

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**UYDU VE YÜKSEK RAKIMLI PLATFORMLAR(HAPS) İÇİN TRABZON ŞEHİRİ
DİREKT GÖRÜŞ (LOS) OLASILIKLARININ KESTİRİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Müh. Volkan AYDIN

**OCAK 2017
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**UYDU VE YÜKSEK RAKIMLI PLATFORMLAR(HAPS) İÇİN TRABZON ŞEHİRİ
DİREKT GÖRÜŞ (LOS) OLASILIKLARININ KESTİRİMİ**

Volkan AYDIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ELEKTRONİK YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30.12.2016
Tezin Savunma Tarihi : 11.01.2017**

Tez Danışmanı: Prof.Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Volkan AYDIN Tarafından Hazırlanan**

**UYDU VE YÜKSEK RAKIMLI PLATFORMLAR(HAPS) İÇİN TRABZON ŞEHİRİ
DİREKT GÖRÜŞ (LOS) OLASILIKLARININ KESTİRİMİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 27/12/2016 gün ve 1682 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof.Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

Üye : Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÖZTÜRK

Üye : Yrd.Doç.Dr. Yasin OĞUZ

**Prof.Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

"Uydu ve Yüksek Rakımlı Platformlar(HAPs) için Trabzon Şehri Direkt Görüş (LOS) Olasılıklarının Kestirimi" adlı bu çalışma Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında "Yüksek Lisans Tezi" olarak seçilmiştir.

Sunulan tez çalışmasının hazırlanmasında tecrübe ve bilgi birikimini benimle paylaşan ve bu konuda araştırma yapmam için beni teşvik eden bana her türlü desteği sağlayan tez danışmanım sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR hocama teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bu tezi hazırlarken özellikle programlama kısmında bana yardımlarını esirgemeyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Yusuf SEVİM hocama çok teşekkür ediyorum.

Bu tezi hazırlarken özellikle yazım aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgi Abdullah Kanca Meslek Yüksek Okulu Öğr. Gör. Mevlüt TOPALOĞLU hocama çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmasının yapıldığı ARCGIS programı ortamı için gerekli Trabzon verisini şahsıma temin eden ve desteklerini benden esirgemeyen Trabzon Belediyesi Kent Bilgi Sistemleri memuru Sayın Temel KÜÇÜKBAKİ bey'e de şükranlarımı sunarım.

Bu tezi hazırlarken maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Volkan AYDIN
Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Uydu ve Yüksek Rakımlı Platformlar(HAPs) için Trabzon Şehri Direkt Görüş (LOS) Olasılıklarının Kestirimi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, deneyleri 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. 11/01/2017

Volkan AYDIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. LOS Olasılık Hesabı Düşüncesinin Ortaya Çıkışı, Gelişimi ve Literatür Çalışması	3
1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Genel Bakış	7
1.3.1. Veri Yapısı	8
1.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Elemanları	9
1.4. Veri Toplama ve Üretim Teknikleri	11
1.4.1. Veri Depolama Formatları	11
1.4.2. Veri Depolama Formatları Arasındaki Farklılıklar	12
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoğrafik Analiz	13
1.5.1. Görüş Analizi	13
1.5.2. Görünürlük Analizi	15
1.6. LOS Olasılık Hesaplarını Etkileyen Parametreler ve Faktörlere Genel Bir Bakış	16
1.7. HAPs Sistemlerinde Yayılım Ortamlarının Belirlenmesi ve LOS Olasılığının Hesaplanması	17
1.8. Görünürlük Kestirim Modelleri	20
1.8.1. Kapsama Alanı	21
1.8.2. Işın İzleme Yöntemleri	21
1.8.3. Görünürlük Kestirimi İçin İstatistiksel Modeller	22
1.8.3.1. CRABS Modeli	22
1.8.3.1.1. CRABS Modeli İçin LOS Olasılığının Hesaplanması	23
1.8.3.2. CSELT Modeli	27
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	29
2.1. Giriş	29

2.2.	ARCGIS Programında Trabzon İçin Yapılan Çalışmalar	30
2.3.	Tezde Kullanılan LOS Olasılık Kestirim Algoritması	39
2.4.	Tüm Şehrin LOS Olasılık Kestirimi Algoritması	46
2.5.	Trabzon Cadde LOS Olasılık Grafiklerinin Elde Edilmesi	47
2.6.	Trabzon Cadde Los Olasılık Grafikleri ve Caddelerin Ekran Görüntüleri	48
2.7.	LOS Olasılıklarına Matlab Cftool ile Eğri Uydurma	77
2.7.1.	Cftool ve Örnek Bir Cadde İçin LOS Olasılık Eğri Uydurma	77
2.8.	Eğri Uydurulmuş Trabzon Cadde Olasılıkları	80
2.8.1.	Eğri Uydurulacak Dağılımlar	80
2.8.2.	Trabzon Caddelerinde Eğri Uydurulmuş LOS Olasılıkları, CFTOOL Program Çıktıları ve Grafikleri	81
2.9.	Caddelerin Karakteristik Parametreleri ve Bu Karakteristikler Arasındaki İlişki	110
3.	İRDELEME VE SONUÇLAR	119
4.	ÖNERİLER	125
5.	KAYNAKLAR	126
6.	EKLER	133

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

UYDU VE YÜKSEK RAKIMLI PLATFORMLAR(HAPs) İÇİN TRABZON ŞEHİRİ
DİREKT GÖRÜŞ (LOS) OLASILIKLARININ KESTİRİMİ

Volkan AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

2017, 132 Sayfa, 6 Sayfa Ek

Herhangi bir yerleşim yeri için, direkt görüş(LOS) olasılık değerlerini belirlemek önemli bir konudur. LOS olasılık değerleri belirlendiğinde, ilgilenilen bölgedeki sinyalin şiddeti doğru şekilde kestirilebilir. Buna paralel olarak, haberleşme yapılacak bölgedeki yayılım modelleri, yol kaybı modelleri oluşturulabilir.

Trabzon dijital haritasında en çok bilinen 26 cadde üzerinde ARCGIS'in alt modülü olan ARCMAP ile çeşitli işlemler uygulanmıştır. Bu tezde Yeryüzeyi düz olarak kabul edilmiştir. Matlab ortamında LOS olasılığını hesaplayan bir algoritma oluşturulmuştur. LOS olasılık değerleri için en önemli parametre yükselme açısıdır. Bu çalışmada azimut açısı gözönüne alınmamıştır, yani sıfır derece kabul edilmiştir. 26 caddenin yükselme açısına bağlı olarak LOS olasılığı hesaplanmıştır ve LOS olasılık grafikleri çizilmiştir. Bulunan bu LOS olasılık değerlerinin Matlab programında çizilen grafikleri incelenmiştir ve Matlab programında eğri uydurma aracı olan CFTOOL kullanılarak LOS olasılıklarının, en iyi Gompertz ve Weibul dağılımlarına uygunluk gösterdiği saptanmıştır. Gompertz ve Weibul dağılımlarında bazı manipülasyonlar yapılarak; Gompertz2 ve Weibul2 fonksiyonları elde edilmiştir. Bu son elde edilen dağılımların bazı sokak ve caddelerde diğer orjinal Gompertz ve orjinal Weibul dağılımlarından daha iyi uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Dijital haritanın GIS analizleri sonucunda elde edilen α , β ve γ parametreleri 26 cadde için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu üç parametrenin sokaklara göre değişimi incelenmiştir ve aralarındaki korelasyon analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Direkt Görüş Olasılığı, Kablosuz Haberleşme, ARCGIS, ARCMAP, ARCSCENE, Eğri Uydurma, CFTOOL, Coğrafi Bilgi Sistemi, Kent Bilgi Sistemi, Yükselme Açısı, Korelasyon

Master Thesis

SUMMARY

LINE OF SIGHT(LOS) PROBABILITY PREDICTION FOR SATELLITE AND HAPS
COMMUNICATION IN TRABZON CITY, TURKEY

Volkan AYDIN

Karadeniz Technical University
Institute of Natural Sciences
Department of Electric and Electronics Engineering
Supervisor: Prof.Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2017, 132 Pages, Appendix (6)

For Any built-up areas, direct line of sight (LOS) is an important issue to determine LOS probability values. If LOS probability values is determined, the intensity of the signal in regions of interest can be estimated correctly. Accordingly, propagation and path loss models can be created in regions which wireless communications are made.

The most well-known 26 streets in the Trabzon digital map has been applied to various processes in ArcMap module of ARCGIS software. In this thesis, it has been recognized as the Earth's surface is flat. It is created an Matlab algorithm that calculates LOS probability. The most important parameter is the angle of elevation for LOS probability values. In addition this, azimuth angle doesn't take into this study. LOS probability for twenty-six streets is calculated depending on the angle of the elevation and LOS probability graphics are plotted. After that, it is observed that LOS probability values are the best compatible with Gompertz and Weibull distribution using cftool which is curve fitting in Matlab. To obtain the best compatible with these distributions, It is made some manipulations in Gompertz and Weibull distrubition cdf.

α , β and γ parameters which are obtained as a result of GIS analysis of digital map are calculated for interested streets. Change of the three parameters are observed for the streets and it is made correlation analysis between this three parameters.

Key Words: LOS Probability, Wireless Communication, ARCGIS, ARCMAP, ARCSCENE, Curve Fitting, CFTOOL, Geographic Information Systems, City Information Systems, Elevation Angle, Correlation

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Coğrafi bilgi sistemleri [31].	8
Şekil 1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinde veri yapısı [31].	9
Şekil 1.3. Katmanlı ve görsel kent bilgi veri yapısı [31].	9
Şekil 1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Elemanları [31].	10
Şekil 1.5. Coğrafi bilgi sistemlerinde veri üretiminde kullanılan veri kaynakları [31].	11
Şekil 1.6. (a) Vektörel veri formatı (b) Raster veri formatı [31].	12
Şekil 1.7. Viewshed diyalog penceresi ve katmanı [31].	14
Şekil 1.8. ARCMAP modülü LOS analizi diyalog ekranı [52].	15
Şekil 1.9. ARCMAP modülünde gerçekleştirilen örnek bir LOS analizi [52].	15
Şekil 1.10. LOS ve NLOS senaryolarının geometrisi.	19
Şekil 1.11. Seçili yayılım ortamları için yükselme açısına bağlı LOS olasılığı [4].	20
Şekil 1.12. Wireless InSite yazılımında yapılmış üç boyutlu ışın izleme örneği [86].	22
Şekil 1.13. Alıcı ve verici arasındaki LOS ışınına göre LOS olasılığı hesaplanacak binaların gösterimi [62].	23
Şekil 1.14. (a) Çeşitli küçük binalar (b) Tek büyük bir bina [81].	24
Şekil 1.15. q parametresine karşılık gelen bina yükseklik saçılım grafiği [87].	28
Şekil 2.1. ARCGIS modülünde Trabzon datasının ekran görüntüsü.	31
Şekil 2.2. Arcgis programında Trabzon binalar.shp dosyasının (a) uzaktan (b) yakından ekran görüntüleri.	32
Şekil 2.3. Trabzon yollar.shp dosyasının (a) uzaktan ve (b) yakından görünümü.	33
Şekil 2.4. ARCMAP programında Trabzon mahalleler.shp dosyasının (a) uzaktan (b) yakından görünümü	35
Şekil 2.5. Trabzonda binalar.shp, yollar.shp ve mahalleler.shp dosyalarının aktif edilmesi ile ARCMAP'da oluşan (a)uzaktan (b) yakından görüntü	37
Şekil 2.6. Kent bölgesinde basit LOS senaryosu.	38
Şekil 2.7. Elektromanyetik dalga yayılımının arkasındaki senaryo.	38
Şekil 2.8. Tipik bir kent caddesi modeli.	39
Şekil 2.9. Cadde üzerindeki bina ve LOS durumu.	40
Şekil 2.10. Yükselme açısı $\theta = 90^\circ$ için gelen ışınların durumu	41
Şekil 2.11. Yükselme açısı $1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ için gelen ışınların durumu	41
Şekil 2.12. Yükselme açısı $\theta = 0^\circ$ için gelen ışınların durumu	41
Şekil 2.13. ARCGIS programında binalar arası boşlukların gösterimi.	45
Şekil 2.14. P_{los} hesaplamasının yapılacağı cadde geometrisi.	46
Şekil 2.15. Akif Saruhan caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	49

Şekil 2.16.	Akif Saruhan caddesi LOS olasılığı	49
Şekil 2.17.	Akif Saruhan caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	50
Şekil 2.18.	Amasya Camisi sokağında binaların oluşturduğu LOS olasılıkları . .	50
Şekil 2.19.	Amasya Camisi sokağı LOS olasılığı	50
Şekil 2.20.	Amasya camisi sokağı ARCMAP ekran görüntüsü	51
Şekil 2.21.	Çizmecioğlu sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	51
Şekil 2.22.	Çizmecioğlu sokağı LOS olasılığı	52
Şekil 2.23.	Çizmecioğlu sokak ARCMAP ekran görüntüsü	52
Şekil 2.24.	Çömlekçi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	52
Şekil 2.25.	Çömlekçi caddesi LOS olasılığı	53
Şekil 2.26.	ARCGIS modülünde Trabzon datasının ekran görüntüsü.	53
Şekil 2.27.	Çömlekçi Mektep sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları . .	54
Şekil 2.28.	Çömlekçi Mektep sokak LOS olasılığı	54
Şekil 2.29.	Çömlekçi Mektep sokak ARCMAP ekran görüntüsü	55
Şekil 2.30.	Değirmendere sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	55
Şekil 2.31.	Değirmendere sokak LOS olasılığı	56
Şekil 2.32.	Değirmendere sokak ARCMAP ekran görüntüsü	56
Şekil 2.33.	Deliklitaş sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	56
Şekil 2.34.	Deliklitaş sokak LOS olasılığı	57
Şekil 2.35.	Deliklitaş sokak ARCMAP ekran görüntüsü	57
Şekil 2.36.	Devlet Sahil yolu caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları .	58
Şekil 2.37.	Devlet Sahil yolu caddesi LOS olasılığı	58
Şekil 2.38.	Devlet Sahil yolu caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	58
Şekil 2.39.	Eski Erzurum yolu caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	59
Şekil 2.40.	Eski Erzurum yolu caddesi LOS olasılığı	59
Şekil 2.41.	Eski Erzurum yolu caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	59
Şekil 2.42.	Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	60
Şekil 2.43.	Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesi LOS olasılığı	60
Şekil 2.44.	Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	60
Şekil 2.45.	Farabi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	61
Şekil 2.46.	Farabi caddesi LOS olasılığı	61
Şekil 2.47.	Farabi caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	61
Şekil 2.48.	Gazipaşa caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	62
Şekil 2.49.	Gazipaşa caddesi LOS olasılığı	62
Şekil 2.50.	Gazipaşa caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	62
Şekil 2.51.	İnönü caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	63
Şekil 2.52.	İnönü caddesi LOS olasılığı	63

