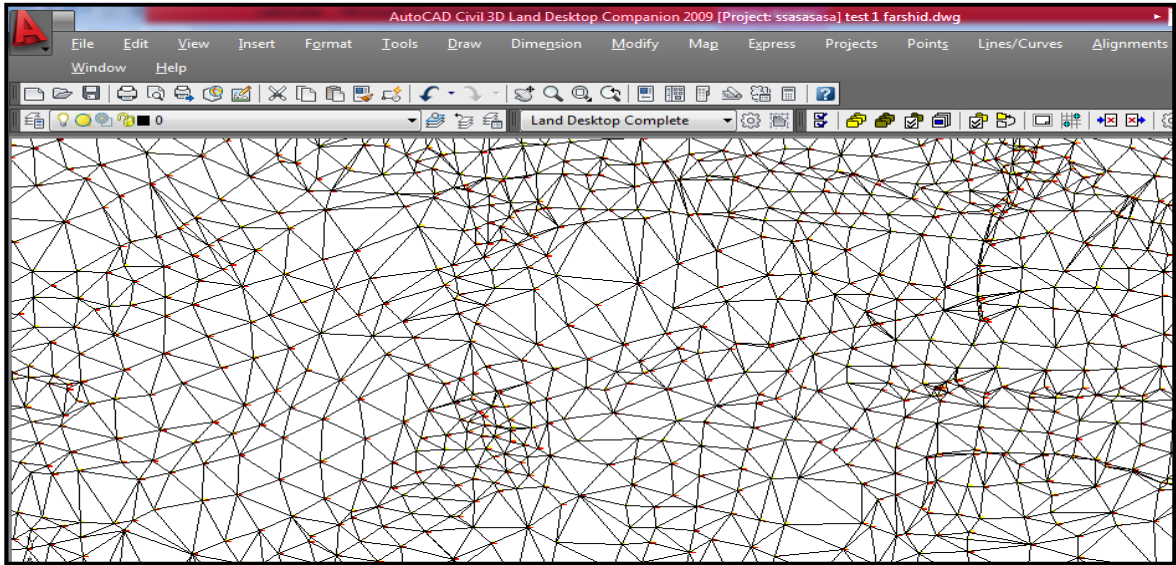
Şekil 22’de verilen haritada, izohipslerin proje alanındaki sayısal temsili görülmektedir.

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde üçgen ağının yapılması için kullanılan komut; Terrain » edit surface » import 3D lines’dir. Bu komutun kullanımı Şekil 23’te görülmektedir.

Bu proje alanına TIN (üçgen ağı) oluşturuldu ve bu üçgen ağı Şekil 24'te görülmektedir.



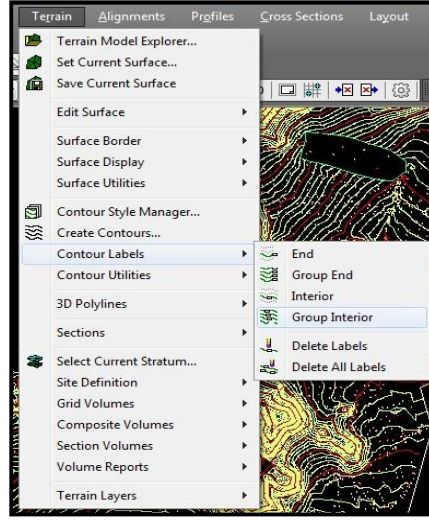
Şekil 23. Üçgen ağının yapımı



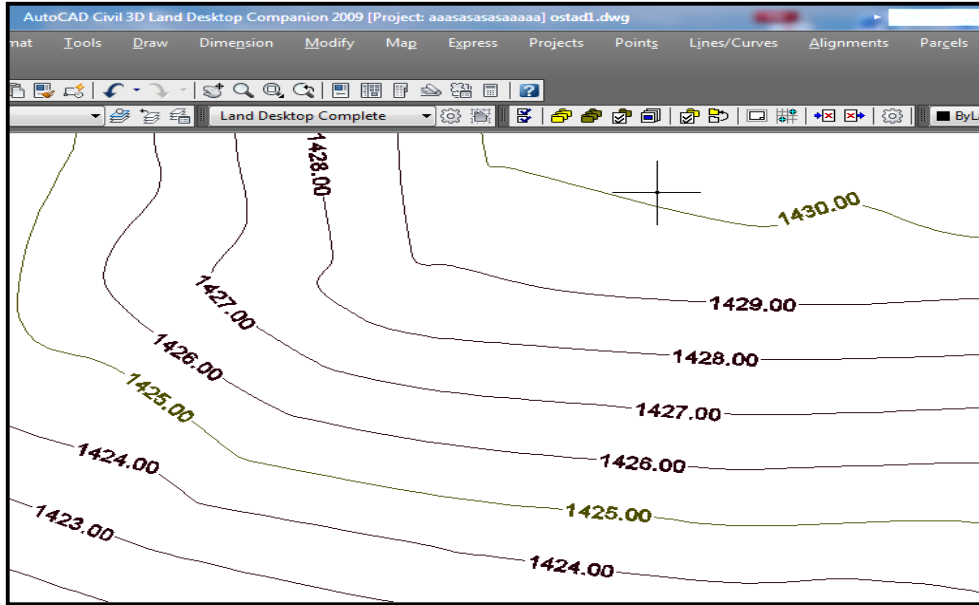
Şekil 24. TIN (üçgen ağı)

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde izohips yüksekliğinin görünümü için kullanılan komut; Terrain » contour labels » group interiors'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 25'de görülmektedir.

Oluşturduğumuz üçgenler üzerinde eğer iç içe girilmiş üçgenler varsa üçgen boyutlarını değiştirerek bu hataları gidermek gerekir. Ancak, daha sonra izohipsleri programa çizdirerek izohipslerin gerçek yükseklikleri Şekil 26'daki gibi görülmektedir.



Şekil 25. İzohips yüksekliği komutu

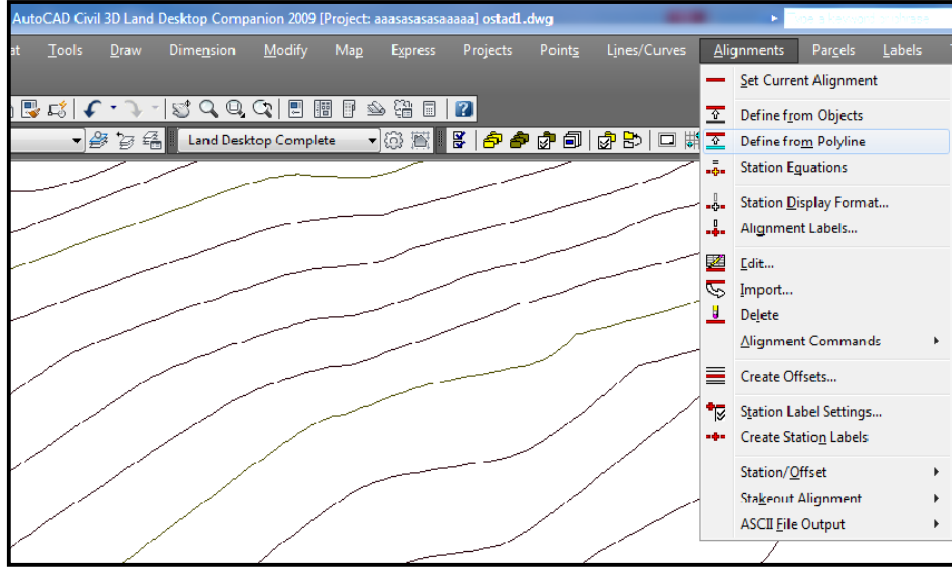


Şekil 26. İzohips yüksekliği

2.1.2. Aliyman

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde aliyman çizimi için kullanılan komut; Alignment » define from polyline'dir. Bu komutun kullanımını Şekil 27'de görülmektedir.

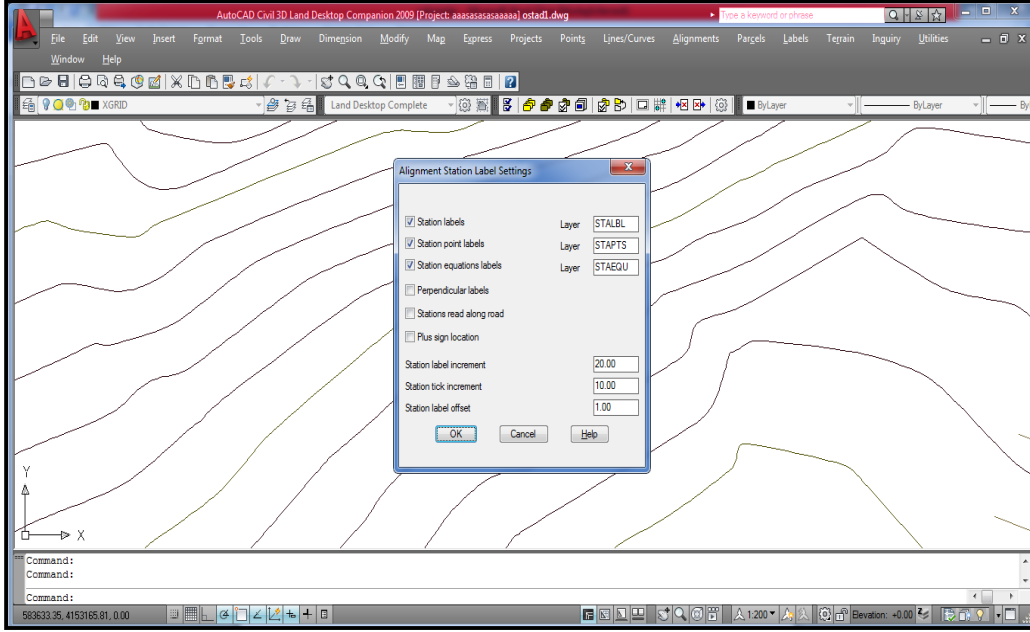
Aliyman veya yol ekseni önceden belirtilen güzergâhlarla, harita üzerine tek tek işlenerek oluşturulur. Bu yol ekseni çizilerek aslında yolun kilometrajları elde edilmektedir.



Şekil 27. Aliyman çizimi

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde yol projesinin sağ-sol kenarlarının uzaklığı için kullanılan komut; Alignment » station labels setting'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 28'de görülmektedir.

Karayolunda genel olarak yol ekseninin sağ ve sol kenarlara uzaklığını belirlemek için, projelendirilmiş yol genişliğine göre sağ-sol kenarlara uzaklığı seçilerek Şekil 28'de görüldüğü gibi programın arayüzüne yazılmaktadır.

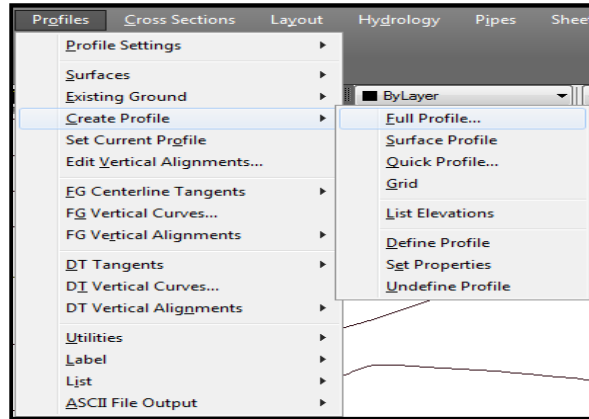


Şekil 28. Sağ-sol uzaklığı

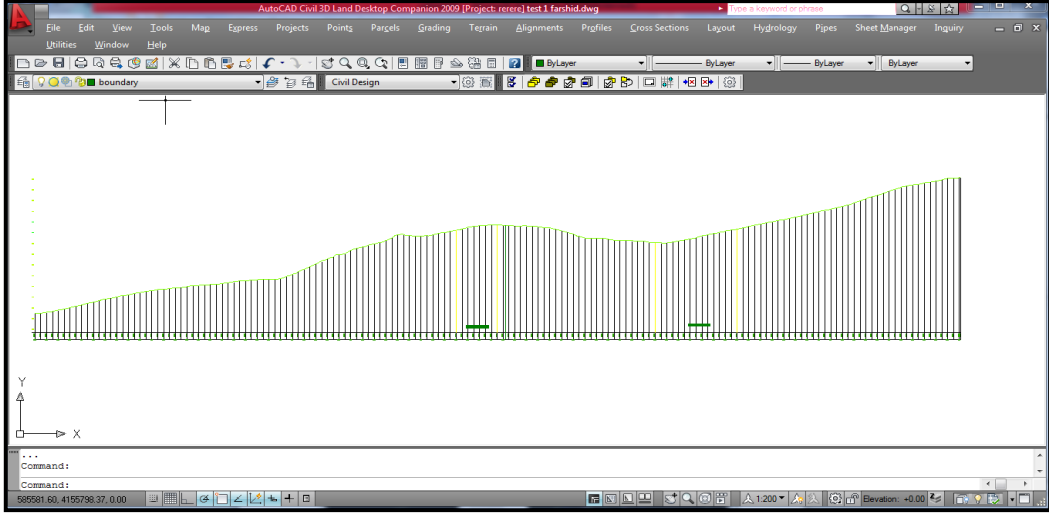
2.1.3. Boykesit

AutoCAD Civil 3D programının arayüzünde boykesit çizimi için kullanılan komut; Profile » creat profile » full profile'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 29'da görülmektedir.

Bir karayolu projesinin uzunluğu ve siyah çizginin yükseklik kotlarının belirlenmesi için boykesiti programa çizdirilerek çok iyi bir şekilde tüm noktaların kilometresi ve yüksekliği görülmektedir. Şekil 30'da yolun boykesiti (profili) gösterilmiştir.



Şekil 29. Boykesit çizim komutu

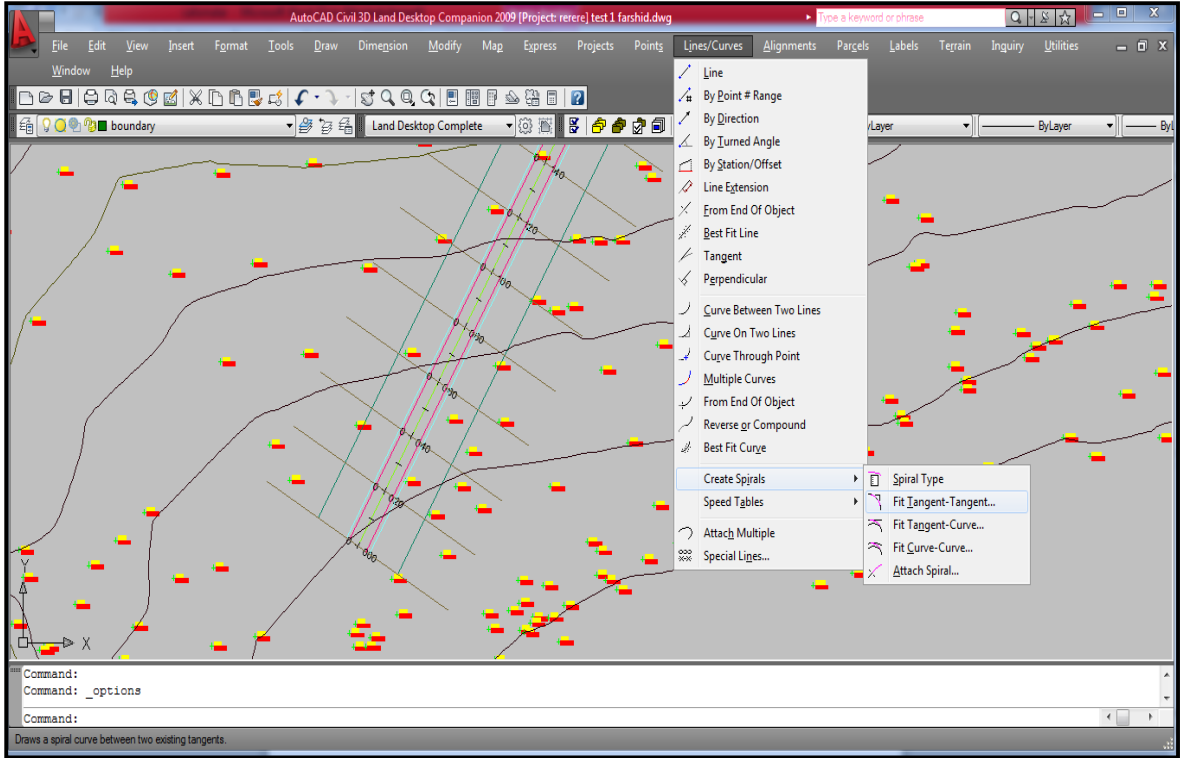


Şekil 30. Boykesit örneği

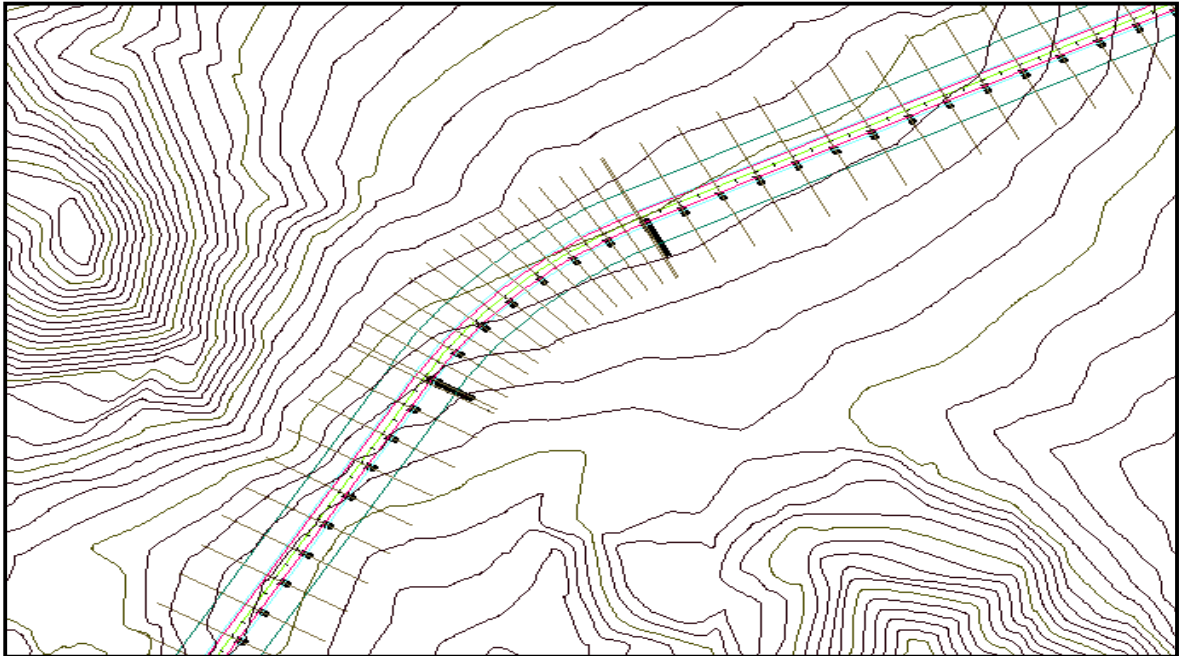
2.1.4. Yatay Kurbalar

Yatay karp için kullanılan komut; Line/curves » creat spirals » fit tangent-tangent'tir. Bu komutun kullanımını Şekil 31'de görülmektedir.

İki aliymanı birbirine bağlayan dairesel yatay kurba çeşitleri vardır. Burada örnek olarak dairesel yatay kurbalardan basit kurba tipi seçilip Şekil 31'de gösterilen komut yardımıyla yatay kurba çizilmektedir. Şekil 32'de örnek bir yatay kurba gösterilmektedir.