Şekil 2.53.	İnönü caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	63
Şekil 2.54.	Islahane caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	64
Şekil 2.55.	Islahane caddesi LOS olasılığı	64
Şekil 2.56.	Islahane caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	64
Şekil 2.57.	Kahramanmaraş caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	65
Şekil 2.58.	Kahramanmaraş caddesi LOS olasılığı	65
Şekil 2.59.	Kahramanmaraş caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	65
Şekil 2.60.	Kalealtı sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	66
Şekil 2.61.	Kalealtı sokak LOS olasılığı	66
Şekil 2.62.	Kalealtı sokak ARCMAP ekran görüntüsü	66
Şekil 2.63.	Milli Egemenlik caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	67
Şekil 2.64.	Milli Egemenlik caddesi LOS olasılığı	67
Şekil 2.65.	Milli Egemenlik caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	67
Şekil 2.66.	Moloz caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	68
Şekil 2.67.	Moloz caddesi LOS olasılığı	68
Şekil 2.68.	Moloz caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	68
Şekil 2.69.	Pertevpaşa sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	69
Şekil 2.70.	Pertevpaşa sokak LOS olasılığı	69
Şekil 2.71.	Pertevpaşa sokak ARCMAP ekran görüntüsü	69
Şekil 2.72.	Sanayi çarşısı caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	70
Şekil 2.73.	Sanayi çarşısı caddesi LOS olasılığı	70
Şekil 2.74.	Sanayi çarşısı caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	70
Şekil 2.75.	Sarayatik Camisi sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	71
Şekil 2.76.	Sarayatik Camisi sokak LOS olasılığı	71
Şekil 2.77.	Sarayatik Camisi sokak ARCMAP ekran görüntüsü	71
Şekil 2.78.	Şehit Refik Cesur caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	72
Şekil 2.79.	Şehit Refik Cesur caddesi LOS olasılığı	72
Şekil 2.80.	Şehit Refik Cesur caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	72
Şekil 2.81.	Sezayi Uzay caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	73
Şekil 2.82.	Sezayi Uzay caddesi LOS olasılığı	73
Şekil 2.83.	Sezayi Uzay caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	73
Şekil 2.84.	Taksim caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	74
Şekil 2.85.	Taksim caddesi LOS olasılığı	74
Şekil 2.86.	Taksim caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	74
Şekil 2.87.	Uzun sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	75
Şekil 2.88.	Uzun sokak LOS olasılığı	75
Şekil 2.89.	Uzun sokak ARCMAP ekran görüntüsü	75
Şekil 2.90.	Zafanoz caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları	76

Şekil 2.91. Zafanoz caddesi LOS olasılığı	76
Şekil 2.92. Zafanoz caddesi ARCMAP ekran görüntüsü	76
Şekil 2.93. Bayes olasılık teoremi benzetimi ile oluşturulmuş Trabzon şehri LOS olasılığı	77
Şekil 2.94. Matlabda eğri uydurma aracı (CFTOOL) ana menüsü	78
Şekil 2.95. CFTOOL aracı data sekmesi	78
Şekil 2.96. CFTOOL aracı fitting sekmesi	79
Şekil 2.97. CFTOOL aracı kullanıcı tanımlı denklemler sekmesi	80
Şekil 2.98. Akif Saruhan Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	84
Şekil 2.99. Amasya Camisi Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	85
Şekil 2.100. Çizmecioğlu Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	86
Şekil 2.101. Çömlekçi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	87
Şekil 2.102. Çömlekçi Mektep Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	88
Şekil 2.103. Değirmendere Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	89
Şekil 2.104. Deliklitaş Sokak (eski mezarlık) için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	90
Şekil 2.105. Devlet Sahil Yolu Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	91
Şekil 2.106. Eski Erzurum Yolu Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	92
Şekil 2.107. Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	93
Şekil 2.108. Farabi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	94
Şekil 2.109. Gazipaşa Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	95
Şekil 2.110. İnönü Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	96
Şekil 2.111. Islahane Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	97
Şekil 2.112. Kahramanmaraş Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	98
Şekil 2.113. Kalealtı Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	99
Şekil 2.114. Milli Egemenlik Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	100

Şekil 2.115. Moloz Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	101
Şekil 2.116. Pertevpaşa Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	102
Şekil 2.117. Sanayi Çarşısı Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	103
Şekil 2.118. Sarayatık Camisi Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	104
Şekil 2.119. Şehit Refik Cesur Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	105
Şekil 2.120. Sezayi Uzay Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	106
Şekil 2.121. Taksim Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	107
Şekil 2.122. Uzun Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	108
Şekil 2.123. Zafanoz Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	109
Şekil 2.124. Trabzon Şehri için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri	110
Şekil 2.125. Trabzon şehri ve caddeleri için karakteristiklerinin değişimi	114
Şekil 2.126. Trabzon şehri ve caddeleri için α değerleri	115
Şekil 2.127. Trabzon şehri ve caddeleri için β değerleri	115
Şekil 2.128. Trabzon şehri ve caddeleri için norm β değerleri	116
Şekil 2.129. Trabzon şehri ve caddeleri için norm γ değerleri	116
Şekil 2.130. SPSS paket program data editörü	117
Şekil 3.1. Bir çok servis hizmeti veren HAP sistemi [49].	124

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. ARCGIS programı görüş analizi ekranındaki terimlerin açıklamaları [31].	14
Tablo 1.2. Seçili yayılım ortamlarında ITU-R Rec. P.1410 modeli parametreleri[4].	18
Tablo 1.3. LOS olasılık hesabı için parametreleri [4].	20
Tablo 2.1. Binalar.shp data dosyasından örnek bir kesit öznitelik tablosu	31
Tablo 2.2. Yollar.shp data dosyasından örnek bir kesit öznitelik tablosu	34
Tablo 2.3. Mahalleler.shp data dosyasının örnek bir kesit öznitelik tablosu	36
Tablo 2.4. Tezdeki Trabzon cadde isimleri ve bina sayıları	48
Tablo 2.5. Trabzon'un cadde (veya sokaklarının) ve Trabzon şehrinin karşılaştırmalı karakteristikleri	111
Tablo 2.6. Trabzon caddelerinde α - β arasındaki korelasyon	117
Tablo 2.7. Trabzon caddelerinde β - γ arasındaki korelasyon	117
Tablo 2.8. Trabzon caddelerinde α - γ arasındaki korelasyon	118

SEMBOLLER DİZİNİ

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
acimin	:	Cadde boyunca herhangi bir binanın LOS olasılığının sıfırdan farklı değer aldığı ilk yükselme açısıdır($^{\circ}$)
ARCMAP	:	ArcGIS yazılımının bir alt modül programı
ARCGIS	:	ESRI şirketinin üretmiş olduğu Coğrafi Bilgi Sistem yazılımı
ARCSCENE	:	ArcGIS yazılımının bir alt modül programı (3 boyutlu analiz yapılan)
ARCTOOLBOX	:	ArcGIS Yazılım araçları
ARCVIEW	:	ArcGIS yazılımının bir alt modül programı
BER	:	Bit error rate (Bit hata oranı)
CADDEALFA	:	Trabzon caddeleri için α parametre değerleri
CADDEBETA	:	Trabzon caddeleri için β parametre değerleri
CADDEGAMA	:	Trabzon caddeleri için γ parametre değerleri
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemi
CDF	:	Cumulative Distribution Function(Kümülatif dağılım fonksiyonu)
CFTOOL	:	Curve Fitting Tool(Matlab Eğri Uydurma Aracı)
CRABS	:	Cellular Access for Broadband Services(Geniş bant Servisler için hücresel radyo servisleri)
CUDA	:	Nvidia firması tarafından üretilmiş paralel hesaplama platformu ve uygulama yazılım arayüzü(API)
DEM	:	Digital Elevation Model(Haritacılıkta Dijital yükseklik modeli)
DSM	:	Digital Surface Model(Haritacılıkta Dijital yüzey modeli)
DTM	:	Digital Terrain Model(Haritacılıkta Dijital arazi modeli)
DU	:	Dense urban (Yoğun kent)
ESRI	:	Economic and Social Research Institute(Ekonomik ve Toplumsal Araştırma Enstitü Şirketi)
GHz	:	Giga Hertz(10^9 Hz)
GIS	:	Geographic Information System(Coğrafi bilgi sistemleri)
GRASS GIS	:	Geographic Resources Analysis Support System-Geographic Information System Software(Coğrafi Kaynaklar Analizi Destek Sistemi-Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı)
HAPs	:	High Altitude Platform Service(Yüksek rakımlı platform servisi)

ITS	:	Intelligent Transport Systems (Akıllı geçiş sistemleri)
ITU	:	International Telecommunication Union (Uluslararası telekomünikasyon Birliği)
ITU-RR	:	International Telecommunication Union-Radio Regulations (Uluslararası telekomünikasyon Birliği-Radyo Düzenlemeleri)
KBS	:	Kent Bilgi Sistemi
LAN	:	Local Area Network (Yerel Alan Açı)
LOS	:	Line of Sight (Direkt görüş)
MAPINFO	:	Pitney Bowes Şirketi tarafından üretilmiş coğrafi bilgi sistem yazılımı
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NETCAD	:	Türk(Yerli) Coğrafi Bilgi Sistem Yazılımı
NLOS	:	No Line of Sight (Direkt olmayan görüş)
PLEXTEX	:	Plextex firması tafından geliştirilen ışın-izleme yazılımı
PMP	:	Point-to Point(Noktadan Noktaya)
QGIS	:	Quantum GIS Software(Kuantum Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı)
RAL	:	Rutherford Apleton Labaratuvarı
RMSE	:	Root Mean Square Error(Karesel ortalama hata)
SAGA GIS	:	System for Automated Geoscientific Analyses Software(Otomatik Jeolojik Bilimsel Analiz Sistemi yazılımı)
SDMA	:	Space-division multiple Access(Uzay bölmeli çoklu erişim)
SHP	:	ARCGIS Shape File(ARCGIS dosya isim uzantısı)
SNR	:	Signal to Noise Ratio (İŞaret Gürültü Oranı-dB)
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistik Paket Programı)
SRTM	:	Shuttle Radar Topography Mission(yeryüzünün topoğrafik haritasının çıkarılması amacıyla NASA tarafından yürütölen uluslararası bir proje)
SSE	:	Sum of Square Error(Hata kareler toplamı)
SU	:	Suburban (Yarı kent)
U	:	Urban (Kent)
TV	:	Televizyon
UHR	:	Urban high rise (Yüksek yapılı (metropol) kent)

UTD	: Uniform Theory of Diffraction (Düzgün Kırınım Teorisi)
a,b,c ve d	: LOS olasılık değerlerinin CFTOOL aracı kullanılarak eğri uydurma işlemi sonucundaki Gompertz-Weibul dağılım ve Gompertz2-Weibul2 fonksiyon parametreleri
2.5D	: Two and a half dimensional (Sahte 3 boyut(3-D perspektif))
3-D	: Three dimensional(3 boyut)
<i>dB</i>	: Desibel
<i>f</i>	: Frekans
$F(\theta)$: Yükselme açısına bağlı dağılım fonksiyonu
h_m	: Bina yüksekliği (m)
h_{tx}	: CRABS modelinde Vericinin yerden yüksekliği
K1	: Rice yayılım katsayısı (<i>dB</i>)
K2	: Rayleigh yayılım katsayısı (<i>dB</i>)
L	: LOS olasılığı hesaplanacak tüm caddelerin yol uzunlukları toplamı(m)
L_i	: Cadde veya sokağın yol uzunluğu(m)
<i>km</i>	: Kilometre= 10^3 metre
m	: Metre
n, k, l, p, t	: PLOS(θ)' nın model parametreleri
P(LOS)	: CRABS modelinde alıcı-verici arasındaki mevcut LOS olasılığı
PLOS(θ)	: LOS olasılığı
Plos_bina	: Binaların oluşturduğu LOS olasılığı
Plos_cadde	: Caddelerin oluşturduğu LOS olasılığı
Plos_şehir	: Tüm şehrin LOS olasılığı
$P_{los}(L_i \setminus \theta_i)$: θ_i yükselme açısındaki L_i uzunluklu caddenin LOS olasılığını ifade eder.
P(h)	: Rayleigh olasılık dağılım fonksiyonu
$P_r(h_b)$: Bina yüksekliğinin h_b ' ye eşit olduğu olasılık
P_{ed}	: CSELT modelinde bina yoğunluğu.
a_q, b_q ve q	: CSELT modelinde üstel regresyon işlemi uygulanması sonucu elde edilen parametreler
θ	: Yükselme Açısı($^\circ$)
b_r	: CRABS modelinde alıcı-verici arasındaki LOS yolu boyunca, yükseklikleri yüksekliğinden daha düşük olan binaların sayısıdır.

$H_n(i)$:	LOS olasılığı hesaplanacak i. caddedeki n. binanın,bina yüksekliği(m)
h_{los}	:	CRABS modelinde LOS ışınının bu binaların en yüksek noktasına üstten olan yükseklik mesafesi(m)
h_{rx}	:	CRABS modelinde rrx mesafesindeki alıcının yerden yüksekliği(m)
α	:	Binalarla kaplı alanın tüm alana oranı
β, η	:	Binaların birim alan başına ortalama değeri(bina sayısı/km ²)
R^2	:	Eğri uydurma(curve fitting) işleminde hesaplanan istatistiksel uyum parametresi
$\gamma(m), \lambda(m)$:	Bina yüksekliği dağılımından saptanan parametre
r_{loss}	:	CRABS modelinde vericiden, alıcı-verici arasındaki Los yolu üzerindeki ilk binaya(veya engele) olan uzaklık(m)
S_s	:	Cadde veya yol boyunca uzanan direkt olarakgörüleemeyen(gölgeli) alan(m ²)
tum_uzunluk	:	LOS olasılığı hesaplanacak binanın kenarından caddeye veya yola olan uzaklık(m)
S_{all}	:	Cadde veya yol boyunca birbiriyle karşılıklıolarak yerleşmiş binaların oluşturduğu tüm alan(m ²)
X_n	:	LOS sınır mesafesi(m)
$Y_n(i)$:	Cadde veya yol yol boyunca mevcut i. binanın yola paralel olan kenar uzunluğu(m)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kablosuz gezgin haberleşme servislerinde, yüksek veri hızı taleplerindeki sürekli artış, daha yenilikçi ve daha çok isteğe cevap verebilen haberleşme altyapılarına ihtiyacı da arttırmıştır. Karasal yer tabanlı sistemler ve uydu sistemleri, gezgin haberleşme servislerini sağlamada kullanılan sistemlerdir [1].

Gezgin haberleşme teknolojilerinin kilit noktalarını sayacak olursak; farklı sistemler arasında kusursuz bir dolaşım serbestliği (seamless roaming) sağlayabilmesi, sabit geniş bant ağlar ile kablosuz erişim sağlayabilme ve multimedya haberleşmesini desteklemek olarak sıralanabilir.

Hem karasal yer tabanlı sistemlerin hem de uydu sistemlerinin birtakım dezavantajlarına çözüm olarak ve hücrel haberleşme teknolojisine yenilikçi bir bakış açısı olarak "Yüksek Rakımlı Platform İstasyon (High Altitude Platform Station-HAPs)" teknolojisi karşımıza çıkar. Bu nedenle bu alanda yoğun çalışmalar yapılmaktadır [2].

Gelecek nesil sistemler sadece hücrel telefonları değil, bunun yanı sıra geniş bant kablosuz erişim sistemleri, milimetrik dalga yerel alan ağları (LAN), akıllı geçiş sistemleri sistemleri (ITS-Intelligent Transport Systems) ve yüksek rakımlı stratosferik platform sistemleri (HAPs) gibi yeni tip haberleşme sistemlerini de içermektedir [3].

Hasırcı [1] yaptığı çalışmada HAPs (Yüksek Rakımlı Platform İstasyon) sistemleri için yayılım modellemeleri oluşturmuştur ve kanal başarımlarını elde etmiştir. Bu modellerde yükselme açısı en önemli parametredir. Ayrıca Hasırcı olası yayılım modellerini; Yüksek yapılı (Metropol) kent (UHR) olmak üzere dört gruba bölmüştür. Bu gruplar bilinen istatistiksel modeller kullanılarak yükselme açısına bağlı olarak modellenmiştir. Modeldeki temel parametreler yükselme açısı, Rayleigh-Rice yayılım katsayıları ve sönümlenme derinliğinin başarımlar yüzdesi olmuştur. Model parametrelerinin etkilerini gözlemlemek için sönümlenme derinliği ile parametreler arasındaki ilişki katsayıları hesaplanmıştır. Aynı zamanda yükselme açısının ve her bir yükselme açısına karşılık gelen sönümlenme derinliklerinin toplam alandaki olasılık dağılımı hesaplanmıştır ve yükselme açısına bağlı bir dağılım fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

Sonuç olarak oluşturulan sönümlenme modeli serbest uzay yol kaybı ile birleştirilerek, 2-6 GHz frekans bandında, HAPs için olası dört yayılım ortamında toplam yol kaybı modelleri oluşturulmuştur. Bunun ardından, mevcut her bir yayılım ortamı için farklı durumlarda kanal başarımlar analizi yapılmıştır [1].

Direkt görüş(LOS), iki sabit nokta arasında herhangi bir engel olmaksızın serbest bir görüşün olması demektir. Yani sabit bir gözlemci noktasından diğer çoklu noktalara direkt görüşü ifade eder. Ayrıca farklı çalışmalarda isimleri farklı farklı olsa da: kapsama(coverage) olasılığı, gölgeleme blokajı(shadowing blockage) olasılığı, bina blokajı(building blockage) olasılığı ve görülebilme(viewshed), görünürlük(visibility) olasılığı(veya indeksi) gibi terimler de temelinde LOS sistematiğini kullanır.

Gezgin yer haberleşmesinde LOS durumunda, en güçlü sinyal hiçbir engelin zayıflatmasına maruz kalmaksızın güçlü şekilde alınır [4]. NLOS ise direkt görüşün olmadığı, sinyal yolunda bina, ağaç, orman, direkler, tüneller, trafik ışıkları vb. engellerin olduğu durumdur. Bu durumda vericiden alıcıya gidecek olan sinyal zayıflayarak alıcıya ulaşır. Bunların dışında yağmur nedeni ile de sinyal zayıflaması olur. Kent(urban) tipi bir yerleşim yerinde daha çok binalar nedeni ile sinyal zayıflamaya uğrar. Kent tipi yerleşkelerde caddeler yoğun şekilde binalarla kaplıdır ve bu binalar birbirine ve yola yakındır. Dolayısı ile direkt görüş alanında olan sinyal, binalarca kırınımına (diffraction) ve yansımaya (reflection) maruz kalarak zayıflar.

Kent tipi yerleşkelerde, mobil haberleşme sistemleri incelendiğinde cadde üzerindeki LOS ve NLOS olasılıklarının sinyal kalitesini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir [1]. Dolayısı ile caddedeki binaların yüksekliği, verici yüksekliği, alıcı yüksekliği, vericiden alıcıya olan yükselme açısı, cadde genişliği, cadde uzunluğu gibi karakteristikler, binaların oluşturduğu LOS ve NLOS durumunu belirleyen en önemli faktörlerdir.

Gezgin yer haberleşmesinde yukarıda belirtilen bina ve cadde karakteristikleri, coğrafi bilgi sistemlerinde(GIS) kullanılan dijital haritalar aracılığı ile elde edilebilir [5]. İl bazında düşünülecek olursa, tüm şehrin dijital bir haritaya aktarılması oldukça zahmetli ve hassasiyet gerektiren bir işlemdir. Bu durum Kent Bilgi Sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır [6]. Türkiye’de belediyeler yavaş yavaş Kent Bilgi Sistemine (KBS) geçmektedir. Bu sisteme geçen bazı illerimiz: İstanbul, İzmir, Eskişehir, Konya, Kayseri, Trabzon’dur. Bu tezde LOS olasılık değerlerini elde etmek için Trabzon belediyesinin Kent Bilgi Sistemi verileri kullanılmıştır [7].

GIS alanında bir sürü yazılım mevcuttur. Bu yazılımlardan birçoğu ücretlidir. Ücretli yazılımlardan en çok kullanılanlarına ARCGIS [8], MAPINFO [9] örnek verilebilir. Yerli ve ücretli yazılım olarak, NETCAD [10] örnek verilebilir. Ücretsiz yazılımlardan en çok kullanılanlarına GRASS [11], QGIS [12] ve SAGA GIS [13]. Trabzon belediyesi Kent Bilgi sistemi NETCAD yazılımı ile oluşturulmuştur. Bu tezde bu veriler alınarak ARCGIS yazılımına uyarlanmıştır. ARCGIS programı çok sayıda işlevsel araçlara(tools) sahiptir. Bu araçlar sayesinde cadde ve bina parametreleri birbiri ardına uygulanacak işlemlerle elde edilebilir.

Hasırcı yaptığı çalışmada, direkt görüş (LOS) ve direkt olmayan görüş (NLOS) olasılık değerlerini, Holis ve Pchac'ların [4] yapmış oldukları çalışmada hesapladıkları LOS olasılık değerlerini kullanmıştır. [1]'de bu olasılık değerlerine bağlı olarak yayılım modellerini oluşturmuş ve haberleşme kanal başarımları analizleri yapılmıştır.

Bu tezde, Trabzon şehri için en bilinen 26 cadde ve sokak ele alınmıştır. Her bir cadde için yükselme açısına bağlı olarak LOS ve NLOS olasılıkları 2. Bölümde verilen algoritmaya göre hesaplanmıştır. Bu hesaplanan LOS olasılık değerlerinin literatürde bilinen olasılık dağılımlardan hangisi ile uygunluk gösterdiği araştırılmıştır. İki olasılık dağılımı ve diğer ikisi de bu dağılımlarda bazı manipülasyonlar yapılarak elde edilen dört fonksiyonun, bu tezde hesaplanan olasılık verilerine daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Eğri uydurma (curve fit) işlemi sonucunda 26 caddenin LOS olasılık değerleri (Plos) yükselme açısına bağlı olarak analitik olarak ifade edilmiştir. Daha sonra bu 26 cadde ve sokağın LOS olasılıkları Bayes olasılık teoremine benzetim yapılarak birleştirilip, Trabzon şehir LOS olasılıkları hesaplanmıştır.

Bu çalışmada hesaplanan gerçek Trabzon LOS olasılık değerleri, Hasırcı'nın yapmış olduğu çalışmadaki [4]'den alıntılanmış olduğu Plos değerlerini yerine konup, bir sonraki çalışmada Trabzon için HAP yayılım modellemeleri ve kanal başarımları analizleri elde edilecektir.

1.2. LOS Olasılık Hesabı Düşüncesinin Ortaya Çıkışı, Gelişimi ve Literatür Çalışması

LOS, yeryüzünde 2 veya 3 boyutlu düzlemde, gözlemci olarak belirlenen bir noktadan diğer bazı noktalara olan direkt görüşü (engelsiz) ifade eder [14]. NLOS ise, yeryüzünde 2 veya 3 boyutlu düzlemde, gözlemci olarak belirlenen bir noktadan diğer belirlenmiş noktalara olan direkt olmayan görüşü (engelli) ifade eder. Bu tez boyunca, literatürle uyumlu olsun diye direkt görüş kelimesi yerine LOS, direkt olmayan görüş kelimesi yerine NLOS kısaltması kullanılacaktır. Eğer belirli bir bölge ile ilgileniyorsa, LOS; N-boyutlu bir uzayda verilen bir gözlem noktasından, belirli bir bölgedeki görülebilen nokta sayısı olarak da düşünülebilir. Haberleşme açısından LOS, Alıcı verici arasında hiçbir engel (Ağaçlar, binalar, trafik işaretleri, tüneller vb.) olmadığı durumdaki direkt görüşü ifade eder. LOS durumundaki radyo sinyali en güçlü şekilde alıcı tarafından alınır. NLOS ise alıcı ve verici arasında binalar, ağaçlar, trafik işaretleri, tüneller vb. engeller mevcuttur ve vericiden gelen güçlü sinyal engeller tarafından çeşitli zayıflatmalara maruz kalır. Dolayısıyla haberleşme ve sinyal kalitesi düşer [1].

Bu LOS düşüncesi yeni ortaya çıkmış bir fikir değildir. Geçmişte LOS analizleri askeri alanlarda kullanılmıştır. İlk LOS analizi 18. Yüzyılın başlarında bir Fransız askeri

mühendisi olan Prestre de Vauban (1603-1707) tarafından yapılmıştır. İleriki yıllarda savaşların yoğunlaşması ile ülkelerin, askeri aktivitelerine odaklanması sonucu LOS analizleri yavaş yavaş önem kazanmaya başlamıştır [88]. Askeri alanda özellikle gözetleme kulelerinin tüm araziyi optimum görececek şekilde kurulması, askeri birliğin kurulacağı yerin seçimi ve savaş planlarının hazırlanması gibi işlerde, LOS analizi önemli bir rol oynamıştır.

LOS uzayda iki nokta arasındaki ara görünürlüktür [14,16]. Pratik olarak ara görünürlükte, yalnızca başlangıç(gözlemci) ve terminal noktalar belirlenir, daha sonra gözlemci noktanın yükselme(elevasyon) değeri aktif hale getirilir. Yazılım, bu görüş hattını aradaki engelin arkasındaki gizlenmiş veya gizlenmemiş bir hat olarak almaktadır.

Daha önce giriş kısmında görünürlük(visibility), görülebilme(viewshed) terimlerinden bahsedildi. Bu terimlerin ikisinin temelinde basit LOS analizi vardır [15, 16, 17,18,19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Ayrıca bunların dışında ara görünürlük(intervisibility) terimi de vardır [15, 22, 25, 26, 27]. Bu ara görünürlükte de diğerlerine çok benzer geometrik yaklaşımlara sahiptir.

Görünürlük (visibility) analizi, ARCGIS [8] tarafından sunulan bir analizdir [31]. Diğer uygulamalarda, bu araç çoklu görünürlük(multi-visibility) olarak adlandırılmıştır.

Görünürlük fonksiyonu iki basit sorunun cevabını verir: Birincisi: Verilen bir gözlem noktasından diğer hangi yerler görülebilir? İkincisi; Görülebilen bir nesneyi kaç gözlem noktası görüyor? sorusudur. Örneğin; görülebilen bir bölgedeki en yüksek binaların tespiti. Görünürlük aynı zamanda bir hat teması oluşturur. Ayrıca görünürlük analizi; radyo haberleşme planlanmasında bir mekandaki elektrik kabloların çekilmesi işlerinde, arkeoloji alanında, turizm sektöründe, askeri planlamalarda, endüstri alanında ve insanların aktif olduğu bir çok sektörde kullanılabilir [16].

Görünürlük analizinde bitki örtüsü de göz önüne alınmalıdır. Bu, Lobera tarafından önerilmiştir [33]. Bu çalışmada LOS hüzme(LOS Beam) yöntemini önermiştir. Bu yaklaşımda, LOS hüzmesinin enine kesiti ile ağaçların kesişimine dayalı bir görünürlük olasılığı hesaplanması vardır.

Görünürlük analizinde yalnızca ağaç ya da bitki örtüsü değil, orman şeklindeki bitkilerin de göz önüne alınması gereklidir. Bu, Liu Li ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [34]. Bu çalışmada, orman manzarası, görülebilir yüzey (terrain) datasına dönüştürülür [34] Bu yüzey şekilleri düzensiz şekiller de olabilir. Ayrıca, NVIDIA isimli bilgisayar grafik yonga üreticisi olan firma tarafından önerilen CUDA isimli programlama çerçevesini kullanan paralel görünebilirlik analizi de sunulmuştur [26,35].

Görünebilirlik, gözlemci ile hedef arasındaki yükseklik farkını hesaplayan bir algoritmayı kullanılarak dijital topoğrafik haritalar(DTM) üzerinde yaratılır. Hedefin görünürlüğünün hesaplanması için, hedef ve gözlemci arasındaki her bir hat LOS olmalıdır.

Eğer bir nokta, gözlemci-hedef arasındaki hatta daha fazla yüksekliğe sahipse bu engelli görünüm var demektir ve bu durumda hedef görülemiyor demektir.

Bir noktadan diğer bir noktanın görülebilmesi ara görünürlük(intervisibility) ve tek bir noktadan görülebilen tüm bölgenin kestirilmesi(viewshed) gibi analizler GIS yazılımlarının standart araçlarındandır [28]. Ara görünürlük, özel bir konum ya da konumlardan görülebilen alanı veya LOS'u hesaplar [29].

ARCGIS yazılımı, GIS yazılımları arasında en yaygın kullanılanlarından biridir. ARCGIS™ teknolojisi, ESRI tarafından geliştirilmiş, ölçeklendirilebilir entegre bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımıdır. Yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi ArcObjects üzerine kurulmuş bir sistemdir [31]. Bu tezde ARCGIS yazılımının alt modülü olan ARCMAP modülü kullanılacaktır. ArcMap'de mevcut grafik ve sözel verilerin görüntülenmesi, veri güncleme, sorgulama ve analiz, grafikleme ve raporlama araçları ile yüksek kalitede kartoğrafik üretim fonksiyonları bulunmaktadır ARCGIS 3D Analiz aracında, LOS (Bir hat boyunca görünebilen ve görünemeyen yerler), Viewshed (İstenilen bir bakış açısıyla alansal olarak görülebilen ve görülemeyen yerler), ve LOS profili çizme gibi işlevler bulunmaktadır [31]. Bunun dışında görünürlük(visibility) eklentisi de internette indirilip ARCGIS içerisine eklenebilmektedir.