Şekil 31. Yatay kurp çeşitleri



Şekil 32. Dairesel yatay kurp

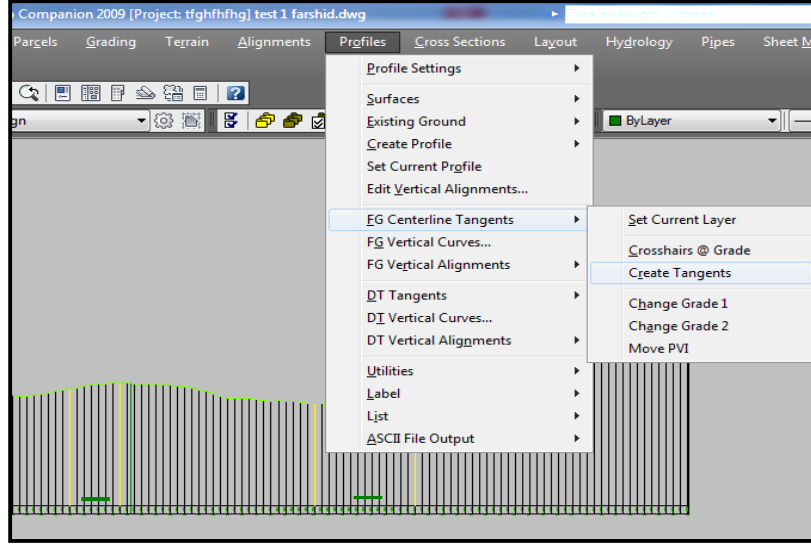
Karayollarında yol ekseninin her iki tarafı yani gidiş ve geliş şeritleri ile banket ve yaya kaldırımı genişliği Şekil 33'te görüldüğü gibi gerekli yerlerine girerek aliyman kesimlerin oluşturulması tamamlanmaktadır.

Şekil 33. Aliyman ayarlamaları

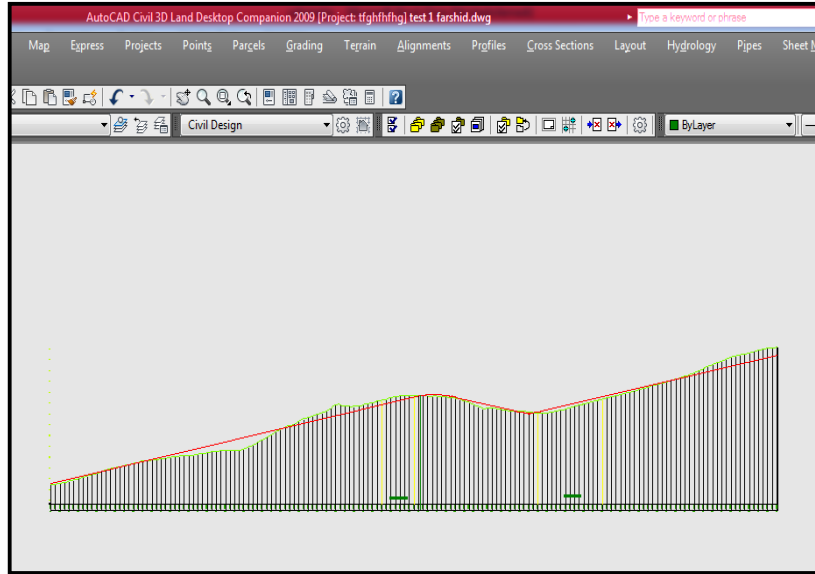
2.1.5. Kırmızı Çizgi

Kırmızı çizgi için kullanılan komut; Profiles » FG centerline tangents » create tangents'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 34'de görülmektedir.

AutoCAD Civil 3D programı yardımıyla tasarladığımız karayolu projesinin bu aşamasında ilk önce toprak işleri en az olan, yarma ve dolgu eşitliği ve boyuna eğim gibi kriterler dikkate alınarak yatay kurba ile düşey kurba iç içe düşmemesini de sağlayacak şekilde ve diğer teknik şartlara uygun olarak kırmızı çizgiler oluşturulmuştur. Şekil 35'te yola ait kırmızı çizgi görülmektedir.



Şekil 34. Kırmızı çizgi uygulaması



Şekil 35. Kırmızı çizgi

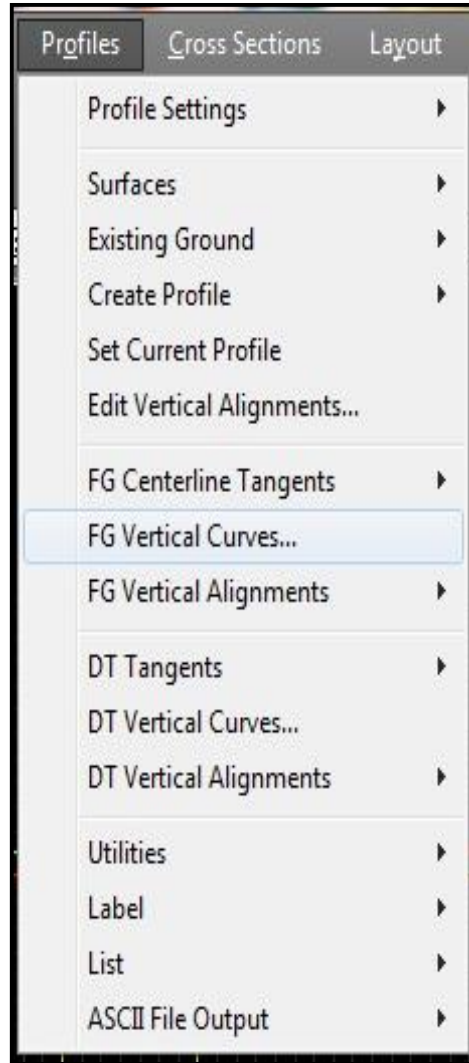
2.1.6. Düşey Kurbalar

Düşey karp için kullanılan komut; Profile » FGvertical curves'dir. bu komutun kullanımını Şekil 36'da görülmektedir.

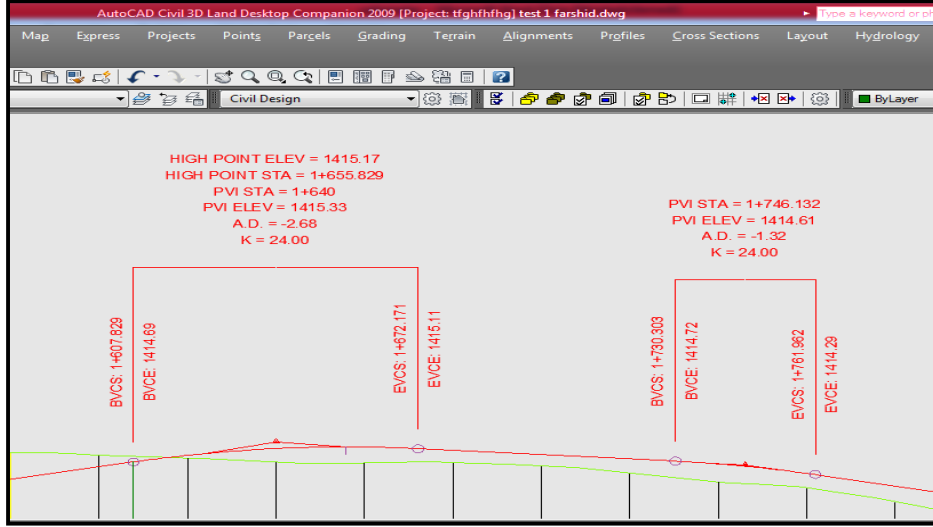
Kırmızı çizginin eğimi, proje üzerinde yer yer değiştiğine göre ve görüş uzunluğunun kısalması sebebiyle güvenlik azaldığı gibi, özellikle hızın fazla olması durumunda, ani eğim değişmesinin sebep olduğu düşey ivme ve sarsıntı, yolculuk konforunu da

düşürmektedir. Bu sebeplerle belirtilen yerlerde kırmızı çizginin farklı eğimli iki kolu arasına uygun uzunlukta düşey kurbalar uygulanarak sözü edilen sakıncaların giderilmesine çalışılır.

Prensip olarak birbirini izleyen iki kırmızı çizgi kolunun eğimlerinin cebrik farkının %0,5'ten büyük olması durumunda bu iki kol arasına düşey kurba uygulanır. Düşük standartlı yollarda ise bu cebrik fark %1 olarak kabul edilmektedir. Şekil 37'de örnek düşey kurbalar gösterilmektedir.



Şekil 36. Düşey kurba uygulaması

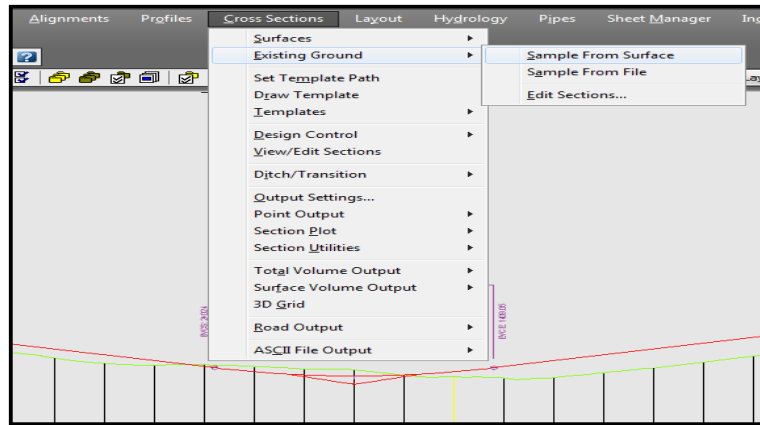


Şekil 37. Örnek düşey kurbalar

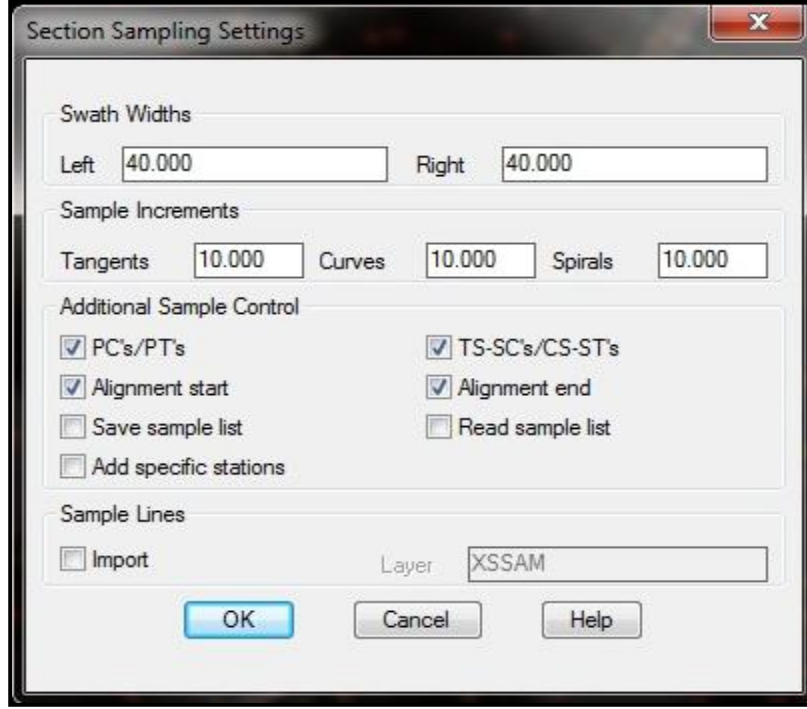
2.1.7. En Kesitler

Enkesit için kullanılan komut; Cross sections » existing ground » sample from surface'dir. Bu komutun kullanımı Şekil 38'de görülmektedir.

Enkesitler, her bir enkesit noktasında yol eksenine dik doğrultuda çıkarılan kesitlerdir. Enkesitlerin üzerine eksen kazığının kilometresi mutlaka yazılmalıdır. Eksen üzerinde genel olarak her 20 metrede, some noktalarında, kurpların başlangıç ve bitiş noktalarında mutlaka bir enkesit alınmaktadır. Ayrıca, kurp içerisinde dever uygulamasından etkilenen enine eğimin farklı olduğu için her 10 metrede bir enkesit alınmaktadır. Bu ayarlamalar, AutoCAD Civil 3D programında çok rahatlıkla yapılabilmektedir. Şekil 39'da bu ayarlama gösterilmektedir.



Şekil 38. Enkesit ayarlaması



Şekil 39. Enkesit yapılması gereken yerler

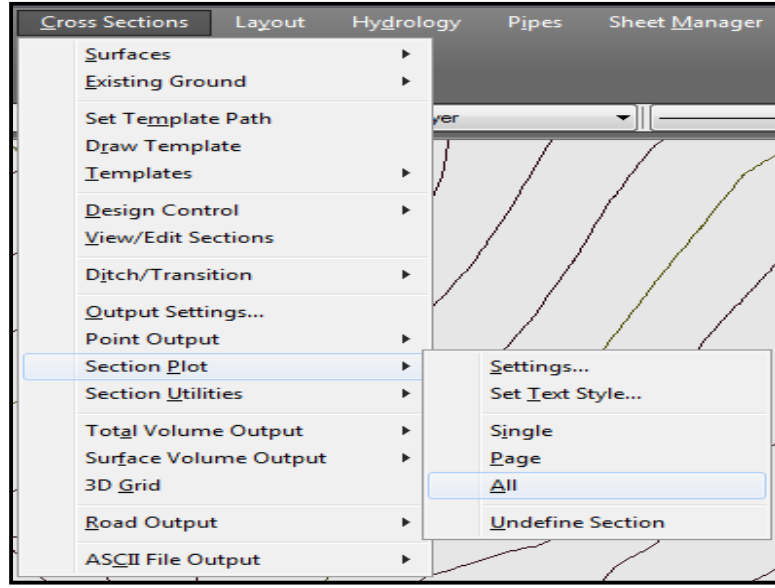
Bir karayolu projesi iki kısımdan oluşmaktadır. Yani plan üzerindeki bir yol projesi, ya aliyman olarak devam etmekte veya yatay kurp'tan geçerek devam etmektedir. Bu iki durum için hem yol platformu, hem de banket, şev ve hendekler için detaylar, karayolları şartnamesine uygun olarak Şekil 40'ta gereken yere yazılmaktadır.



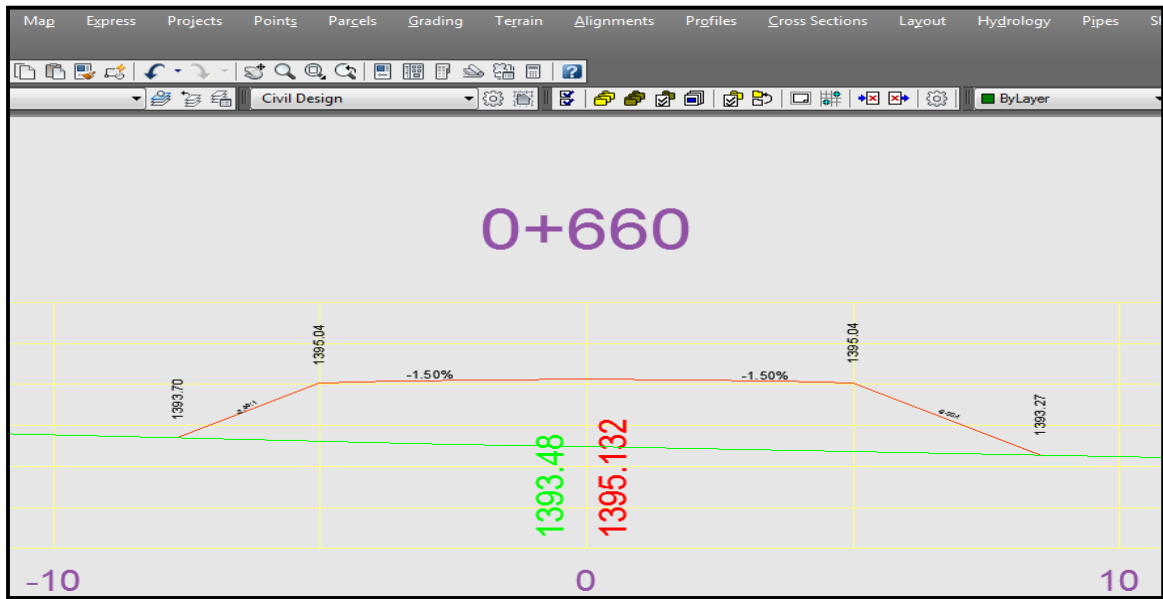
Şekil 40. Enkesit detayları ayarlaması

Enkesit çizimi için kullanılan komut; Cross sections » section plot » all'dır. Bu komutun kullanımını Şekil 41'de görülmektedir.

Yolun her kısmı için, yani alıyman veya yatay kurba denk gelmek koşuluyla, ayrı ayrı detayları Şekil 40'taki gereken yerlere yazılmaktadır. AutoCAD Civil 3D programı sayesinde proje üzerinde istenilen herhangi bir kilometrede enkesit alınabilmektedir. Örnek bir tam dolgu enkesit; tüm eğimler ve yükseklikleri ile birlikte Şekil 42'de görülmektedir.



Şekil 41. Enkesit çizimi için kullanılan komut



Şekil 42. Enkesit çizim örneği

2.2. Matlab Tabanlı Arayüz Yazılımıyla Karayolu Yapım Denetimi

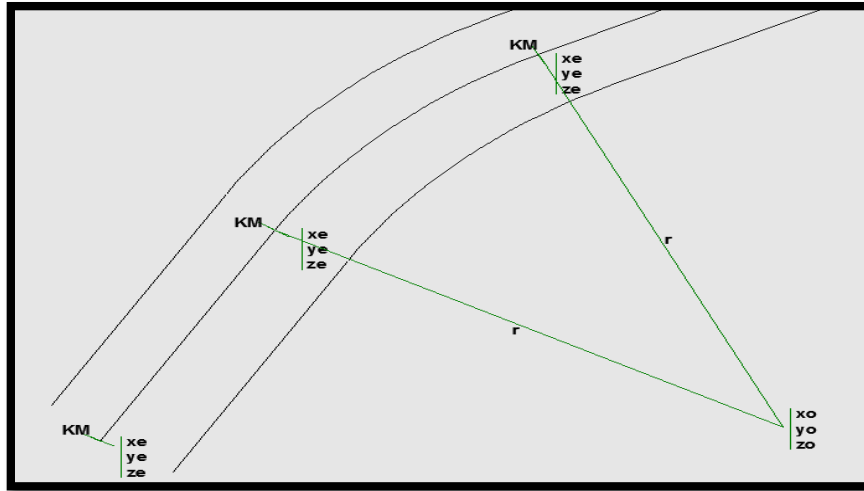
Bir karayolu projesinin uygulama aşamasında mobil olarak tam denetimini yapabilmek üzere Matlab tabanlı bir arayüz yazılmıştır. Bu arayüz yazılımı ile uygulama aşamasında denetimi şu şekilde yapılabilecektir: Uygulanan bir karayolu projesinin inşası aşamasında, denetimi ve kontrolü istenilen her bir noktanın koordinatı ve kotu, total station cihazıyla okunarak, okunan noktanın kotu ilgili enkesit ve boykesitteki kotlarla karşılaştırılmak suretiyle denetim yapılabilmektedir. Başka bir deyişle, arazinin mevcut yükseklikleri, yarma-dolgu bittiğinde ulaşılması gereken kotlarla yani kırmızı çizginin üzerindeki kotlarla karşılaştırılarak yarma ve dolgu işlerini her toprak işi yapıldıktan sonra kontrol ederek en az hatayla inşa edilebilmektedir. Genel olarak bir karayolu projesinde sadece eksen üzerindeki belirlenen kilometrelerin koordinatları uygulama için projeyi yapan firmaya verilmektedir. Böylece rasgele bir noktanın doğru yapılıp yapılmadığını birçok matematik ve ölçme formülleriyle yapabilmekteyiz. Bu tez çalışması kapsamında Matlab yazılım programı yardımıyla tasarlanmış olan arayüz programı tüm bu matematiksel formülleri çok çabuk hesaplayarak aynı anda istenilen noktanın tüm detaylarını hesaplamaktadır.