LOS, görünürlük ve görünebilirlik analizlerinde arazi yüzeyi(terrain) datası önemli bir yere sahiptir [31]. Yani analiz yapılan yerde gözlem ve hedef noktası arasında, yüzeyin şekli düz değil, engebeldir. Bu engebeli arazi yukarıda belirtilen LOS, viewshed ve visibility gibi analizleri büyük oranda etkiler. Engebeli arazi yüzeyi datasının gözönüne alınması daha doğru sonuçlar üretir. Bu yüzden arazi yüzeyi yükseklik bilgisini de içerecek şekilde(3. boyut olarak) haritalar oluşturulmaktadır. Bunlar, DEM(Dijital yükseklik haritaları) ve DTM(Dijital topoğrafik ya da yüzey haritaları)'lerdir. Bunlar internette çeşitli kaynaklardan genellikle ücretli olarak edinilebilir. Arazi yüzeyi üzerindeki binaların, ağaçların, trafik ışıklarının vb. diğer nesnelerin yükseklik-yüzey modelleri oluşturulup DTM veya DEM haritalarına adapte edilebilir. Liu ve arkadaşları orman, bitki örtüsü, ağaçlar ve kompleks binaları, DTM ve DEM haritalarında yüksek doğrulukta göstermişlerdir [34]. Böylece çok daha gerçekçi bir modelleme yapılmış olur. DEM, bir arazi yüzeyi modelini temsil eden haritalardır. DEM'ler, yükseklik verilerinin noktalar şeklinde tutulduğu haritalardır. Bu konsept 2.5D GIS data modeli olarak da bilinir. 3D DTM ve DEM modelleri de literatürde mevcuttur [44].

Çoğu uygulamalar görünebilirlik analizini topoğrafik yüzeyler üzerinde yaparlar, fakat bazı durumlarda topoğrafik yüzey çeşitli kabartma yüksekliklerine sahip ormanlara da sahiptirler. Daha iyi sonuçlar elde edebilmek için. DTM ya da DEM'in yanısıra dijital yüzey modeli(DSM) kullanmak daha faydalı olur [25]. Çünkü genellikle DTM ve DEM'ler dünya yüzeyini üzerinde binalar, köprüler ve bitki örtüsü olmadan modeller. Oysa DSM'ler; binaları ve bitki örtüsünü ve arazi yüzeyi noktalarını sisteme dahil eder.

Bu tezde LOS olasılığını hesaplamak için kullanılan algoritma, geometrik yaklaşımlarla elde edilecektir. LOS olasılığı, analitik denklemlerle ifade edilecek yaklaşımlarla elde edilecektir. LOS olasılıkları, yükselme(elevasyon) açısına, bina yüksekliklerine ve binaların caddeye(veya yol) olan mesafelerine bağlı olarak elde edilecektir. ARCGIS programı içerisindeki ARCMAP modülü ile gerçek veri değerleri öznitelik tablolarından elde edilip, bu datalar MATLAB yazılımında yazılan kodlara veri olarak girilir ve LOS Olasılık değerleri hesaplanır.

Radyo haberleşme sistemlerinde 'Commshed' veya 'Haberleşme görünebilirliği(Communication Viewshed)' terimleri kullanılır [16]. Burada aynı zamanda bir özel terim olan 'fresnel bölgesi' kullanılır. Her ne kadar alıcı-verici arasında direk bir görüş(LOS) olsa da, bu direk görüş hattının civarında yeterince bir serbest görüş bölgesi olmalıdır. Bu bölge 1. Fresnel bölgesi olarak isimlendirilir ve bu bölgenin şekli elipsoit şeklindedir [16].

Son yıllarda internet ortamında mekânsal verilere erişim daha da kolaylaşmıştır. Kullanıcılar kendi yaptıkları CBS projelerini, web ortamında ortak sunucular üzerinden herkese erişime açmaktadır. Örneğin; NASA'nın uyduları vasıtasıyla elde ettiği SRTM proje verileri, tüm dünyadaki kara parçasının %80'inini kapsayacak kadar ayrıntılı olup, görüntü olarak 30-90 m çözünürlüğe sahip DEM'leri içerir [51]. Google(Google Earth) ve Microsoft(Microsoft Visual) şirketleri kentsel bölgeleri ve bu kentlerdeki binaları üç boyutta görselleştiren programlar geliştirmişlerdir. Fakat bu programlar, kötü amaçla kullanılmaması için bina yükseklikleri ve binaların ayak izi (footprint) gibi verileri kullanıcılara kısıtlamıştır. Bundan dolayı radyo propagasyon kestirimi ve modellemelerinde kullanılacak bina yüksekliği, binanın genişliği vb. parametrelerin elde edilmesinde sorun yaşanmaktadır. Bu yüzden dijital harita üzerinde yapılacak manuel ölçümler çok zaman almaktadır. Zhengqing Yun ve arkadaşları [51] geliştirdikleri modelde; iki boyutlu izdüşümünden üç boyutlu izdüşümüne bazı dönüşümler uygulamıştır. Bu yöntemde [51], bilinen bina yükseklikleri ve karakteristiklerinden diğer bina yüksekliği ve karakteristikleri otomatik olarak türetilmektedir. 3-D kent ve bina bilgileri yüksek doğrulukta elde edileceğinden dolayı, propagasyon modellemeleri ve kestirimleri çok daha gerçekçi olacaktır.

Radyo propagasyon yayılım modelleri oluşturulurken bina yükseklik yoğunlukları bazı referanslarda Rayleigh dağılımdan çok Log-normal dağılıma benzediği belirtilmiştir.[73,74]. Bina yükseklikleri ile ilgili olan dağılımlar ise [62], [73], ve [84] numaralı kaynaklarda ayrıntılı bir şekilde bulunmaktadır.

Qixing Feng ve arkadaşları, havadan yere haberleşme kanalları için lokal bina bilgisini ve bıçak sırtı difraksiyon(knife-edge diffraction theory) teorisine dayalı LOS olasılığını hesaplayan kompleks bir analiz önermiştir [77]. Badra ve Zambrano hücresel haberleşmede

sokak seviyesinde LOS olasılığını hesaplayan bir model sunmuştur [78]. Jivkova, MIMO haberleşme sistemleri için gölgeleme olasılığını hesaplayan bir model sunmuştur [55]. Cheng ve Wu karayolunda seyahat eden araçların güvenliğini, rotasını ve kontrolünü belirleyen LOS hesap modelini sunmuştur [57]. Ledl ve Pechac, ITU-R P.1410 modelini kullanarak, Çek Cumhuriyetinin başkenti Prag'da mevcut bir GIS datasından elde ettikleri verileri LOS kapsama olasılık hesaplamalarında kullanmıştır [61]. Biddiscombe, üç boyutlu bina verilerinden elde edilen parametrelere dayalı alıcı ve verici yüksekliğinin fonksiyonu olan LOS görünürlük analizini yapan bir model sunmuştur [66]. Oestges ve Janvier yüksek rakımlı platformlar için fiziksel-istatistiksel bir modeli kullanan LOS Kapsama analizi yapan bir model sunmuştur [67]. Saunders ve Evans, basit geometrik bir modelden türetilen karasal mobil uydu sistemleri için gölgeleme olasılığını hesaplayan fiziksel bir model sunmuştur [54]. Oestges ve Janvier, navigasyon sistemlerinde sönümlenme ve gölgeleme istatistiklerini kestirmek için basit elektromanyetik teoriyi ve fiziksel parametreleri kullanan zaman serileri analizine dayalı fiziksel-istatistiksel bir model önermişlerdir [68]. Ogawa ve Satoh, LOS yollarının görünürlüğünü kestiren oldukça kompleks bir model sunmuştur [58]. Saunders ve Evans, basit kırınım teorisini ve basit geometrik bağıntıları kullanarak yerleşim bölgelerinde karasal mobil uydu haberleşmesi için fiziksel-istatistiksel bir model sunmuşlardır ayrıca bu modelde gölgeleme olasılığı hesaplamışlardır [53]. Dongya Shen ve arkadaşları Macial-Bertoni-Xia radyo kanal modelini kullanan istatistiksel bir model sunmuştur [75]. Satoshi Ishida ve arkadaşları, kentsel bir bölgede SDMA sisteminin performansı üzerinde yol görünürlüğünün etkilerini incelemişlerdir [76].

Hasırcı yapmış olduğu çalışmada HAPs sistemleri için yayılım modellerini incelemiştir. Bu modellerde [4]'de yapılan çalışmada hesaplanan LOS olasılık değerleri baz alınmıştır [1]. Bu çalışmada HAPs için yayılım modelleri oluşturulup, kanal ve başarımlı analiz yapılmıştır. RamaSarma, yaptığı çalışmada ilgilendiği bölgenin LOS olasılıklarını hesaplamıştır ve analitik olarak ifade etmiştir [81]. RamaSarma, yaptığı çalışmada görünürlük kestirimi yapan CRABS ve PLEXTEK isminde iki model sunmuştur[81]. Her iki model de literatürdeki ışın izleme yöntemlerine alternatif olabilecek yapıdadır. Her iki modelde de eldeki GIS verisinden gerekli parametreler, istatistiksel yöntemlerle üretilir. Bu parametreler kullanılarak radyo yayılım modelleri kestirilir.

1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Genel Bakış

Günlük yaşamdaki her karar, coğrafi olgular tarafından etkilenmekte, sınırlanmakta ve yönlendirilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi,

işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir. Daha basit bir ifade ile dünya üzerindeki bölgeleri tarif eden, verileri saklayan ve kullanan bilgisayar sistemi olarak da tanımlanabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekânsal verilere bağlı sözel bilgileri entegre bir şekilde depolayan bir yapıya sahiptir. Coğrafi Bilgi Sistemleri son yıllarda ortaya çıkmış bir olgu değildir. Fakat son yıllarda her alanda yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Haritacılık, haberleşme, güvenlik, endüstri, inşaat, mimarlık, askeri vb. birçok alanda hayati öneme sahiptir. Yukarıda anlatılanlar aşağıdaki Şekil 1.1’de resmedilmiştir [31].

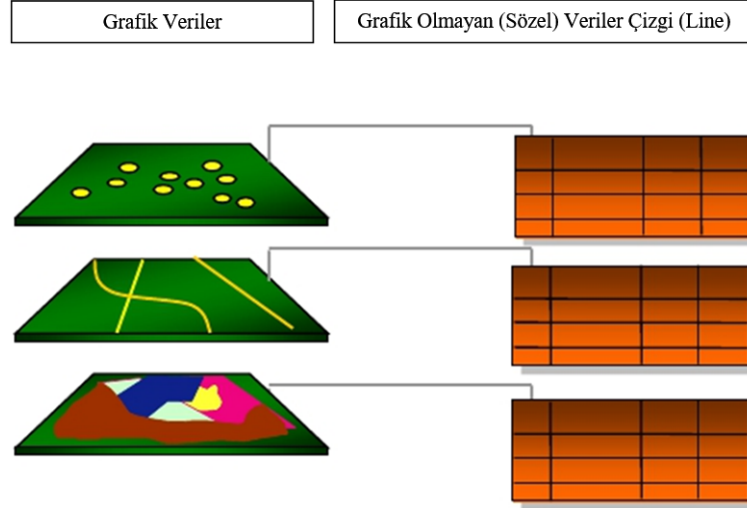


Şekil 1.1. Coğrafi bilgi sistemleri [31].

1.3.1. Veri Yapısı

Coğrafi veri yapısı temel olarak Mekânsal ve Tanımlayıcı Bilgiler olmak üzere iki gruba ayrılır. Mekansal veriler, özelliklerin yerini, şeklini ve diğer mekansal veriler ile ilişkilerini belirler. Tanımlayıcı bilgiler ise özelliklere ait bilgilerin veri tabanında tutulmasıdır [31]. Şekil 1.2’de Coğrafi bilgi sistemlerindeki veri yapısı gösterilmiştir.

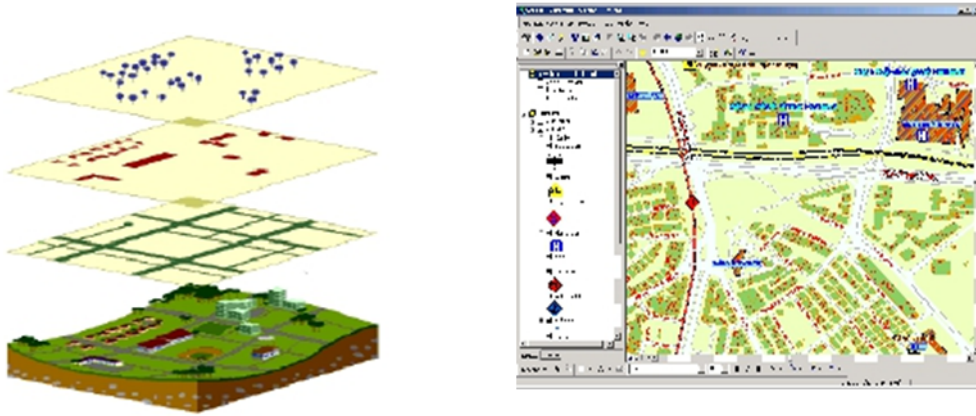
Özellik tipleri temel olarak Nokta, Çizgi ve Çokgen olmak üzere üç gruba ayrılır. Bunlardan noktasal olanlar lokasyon belirler (tepe noktaları, elektrik direkleri, kuyu gibi). Şekli ve sınırları çok küçük olan birimlerin tanımlanmasında kullanılırlar. Çizgisel özellikler birbirini takip eden ve alan olarak gösterilemeyen birimler için kullanılır.(Örnek: yol ve nehir, elektrik hattı gibi). Çokgen özelliklere ise aynı özelliğe sahip alanların gösteriminde ihtiyaç duyulur (Örnek yerleşim sınırları, göller gibi). Bu özellikler gösterildikleri semboller ile harita üzerinde birbirlerinden farklı anlamlar ifade ederler. Bu ayrımlar veri tabanı bilgileri



Şekil 1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinde veri yapısı [31].

yardımıyla yapılır. Veri tabanına girilmiş olan bilgiler vasıtasıyla aynı özellik grubuna giren mekânsal veriler birbirlerinden renk ve sembol olarak ayırt edilir. Böylece harita üzerinde farklı bilgiler sunulmuş olur.

Bu modelin temelinde, her biri, nehirler, yollar, jeolojik oluşumlar, büyük toprak grupları, orman türü, yerleşmeler gibi coğrafi bilgiler ve özelliklerden oluşan verilerin birbirinden bağımsız olarak tanımlanmış tabaka veya kapsamlar olarak soyutlanması bulunmaktadır. Bu tür bir model Şekil 1.3'te görülmektedir [31].



Şekil 1.3. Katmanlı ve görsel kent bilgi veri yapısı [31].

1.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Elemanları

Coğrafi bilgi sisteminin kurulabilmesi için gerekli olan elemanlar: yazılım, donanım, veri tabanı, yöntemler ve insanlardır. Ancak, sistemin başarısı bu teknolojileri kullanacak

personel ve yöneticilerin eğitimine bağlıdır ve en önemli faktör bu konuda yetişmiş “insan”dır. Coğrafi Bilgi Sistemi elemanları Şekil 1.4’de gösterilmiştir [31].



Şekil 1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Elemanları [31].