2.2.1. Kilometre

Her hangi bir noktanın proje üzerindeki koordinatları total station cihazıyla okunmaktadır. Daha sonra o noktanın proje üzerindeki proje başlangıç noktasına göre, kilometresinin bulunması gerekmektedir. Bu nedenle her projede bazı detaylar ve ölçüler proje başlamadan önce onaylanmış haritalar üzerinde projeye ilgili tüm hesaplamalar yapılmış olmalı ve projenin yapım süresince sabit tutulmalıdır. İlk önce çok az bir süre içerisinde bu kotlar ve koordinatları, haritalar üzerinden çıkarılıp excel programına girilmelidir. Bunun ardından Matlab programı yardımıyla her hangi bir noktanın kilometresini hesaplamak için oluşturduğumuz Matlab arayüz programını kullanılarak o noktanın kilometresi optimum bir hata ile hesaplanabilmektedir.

Her yol projesi, plan haritalarında görüldüğü gibi alıyman ve yatay kurplardan oluşmaktadır. Bu nedenle her alıyman veya yatay kurp başlangıcı plan üzerinde gösterilerek tüm koordinatları verilmektedir ve bu koordinatlar yardımıyla her hangi bir noktanın kilometrajı bu arayüzde görülmektedir.

Karayolu projesi üzerinde gereken her hangi bir noktanın koordinatı total station cihazıyla okutulup ve o noktanın koordinatı (x,y,z) olarak elde edilmektedir. Bu koordinatlar yardımıyla aynı noktanın kilometrajına ulaşmak için o noktanın koordinat sistemine göre proje üzerinde aliyman veya yatay kurp içine denk gelen sınırları bulup ve karayolu inşaatı sonuna kadar sabit tutulmaktadır. Aliyman ve kurp başlangıç kilometrajlarını Matlab programındaki yazılım şekli (dv.km)'dir aynı zamanda Matlab ortamında koordinatları (dv.xe , dv.ye , dv.ze) ve kurp yarıçapını (dv.r) ve kurpun merkez koordinatları (dv.xo , dv.yo , dv.zo) da Şekil 43'te görüldüğü gibi matlab programında yazılıp ve Tablo 4'deki gibi Şekil 44'te verilen excel dosyasından bulunarak formül 9, 10 ve 11'deki hesaplamalar yardımıyla o noktanın kilometrajına Şekil 45'teki gibi ulaşılmaktadır.



Şekil 43. Plan üzerindeki yolun düz ve yatay kurp kısımlarının başlangıçtaki koordinatları

Tablo 4. Aliyman ve yatay kurp başlangıç koordinatları matlab programındaki ismi

No	Matlab Yazılımı
dv.km	dv.yol(:,2)
dv.xe	dv.yol(:,3)
dv.ye	dv.yol(:,4)
dv.ze	dv.yol(:,5)
dv.xo	dv.yol(:,6)
dv.yo	dv.yol(:,7)
dv.zo	dv.yol(:,8)
dv.r	dv.yol(:,9)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	name	km	xe	ye	ze	xo	yo	zo	r
2	1	71242.93	514473.881	4281798.199	1000				
3	2	71594.159	514812.605	4281705.319	1000	515341.493	4283634.121		2000
4	1	72141.42	515353.494	4281634.121	1000				
5	2	72353.99	515566.067	4281635.433	1000				
6									

Şekil 44. Excel dosyası

Eğer kilometrajını bulmak istenilen nokta yolun aliyman olan kısmında ise Şekil 45'deki gibi aşağıda verilen formül 9-11'deki hesaplamalarla bulunmaktadır.

$$L = \sqrt{(x - xe)^2 + (y - ye)^2} \quad (9)$$

$$V = \arctan \left| \frac{x - xe}{y - ye} \right| \quad (10)$$

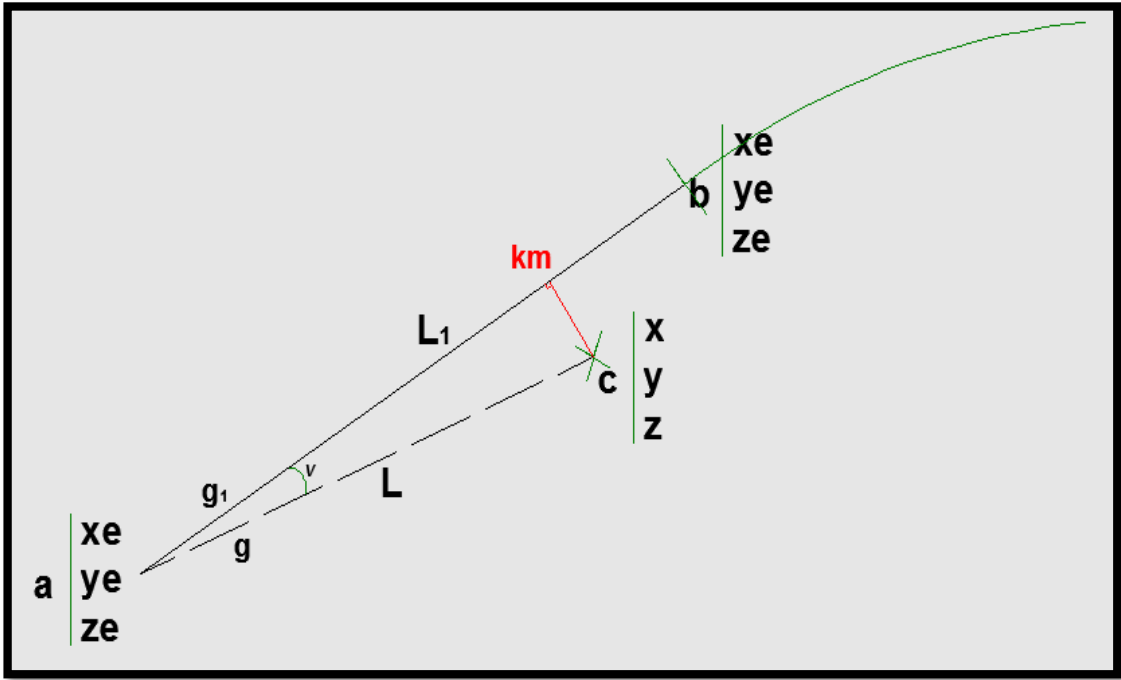
eğer 1. bölge de ise $g=V$

eğer 2. bölge de ise $g=180 - V$

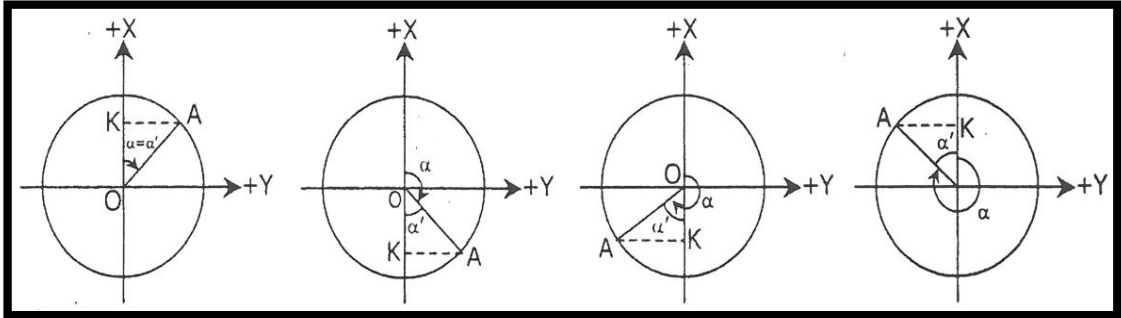
eğer 3. bölge de ise $g=180 + V$

eğer 4. bölge de ise $g=360 - V$ (11)

Bulunan (V) miktarı koordinat sisteminin hangi bölgesinde olursa ona göre işlem yapılmaktadır. Yani Şekil 46'da görüldüğü gibi (g) veya (g1) hesaplanmaktadır.



Şekil 45. Kilometraj bulunması



Şekil 46. Trigonometrik birim dairede dört bölge, [37]

Yukarıda verilen hesaplamalarla Şekil 45'te verilen örnek bir C noktasının yol eksenine denk gelen kilometrajı yol projesinin başlangıcına göre aşağıda ki gibi bulunmaktadır.

$$km_c = (L \times \cos(g_1 - g)) + km_a \quad (12)$$

Eğer kilometresini bulmak istediğimiz nokta yatay kurba olan kısımda ise Şekil 47'deki gibi aşağıdaki formüllerle bulunmaktadır.

$$V = \arctan \left| \frac{x_0 - x}{y_0 - y} \right| \quad (13)$$

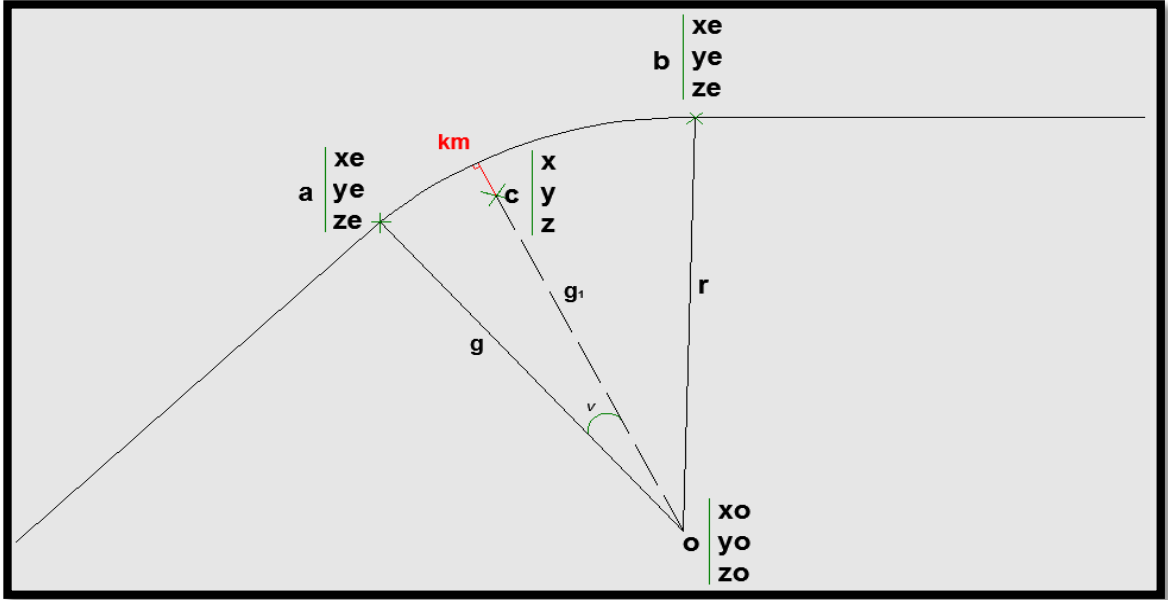
eğer 1. bölge de ise $g=V$

eğer 2. bölge de ise $g=180 - V$

eğer 3. bölge de ise $g=180 + V$

eğer 4. bölge de ise $g=360 - V$ (14)

Bulunan (V) miktarı koordinat sisteminin hangi bölgesinde olursa ona göre işlem yapılmaktadır. Yani Şekil 46'da görüldüğü gibi (g) veya (g1) adlı detaylar hesaplanmaktadır.



Şekil 47. Yatay karp üzerinde kilometre görüntüsü

Bu hesaplamalarla C noktasının yol eksenine denk gelen kilometresi, başlangıca göre aşağıda ki gibi hesaplanmaktadır.

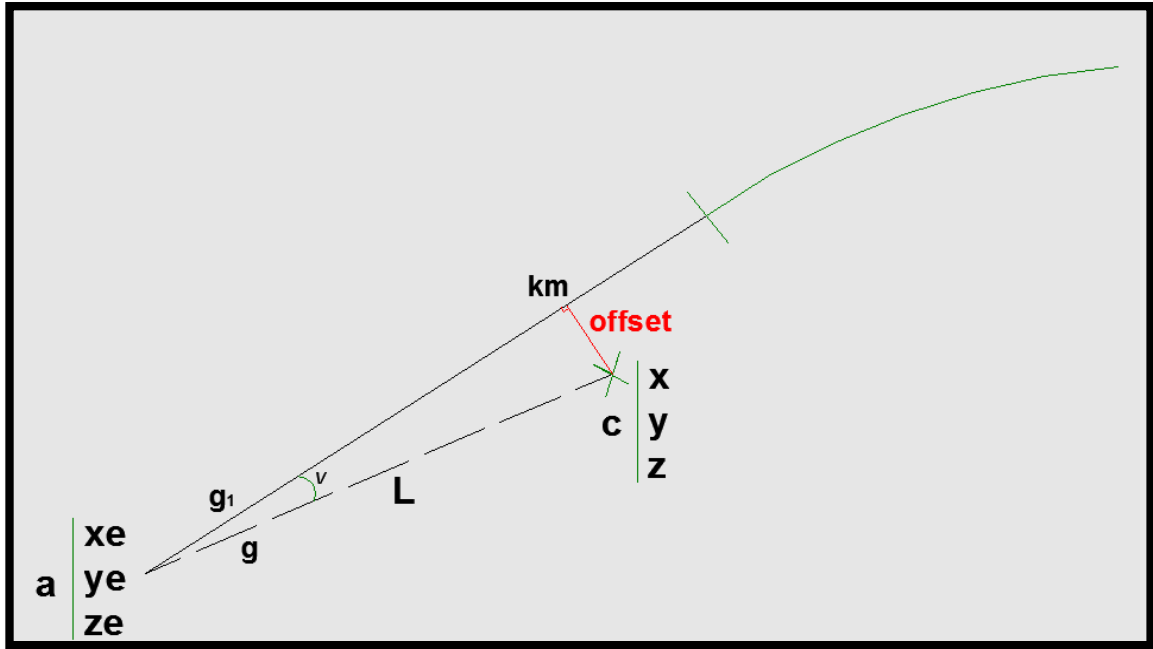
$$km_c = (g - g1) \times \frac{\pi}{180} \times r + km_a \quad (15)$$

2.2.2. Eksene Uzaklık

Karayolu inşaatında istenilen herhangi bir noktanın kilometresini bulduktan sonra o noktanın o kilometrede yol eksenine olan uzaklığı (Şekil 48), aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$L = \sqrt{(x - xe)^2 + (y - ye)^2} \quad (16)$$

$$\text{Offset} = L \times \sin(g_1 - g) \quad (17)$$



Şekil 48. Eksene Uzaklık

2.2.3. Eksen Üzerindeki Yüksekliği

Karayolu projesi uygulama sırasında istenilen her hangi bir noktanın yol eksenine göre kilometrajını bulup daha sonra o noktanın yüksekliğine de ulaşılmaktadır. Bunun için bazı bilgiler proje yapım süresince sabit tutulmaktadır, Bu sebeple bu rakamlar ve bilgiler, Matlab programı yardımıyla excel dosyasına yazılır ve Matlab programıyla okutularak, istenilen her hangi bir noktanın yüksekliğine ulaşılabilir. Yani o noktanın kırmızı

çizgi üzerindeki kotu kaç olması gerekiyorsa bulunur ve projenin son (kontrol anındaki) durumuna göre tamamen incelenebilmektedir.

Karayolu proje yapımında bazı kritik noktaların sayısal değerleri sabit tutulmaktadır. Mesela projenin doğru aliyman kısımları bir eğime sahiptir ve (dv.eğim1) ile gösterilmektedir. Düşey kurp kısımları da iki eğimden oluşturmaktadır ve (dv.eğim1) ve (dv.eğim2) ile gösterilmektedir. Bu bilgileri Matlab programı yardımıyla excel dosyasından Şekil 49'daki gibi okutarak bu rakamlara ulaşılmaktadır. Ayrıca doğru yol olan veya düşey kurp olan kısmın başlangıçta olan yüksekliği de (dv.hh) ile Matlab programında gösterilir ve aynı şekilde Tablo 5'teki gibi, excel dosyasından bulunur.

Tablo 5. Matlab yazılımında eğim ve yükseklik karşılığı

No	Matlab Yazılımı
dv.eğim1	dv.yol (:,3)
dv.eğim2	dv.yol (:,4)
dv.hh	dv.yol (:,5)

	A	B	C	D	E
	n	km	egim1	egim2	hh
1	1	71242.93	-0.7962		998.9
2	2	71262.21	-0.7962	-0.0266	998.75
3	1	71362.21	-0.0266		998.34
4	2	71450	-0.0266	0.395	998.31
5	1	71550	0.395		998.5
6	2	71705.05	0.395	-1.4478	999.11
7	1	72105.05	-1.4478		997
8	2	72169.61	-1.4478	0.3441	996.07
9	1	72319.61	0.3441		995.24
10	2	72478.24	0.3441	1.6038	995.79

Şekil 49. Excel dosyası

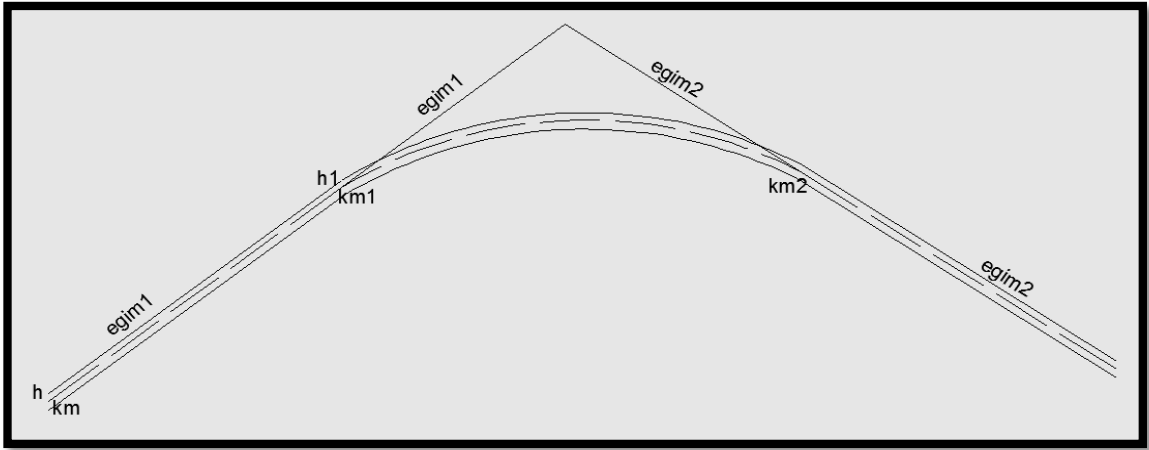
Yukarıda verilen bilgilerle proje uygulamasında araziden istenilen her hangi bir noktanın, kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliğine ulaşılmaktadır. Yükseklik kotu o noktanın doğrudan veya düşey kurp içinde olması ile değişmektedir (Şekil 50).

Eğer doğrudan olan kısımda ise eksen üzerindeki yüksekliği:

$$\text{yükseklik} = km \times \frac{dv.eğim1}{100} + h \quad (18)$$

Eğer düşey kurp olan kısımda ise eksen üzerindeki yüksekliği:

$$\text{yükseklik} = \left(\frac{dv.eğim2 - dv.eğim1}{2(km2 - km1)} \times km1^2 + (dv.eğim1 \times km1) \right) \div 100 + h1 \quad (19)$$



Şekil 50. Doğru ve düşey kurp kısmı

2.2.4. Yükseklik

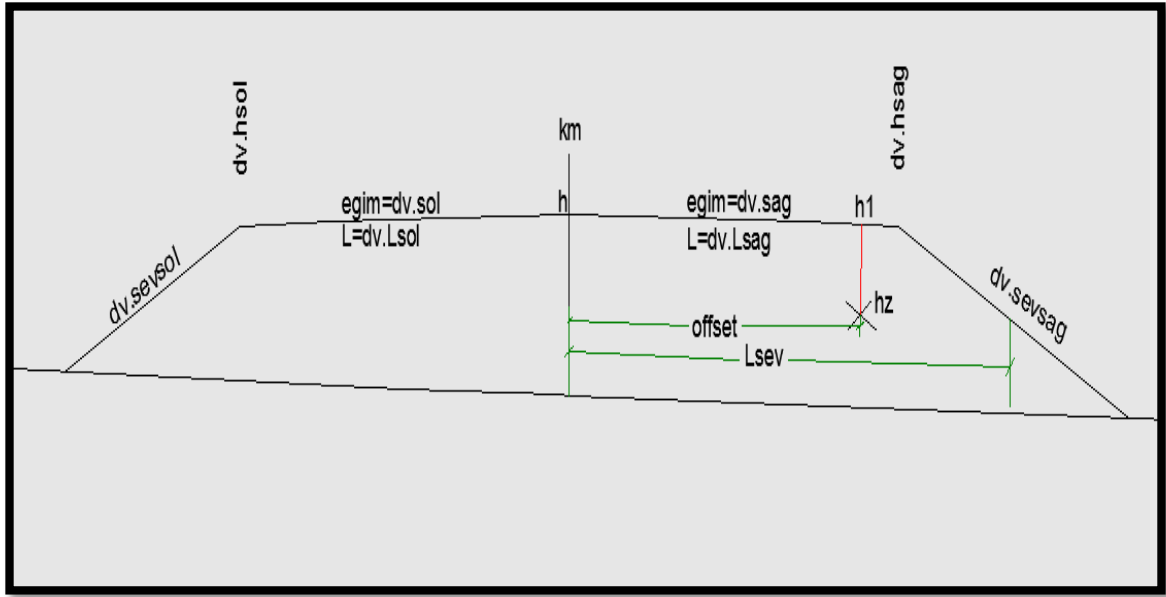
Formül 18 ve 19'da hesaplanan yükseklik aslında proje üzerindeki herhangi bir noktanın eksen üzerine denk gelen kilometrajının yüksekliğidir. Çünkü herhangi bir noktanın kendi yüksekliğini kırmızı çizgi üzerinde bulmamız için o kilometrajın eksen üzerindeki yüksekliğini (dv.ax) bulduktan sonra yolun sağ tarafındaki eğim (dv.sağ) ve sol tarafındaki eğim (dv.sol) ve yolun sağ tarafının uzunluğu (dv.lsağ) ve sol tarafının uzunluğu (dv.lsol) ve ayrıca yolun sağ tarafındaki uzunluğun bitiş noktasındaki yükseklik (dv.hsağ) ve sol tarafındaki uzunluğun yüksekliği (dv.hsol) ve yolun sağ tarafındaki şev oranı (dv.şevsağ) ve yolun sol tarafındaki şev oranı (dv.şevsol) ile aşağıdaki matlab programı (Tablo 6) yazılımı yardımıyla excel dosyasından (Şekil 51) okutarak her hangi bir noktanın eksenden uzaklığına göre kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliği hesaplanmaktadır. Sonuç olarak Şekil 52'de gösterilmekte olan tüm detaylara kolaylıkla ulaşılmaktadır.

Tablo 6. Matlab yazılımındaki şev ve enkesit yükseklik ve eğimin yazılım kodlaması

No	Matlab Yazılımı Kodlaması
dv.ax	dv.yoll(:,3)
dv.sol	dv.yoll(:,4)
dv.sağ	dv.yoll(:,5)
dv.hsol	dv.yoll(:,6)
dv.hsağ	dv.yoll(:,7)
dv.lsol	dv.yoll(:,8)
dv.lsağ	dv.yoll(:,9)
dv.şevsol	dv.yoll(:,10)
dv.şevsağ	dv.yoll(:,11)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	nn	kmm	ax	sol	sag	hsol	hsag	lsol	lsag	sevsol	sevsag
2	1	71242.93	998.90	0.02	-0.02	999.00	998.78	4.85	6.15	3	3
3	2	71260.00	998.77	0.02	-0.02	998.87	998.65	4.85	6.15	3	3
4	3	71280.00	998.62	0.02	-0.02	998.72	998.50	4.85	6.15	3	3
5	4	71300.00	998.50	0.02	-0.02	998.60	998.38	4.85	6.15	3	3
6	5	71320.00	998.42	0.02	-0.02	998.52	998.30	4.85	6.15	3	3
7	6	71340.00	998.36	0.02	-0.02	998.46	998.24	4.85	6.15	3	3
8	7	71360.00	998.34	0.02	-0.02	998.44	998.22	4.85	6.15	3	3
9	8	71380.00	998.33	0.02	-0.02	998.43	998.21	4.85	6.15	3	3
10	9	71390.00	998.33	0.02	-0.02	998.43	998.21	4.85	6.15	3	3
11	10	71400.00	998.33	0.02	-0.02	998.43	998.21	4.85	6.15	3	3
12	11	71420.00	998.32	0.02	-0.02	998.42	998.20	4.85	6.15	3	3
13	12	71440.00	998.32	0.02	-0.02	998.42	998.20	4.85	6.15	3	3
14	13	71460.00	998.31	0.02	-0.02	998.41	998.19	4.85	6.15	3	3
15	14	71480.00	998.32	0.02	-0.02	998.42	998.20	4.85	6.15	3	3
16	15	71500.00	998.35	0.02	-0.02	998.45	998.23	4.85	6.15	3	3
17	16	71520.00	998.40	0.02	-0.02	998.50	998.28	4.85	6.15	3	3
18	17	71529.00	998.42	0.02	-0.02	998.52	998.30	4.85	6.15	3	3

Şekil 51. Şev ve eksene uzaklığı



Şekil 52. Eksen üzerindeki yükseklik

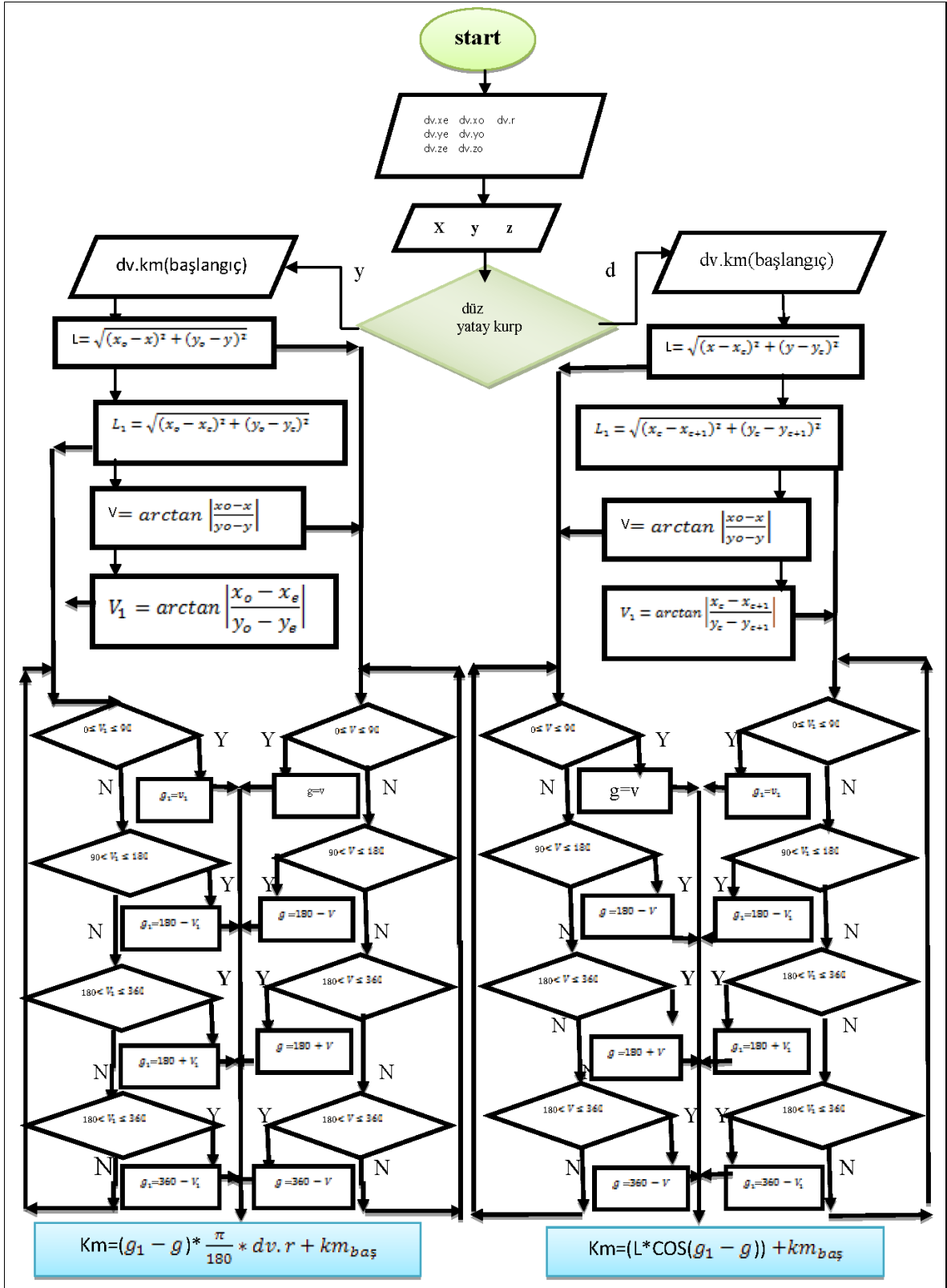
$$dv.hsag = (dv.Lsag \times dv.sag) + h \quad (20)$$

$$h1 = (offset \times dv.sag) + h \quad (21)$$

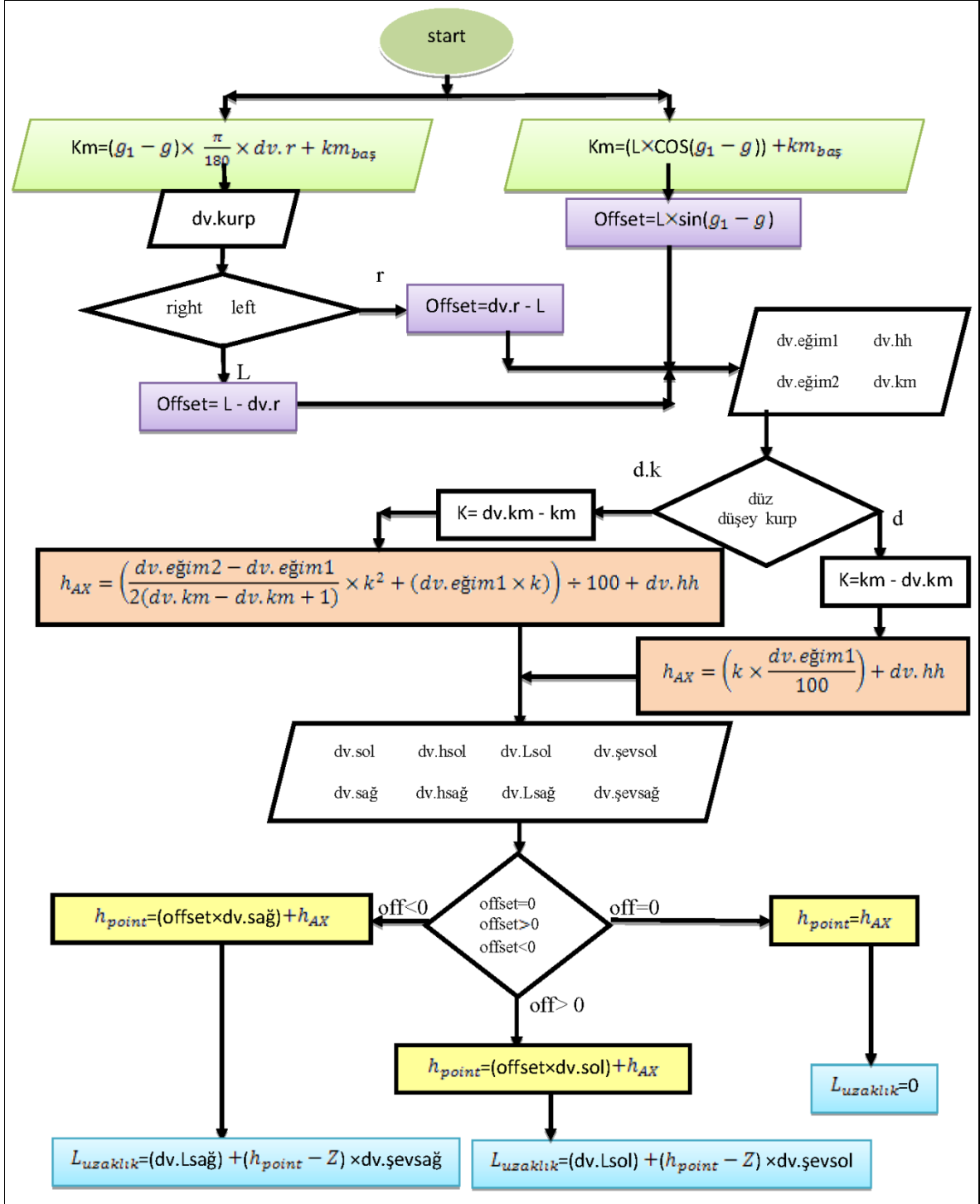
$$Lsev = dv.Lsag + (h1 - hz) \times dv.sevsag \quad (22)$$

2.3. Akış Şeması

Çalışma kapsamında tarafımızdan hazırlanan Arayüz Yazılımı (Karayolu Tam Denetim (KTD) Programı) ile uygulama denetimi istenilen noktaların kontrolüne ilişkin verdiği sonuçlar çok çok tatmin edici düzeyde bulunmuştur. Yazılan Arayüz Programına (KTD) ilişkin Akış Şeması aşağıdaki gibidir. Bu çalışma kapsamında yazılan Matlab tabanlı arayüz yazılımına esas teşkil eden akış şeması Şekil 53 ve 54'te verilmiştir. Bunun iki ayrı şekilde verilmesinin sebebi şudur; Şekil 53'te kilometraj bulunur. Şekil 54'te ise devam edilerek eksene olan uzaklıklar bulunur. Yani istenilen aşamada kontrol yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Ayrıca kağıt küçüklüğü nedeniyle iyi bir şekilde tüm detayların görülebilmesi için ek olarak tezin sonunda A3 boyutunda verilmiştir.



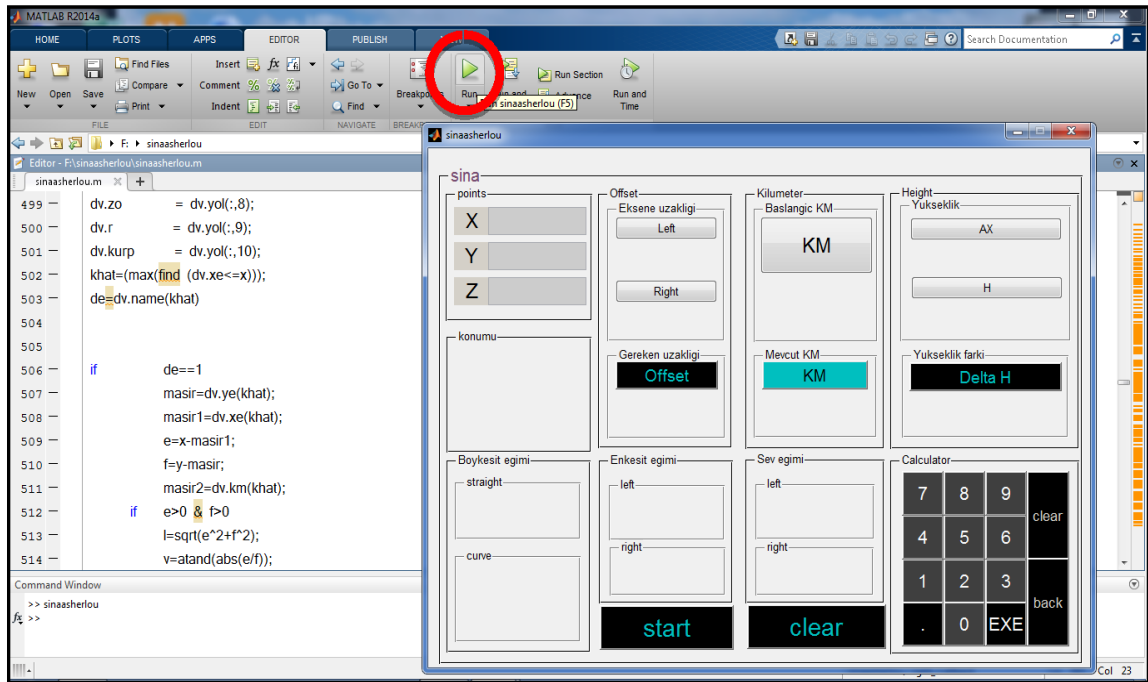
Şekil 53. Matlab tabanlı arayüz yazılımına (KTD) esas teşkil eden akış şeması



Şekil 54. Matlab tabanlı arayüz yazılımına (KTD) esas teşkil eden akış şeması

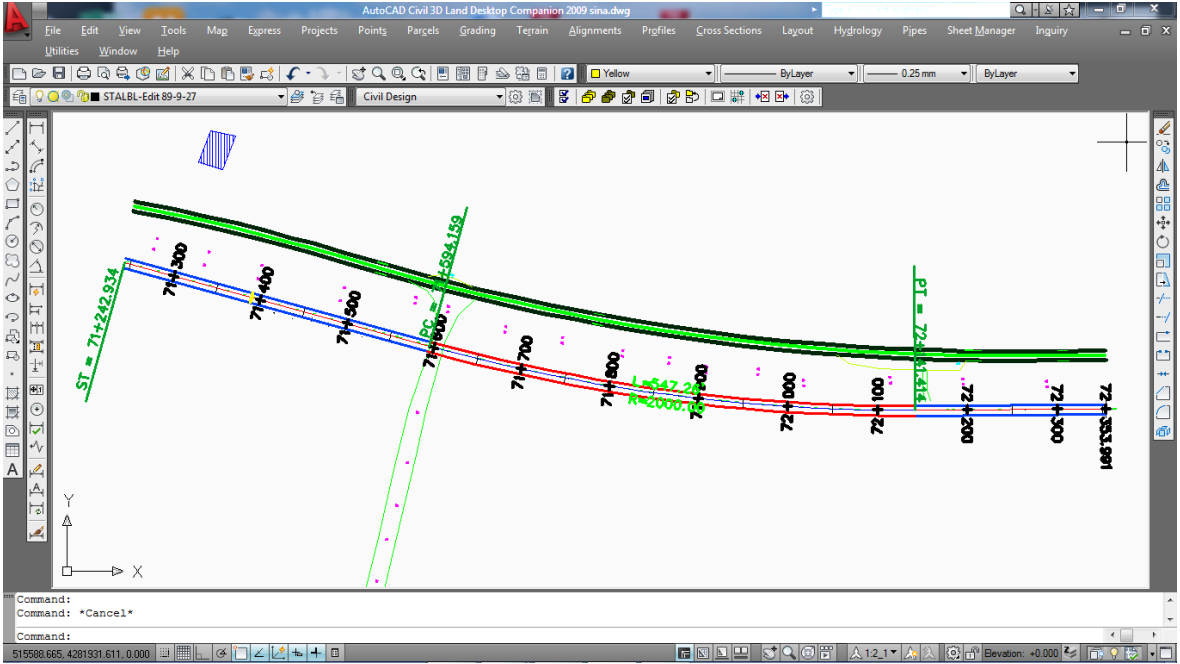
3. BULGULAR VE İRDELEME

Bir karayolu projesinin uygulamasında gereken her bir noktanın koordinatı ve kotu total station cihazıyla okunarak enkesitler ve boykesitlerin üzerinde olan kotlarla karşılaştırılarak denetim yapıldığı daha önce belirtilmişti. Başka bir ifadeyle arazinin mevcut yükseklikleri, yolun kırmızı çizgi üzerindeki kotlarla karşılaştırılarak yarma ve ya dolgu işlerini her toprak işi uygulamasından sonra kontrol ederek en az hatayla yol projesi uygulanmaktadır. Genel olarak bir karayolu projesinde sadece eksen üzerindeki belirlenen kilometrajlardaki koordinatları uygulama için projeyi yapan firmaya teslim edilmektedir. Böylece rasgele bir noktanın doğru yapıp yapılmadığı birçok matematik ve ölçme formülleriyle kontrol edilebilmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışması kapsamında Matlab tabanlı yazılım programı yardımıyla tasarlanmış olan arayüz programı tüm bu matematiksel formülleri çok çabuk hesaplayarak aynı anda istenilen noktanın kilometresini de bulabilmektedir. Böylece, o noktanın tüm bilgilerine bu program sayesinde çok rahatça ulaşılmaktadır. Öncelikle Şekil 55’de görüldüğü gibi Matlab programından başlat tuşuna basarak tasarlanmış arayüz çalıştırılmaktadır.