Aşağıda Coğrafi bilgi sistemlerinin elemanları maddeler halinde açıklanmıştır:

- **Veri (Data):** Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri olmadan işlem yapmak imkânsızdır. Çünkü veri bir bakıma bu sistemin özüdür ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin de vazgeçilmez bileşenlerindedir.
- **Yazılım (Software):** Coğrafi Bilgi Sistemlerinin vazgeçilmez bileşenlerinden olan veri bu sistemin işleyebilmesi için yeterli değildir. Verilerin işlenebileceği ve analiz edilebileceği bir yazılıma ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçtan ötürü Coğrafi Bilgi Sistemlerinde vazgeçilemeyen bir eleman ya da bileşen de yazılımdır.
- **Yöntem (Method):** Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yapılacak ve birbirinden farklı olan çalışmalarda başarılı işlemler gerçekleştirilmesi sağlıklı yöntemlerin tespiti ile gerçekleşir. Belirlenecek olan bu yöntem ya da yöntemlerin de çok iyi tasarlanması ve planlaması gerekir ki, gerek kişisel gerek kurumsal bazda istenilen ürünler ortaya çıkarılabilsin.
- **Donanım (Hardware):** Coğrafi Bilgi Sistemleri bugün çok farklı donanıma sahip bilgisayarlarda çalışabilmektedir. Ancak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin ilgili yazılımından maksimum performans elde etmek için bilgisayar donanımının da yüksek kalitede olması gerekmektedir.
- **İnsanlar (People):** Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yukarıda adı geçen bileşenler her ne kadar bu sistem içerisinde vazgeçilemeyen elemanlar olsalar da insan olmadan bir bütün oluşturamazlar. Çünkü CBS karar–destek sistemi olması itibariyle insan odaklıdır. İnsanlar problemlerin çözümünde karar verici ve sistem geliştirici olarak yapılan çalışmalara yönelik plan hazırlarlar. Bu nedenle, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin işleyebilmesi için bu konuda yetişmiş yönetici ve personellere ihtiyaç vardır.

1.4. Veri Toplama ve Üretim Teknikleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (x,y) koordinatlarına bağlı verilerin sisteme aktarılmasında farklı yöntemler uygulamak mümkündür. Bu yöntemler uygulanırken verilerin toplanmasında ve vektör verilerin üretiminde kullanılan bazı altlık haritalar ve farklı kaynaklar mevcuttur. Örneğin; farklı ölçeklerdeki haritalar (topografya, imar plan, fiziki, s iyasi, v b.), uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve yersel ölçüm ile elde edilen koordinat bilgileri veri kaynakları olarak tanımlanabilir. Hatta cep telefonu ya da fotoğraf makinesi ile çekilen bir fotoğraf dahi CBS teknolojisinde veri kaynağı teşkil eder. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde ilgili veri kaynakları temin edildikten sonra ARCGIS teknolojisinde gerek ekran üzerinden otomatik olarak gerek elle (manual) veri üretmek mümkündür. Ayrıca ARCGIS teknolojisinde metin dosyalarından da veri üretmek mümkündür. Yine metin, excel, vb. dosyalarından veri üretmenin yanı sıra, farklı yazılımlarda üretilmiş ve bilgisayar ortamında bulunan verilerin gerekli dönüşümleri yapılarak da veri üretimi gerçekleştirilebilir. Aşağıdaki Şekil 1.5’de Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri üretiminde kullanılan veri kaynakları açıkça gösterilmiştir [31].



Şekil 1.5. Coğrafi bilgi sistemlerinde veri üretiminde kullanılan veri kaynakları [31].

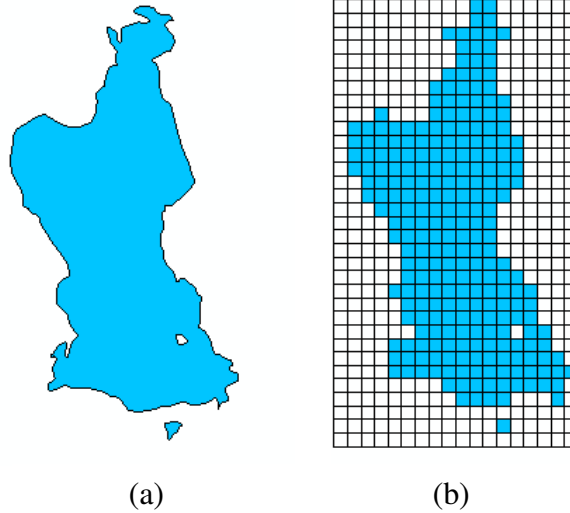
1.4.1. Veri Depolama Formatları

Coğrafi Bilgi sisteminde yeryüzüne ait bilgiler, vektör ve raster formatlarda birbirlerinden soyutlanmış farklı tabakalar şeklinde depolanırlar. Coğrafi Bilgi Sisteminde bu iki format, coğrafi analizlerde ve sorgulamalarda etkin bir biçimde kullanılır. Bu sorgulama

ve analizlerde, vektör ve raster verilerin yukarıda da açıklandığı gibi birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Vektörel veri formatında konuma ait veriler; nokta, çizgi ve alan özellikleri x,y koordinat değerleriyle depolanırlar. Nokta özelliği tek bir x,y koordinat çifti ile temsil edilen verilerdir (Elektrik Direkleri, Yangın Muslukları, Kuyular gibi). Çizgi özelliği, bir başlangıç ve bir bitiş noktası olan x,y koordinatlar dizisi ile temsil edilirler (Dereler, Yollar, Elektrik Hatları gibi). Alan özelliği ise, başlangıç ve bitiş noktası aynı olan x,y koordinatlar dizisi ile temsil edilirler(Parseller, Binalar, Arazi Kullanımı gibi). Raster veri formatında konuma ait veriler ise; hücrelere bağlı olarak temsil edilir. Aynı boyuttaki hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. En küçük birim piksel olarak tanımlanır. Raster verilerde verinin hassasiyeti piksel boyutuna göre değişen çözünürlük (resolution) özelliği ile tanımlanır. Raster veride her piksel bir değere sahiptir. Bu değer bazen coğrafi bir özelliğe ait kod değeri olarak tanımlanabilir ve ESRI Grid formatında bu kod değeri Value Attribute Table (Vat) yapısında depolanır. Ya da o piksel 0–255 renk aralığında bir değeri taşır [31].

1.4.2. Veri Depolama Formatları Arasındaki Farklılıklar

Raster verilerin veri depolama hacmi vektör verilere göre oldukça büyüktür. Bazı konumsal analizler (Bindirme analizleri, Alan hesaplamaları ve yakınlık analizleri gibi) raster veri formatında daha kolaydır.



Şekil 1.6. (a) Vektörel veri formatı (b) Raster veri formatı [31].

Verilerin hassasiyeti raster verilerde piksel boyutu ile orantılı olduğu için hassas çalışmalarda veri kayıplarına neden olabilir. Vektörel veri formatında grafik objeleri tanımlayan öznitelik bilgilerine ulaşma ve güncelleme daha kolaydır [31]. Yukarıdaki Şekil

1.6 (a)'da Göl detayının vektörel olarak temsili gösterilmiştir. Vektörel gösterimde göl ile dış çevre kıyı çizgisi ile ayrılmaktadır. Aynı gölün raster olarak temsil edilmiş hali Şekil 1.6 (b)'de gösterilmiştir. Rasterlarda hücreler coğrafi bilgiyi vermek üzere kodlanmıştır.

1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoğrafik Analiz

Bu bölümde coğrafi bilgi sistemlerinde önemli bir yere sahip topoğrafik analize değinilecektir. Konumsal analiz yazılımlarında yüzey analizine örnek olarak: “Gölgeli kabartma” (Hillshade), “Münhani” (Contours), “Eğim” (slope), “Bakı” (Aspect) ve “Görüş Analizi” (Viewshed) örnek verilebilir. 1.5.1 bölümünde LOS görüş analizi ile 1.5.2 bölümünde ise görünürlük analizi anlatıldı.

1.5.1. Görüş Analizi

Bu analiz, literatürde ve GIS programlarında Viewshed Analysis diye isimlendirilir. Bir gözlemci veya elektronik yayın cihazının görebildiği veya kapsadığı alanları ortaya çıkaran bir analizdir. Sivil ve askeri alanda oldukça kıymetli bilgilerin elde edilmesini sağlayan bir uygulamadır. Örnek olarak şöyle bir senaryo düşünülürse: Bir milli parkın 4 unsurunun birbiriyle görüşmesinde sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunu gidermek için alınacak olan role istasyonunun konuşlandırılacağı yerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yer, aşağıda belirtilen görüş analizi uygulaması ile tespit edilecektir [31]. Bu analiz ARCGIS programının alt modülü olan ARCMAP’de yapılmıştır. Aşağıda bu senaryo üzerine kurulu analiz anlatılmıştır:

Milli park sahasındaki her bir tesis radyo antenine sahiptir. Antenler; merkezde 100 fit diğer birimlerde ise 50 fit yüksekliğindeki kuleler üzerindedir. İhtiyaç duyulması halinde yeni yerleştirilecek role istasyonlarına ilişkin kule yüksekliklerinin 100 fit olması planlanmıştır.

“Viewshed” diyalog kutusu birkaç parametreyi içermekte olup kullanımı çok basittir. Parametrelerin pek çoğu, girdilerin öznitelik tablolarındadır. Görüş analizine ilişkin olarak onlarca terim mevcut olup bunların anlamları ve işlevleri aşağıda belirtilmiştir.

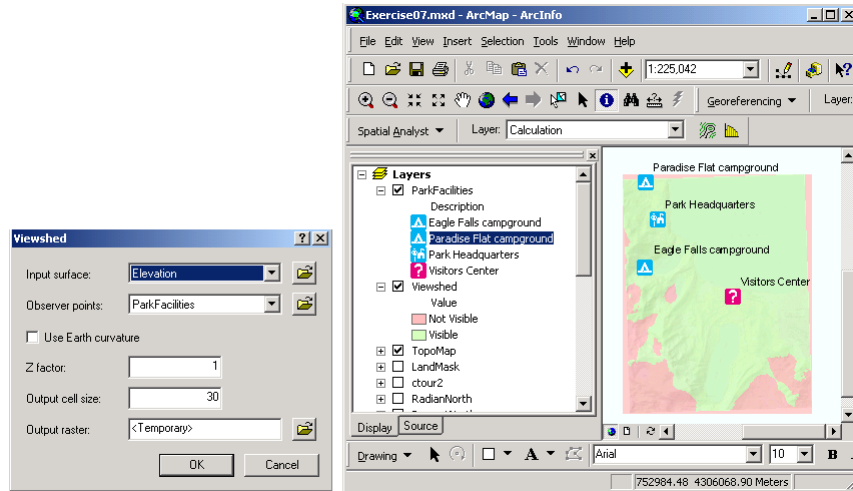
“Viewshed” diyalog kutusu birkaç parametreyi içermekte olup kullanımı çok basittir. Parametrelerin pek çoğu, girdilerin öznitelik tablolarındadır. Görüş analizine ilişkin olarak onlarca terim mevcut olup bunların anlamları ve işlevleri aşağıdaki Tablo 1.1’de belirtilmiştir [31].

Yapılacak uygulamada OFFSETA ve OFFSETB verici-alıcı anten olarak olarak düşünülebilir. Bu tezde yüzey düz kabul edilerek analiz yapıldı. Bu viewshed analizinde yüzey haritası da eklenebilir. Binalar, yollar, ağaçlar vb. nesnelere bu yüzey datası üzerine giydirilip analiz yapılır. Bu analiz ARCGIS’in ARCSCAN modülü altında yapılır. Yüzey datası

engebeli araziye yüksek çözünürlükte ve doğrulukta temsil eder. Sadece yüzey üzerindeki görünürlük analizi yapılabileceği gibi, üç boyutta da yapılabilir. Bu tezde bir geometrik algoritma üzerine, ARCGIS programında Trabzon datası açılarak veriler elde edildi. Daha sonra LOS olasılıkları hesaplandı.

Tablo 1.1. ARCGIS programı görüş analizi ekranındaki terimlerin açıklamaları [31].

SPOT	Gözlemcinin bulunduğu yerin mutlak irtifasını belirtir, diğer bir deyişle deniz seviyesinden olan yüksekliğidir.
OFFSETA	Gözlemcinin veya cihazın kendi yüksekliğidir. Uygulamada her bir birimin sahip olduğu kulelerin yüksekliği kullanılacaktır. Default değeri 1'dir.
OFFSETB	Hedefin veya gözlenen yerin yüksekliğini ifade eder. Uygulamada 100 fit yüksekliği kullanılacaktır. Default değeri 0'dir.
AZIMUTH1	Cihazın veya antenin yatay tarama açısının başlangıç derecesidir. Default değeri 0 derecedir
AZIMUTH2	Cihazın veya antenin yatay tarama açısının bitiş derecesidir. Default değeri 360 derecedir.
VERT1	Cihazın veya antenin ufkun üstündeki tarama açısıdır. Default değeri +90 derecedir.
VERT2	Cihazın veya antenin ufkun altındaki tarama açısıdır. Default değeri -90 derecedir.
RADIUS1	Cihazın veya antenin yayın yapabileceği asgari mesafedir.
RADIUS2	Cihazın veya antenin yayın yapabileceği azami mesafedir.

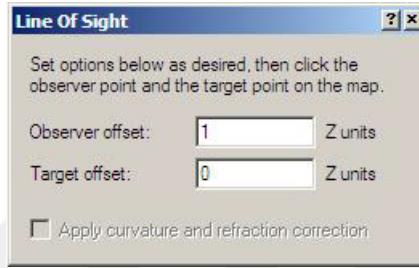


Şekil 1.7. Viewshed diyalog penceresi ve katmanı [31].

Şekil 1.7’de bu “Viewshed” katmanı incelendiğinde görünen alanların yeşil renkte, görünmeyen alanların ise kırmızı renkte sembolize edildiği görülür.

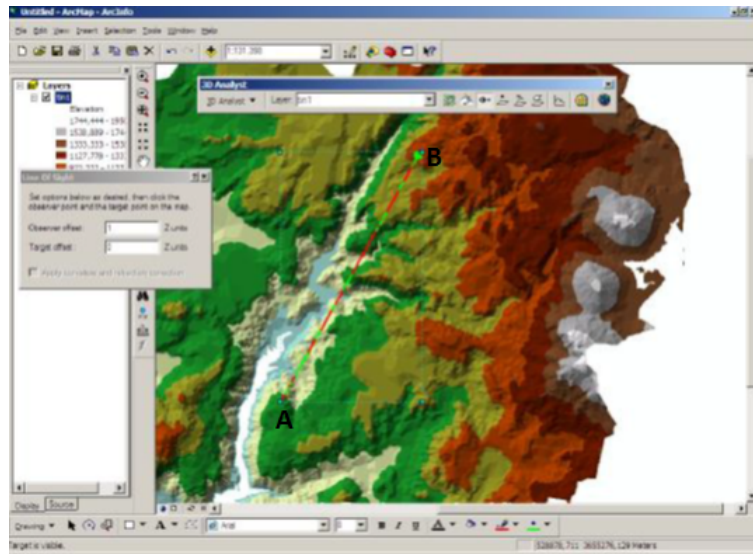
1.5.2. Görünürlük Analizi

ARCMAP'te gerçek arazi modelleri üzerinde görünürlük analizi yapılabilir. Bu uygulama ile hedeflenen amaç ormanlık alanlarda kurulacak olan yangın kulelerinden, askeri bölgelerdeki nöbetçi kulübelerinden ve turistik amaçla oluşturulacak manzara izleme alanlarının görüş alanlarının belirlenmesidir [52]. Direkt Görüş analizinde(LOS) bir noktadan bakıldığında düz bir hat boyunca hangi bölgelerin görülüp görülemeyeceğine dair görünürlük analizi de yapılabilir. Bu fonksiyonla hat boyunca bakan(gözlemci) ve bakılan(hedef) yer arasında görünür olmayan kısımları da görebilirsiniz.