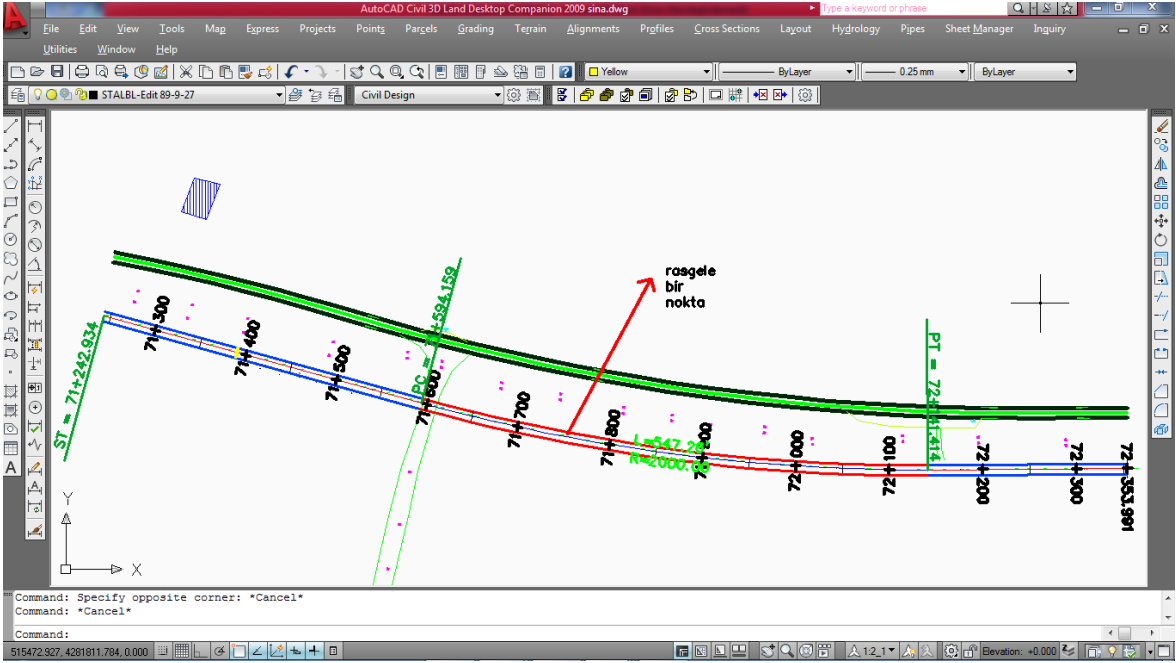


Şekil 55. Matlab programı başlat tuşu

İlk önce araziden total station cihazıyla okuduğumuz herhangi bir noktanın koordinatını Şekil 56'da görüldüğü gibi hesap makinesi yardımıyla gereken yere girerek işlem başlatılmaktadır. Bu tez kapsamında örnek olarak alınan bir karayolu projesinin üzerinde yaptığımız bu arayüz programını çalıştırarak elde edilen tüm detaylar adım adım aşağıda açıklanmaktadır. Örnek olarak dikkate alınan bu karayolu projesi İran'da birinci sınıf karayoluna ilişkin uygulanmış projenin yaklaşık 1.5 kilometresinden ibarettir. Yani 71+242.93 ile 72+353.99 olan kilometrelerin arasında örnek uygulanan denetimi yapılmış bir çalışmadır (Şekil 56.). Ayrıca, bu kilometrelerin arasında bir yatay kurp iki doğru parçasının arasından geçip ve yaklaşık 4 adet düşey kurp bu kilometreler arasında yer almaktadır. Bu kilometreler arasında olan, araziden alınmış bir rasgele noktanın (Şekil 57.) koordinatlarını aşağı sağ köşede olan hesap makinası yardımıyla arayüz programında belirlenmiş olan (X,Y,Z) olarak adlandırılmış kısma yazılmaktadır.



Şekil 56. Örnek bir yol projesi AutoCAD Civil 3D ortamında



Şekil 57. Rasgele bir nokta

Tablo 7. Hesap makinası için gereken koordinatlar

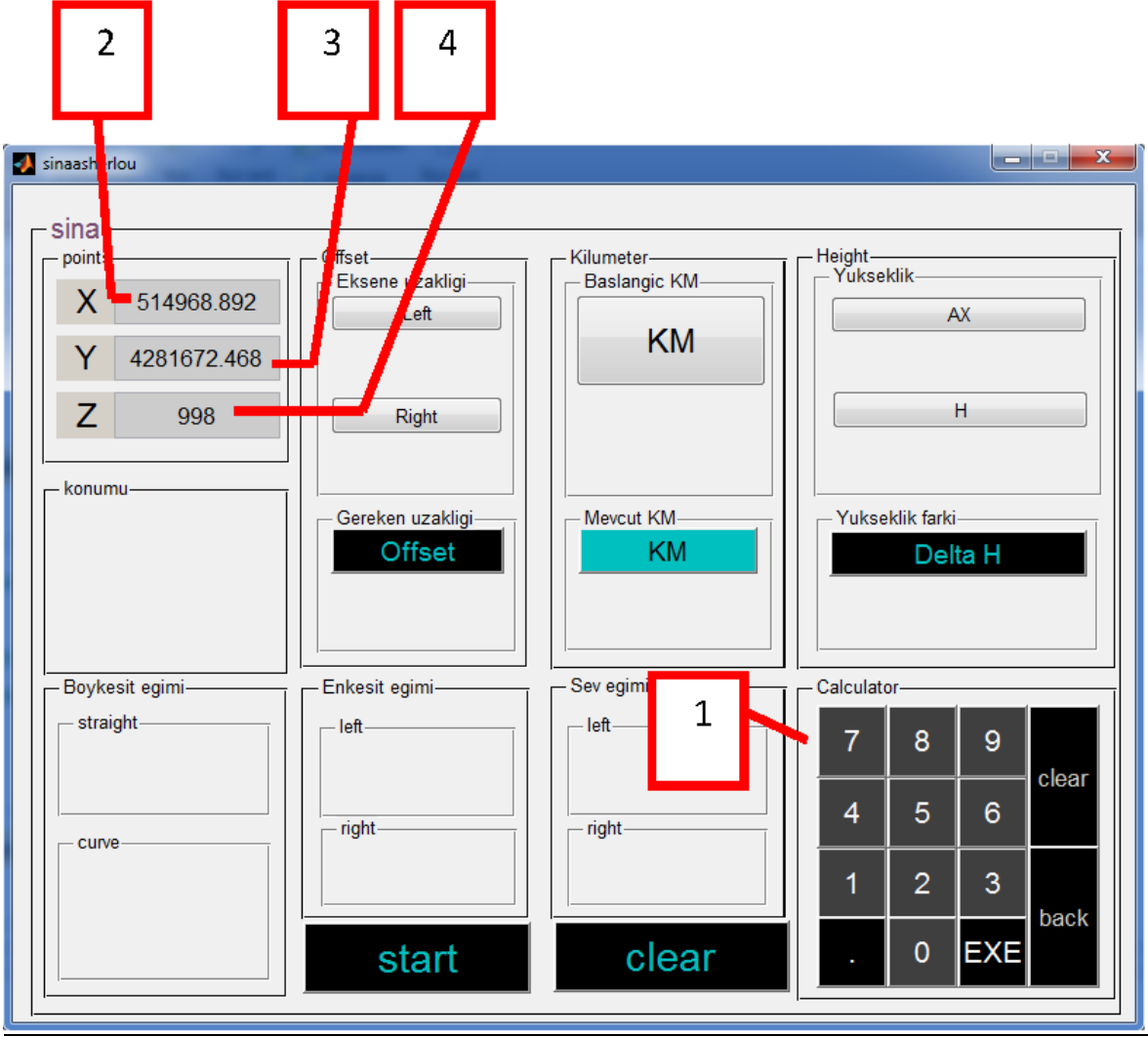
No	TANIM
1	Hesap makinası
2	Koordinat sistemine göre x yönü
3	Koordinat sistemine göre y yönü
4	Koordinat sistemine göre z yönü

Rasgele okuduğumuz bir noktanın koordinatları hesap makinası yardımıyla Şekil 58'de gereken yere yazılmaktadır. Bu noktanın koordinatları aşağıda gösterilmektedir.

$$X = 514968,892$$

$$Y = 4281672,468$$

$$Z = 998,000$$



Şekil 58. Koordinatların yazılacağı yer

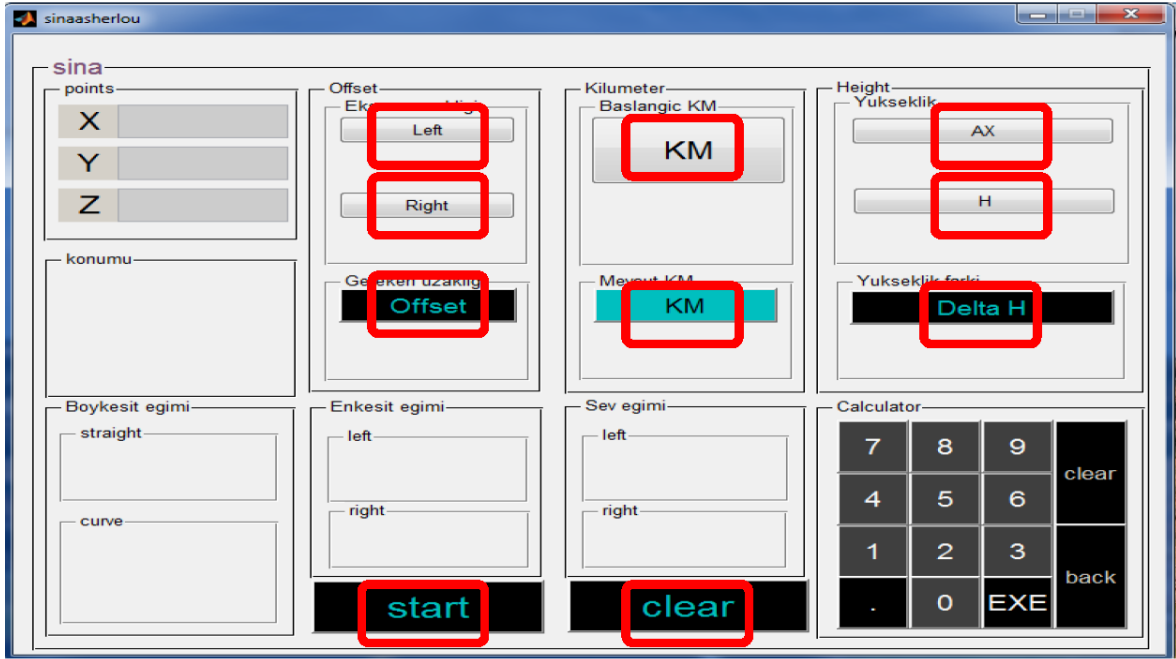
Rasgele bir noktanın koordinatını gereken yere girdikten sonra Şekil 59'da gösterilmekte olan tuşlara basılarak o noktanın tüm detayları bu arayüz yardımıyla görülmektedir. Bu tuşların ne anlama geldikleri Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Basılan tuşların tanımı

Tuşun İsmi	Tanım
Left	Eksene olan uzaklığı sol tarafta
Right	Eksene olan uzaklığı sağ tarafta
Ax	Eksen üzerindeki yüksekliği
H	Mevcut noktanın yüksekliği
B.KM	Mevcut noktanın bulunduğu yere göre başlangıçtaki kilometresi
M.KM	Mevcut noktanın kilometresi

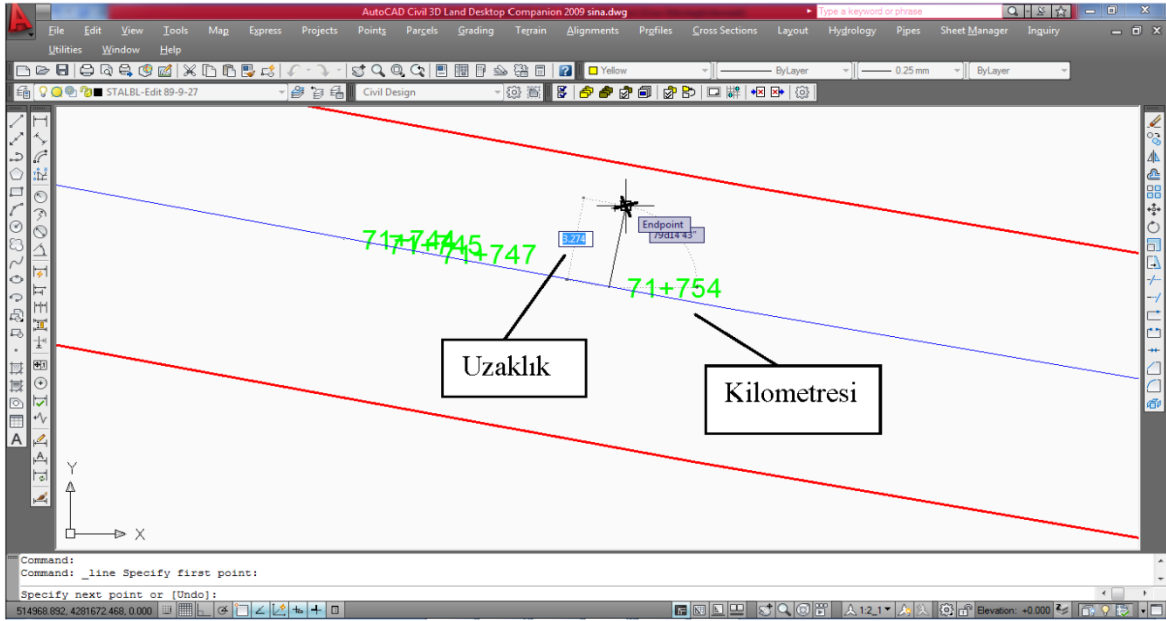
Tablo 8'in devamı

Offset	Eksene göre gereken uzaklığı
DeltaH	Mevcut yüksekliğin ulaşacağımız yüksekliğe göre farkı
Start	Boykesit ve enkesit ve şev eğimlerini gösteren tuş
Clear	Detayları silen tuş

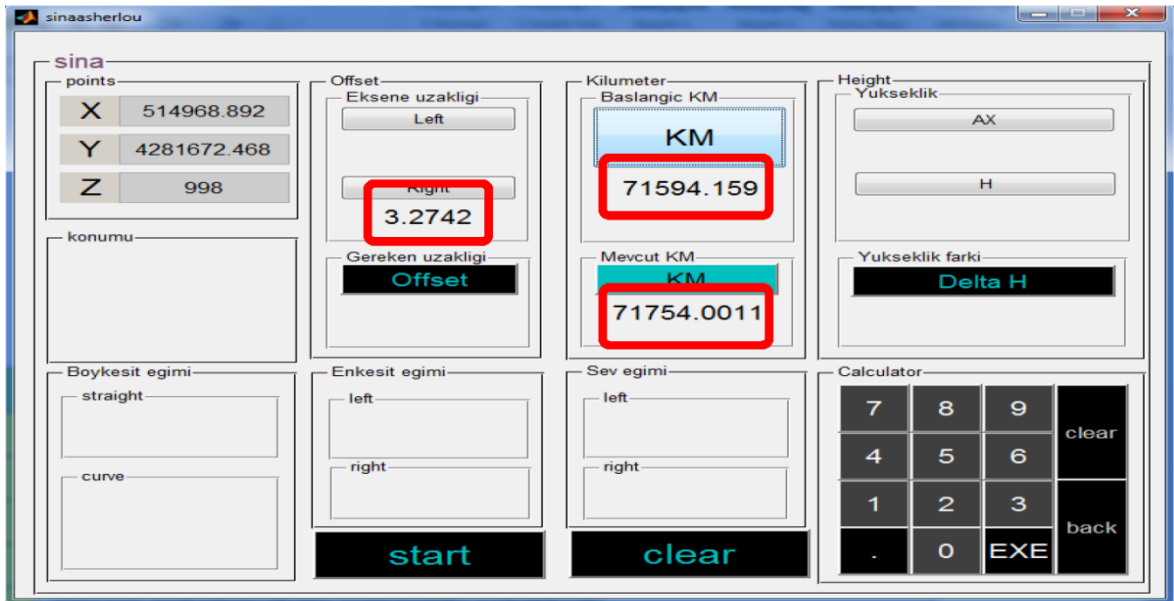


Şekil 59. Basılabilecek tuşların yerleri

İlk önce left ve right denilen tuşlara basarak noktanın arazide yol ekseninin sağ veya sol kenarında olduğunu öğrenmekle birlikte o noktanın yol eksenine olan uzaklığı da görülmektedir. Daha sonra mevcut KM denilen tuşa basarak o noktanın yol eksenine dik olduğu noktadaki kilometresi görülmektedir. Ayrıca başlangıç KM denilen tuşa basarak o noktanın doğru veya yatay kurp üzerindeki başlangıç kilometrajı görülmektedir. Şekil 60'ta bu sonuçları AutoCAD Civil3D ortamında görüp ve matlab arayüzünden Şekil 61'de bulunan sonuçlarla karşılaştırarak elde edilen sonuçların optimum bir hatayla bulunduğu görülmektedir.



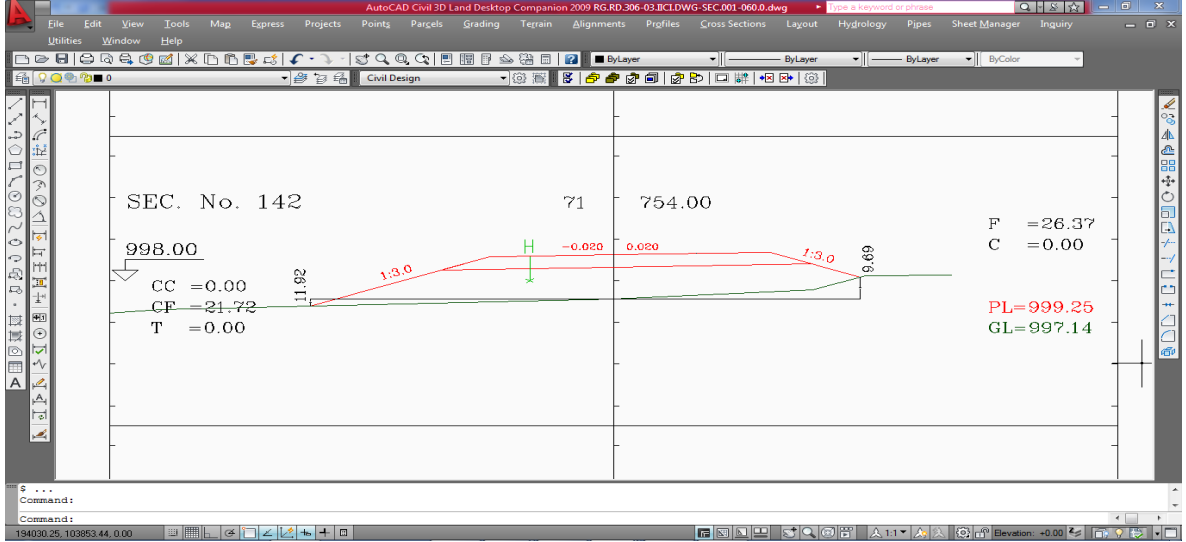
Şekil 60. AutoCAD Civil 3D programında Noktanın eksene uzaklığı ve kilometresi



Şekil 61. Noktanın eksene uzaklığı ve kilometresi Matlab arayüzünde görünümü

Belirlenen noktanın yol eksenine uzaklığı ve kilometresini bulduktan sonra o kilometrenin yol eksenindeki yüksekliği, AX denilen tuşa basılarak hesaplanmaktadır. Ayrıca o noktanın yol eksenine uzaklığı ve enkesit ve boykesit eğimlerine rağmen kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliğinin hesaplanması için sadece H denilen tuşa basılması yeterli olmaktadır. Böylece çok rahat projenin kontrol anındaki

durumunu proje bittiğindeki yüksekliğe göre karşılaştırılıp ve ne kadar proje bitişine yakın olduğunu her zaman anında öğrenilmektedir. Bu hesaplamaların doğru olduğunu öğrenmek için o noktanın denk geldiği kilometrenin enkesitini AutoCAD Civil 3D'de çizerek (Şekil 62) ve matlab arayüzünden bulunan sonuçlarla karşılaştırma yapılarak yolun kontrolündeki durumu Şekil 63'te verilmektedir.



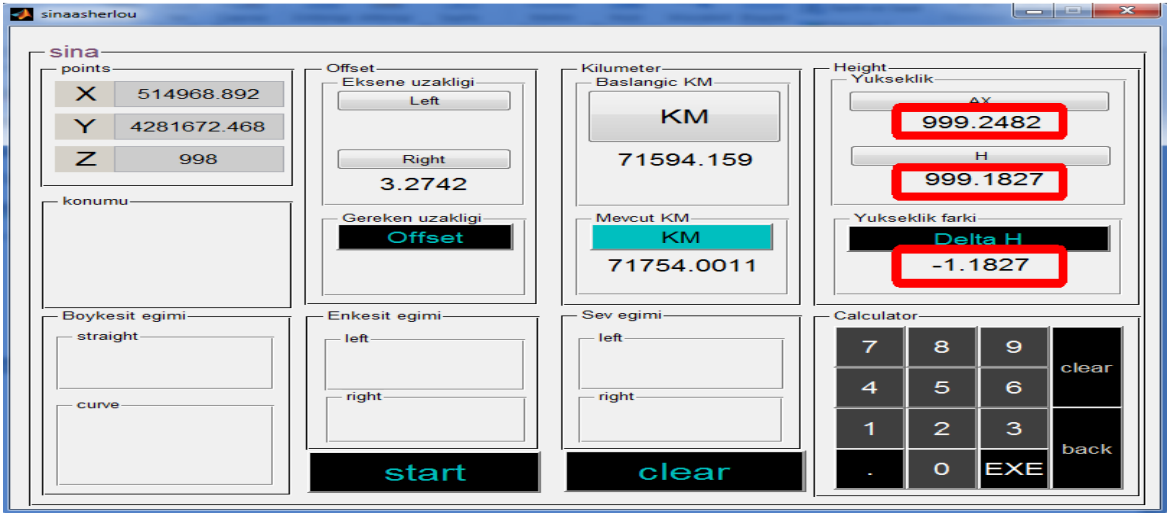
Şekil 62. AutoCAD Civil 3D'de kırmızı çizgiye göre noktanın yüksekliği

Rasgele seçilen noktanın yol eksenine olan uzaklığı 3.274 metredir bu nokta yolun sağ tarafında olduğuna göre eğimin -0.020 olduğu enkesit üzerinden görülmektedir. Böylece bu kilometrede yolun, kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliği 999.25 olmaktadır. Bu yüksekliği Matlab arayüzünde nasıl hesapladığımız Şekil 63'te görülmektedir. Dolayısıyla aşağıdaki matematik hesaplamada görüldüğü gibi matlab arayüz programı da aynı rakamı hesaplamaktadır. Şekil 63'te bu arayüz görülmektedir.

$$H = (3.274 \times (-0.02)) + AX$$

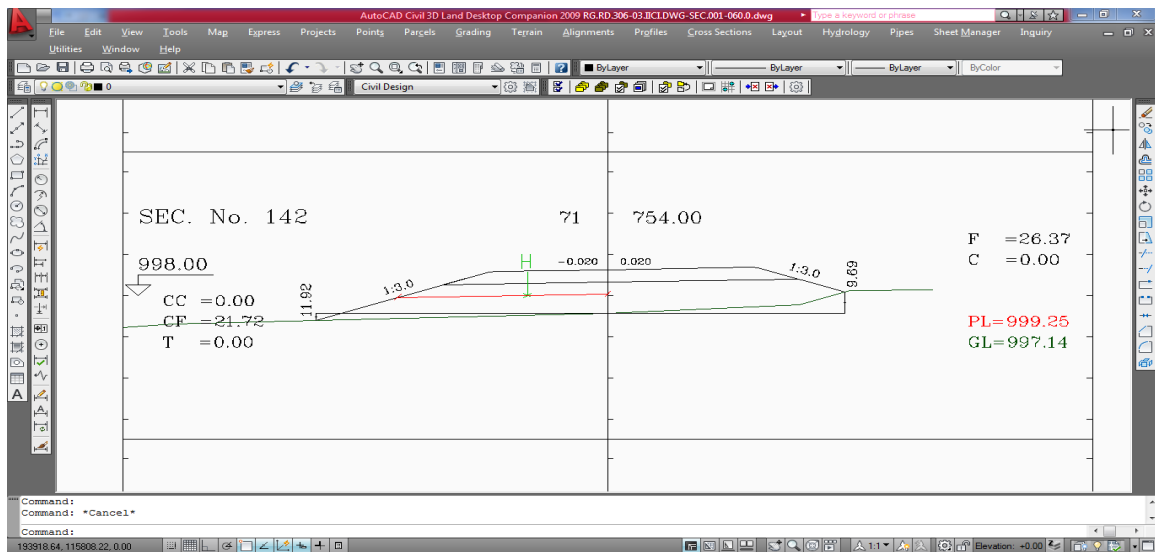
$$H = (-0.06548) + 999.2482 = 999.1827$$

$$\text{Delta H} = 998 - 999.1827 = -1.1827$$

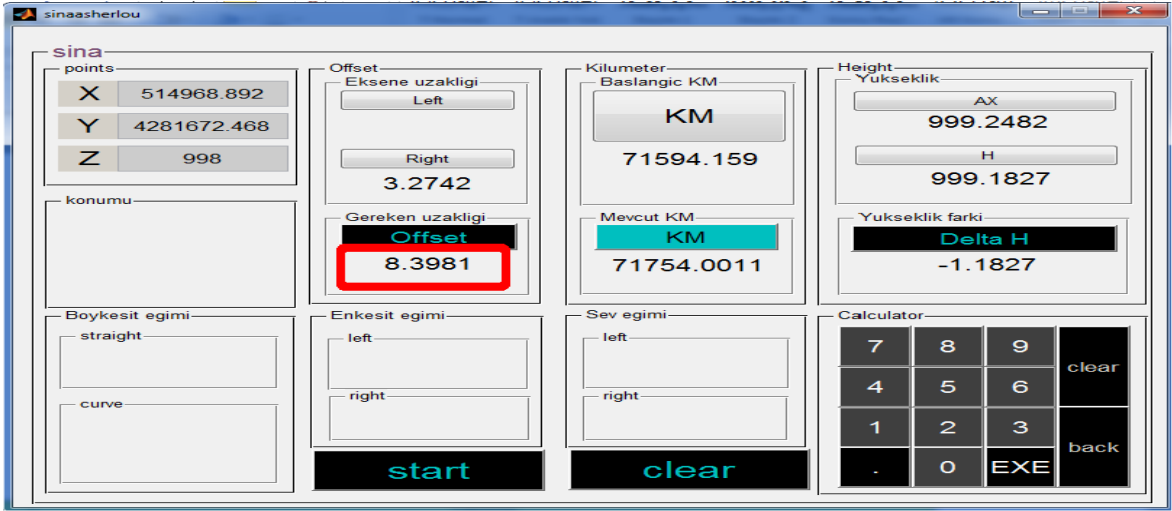


Şekil 63. Matlab arayüzünde yükseklik hesaplaması

Bulunan noktanın yüksekliğini aynı noktanın kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliğiyle karşılaştırdıktan sonra bu iki yükseklik arasındaki fark eğer artı olursa yani projenin kontrol anındaki durumu yarmadır, eğer eksi olursa yani eksi olan miktarca dolgu yapılması gerekmektedir. Eğer yükseklik farkı eksi ise yani yol yüzeyinin eksene uzaklığı ve şeve denk gelen noktası, şevin eğimine göre daha uzun olması gerekmektedir. AutoCAD Civil 3D programı yardımıyla Şekil 64'te gösterilmekte olan bu uzaklığı matlab arayüz yardımıyla Şekil 65'te Offset tuşuna basarak anında görebilmek mümkün olmaktadır.

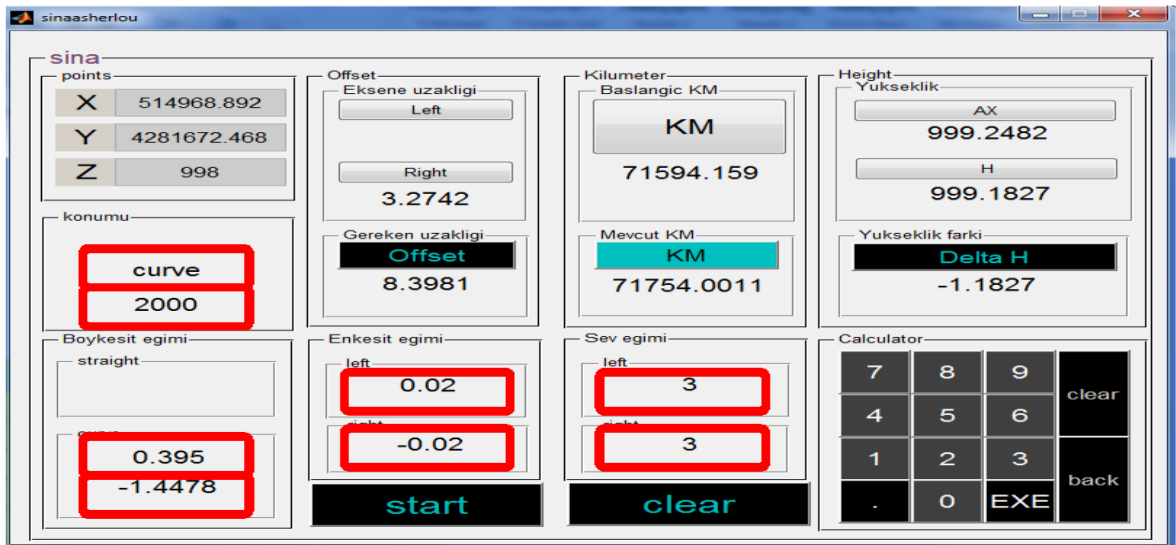


Şekil 64. Noktanın yüksekliğine göre yol eksenine uzaklığı



Şekil 65. Matlab arayüz yardımıyla noktanın yol eksenine gereken uzaklığı

Rasgele okunan noktanın bazı genel bilgilerine ulaşılması için Matlab programıyla oluşturduğumuz arayüzde, START tuşuna basarak o noktanın bazı detaylarına ulaşılmaktadır. Örneğin; noktanın plan üzerindeki konumu yani doğrudan veya yatay kurp üzerinde olduğu, ve eğer yatay kurp üzerinde ise yarıçap uzunluğu, o noktanın enkesit üzerindeki sağa veya sola doğru eğimi ve yolun sağ veya sol kenarlarındaki şev eğimi görülebilmektedir. Ardından boykesit üzerindeki konumunu, eğimleriyle beraber görülmektedir. Şekil 66'da Start tuşuna basıldıktan sonra ekrana yansıyan tüm bu detaylar görülmektedir.



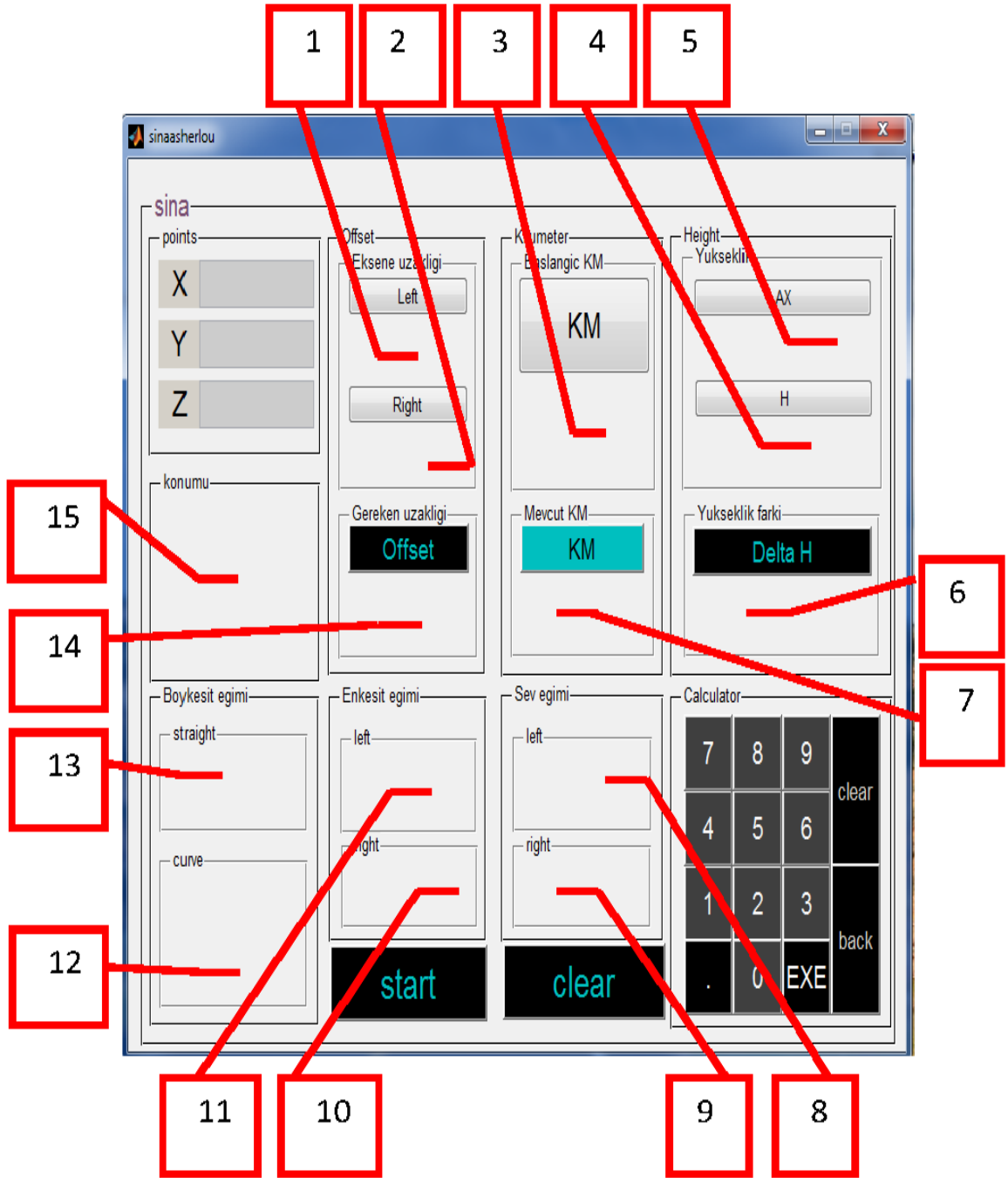
Şekil 66. Noktanın konumu ve eğimleri

Son olarak bu arayüz üzerindeki CLEAR tuşu, diğer denetim noktalarının koordinatlarını kontrol yapmak amacıyla, tüm ekranların silinmesi özelliğine sahiptir.

Sonuç olarak bu arayüz programı elinde olan bir kişi sadece rasgele bir noktanın koordinatlarını gereken boşluklara girerek tablo 9’da yazılan tüm detayları yalnızca Şekil 67’de gösterilen tuşlara tek tek basarak elde edebilmektedir.