Şekil 1.8. ARCMAP modülü LOS analizi diyalog ekranı [52].

Line of sight penceresinde yer alan gözlemci(observer) ofset penceresine gözlemcinin kaç derece ile bakış yapacağı bilgisini girmek gerekmektedir. Bu durumu gösteren LOS analiz diyalog penceresi Şekil 1.8'de gösterilmiştir.



Şekil 1.9. ARCMAP modülünde gerçekleştirilen örnek bir LOS analizi [52].

Bu amaçla herhangi bir A noktasından B noktasına 10 metre yükseklikteki bir kulübe veya platformdan 45 derecelik bir açı ile bakıldığı varsayılmaktadır. Hedef(target) ofset penceresine yükselti değeri girildikten sonra A ve B noktaları arasında çizgi çekildiğinde yeşil alanlar görünen alanları kırmızı renkli alanlar ise görülemeyecek olan alanları göstermektedir [52]. Görüş çizgisi(Sight Line) oluştururken, bakan veya bakılan konumlara yükseklik de eklenebilir. Örneğin, 50 metre yüksekliğindeki bir gözetleme kulesinden bakılıyorsa, bakılan noktaya 50 metrelik bir ofset yüksekliği verilebilir. Şekil 1.9'da ARCGIS programında yapılan bir LOS analizi örneği verilmiştir.

1.6. LOS Olasılık Hesaplarını Etkileyen Parametreler ve Faktörlere Genel Bir Bakış

İletişim sistemlerinin tümünde olduğu gibi HAPs sistemlerinde de en önemli parametrelerden biri sistem ve bağlantı tasarımında ihtiyacımız olan yayılım karakteristiklerinin iyi bir şekilde belirlenmesidir. Bu yayılım karakterlerinin yüksek doğrulukta kestirimi için yayılımın modelleneceği ortamın gerçeğe çok yakın temsil edilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada yalnızca LOS olasılıkları hesaplandı. LOS olasılığının hesaplandığı literatürdeki çalışmalar incelendiğinde analizleri etkileyen temel faktörlerin şunlar olduğu açıkça ortadadır:

- Bina türleri(ofis tipi okul, tipi, ev tipi vb.)
- Bina yükseklik yoğunluk dağılımlarının uydurulduğu istatistiksel dağılımlar: gauss dağılımı, Rayleigh dağılımı, üstel dağılım ve Log-normal dağılımı gibi.
- Ortamdaki engeller(Ağaçlar, araçlar, insanlar, telefon direkleri vb.)
- Ortamın düz olmayan yüzeyi(engebeli olması).

Ayrıca literatür incelendiğinde LOS olasılık hesabı benzeri yaklaşımlar görülecektir. Bu olasılıklar: gölgeleme(shadowing) olasılığı [53,54,55,65], bina blokaj(building blockage) olasılığı[55,58,63] ve kapsama(coverage) olasılığı [59,60,62]. Bu belirtilen olasılık terimleri geometrik bağıntılarla ifade edilir. Bu olasılık değerleri; bina yüksekliği, bina genişliği, cadde genişliği, yol uzunluğu, cadde genişliği, azimuth açısı ve yükselme açısı gibi parametrelerin fonksiyonu olabilir [77]. Bu LOS olasılık değerleri hesaplanırken bina genişlikleri, bina yükseklikleri ve cadde genişliklerinin dağılımlarının, bilinen istatistiksel dağılımlara benzediği görülüp, analiz buna göre yapılmıştır. Literatür incelendiğinde Bina yükseklik yoğunluk dağılımlarının uyum gösterdiği istatistiksel dağılımların; gauss dağılımı [70,75], Rayleigh dağılımı [53,54,56,60,61,62,63,66,69,75] üstel dağılım [58] ve Log-normal dağılımı[67,68,71,73,74] olduğu görülmüştür. Bunların dışında bina yükseklik yoğunluk dağılımını X- karesel(square) dağılımı alan bir literatür çalışma da mevcuttur [76].

Yukarıda bahsedilen hususların dışında, LOS olasılık hesaplarının yapıldığı hücreler haberleşme sistemleri vardır [55,59,78]. Araç haberleşmesi sistemlerinde yol güvenliği ve optimum güzergah belirlemede, yoğun trafik ve nesne blokaajlarını göz önünde bulunduran LOS olasılık analizi de yapılmıştır [57].

LOS olasılık hesabı yapılırken bina genişlikleri ve yükseklikleri gerçek veri tabanından elde edilmeye çalışılır. Eldeki veri kısıtlıysa yani tüm ilgilenilen alanı tam olarak temsil etmiyorsa; bilinen dağılımlara dayalı olarak eksik bina yükseklikleri-genişlikleri tahmin edilir. Bu kabul, analizde büyük kolaylık sağlar ve hesap yükünü azaltır. Bu tezde, bina yükseklikleri ve genişlikleri dijital haritadan alınan gerçek değerler olacaktır. Dolayısı ile bu tezde hesaplanan LOS olasılık değerlerinin doğruluğu daha yüksek olacaktır.

1.7. HAPs Sistemlerinde Yayılım Ortamlarının Belirlenmesi ve LOS Olasılığının Hesaplanması

Hasırcı yaptığı çalışmada HAPs yayılım modellemesi üzerinde durmuş ve yayılımda başarımlı analizi yapmıştır [1]. Olası tüm kentsel yayılım ortamları dört grupta toplanmıştır. Bunlar; yarı kent (suburban [SU]), kent (urban [U]), yoğun kent (dense urban [DU]), yüksek yapılı (metropol) kent (urban high rise [UHR]) şeklinde gruplandırılmıştır. Bu yayılım ortamları bilinen istatistiksel modellerle yükselme açısına da bağlı olacak şekilde modellenmiştir. Burada sadece kentsel alanlar üzerinde durulması daha ayrıntılı bir inceleme yapılmasını sağlamıştır. Ayrıca günümüzde hızla artan metropol alanlar, sinyal zayıflamalarında çok daha önemli hale geldiğinden daha ayrıntılı incelemeler bu problemin çözümü için olumlu bir katkı olacaktır. Temel parametreler =Yükselme Açısı (5-90 derece), K_1 =Rice yayılım katsayısı (10-20 dB), K_2 =Rayleigh yayılım katsayısı (10-20 dB) ve sönümlenme derinliğinin performans yüzdesi olarak belirlenmiştir. Bu istatistiksel modelle serbest uzay yol kaybı birleştirilerek 2-6 GHz frekans bandında toplam yol kaybı modeli oluşturularak her bir yayılım ortamı ve farklı koşullar için kanal başarımlı analizi yapılmıştır.

HAPs sistemlerinde yükselme açıları ve yayılım ortamları, yayılım karakteristiklerinin belirlenmesi için en önemli parametreler olarak karşımıza çıkar. Öncelikle ITU-R Rec. P.1410 [62] istatistiksel modelinden yola çıkarak incelenen yayılım ortamları için her bir yükselme açısına karşılık gelen LOS (direkt görüşün olduğu) ve NLOS (direkt görüşün olmadığı) olasılık dağılımları hesaplanıp [4], oluşturulacak modelde kullanılmak üzere veriler oluşturulmuştur. Bu istatistiksel model [4], binaların bulunduğu daha çok kentsel diye adlandırabileceğimiz alanları tanımlarken sadece üç adet amprik parametreden faydalanmaktadır. Bunlar;

- α : Binalarla kaplı alanın tüm alana oranı
- η : Binaların birim alan başına ortalama değeri

- λ : Bina yüksekliği dağılımdan saptanan parametre

α parametresinin değişim aralığı 0,1 den 0,2'ye; η parametresinin değişim aralığı 100'den 750'ye kadardır. λ en sık rastlanan bina yüksekliğini temsil etmek üzere, bina yüksekliklerinin istatistiksel Rayleigh dağılımı parametresi olarak izah edilir. Rayleigh dağılımı esas alan olasılık yoğunluk fonksiyonu $P_r(h_b)$

$$P_r(h_b) = \frac{h_b}{\lambda^2} e^{-\frac{h_b^2}{2\lambda^2}} \quad (1.1)$$

şeklinde olacaktır. Burada P_r , verilen kentsel alandaki bina yüksekliğinin h_b ye eşit olduğu durumdaki olasılık değeridir. α ise iki boyutlu şehir planından basit bir şekilde elde edilebilir. η ise en az öneme sahip parametredir; çünkü Tablo 1.2' de verilen simülasyon sonuçlarına en az etkide bulunan η 'dır. Senaryo için dört farklı tip ortam seçilmiştir. Bunlar;

1. Yarı kent (SU)
2. Kent (U)
3. Yoğun kent (DU)
4. Yüksek yapılı (metropol) kent (UHR)

Yarı-kent alanlardan gökdelenli şehir merkezlerine kadar, kullanılan dört farklı yayılım ortamına bağlı oluşan ITU-R Rec. P.1410 [62] istatistiksel model parametreleri Tablo 1.2' de özetlenmiştir.

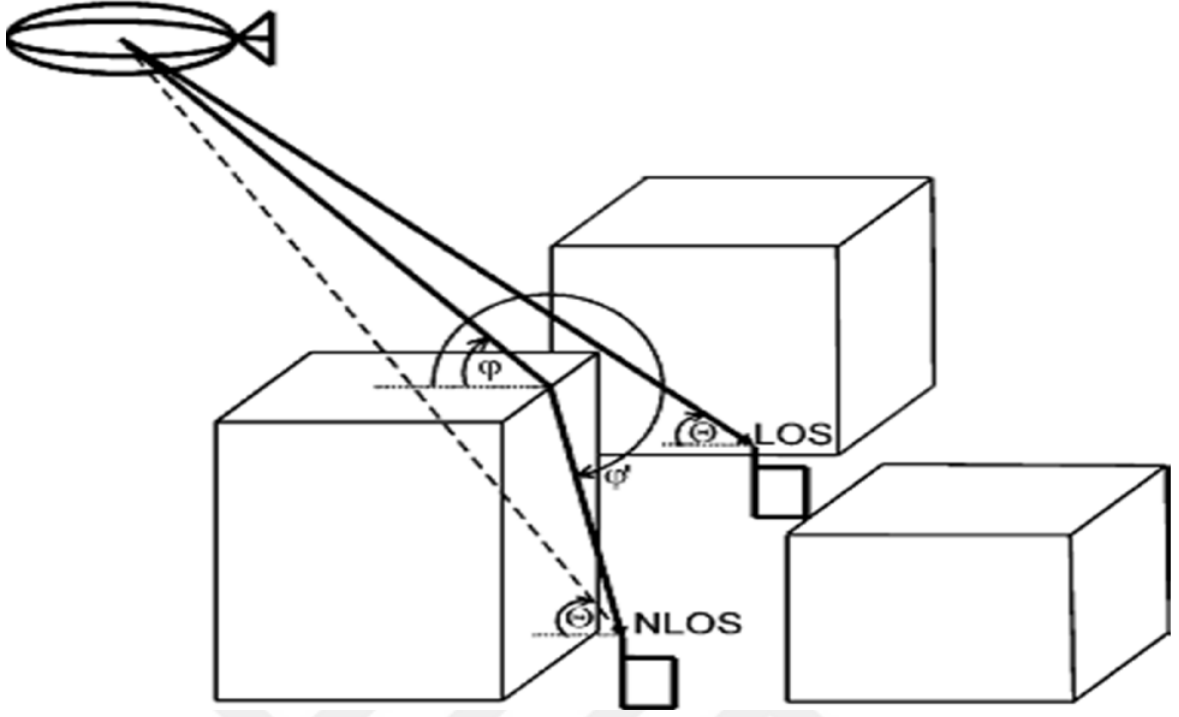
Tablo 1.2. Seçili yayılım ortamlarında ITU-R Rec. P.1410 modeli parametreleri[4].

Yayılım Ortamı	α	η	λ [metre]
Yarı kent (SU)	0,1	750	8
Kent (U)	0,3	500	15
Yoğun kent (DU)	0,5	300	20
Yüksek yapılı kent (UHR)	0,5	300	50

Bina yükseklik yoğunlukları dağılımlarına literatür taramasında ve 1.6 bölümünde değinilmiştir. Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, referanslarda en fazla rayleigh dağılımıyla çalışıldığı görülmüştür. Bazı çalışmalarda ise rayleigh dağılımı kadar olmasa da Log-normal dağılıma rastlanır.

Dört adet yayılım ortamı için her bir yükselme açısına karşılık gelen LOS ve NLOS olasılık dağılımları aşğıdaki geometri üzerine oluşturulmuştur [4]. Bu geometri bir bakıma yapılacak olan benzetim için esas alınmış senaryodur.

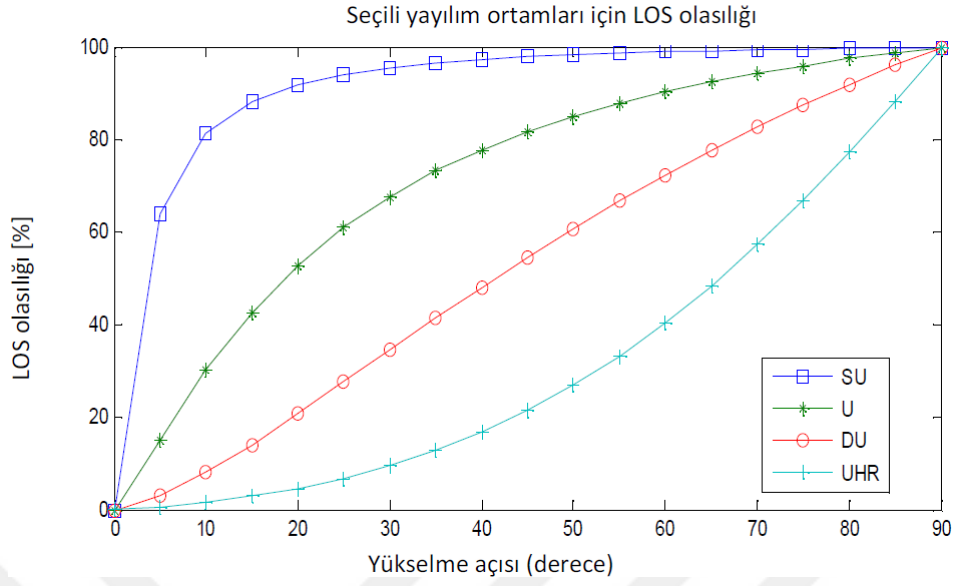
Yapılan senaryoda bir analiz için 2 x 2 km boyutlarda bir kent alınmış olup, simülasyonda binaların yerleşimi 1 m'lik dilimlerle örneklendirilmiştir. Simülasyonlar iki



Şekil 1.10. LOS ve NLOS senaryolarının geometrisi.

gruba ayrılmıştır. Birincisinde caddelerdeki LOS olasılıkları, binalarla dolu farklı tip alanlar için yükselme açısının bir fonksiyonu olacak şekilde analiz edilmiştir. İkincisinde ise binaların gölgeleme etkisinden ötürü ilave edilen yol kaybı düzgün kırınım teorisi (Uniform Theory of Diffraction) (UTD) kullanılarak analiz edilmiştir [79,80]. Burada bina çatıları, bağlı dielektrik (yalıtkan) sabiti 4 olan dielektrik takozlar şeklinde modellenmiştir. Çatılarda oluşan kırınım kaybı hem yatay hem de düşey polarizasyonlarda ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha detaylı bir ışın izleme yöntemi burada uygulanmamıştır. Çünkü yayılım ortamının istatistiksel modeli caddelerin vadili yapılarını da içeren daha gerçek bir veri içermeyip, Şekil 1.10'daki gibi LOS ve NLOS durumlarını içine alan daha basit bir geometri göstermektedir.