Tablo 9. Sonuç olarak elde edilen tüm detaylar

No	Tanım
1	Eksenin solundaki mevcut uzaklığı
2	Eksenin sağındaki mevcut uzaklığı
3	Mevcut noktanın bulunduğu yere göre başlangıçtaki kilometresi
4	Mevcut noktanın yüksekliği
5	Mevcut noktanın eksen üzerindeki yüksekliği
6	Mevcut yükseklikle ulaşacağımız yükseklik farkı
7	Mevcut noktanın proje üzerindeki kilometresi
8	Sol taraftaki şev eğimi
9	Sağ taraftaki şev eğimi
10	Enkesitin sağ tarafındaki eğim
11	Enkesitin sol tarafındaki eğim
12	Düşey kurbun Boykesit üzerindeki aşağı ve yukarıya olan eğimi
13	Boykesit üzerindeki düz kısmın eğimi
14	Mevcut noktanın eksene göre gereken uzaklığı
15	Mevcut noktanın düz yol veya yatay kurb da olduğunu göstermektedir



Şekil 67. Ulaşacağımız tüm sonuçlar

4. SONUÇLAR

Son yıllarda dünya çapında büyük bir problem haline gelen şehirler ve ülkeler arasında karayolu ulaşım standartları en üst seviyede uygulanmakta, yollar daha konforlu inşa edilmekte, daha hızlı ve kolay denetimle projelerin en uygun şekilde inşa edilmesi noktasında daha az malzemeyle daha ekonomik olması hedeflenmektedir. Bu bağlamda; bir karayolu inşaatı sırasında, hızlı, etkin ve kolay bir kontrol ve denetim yönteminin ortaya konulması amacıyla girilen bu çalışmada; Matlab tabanlı bir arayüz (Karayolu Tam Denetim: KTD) programı yazılmıştır ve AutoCAD Civil 3D programına aktarılan örnek bir proje esas alınarak hazırlanan KTD için uygulama yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Proje üzerindeki herhangi bir nokta da bir işlem yapılabilmesi için her şeyden önce o noktanın proje üzerindeki kilometrajı sadece bu arayüz sayesinde bir tuşa basarak elde edilmektedir. Gözönüne alınan noktanın kilometrajı, bulgular bölümünde açıklandığı gibi 1 milimetre hatayla hesaplanabilmektedir.
2. Kilometrajı bulunan noktanın yol eksenine olan uzaklığı (1 desimetre hatayla) elde edilmektedir. Ayrıca, o noktanın yol eksenine göre sağ veya sol kenarlarında olduğu bu arayüz ekranında görüntülenmektedir.
3. Noktanın yol eksenine olan uzaklığı bulduktan sonra noktanın bulunduğu enkesite göre yolun sağ veya sol kenarındaki eğimlerin ne kadar olduğu hiç hata olmadan elde edilmektedir.
4. Noktanın enkesit üzerindeki şev eğiminin ne kadar olması gerektiği, tasarlanmış arayüz ekranında görülmektedir.
5. Yol yüzeyinin sağ ve sol kenarlarının enine eğimlerinin ve şevlerindeki olan eğimlerin ne kadar olduğunu bulduktan sonra, total station cihazı ile okunan yükseklik kotunun, o noktanın proje sonunda ulaştığı yüksekliği yani kırmızı çizgi üzerindeki yüksekliği (1 desimetre hata ile) bu arayüz programında sadece bir tuşa basarak anında hesaplatılmaktadır.
6. Yükseklik bulduktan sonra çok kolay bir şekilde, dikkate alınan noktanın yarma veya dolguda olduğuna karar verilmektedir. Dolayısıyla eğer yükseklik farkı artı yazılıyorsa yarma, eksi yazılıyorsa dolgu olduğunu göstermektedir.

7. Total station cihazı ile okunan noktanın mevcut yükseklik kotu, proje sonundaki kırmızı çizgi üzerindeki yükseklik ile karşılaştırılır; şev eğimlerine göre noktanın yol ekseninden şeve kadar kaç santimetre uzaklıkta olması gerekmekte ise yapılan arayüz programının ekranında görülmektedir.

Genel olarak bir karayolu tasarımın da sınırlı sayıda enkesit alınır. Dolayısıyla uygulama aşamasında projenin her noktasına hakim olamayan uygulamacılar, bu arayüzü kullanarak projenin her bir milimetresine ayrı ayrı bir enkesit çizerek o enkesitin sayısal verilerini bu arayüz ekranında görüp, yol projesinin her noktasında kullanma imkanına sahip olduğundan daha fazla denetim ve kontrol yaparak yarma ve dolgu bakımından çok daha ekonomik bir proje yapabilme fırsat ve imkanına sahip olacaktırlar. Ayrıca projenin kaplama yapımı sırasında asfalt miktarında tasarruf elde edilebilecektir. Böylece yol yüzeyinin düzgünlüğü daha sağlam yapılabilecektir. Bir karayolu tasarım projesi ne kadar önemli ise aynı projenin en az hata ile uygulanması da en az o kadar önemlidir. Dolayısıyla karayolu uygulamacıları ve denetimcileri bu arayüzü kullanarak anında sonuca ulaşarak hem zaman açısından ve hem de maliyet bakımından projenin en verimli ve en ekonomik olarak uygulanmasına katkı sağlayabileceklerdir.

Bu çalışma devam ettirilerek; tasarlanan arayüz bir tablete yüklenerek ve total station cihazlarına kablosuz bağlantı kurularak anında istenen sonuçlara ulaşılabilmesi sağlanabilir.

Bu çalışma, hazırlanmış olan Matlab tabanlı arayüz yazılımı (KTD) sayesinde karayolu projelerinde hızlı, etkin ve kolay bir denetim imkanı sunmakla birlikte, literatürde bulunan önemli bir boşluğu doldurulacak ve karayolu ilgili özellikle yapım ve denetiminden sorumlu kurum ve firmalar için çok önemli fayda ve kolaylık sağlayacaktır.

Tasarlanan arayüzün bağımsız olarak çalışabilen bir programa dönüştürülmesi yönündeki bazı çalışmalar yapılmış ve EXE denilen dosyası hazırlanmıştır. Ancak, bazı tuşların doğru çalışmamasından dolayı bulgularda anlatılmamaktadır böylece bu dönüşüm yönündeki çalışmalar faydalı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Umar, F. ve Yayla, N., Yol İnşaatı, 2. Baskı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992.
2. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, Ankara, 1995.
3. Süttaş, İ. ve Güven, Ö., Karayolu İnşaatında Uygulama ve Projelendirme, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1986.
4. Yayla, N., Karayolu Mühendisliği, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2008.
5. Ger, M., Sungur, İ. ve Çakıroğlu, F.L., İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Uygulamaları, KTÜ. Müh-Mim Fak. Ders Notları No:27, Trabzon, 1992.
6. Özkan, E., Optimization of Highway Vertical Alignment by Direct Search Technique, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
7. Eungcheol, K., Manoj K.J. ve Bongsoo, S., Improving the Computational Efficiency of Highway Alignment Optimization Models Through a Stepwise Genetic Algorithms Approach, Transportation Research, 39 (2005) 339–360.
8. Chew, E.P., Goh, C.J. ve Fwa, T.F., Simultaneous Optimization of Horizontal and Vertical Alignments for Highways, Transportation Research, 23,5 (1989) 315–329.
9. Eungcheol, K., Manoj, K.J. ve Bongsoo, S., A Stepwise Highway Alignment Optimization Using Genetic Algorithms, Transportation Research Board, 03 (2002) 4158.
10. Eungcheol, K., Manoj, K.J. ve Bongsoo, S., Improving the Computational Efficiency of Highway Alignment Optimization Models Through A Stepwise Genetic Algorithms Approach, Transportation Research, 39 (2005) 339-360.
11. Eungcheol, K. ve Manoj, K.J., Highway Alignment Optimization Incorporating Bridges and Tunnels, Journal Of Transportation Engineering, (2007) 71-81.
12. Manoj, K.J. ve Paul, S., A Highway Alignment Optimization Model Using Geographic Information Systems, Transportation Research, 38 (2004) 455-481.
13. Easa, S.M., Selection of Roadway Grades That Minimize Earthwork Cost Using Linear Programming, Transportation Research, 22,2 (1988) 121–136.

14. Goh, C.J., Chew, E.P. ve Fwa, T.F., Discrete and Continuous Model for Computation of Optimal Vertical Highway Alignment, Transportation Research, 22,9 (1988) 399–409.
15. Ahmad A.M., Linear Programming Model for Finding Optimal Roadway Grades That Minimize Earthwork Cost, European Journal of Operational Research, 93 (1996) 148-154.
16. Fwa, T.F., Chan, W.T. ve Sim, Y.P., Optimal Vertical Alignment Analysis for Highway Desig, Journal Of Transportation Engineering, (2002) 395-402.
17. Goktepe, A.B., Lav, A.H. ve Altun, S., Dynamic Optimization Algorithm for Vertical Alignment of Highways Mathematical and Computational Applications, (2005) 341-350.
18. Goktepe, A.B., ve Lav, A.H., Method for Balancing Cut-Fill and Minimizing the Amount of Earthwork in the Geometric Design of Highways, Journal of Transportation Engineering, (2003) 564-571.
19. Goktepe, A.B., ve Lav, A.H., Method for Optimizing Earthwork Considering Soil Properties in the Geometric Design of Highways, Journal of Surveying Engineering, (2004) 183-190.
20. Goktepe, A.B., Lav, A.H. ve Altun, S., Dynamic Optimization Algorithm For Vertical Alignment Of Highway Mathematical and Computational Applications, 10,3 (2005) 342-360.
21. Goktepe, A.B., Altun, S. ve Ahmedzade, P., Optimization of vertical alignment of highways utilizing discrete dynamic programming and weighted ground line Turkish, J. Eng. Env. Sci. 33 (2009) , 105 – 116.
22. Özkan, E., Optimization Of Highway Vertical Alignment by Direct Search Technique, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
23. Abbasi, M., Autocad Visual Basic for Applicationversion 2000 To 2011, Sazemane Nagshebardiye Keshvar, Tahran, 2012.
24. Emami, H., Civil 3D Applications in Road, Entesharate Fruzesh, Tebriz, 2013.
25. Akramipouya, M., Autocad Land Development and Civil Design, 3. Baskı, Entesharate Zabane Tasvir, Tahran, 2006.
26. Gökalp, E. ve Güngör, O., Rtk(Real Time Kinematic) Gps'in İmar Uygulamalarında Kullanılması, Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi, 87 (2001) 38-47.
27. Tüdeş, T. ve Bıyık, C. Kadastro Bilgisi, 2.Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 1997.

28. Yomralıoğlu, T., Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 1.Baskı, Őeçil Ofset, İstanbul, 2000.
29. Tüdeş, T., Aplikasyon, 3. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon 1989.
30. Baykal, O., Mühendislik Ölçmeleri Kara ve Demir Yollarında Geçki Geometrisi Tasarımı ve Aplikasyonu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2009.
31. Augath, W. ve Ihde, J., Definition and Realization of Vertical Refrence Systems – The European Solution Evrs/Evrf 2000, Fıg Xxıı International Congress, Washington, D.C. Usa, April 19-26, 2002.
32. Demir, C. ve Cingöz, A., Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (Tudka-99), <http://www.hgk.msb.gov.tr/images/egitim/d5fa84c2ce520cb.pdf>, 11 Mart 2006.
33. Ayhan, M.E. Türkiye Ulusal Temel Gps Ağı-1999A (TUTGA-99A), H.G.K. Harita Dergisi, Özel Sayı, 16 Mayıs 2002.
34. Böhhbüy, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/07/20050715-5.htm> 28 Eylül 2005.
35. Kılıçoğlu, A., Güncelleştirilmiş Türkiye Geoidi (TG-99A), <http://www.hgk.msb.gov.tr/images/egitim/506a72894a75e6d.pdf>, 18 Mart 2006.
36. Selvi, H.Z. ve Bildirici, İ.Ö., The Accuracy and Reliability of Digital Elevation Models Created From the Contour Lines of Paper Map, Second International Conference on Cartography and GIS, Borovets/Bulgaria, (2008) 261-267.
37. Songu, C., Őerbetçi, M. ve Gülal, E., Ölçme Bilgisi, I.Cilt, 11. Baskı, İstanbul, 2009.
38. Diyanetkhah, M., Engineering Surveying, 8. Baskı, Isfahan Üniversitesi, İsfahan, 2008.
39. Allan, A.L., Hollwey, J.R. ve Haynes, J.H.B., Practical Field Surveying And Computations, London, Heinman, 1968.
40. Anderson, J.M. ve Mikhail, E.M., İntroduction To Surveying, 2nd. Edition, Mc Graw-Hill, 1985.
41. Bannister, A. ve Raymon, S., Surverying, 5th Edition, Longman, 1984.
42. Brinker, R. ve Paul R.W., Elementary of Surveyin, 6th. Edition, New York, Thomas Y. Crowel Company, 1977.
43. Brinker, R. ve Minnick. R., the Surveying Hand Book, Van Nostrand Reinhold Company İnc, New York, 1987.

44. Punmia, B.C., Surveying, Vol.1, 12th Edition Laxmi Publications, New Delhi, 1990.
45. Punmia, B.C., Surveying, Vol.2, 7th Edition Standard Book House, Delhi, 1983.
46. Jordan, E.K., Handbuch Der Vermessungskunde, Band III, Höhenmessung-Tachymetrie, Stuttgart, 1956.
47. Kochher, C.L., Atext Book of Surveying, 8 Th Edition, Katson Pubishing House, Jalandhar, 1983.
48. Maslov, A.V., Gordeev, A.V. ve Botrakor, Y.G., Engineering Surveying, Mir Publishers, Moscow 1984.
49. Moffit, F.H. ve Bouchard, H., Surveying, HarperCollins, New York ,1992 .
50. Mc Cormac, C.J., Surveying Fundamental, Prentice – Hall, Inc, 1983.
51. Tunç, A., Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın - Dağıtım, 2004.
52. Umar, F., ve Yayla, N., Yol İnşaatı, V. Baskı, İ.T.Ü. Rektörlüğü, İstanbul, 1997.
53. Evren, G., Toprak İşleri, 2.Baskı, İ.T.Ü. Rektörlüğü, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1994.
54. Tunç, A., Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın - Dağıtım, 2004.
55. Nostrand, V., Highway, an Architectural Approach, Reinhold, Usa, 1992.
56. Paul, W. ve Ashford, N., Transportation Engineering, Third Ed., John Wiley And Sons, United States, 1989.
57. Paul, W., Highway Engineering, Sixth Ed., John Wiley ve Sons, 1996.
58. Müller, G., Ingenieurgeodaesie, Verkehrsbau, Strassenbau, Vebverlag Für Bauwesen, Berlin, Deutchland, 1988.
59. Shepherd, F.A., Engineering Surveying, Problems and Solutions, Second Edition, Edward Arnold, London, 1983.
60. Drake, J., Taschenbuch Für Vermessungsingenieure, 8.Auflage, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, Deutschland, 269.
61. Monejem, S., Rahsazi, 2.Baskı, Angize Basımevi, Tehran, 2005.
62. Tyler G.H., Civil Engineering Calculation Refrence Guide, Mcgraw-Hill Book, New York, 1987.

63. Mannerring, F.L. ve Kilareski, W., Principles of Highway Engineering, 2d Ed. John Wiley And Sons, New York, 1998.
64. Oakley, S.H., Practical Photogrammetry, Macmillan, New York, 1975.
65. Bıçakçı, O., Demiryollarında Yeni Bir Birleştirme Eğrisinin Araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1997.
66. Kiper, T., Proje Mühendisleri için Kara Yolu Geometrik Standartları Esasları, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1988.
67. KGM, Proje ve Mühendislik Hizmetleri Kriter Raporları, Karayolları Genel Müdürlüğü Otoyolları Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005.
68. Bozkurt, M., Demiryol Kurbaları, İ.T.Ü. Teknik Okulu Kütüphanesi, İstanbul, 1969.
69. Bruce, G.A., ve Clarkeson, J., Highway Design and Construction, International Textbook Company, 1959.
70. Hickerson, F.T., Route Surveys and Design, Mcgraw-Hill Inc., 1959.
71. Kumbasar, V., Kumbasar, F. ve Önalp, A., Yol Mühendisleri için Zemin Mekaniği, İ.T.Ü., İstanbul, 1970.
72. Meyer, F.C., Route Surveying, International Textbook Comp, 1968.
73. Oglesby, H.C. ve Hicks, R.G., . "Highway Engineering" , John Wiley Inc., 1984.
74. Behbahani, H., Tarhe Hendsiye Rah, 17. Baskı, Markaze Naşre Daneşgahi, Tahrn, 2011.
75. Ceylan, A., Presizyonlu Nivelman Yerine Trigonometric Nivelman Yönteminin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1993.
76. Ceylan, A. ve Baykal, O., Precise Height Determination Using Leap-Frog Trigonometric Leveling, ASCE, Journal of Surveying Engineering, 132,3 (2005) 118-123.
77. Ceylan, A. ve Baykal, O., Precise Height Determination Using Simultaneous-Reciprocal Trigonometric Levelling, Survey Review, 40,308 (2008) 195-205.
78. KGM., Karayolları Ön ve Kesin Projeleri Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
79. KGM., Otoyolu Proje ve Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi (Ön ve Kesin Proje), Karayolları Genel Müdürlüğü Otoyolları Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005.

80. Manns, K., Querschleunigung und Querruck in Der Übergangsbogenbemessung, Dissertation, Fachbereich Wasser and Verkehr Der Technischen Hochschule Darmstadt, Deutschland, 1985.
81. Nicholson, A., Superelevation, Side Friction and Road Consistency, ASCE Journal of Transportation Engineering, September/October (1988) 411-418.
82. Wright, P.H. ve Paquette, R.J., Highway Engineering, Fifth Edition, John Wiley and Sons, New York, Usa, 1985.
83. Schofield, W., Engineering Surveying – Theory and Examination Problems for Students, Butterworth-Heinemann, Oxford, New Delhi, 2001.
84. Uren, J. ve Price, W.F., Surveying for Engineers., 4 Th Edition, Palgrave Macmillan, New York, Usa, 2006.
85. AASHTO., A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, (1994).
86. AREMA, Practical Guide to Railway Engineering – Chapter 12, European Curve and Turnout Mechanics, <http://www.engsoc.org/~josh/AREMA/chapter12%20-%20European%20Curve%20and%20Turnout%20Mechanics.pdf>, 18 haziran 2003.
87. Ingwersen, M. ve Rickert, T., Neue Trassierungstechnik für Nahverkehrsbahnen, Zeitschrift für Vermessungswesen, 2 (1990) 60-68.
88. Jakops, E., Dio Sinusoide Als Neuzeitliches Trassierungselement, Vermessungs-Ingenieur, 87,1 (1987) 3-9.