Hesaplamalar, azimut açıları 0-360 derece arasında değişecek şekilde, 9 derecelik aralıklarla yapılmıştır. Başlangıçta binalar istatistiksel modellerle rastgele oluşturulmuştur. Ardından, çok fazla sayıda senaryoyu gerçeklemek ve analiz etmek için, verilen yükselme ve azimut açıları, caddelerin her bir örneklenen noktası için HAPs'ın konumu ayrı ayrı saptanmıştır. Belirlenmiş bir yükselme açısı için LOS olasılığı, tüm azimut açıları için elde edilen veri serilerinin orta noktası (median value) alınarak hesaplanmıştır. Böylece sonuçlar azimut açısından bağımsız hale gelmiştir; çünkü gerçek dünyada binalar genellikle düzgün yapılarda yerleşmemiştir. Bu simülasyonlar, 1 dereceden 90 dereceye kadar tüm yükselme açıları için uygulanmış ve Şekil 1.11'deki gibi bir dağılım elde edilmiştir [4].



Şekil 1.11. Seçili yayılım ortamları için yükselme açısına bağlı LOS olasılığı [4].

Şekil 1.11’de elde edilen veriler yardımıyla yükselme açısına(θ) bağlı bir denklem bulunmuştur [4].

$$P_{Los}(\theta) = t - \frac{t - n}{1 + \left(\frac{\theta - k}{l}\right)^p} \quad (1.2)$$

Denklem (1.2)’deki parametrelerin ortamlara göre değişimi de Tablo 1.3’te belirtilmiştir.

Tablo 1.3. LOS olasılık hesabı için parametreleri [4].

Yayılım Ortamı	t	n	k	l	p
Yarı-Kent (SU)	101.6	0	0	3.25	1.241
Kent (U)	120	0	0	24.3	1.229
Yoğun-Kent (DU)	187.3	0	0	82.1	1.478
Yüksek-Yapılı-Kent(UHR)	352.0	-1.37	-53	173.8	4.670

1.8. Görünürlük Kestirim Modelleri

PMP(Point-to-Point) sistemleri noktadan noktaya haberleşme sistemleri olup, modern durağan kablosuz haberleşme sistemleri için tercih edilmektedir. Bu, PMP sistemlerinin yüksek kapasite sağlaması, kolay ölçeklendirilebilir olması ve maliyetinin nispeten düşük olması nedeniyledir. PMP ağları; Yeryüzeyi değişimi(engebeli olması), bitki örtüsü, bina

yoğunluğu, bina yüksekliklerinin uzamsal dağılımı gibi bilgileri gerektirir. PMP sistemlerini tasarlarırken, bu bilgileri gözönüne almak gerekir. Hayati derecede önemli bir dizayn faktörü de radyo dalgası yayılım kestirimi için gerekli olan LOS kestirimidir [81].

1.8.1. Kapsama Alanı

Kapsama Alanı, bir veya daha fazla baz istasyonu tarafından kapsanacak potansiyel alanları kasteder. Bu alanlar ev, ofis vb. diğer yerler olabilir. Yayılım(propagasyon) modelleri, daha düşük kapsama bölgesinde olması muhtemel alanları gösteren kentsel ve banliyö bölgelerinin haritalarını kullanır. Geleneksel yayılım modelleri, tek başına kapsama alanı kestirimi için çok gerçekçi sonuçlar vermediği gözlemlenmiştir [81]. Kapsama alanı içindeki binaların yüzdesini(oranını) bilinirse, doğru bir kapsama bölgesi bilgisine erişebilir. Binalar düzgün bir yapıda değilse ve yeryüzeyi(terrain) de engebeli bir yapıdaysa bu durumda gölgeleme(shadowing) etkisi oluşacaktır Bu gölgeleme etkisi, yayılım yol kayıplarının artmasına sebep olur [81]. Herhangi bir kapsama planlaması yapılırken iki ana hususa dikkat edilir:

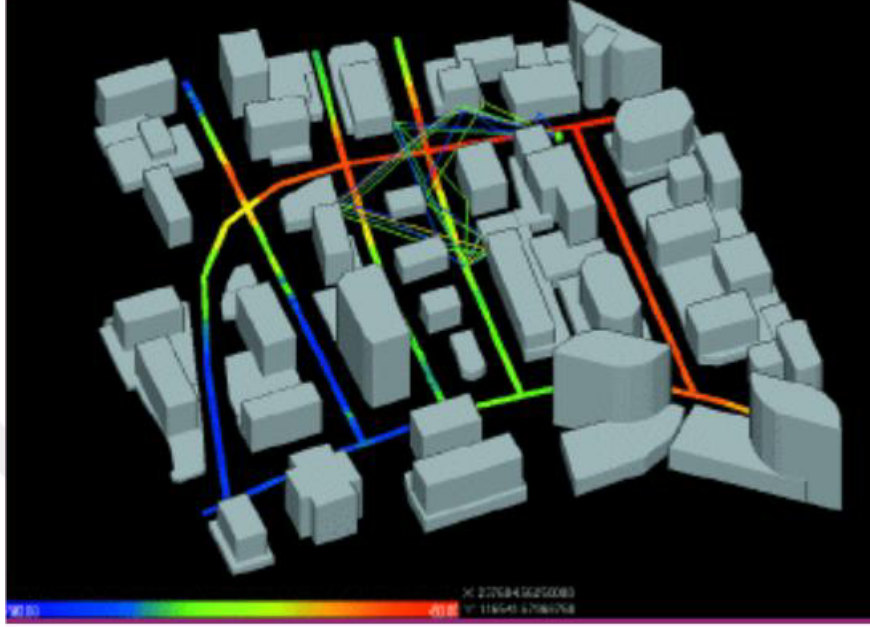
1. Kapsama alanı içerisindeki binaların yüzdesi
2. Kapsama alanındaki binalarla verici yüksekliği arasındaki ilişkiyi yönetmek ve uyumun sağlanması [81].

1.8.2. Işın İzleme Yöntemleri

Verilen bir radyo sitesinde kapsama bölgesi çizimlerini yapmak için kompleks ışın izleme yazılımlarını ve yüksek çözünürlüklü resimleri kullanan araçlar(tool) vardır. Yüksek çözünürlüklü resimleri kullanmak, üç boyutlu modellerin kurulmasına yardımcı olur. Bu üç boyutlu modeller yalnızca binaların yerleşimi hakkında bilgi vermez, aynı zamanda bina yükseklik dağılımları, bitki örtüsü ve yeryüzeyi hakkında bilgi verir.

ESRI (Environmental Systems Research Institute) şirketinin üretmiş olduğu ARCGIS programının ARCVIEW modülü üç boyutlu modelleme görüntüleme için kullanılır. Üç boyutlu resim ile ilgili daha ayrıntılı bilgiler [85]'de bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 1.12'de, Amerika'daki Rosslyn şehrinin üç boyutlu profili görülmektedir. Yeşil renkteki noktaların oluşturduğu hat, farklı noktalardaki alıcılara ışın gönderen vericiyi temsil etmektedir. Bu ekran Wireless InSite™ yazılımından alınmıştır [86]. Bu yazılım, Remcom şirketi tarafından siteye özgü radyo propagasyon kestirimi yapan bir yazılımdır. Bu yazılım üç boyutlu ışın izleme ve görüntüleme tekniklerini kullanmaktadır. Aşağıda Şekil 1.12'de, yukarıda bahsedilen Wireless InSite™ yazılımından alınan ekranın görüntüsü görülmektedir. Şekil 1.12'ye bakılacak olursa,

bir kent modellemesi yapıldığı görülecektir. Bu ekran üzerinde alıcılar ve vericiler genelde eşit aralıklarla(2-3 metre) yerleştirilir. Işın izleme ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur. Işın izleme algoritmaları oldukça karmaşıktır.



Şekil 1.12. Wireless InSite yazılımında yapılmış üç boyutlu ışın izleme örneği [86].

1.8.3. Görünürlük Kestirimi İçin İstatistiksel Modeller

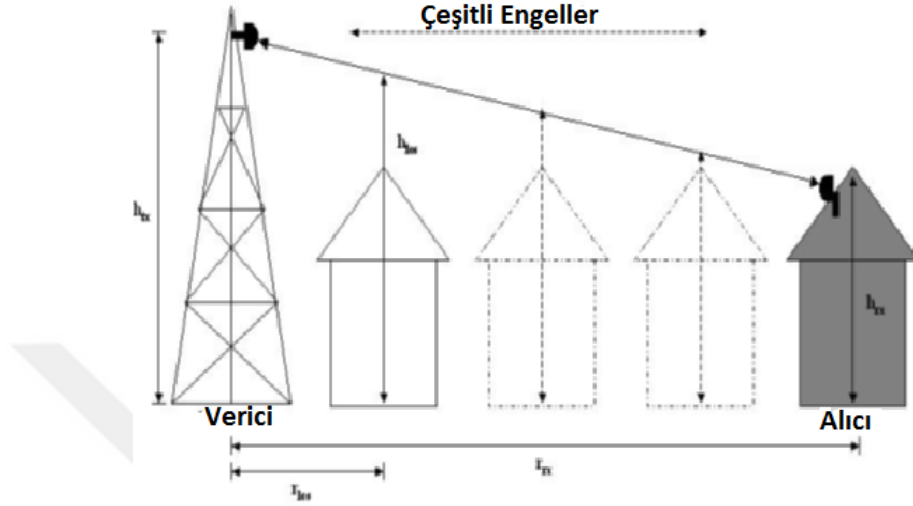
İki model geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi RAL(Rutherford Appleton Laboratuvarı) tarafından geliştirilen CRABS(Geniş Bant Servisler için Hücresel Radyo Hizmetleri.) [82], ikincisi ise, Plectex firması tarafından geliştirilmiş PLEXTEX modelleridir [83]. Bu iki model ışın izleme model ve algoritmalarına iyi bir alternatif olduğu gözlemlenmiştir.

1.8.3.1. CRABS Modeli

Kent tipi çevreleri temelde 2 parametre ile karakterize edilebilir [87]. Bu parametreler bir binayı diğer bir binadan şekil ve özellik bakımından ayırt etmeye imkan veren GIS haritalarından elde edilebilir. İstatistiksel açıdan bakıldığında, bina yükseklik dağılımlarının Rayleigh dağılıma benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir [87]. Bu model, LOS olasılıklarını hesaplamak için bina yükseklik dağılımını içeren bina yoğunluklarını kullanmıştır.

CRABS modeli, verilen bir alıcı-verici yolu boyunca LOS olasılığını gözlemlemeye dayalı bir modeldir. Bu gözlemlenmede, alıcı ve verici arasındaki var olan LOS(direkt

görüŖ) yolu takip edilir. Bu yol üzerindeki binaların yüksekliklerine bakılır. Bu binalardan, yükseklikleri LOS yolundan daha alçakta kalanları seçilir ve seçilen bu binaların LOS olasılıkları birleŖtirilerek o yol boyunca olan genel LOS olasılığı hesaplanır. Bu durum Ŗekil 1.13’de gösterilmiŖtir.



Ŗekil 1.13. Alıcı ve verici arasındaki LOS ışınına göre LOS olasılığı hesaplanacak binaların gösterimi [62].

Alıcı-verici arasında LOS yolunu engelleyebilecek binaların dıŖında taŖıtlar, telefon direkleri, çeŖitli nesnelere ve bitki örtüsü gibi engeller de bulunabilir. Bunlar yaklaŖık olarak modellenip LOS olasılık hesabında kullanılabilirler. Gerçek dünyada modellemenin böyle olması gerekir. Bu Ŗekilde modelleme yapmak hesap yükünü ve maliyeti de artıracadığı gözönüne alınmalıdır. Günümüzdeki üç boyutlu haritalar çok ayrıntılı olup ileri seviye analizlerine imkan vermektedir. GIS yazılımları arasında rahatlıkla geçiŖ yapılabilen ve veriler bir diğer formata rahatlıkla dönüŖtürülebilmektedir.

1.8.3.1.1. CRABS Modeli İçin LOS Olasılığının Hesaplanması

1.8.3.1 bölümünde anlatıldığı gibi, bu bölümde her binanın LOS olasılıkları hesaplanacaktır. Bundan dolayı, öncelikle her bir bina için, alıcı-verici arasındaki LOS ışınının bu binaların en yüksek noktasına üstten olan yükseklik mesafesi h_{los} , aŖađıdaki (1.3) denklemlerle hesaplanmıŖtır:

$$h_{los} = h_{tx} \frac{r_{los}(h_{tx} \ h_{rx})}{r_{rx}} \quad (1.3)$$

(1.3) denkleminde; h_{TX} : Vericinin yerden yüksekliğini, h_{RX} : r_{TX} mesafesindeki alıcının yerden yüksekliğini ve r_{LOS} : vericiden, alıcı-verici arasındaki Los yolu üzerindeki ilk binaya(veya engele) olan uzaklığı ifade eder.