6. EKLER

Ek 1. Matlab Yazılım Kodlaması

```
function varargout = sinaasherlou(varargin)
% SINAASHERLOU MATLAB code for sinaasherlou.fig
%   SINAASHERLOU, by itself, creates a new SINAASHERLOU or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = SINAASHERLOU returns the handle to a new SINAASHERLOU or the handle
to
%   the existing singleton*.
%
%   SINAASHERLOU('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in SINAASHERLOU.M with the given input
arguments.
%
%   SINAASHERLOU('Property','Value',...) creates a new SINAASHERLOU or raises
the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before sinaasherlou_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to sinaasherlou_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help sinaasherlou

% Last Modified by GUIDE v2.5 17-Dec-2014 17:00:57

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @sinaasherlou_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @sinaasherlou_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
```

Ek 1'in devamı

```
% --- Executes just before sinaasherlou is made visible.
function sinaasherlou_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to sinaasherlou (see VARARGIN)

% Choose default command line output for sinaasherlou
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes sinaasherlou wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = sinaasherlou_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
global b

b=[];

function x_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to x (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of x as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of x as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function x_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to x (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

Ek 1'in devamı

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%   See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function y_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to y (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of y as text
%   str2double(get(hObject,'String')) returns contents of y as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function y_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to y (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%   See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function z_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to z (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of z as text
%   str2double(get(hObject,'String')) returns contents of z as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function z_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to z (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   empty - handles not created until after all CreateFcns called
```


Ek 1'in devamı

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton6.
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton6 (see GCBO)
```

Ek 1'in devamı

```

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in pushbutton8.
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in pushbutton11.
function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
basilan_tus

% --- Executes on button press in exe.
function exe_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to exe (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
sonuc=get(handles.x,'String');

sonuc=eval(sonuc);
set(handles.y,'String',' ');

```

Ek 1'in devamı

```
set(handles.z,'String','');
```

```
% --- Executes on button press in clear.
```

```
function clear_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to clear (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global b
```

```
b=[];
```

```
set(handles.x,'String','');
```

```
% --- Executes on button press in back.
```

```
function back_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to back (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
global b
```

```
b=b(1:end-1);
```

```
set(handles.x,'String',b);
```

```
% --- Executes on button press in start.
```

```
function start_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to start (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
a=get(handles.x,'String');
```

```
x=str2num(a);
```

```
b=get(handles.y,'String');
```

```
y=str2num(b);
```

```
c=get(handles.z,'String');
```

```
z=str2num(c);
```

```
dv.yol= xlsread('km.xls',1,'A:I');
```

```
dv.name = dv.yol(:,1) ;
```

```
dv.km = dv.yol(:,2);
```

```
dv.xe = dv.yol(:,3);
```

```
dv.ye = dv.yol(:,4);
```

```
dv.ze = dv.yol(:,5);
```

```
dv.xo = dv.yol(:,6) ;
```

```
dv.yo = dv.yol(:,7);
```

```
dv.zo = dv.yol(:,8);
```

```
dv.r = dv.yol(:,9);
```

```
khat=(max(find (dv.xe<=x)));
```

```
de=dv.name(khat);
```

```
if de==1
```

```
set(handles.straight,'string',straight);
```

```
elseif de==2
```

Ek 1'in devamı

```

set(handles.curve,'string','curve');
dr=dv.r(khat);

set(handles.radios,'string',num2str(dr));
end
a=get(handles.mevcutkm,'String');
kk=str2num(a);
dv.yol= xlsread('boykesittez.xls',1,'A:H');
dv.n    = dv.yol(:,1) ;
dv.km   = dv.yol(:,2);
dv.egim1    = dv.yol(:,3);
dv.egim2    = dv.yol(:,4);
dv.hh      = dv.yol(:,5);
%dv.name   = dv.yol(:,6) ;
% dv.xo    = dv.yol(:,6) ;
% dv.yo    = dv.yol(:,7);
% dv.zo    = dv.yol(:,8);
% dv.r     = dv.yol(:,9);
khat=(max(find (dv.km<=kk)));
de=dv.n(khat);
d1=dv.egim1(khat);
d2=dv.egim2(khat);
if de==1
    set(handles.segimi,'string',num2str(d1));
elseif de==2
set(handles.cegimi1,'string',num2str(d1));
set(handles.cegimi2,'string',num2str(d2));
end
a=get(handles.mevcutkm,'String');
kk=str2num(a);
dv.yoll= xlsread('egimtez.xls',1,'A:M');
dv.nn   = dv.yoll(:,1) ;
if      de==1
    masir=dv.ye(khat);
    masir1=dv.xe(khat);
    e=x-masir1;
    f=y-masir;
    masir2=dv.km(khat);
    if  e>0 & f>0
        l=sqrt(e^2+f^2);
        v=atand(abs(e/f));
        g=v;
    elseif e>0 & f<0
        l=sqrt(e^2+f^2);
        v=atand(abs(e/f));
        g=180-v;
    elseif e<0 & f<0

```

Ek 1'in devamı

```

l=sqrt(e^2+f^2);
v=atand(abs(e/f));
g=180+v;
elseif e<0 & f>0
l=sqrt(e^2+f^2);
v=atand(abs(e/f));
g=360-v ;
end
khat1=(max(find (dv.xe<x))+1);
masirr=dv.ye(khat1);
masirr1=dv.xe(khat1);
er=masirr1-masir1;
fr=masirr-masir;
if er>0 & fr>0
lr=sqrt(er^2+fr^2);
vr=atand(abs(er/fr));
gr=vr;
elseif er>0 & fr<0
lr=sqrt(er^2+fr^2);
vr=atand(abs(er/fr));
gr=180-vr;
elseif er<0 & fr<0
lr=sqrt(er^2+fr^2);
vr=atand(abs(er/fr));
gr=180+vr ;
elseif er<0 & fr>0
lr=sqrt(er^2+fr^2);
vr=atand(abs(er/fr));
gr=360-vr ;
end
m=(l*cosd(gr-g))+masir2;
k=num2str(m);
o=l*sind(gr-g);
off=num2str(o)
else
masiro=dv.yo(khat);
masiro1=dv.xo(khat);
eo=masiro1-x;
fo=masiro-y;
if eo>0 & fo>0
lo=sqrt(eo^2+fo^2);
vo=atand(abs(eo/fo));
gs=vo;
elseif eo>0 & fo<0
lo=sqrt(eo^2+fo^2);
vo=atand(abs(eo/fo));
gs=180-vo;

```

Ek 1'in devamı

```

elseif eo<0 & fo<0
    lo=sqrt(eo^2+fo^2);
    vo=atand(abs(eo/fo));
    gs=180+vo ;
elseif eo<0 & fo>0
    lo=sqrt(eo^2+fo^2);
    vo=atand(abs(eo/fo));
    gs=360-vo;
end
    masir2=dv.km(khat);
    masir=dv.ye(khat);
    masir1=dv.xe(khat);
    ox=masiro1-masir1;
    oy=masiro-masir;
    if ox>0 & oy>0
        ol=sqrt(ox^2+oy^2);
        ov=atand(abs(ox/oy));
        go=ov;
    elseif ox>0 & oy<0
        ol=sqrt(ox^2+oy^2);
        ov=atand(abs(ox/oy));
        go=180-ov;
    elseif ox<0 & oy<0
        ol=sqrt(ox^2+oy^2);
        ov=atand(abs(ox/oy));
        go=180+ov ;
    elseif ox<0 & oy>0
        ol=sqrt(ox^2+oy^2);
        ov=atand(abs(ox/oy));
        go=360-vo ;
    end
    yaricap=dv.r(khat);
    m=(go-gs)*pi/180*yaricap+masir2;
    k=num2str(m);
    kurp=dv.kurp(khat);
    if kurp==3
        off=yaricap-lo;
        %off=num2str(off)
    elseif kurp==4
        off=lo-yaricap;
        %off=num2str(off)
    end
end
if off>=0
    set(handles.left,'Visible','on');
    set(handles.offsetleft,'Visible','on');
    set(handles.offsetright,'Visible','on');

```

Ek 1'in devamı

```

set(handles.right,'Visible','on');
    off= num2str(off)
set(handles.offsetright,'string',num2str(off))
elseif off<=0
    set(handles.left,'Visible','on');
    set(handles.right,'Visible','on');
    set(handles.offsetright,'Visible','on');
    set(handles.offsetleft,'Visible','on');
    %off=num2str(off)
%set(handles.offsetright,'string','left')
end

% --- Executes on button press in offset.
function offset_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to offset (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a=get(handles.mevcutkm,'String');
kk=str2num(a);
dv.yol= xlsread('boykesittez.xls',1,'A:H');
dv.n    = dv.yol(:,1) ;
dv.km   = dv.yol(:,2);
dv.egim1    = dv.yol(:,3);
dv.egim2    = dv.yol(:,4);
dv.hh       = dv.yol(:,5);
%dv.name    = dv.yol(:,6) ;
% dv.xo     = dv.yol(:,6) ;
% dv.yo     = dv.yol(:,7);
% dv.zo     = dv.yol(:,8);
% dv.r      = dv.yol(:,9);
khat=(max(find (dv.km<=kk)));
de=dv.n(khat);
% if kk<=71262.21
    k=kk-(dv.km(khat))
    if de==1
        e1=dv.egim1(khat);
        e=k*((e1/100));
        h=dv.hh(khat);
        i=e+h;
        p=num2str(i)
    else
        e1=dv.egim1(khat);
        e2=dv.egim2(khat);
        h=dv.hh(khat);
        l=abs((dv.km(khat))-(dv.km(khat+1)));
        i((((e2-(e1))/(2*l))*(k^2))+(e1*k))/100+h;

```

Ek 1'in devamı

```

p=num2str(i)
end
dv.yoll= xlsread('egimtez.xls',1,'A:M');
dv.nn    = dv.yoll(:,1) ;
dv.kmm   = dv.yoll(:,2);
dv.ax    = dv.yoll(:,3);
dv.sol   = dv.yoll(:,4);
dv.sag   = dv.yoll(:,5);
dv.hsol  = dv.yoll(:,6) ;
dv.hsag  = dv.yoll(:,7) ;
dv.lsol  = dv.yoll(:,8);
dv.lsap  = dv.yoll(:,9);
dv.sevsol = dv.yoll(:,10);
dv.sevsag = dv.yoll(:,11);
khat1=(max(find (dv.kmm<=kk)));

q=(dv.lsap(khat1)*dv.sag(khat1))+i;
j=(dv.lsol(khat1)*dv.sol(khat1))+i;

offset=get(handles.offsetleft,'String')
offset=get(handles.offsetright,'String')
% %ss=str2num(offset);
% if offsett>0
% ws=get(handles.offsetright,'String');
% w=num2str(ws)
% elseif offset<0
% ws=get(handles.offsetleft,'String');
% w=num2str(ws)
% end
w=str2num(offset)
if w==0
p=num2str(i)
l=0;
num2str(l)
elseif w>0
q=(w*(dv.sol(khat1)))+i;
p=num2str(q);
pp=str2num(p);
z=get(handles.z,'String');
h=str2num(z);
l=(dv.lsol(khat1))+(pp-h)*dv.sevsol(khat1);
num2str(l);

elseif w<0
w=abs(w);
jo=(w*(dv.sag(khat1)))+i;
p=num2str(jo)

```


Ek 1'in devamı

```

pp=str2num(p);
    z=get(handles.z,'String');
    h=str2num(z);
    l=(dv.lsg(khat1))+(pp-h)*dv.sevsol(khat1);
    num2str(l)
end

set(handles.offsetuzakligi,'string',num2str(l))
% --- Executes on button press in mkM.
function mkM_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to mkM (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a=get(handles.x,'String');
x=str2num(a);
b=get(handles.y,'String');
y=str2num(b);
c=get(handles.z,'String');
z=str2num(c);
function Deltah_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Deltah (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a=get(handles.z,'String');
z=str2num(a)
b=get(handles.hyuksekligi,'String');
h=str2num(b)
dh=z-h
set(handles.deltayuksekligi,'String',dh)

% --- Executes on button press in ax.
function ax_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ax (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a=get(handles.mevcutkm,'String');
kk=str2num(a);
dv.yol= xlsread('boykesittez.xls',1,'A:H');
dv.n    = dv.yol(:,1) ;
dv.km   = dv.yol(:,2);
dv.egim1 = dv.yol(:,3);
dv.egim2 = dv.yol(:,4);
dv.hh   = dv.yol(:,5);
%dv.name = dv.yol(:,6) ;
% dv.xo  = dv.yol(:,6) ;
% dv.yo  = dv.yol(:,7);
% dv.zo  = dv.yol(:,8);

```

Ek 1'in devamı

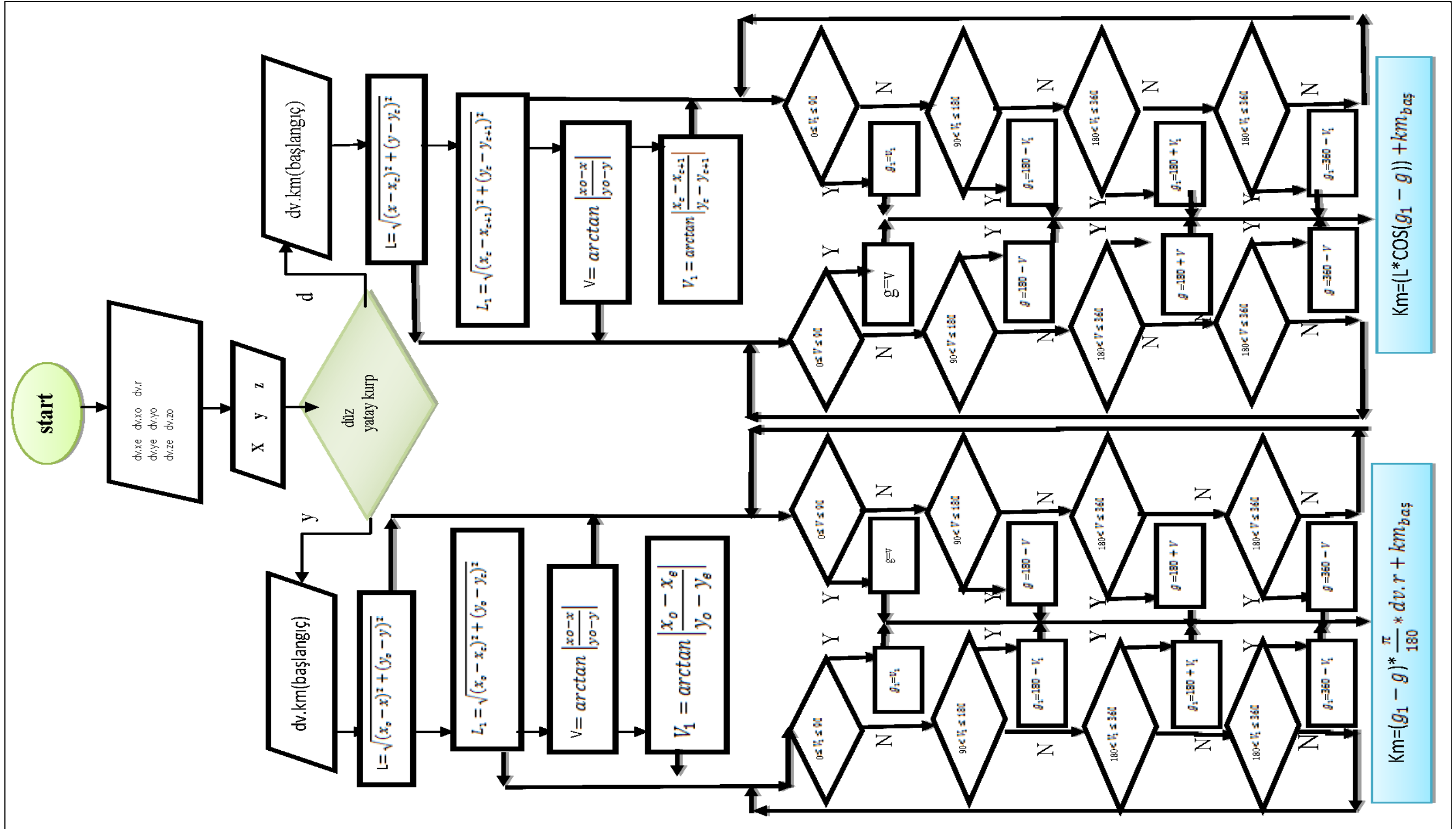
```

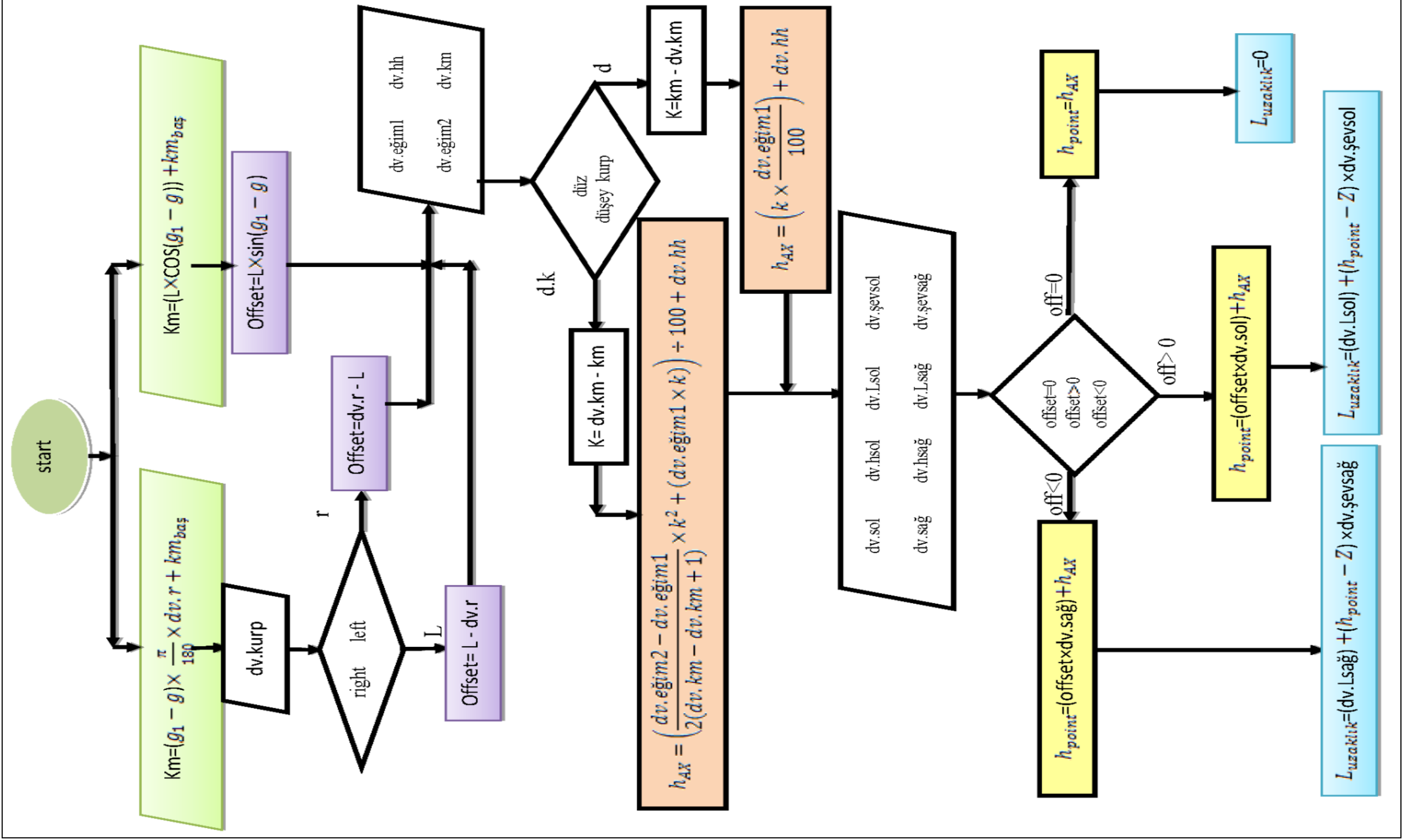
% dv.r      = dv.yol(:,9);
khat=(max(find (dv.km<=kk)));
de=dv.n(khat);
% if kk<=71262.21
    k=kk-(dv.km(khat))
    if de==1
        e1=dv.egim1(khat);
        e=k*((e1/100));
        h=dv.hh(khat);
        i=e+h
        p=num2str(i)
    else
        e1=dv.egim1(khat);
        e2=dv.egim2(khat);
        h=dv.hh(khat);
        l=abs((dv.km(khat))-(dv.km(khat+1)));
        i((((e2-(e1))/(2*1))*(k^2))+(e1)*k)/100+h
        p=num2str(i)
    end
set(handles.axyüksekligi,'string',p);
% --- Executes on button press in H.
function H_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to H (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a=get(handles.mevcutkm,'String');
kk=str2num(a);
dv.yol= xlsread('boykesittez.xls',1,'A:H');
dv.n      = dv.yol(:,1) ;
dv.km     = dv.yol(:,2);
dv.egim1  = dv.yol(:,3);
dv.egim2  = dv.yol(:,4);
dv.hh     = dv.yol(:,5);
%dv.name  = dv.yol(:,6) ;
% dv.xo   = dv.yol(:,6) ;
% dv.yo   = dv.yol(:,7);

% --- Executes on button press in clearkool.
function clearkool_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to clearkool (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

Ek 2. Matlab Tabanlı Arayüz Yazılımına Esas Teşkil Eden Akış Şeması





ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İran'ın Khoy şehrinde doğdu. İlkokulu, ortaokulu ve liseyi Khoy'da okudu. 2005 yılında Behruz Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Khoy Azad üniversitesi iki senelik harita yüksek okulunu kazanıp ve 2007'de mezun olup ve aynı yıl Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2010 yılında mezun olup ve aynı yıl Tahran metro inşaatında çalışmaya başladı ve 2012 yılında işten ayrılarak Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı ve İngilizce bilmektedir.