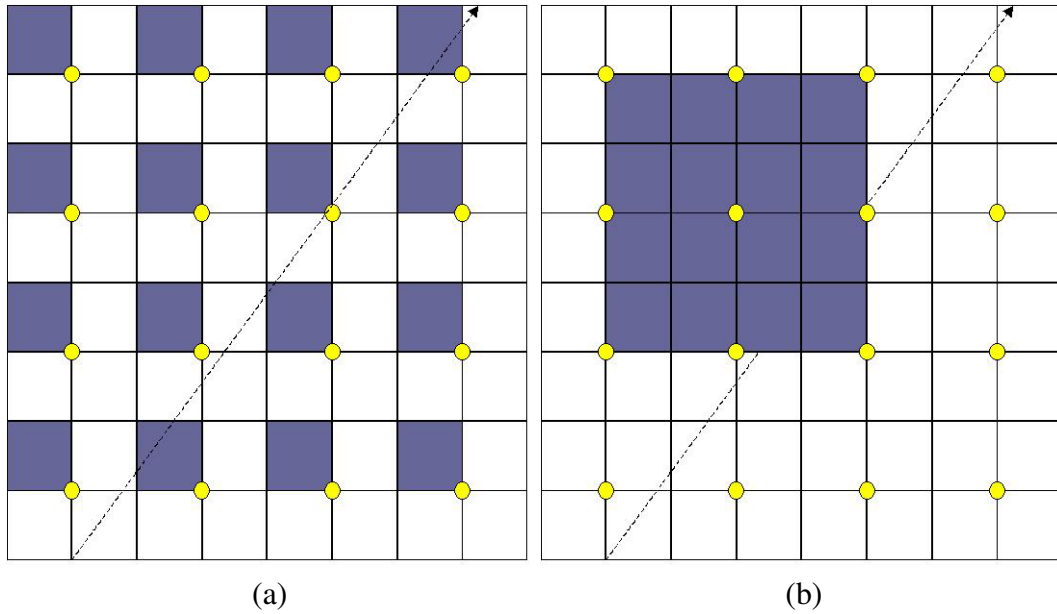
Alıcı ve verici arasında bulunan binaların arasındaki mesafenin aynı olduğu varsayılırsa; alıcı-verici arasındaki mevcut LOS olasılığı aşağıdaki (1.4) denkleminle hesaplanmıştır:

$$P(LOS) = \prod_{b=1}^{b_r} P(\text{bina_yüksekligi} < h_{los}) \quad (1.4)$$

(1.4) denkleminde ifade edilen b_r , alıcı-verici arasındaki LOS yolu boyunca, yükseklikleri (1.3) denkleminle hesaplanan ve yükseklikleri h_{los} yüksekliğinden daha düşük olan binaların sayısıdır. LOS kapsama algoritması, bina yüksekliklerinin istatistiksel verisinden elde edilen β parametresini kullanmaktadır. Çalışma yapılacak herhangi bir bölge için, GIS verilerinden istatistiksel olarak elde edilebilecek en önemli 3 parametre ve açıklaması aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- α : Binalarla kaplı alanın tüm alana oranı
- β : Binaların birim alan başına ortalama değeri(bina sayısı/ km^2)
- γ : Bina yüksekliği dağılımdan saptanan bir parametre

α ve β birbirine benzer parametreler olarak gözükse de, bu parametreler oldukça birbirinden farklıdır. Bu Şekil 1.14'de açıkça görülmektedir.



Şekil 1.14. (a) Çeşitli küçük binalar (b) Tek büyük bir bina [81].

Şekil 1.14 (a)'da belirli bir sayıda bina ile kaplı alanlar gösterilmektedir. Şekil 1.14 (b)'de ise, büyük boyutlarda tek bir bina ile kaplı alanlar gösterilmektedir. Her iki durumda da toplam bina alanı aynı olmasına rağmen, Şekil 1.14 (a)'daki ışın etkileşimleri, Şekil 1.14 (b)'den çok daha fazladır. Bu yüzden, β parametresi göz önüne alınır. Böylece, gölgeleme etkisini artırabilecek tek büyük bir bina yapısından kaçınılmış olur. Daha küçük boyutta olan birden fazla sayıda binanın oluşturduğu yapının gölgeleme etkisi, tek büyük bir bina yapısının oluşturduğu gölgeleme etkisinden çok daha az olacaktır. Dolayısı ile yol kayıpları azaltılabilecektir.

α ve β ; ilgilenilen bölgenin GIS haritasından kolaylıkla elde edilebilir. birbirine benzer parametreler olarak gözükmese de, bu parametreler oldukça birbirinden farklıdır. Bu Şekil 1.14'de açıkça görülmektedir. γ 'yı hesaplamak için GIS veri setinden elde edilen bina yükseklikleri 1 metre genişliğinde küçük dilimlere ayrılır ve buradan en uygun Rayleigh dağılımı elde edilir. γ parametresini belirleyen h yüksekliğine bağlı Rayleigh olasılık dağılım fonksiyonu $P(h)$, aşağıdaki (1.5) denkleminde verilmiştir:

$$P(h) = \frac{e^{-\frac{h^2}{2\gamma^2}}}{\gamma^2} h \quad (1.5)$$

LOS olasılığı hesaplanırken aşağıda maddeler halinde verilen varsayımlar yapılır:

- Binalar düzgün bir ızgara şeklindeki bir yapıya sahip olduğu varsayılır.
- Bu model, PLEXTEx raporundan farklı olarak LOS ışını boyunca NLOS durumundaki(engel teşkil eden) bina sayısını kestirirken bina boyutlarının gözönüne alınmadığı varsayılır.
- Verici-alıcı arasındaki binalar eşit aralıklarla yerleştiği varsayılır.

α ve β ve γ bilindiğinde, LOS olasılığı şu şekilde hesaplanır: Binalar düzenli bir ızgara(grid) üzerinde yerleştirildiğinden dolayı, 1 km'lik bir yol uzunluğuna sahip ışın $\sqrt{\beta}$ kadar binadan geçebilir.

Binalar tarafından kaplı arazinin belli bir oranda yüzdesi olan α 'nın ifadesinden, 1 km'lik yol boyunca geçilen binaların sayısı aşağıdaki (1.6) denkleminle ifade edilir:

$$b = \sqrt{\alpha \beta} \quad (1.6)$$

r_{rx} yol uzunluğu için binaların sayısı aşağıdaki (1.7) denklemi ile ifade edilir:

$$b_r = \text{floor}(r_{rx} \cdot b) \quad (1.7)$$

Burada floor fonksiyonu sonuçların tam sayı olmasını garanti eder. Floor fonksiyonu sonucu en yakın tamsayıya yuvarlar. Alıcı-verici arasındaki binalar eşit aralıklarla yerleştirildiğinden, vericiden olan herhangi bir mesafe aşağıdaki (1.8) denklemiyle hesaplanır:

$$d_i = (i + 1/2) \delta_r \quad i \in \{0, 1, \dots, (b_r - 1)\} \quad (1.8)$$

Yukarıdaki denklemde $\delta_r = r_{rx}/b_r$ 'dir ve binalar arası mesafeyi verir.

Vericiden bir mesafesinde olan ve LOS ışınını(veya yolunu) engeleyen her bir binanın yüksekliği, (1.3) denkleminde r_{los} ifadesi yerine d_i konularak aşağıdaki (1.9) denklemi ile hesaplanır:

$$h_i = h_{tx} - \frac{d_i(h_{tx} - h_{rx})}{r_{rx}} \quad (1.9)$$

Alıcı-verici arasında, h_i yüksekliğinden daha düşük yükseklikte bir binanın gelme olasılığı P_i , aşağıdaki (1.10) denklemiyle hesaplanır:

$$\begin{aligned} P_i(\text{bina yüksekliği} < h_i) &= \int_0^{h_i} P(h) dh \\ &= 1 - e^{-h_i^2/2\gamma^2} \end{aligned} \quad (1.10)$$

Verilen r_{rx} mesafesine kadar olan yol için LOS olasılığını hesaplamak için (1.7) denklemi üzerinde (1.10) denkleminin bazı iterasyonları kullanılır ve aşağıdaki (1.11) denklemi ile ifade edilen LOS olasılık ifadesi ortaya çıkar:

$$P_{los,i} = \prod_{j=0}^i P_j \quad j \in \{0, \dots, i\} \quad (1.11)$$

Verilen bir alıcı-verici mesafesi için LOS olasılığı hesaplandıktan sonra, kapsama alanı çizimleri yapılabilir. Bununla ilgili ayrıntılı çalışma [82]'de sunulmuştur. Ramasarma'nın [81] yaptığı çalışmada her bir verici-alıcı(T-R) çifti için LOS olasılıkları hesaplanmıştır. Daha sonra bu olasılık değerleri Ramasarma'nın yaptığı radyo yayılım kestirimlerine adapte edilmiştir [81].

1.8.3.2. CSELT Modeli

1.8.3.1 bölümünde anlatılan CRABS modelinde LOS olasılıkları, bina dağılımları ve bina yoğunluklarına dayalı olarak hesaplanıyordu. Bununla birlikte, yalnızca bina yoğunluk bilgisi kullanılarak LOS olasılıklarının hesaplandığı çalışma [87]'dedir. Bu model, CSELT(Telecom Italia Lab.) tarafından önerildi. CSELT modeline göre, üstel regresyon işlemi uygulanarak bina yoğunluğu ile bina yükseklikleri arasında ilişki(korelasyon) kurmak mümkündür. Bu durum, Şekil 1.15'de gösterilmiştir.

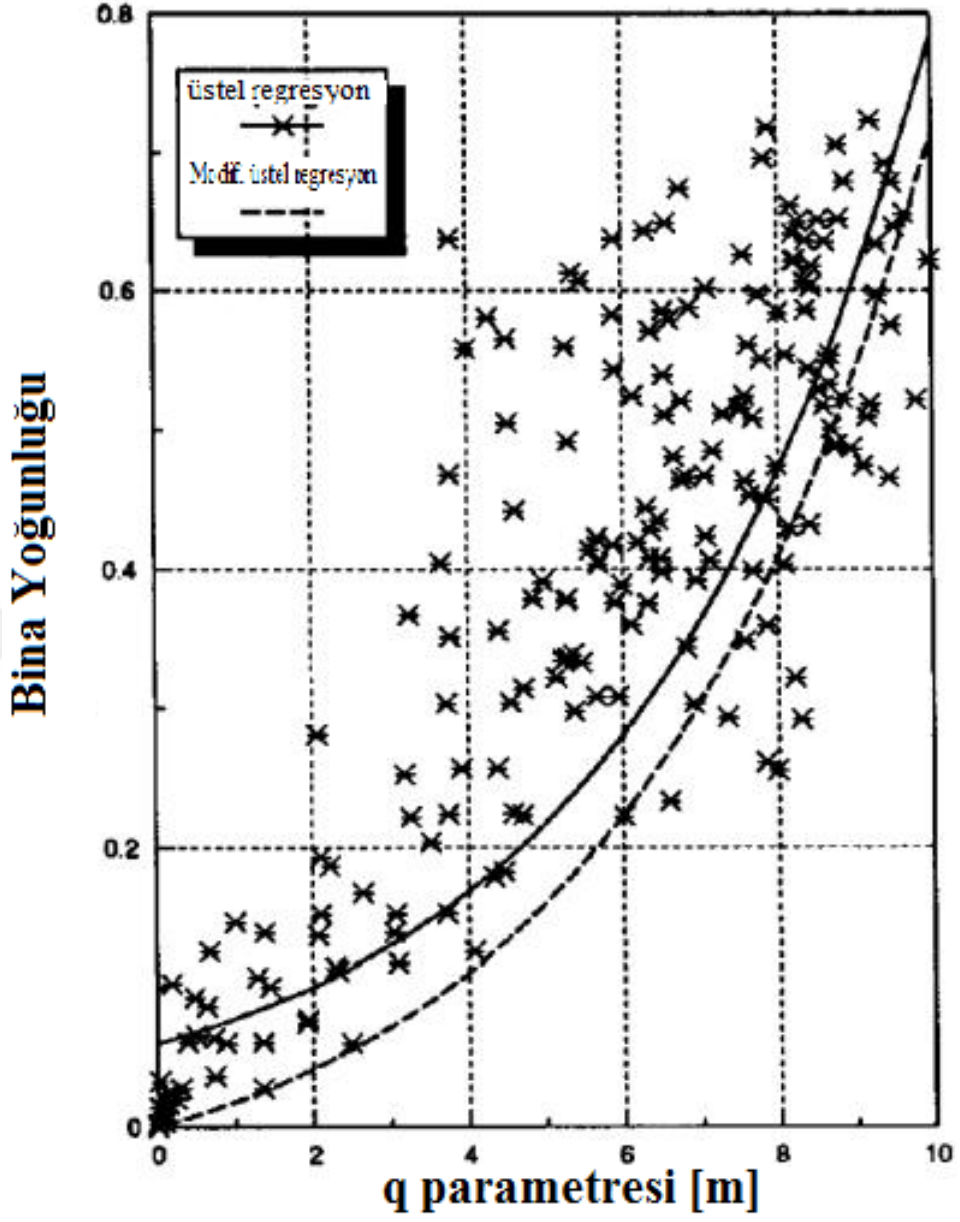
Şekil 1.15'de İtalya'nın Roma şehrinde yapılmış bir GIS veri setinden elde edilen bina yüksekliklerinin q parametresine karşılık çizilen saçılım grafiği(scatter plot) görülmektedir. Bu saçılım grafiğinde düz çizgi şeklinde olan üstel regresyona sahip eğri elde edilmiştir. Bu regresyon çizgisinin, sıfır bina yoğunluğuna karşılık gelen sıfır olan bina yüksekliğini elde edebilmek için modifiye edilmesi gerekir. Bu modifiye edilmiş regresyon eğrisi ile gerçekleştirilir ve grafikte kesikli çizgilerle gösterilmiştir [87].

$$q = \frac{1}{b_q} [\ln(P_{ed} + \exp(a_q)) - a_q] \quad (1.12)$$

(1.12) denkleminde q parametresi hesaplanır ve birimi metredir. Roma şehri için $a_q=1.876$, $b_q=0.248$ olarak bulunmuştur. P_{ed} ise bina yoğunluğudur. P_{ed} , q ve bina yüksekliklerinin ortalama değerleri arasında aşağıdaki (1.13) denkleminde verilen eşitlikteki gibi bir ilişki vardır [87].

$$\text{Bina yükseklikleri ortalaması} = q \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad (1.13)$$

Yalnızca bina yoğunluğu bilgisini kullanarak görünürlük kestirimini geliştirmek mümkündür. Ayrıntılı gösterimler ve çizimler [87]'de görülebilir.



Şekil 1.15. q parametresine karşılık gelen bina yükseklik saçılım grafiği [87].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. Giriş

İletişim sistemlerinin tümünde, vericiden gönderilen sinyalin alıcıya minimum kayıpla ulaşması istenir. Alıcıdaki sinyal ne kadar az hata ile alınır, alıcı katındaki işlemlerle (demodülasyon, dekodlama, alıcı kuvvetlendirici, alıcı filtreler vb.) orijinal sinyal gerçeğe o kadar yakın elde edilir. Dolayısıyla düşük bit-hata olasılığı, yüksek işaret-gürültü gücü oranı (SNR) elde edilir. İletişim sisteminde kapsama alanı, sinyal kalitesi yükseldikçe ve sinyal zayıflaması azaldıkça artar.

Vericiden alıcıya kadar olan düz engelsiz yola görüş alanı veya hattı denilmektedir. Bu serbest görüş alanı yayınlanan sinyal için çok önemlidir. Görüş alanı gibi direkt bir yol olmasa bile vericiden gelen sinyal hedefini bulabilir. Tüm sinyaller direkt bir yol olunca en iyi yayılımı yaparlar. Yüksek frekanslı sinyallerin düşük frekanslı sinyallere oranla daha çok serbest görüş hattına ihtiyaçları vardır. Kızıl ötesi iletişim, özellikle görüş alanındaki engellere karşı hassastır.

İletişim sistemlerinin tümünde olduğu gibi HAPs sistemlerinde de en önemli parametrelerden biri sistem ve bağlantı tasarımında ihtiyaç duyulan yayılım karakteristiklerinin iyi bir şekilde belirlenmesidir. Hasırcının yaptığı çalışmada, HAPs sistemlerinde yayılım modellemesi üzerinde durulmuş ve HAPs başarımları analizi yapılmıştır [1]. Bu tez için yapılan çalışmada elde edilen LOS olasılık değerleri, bir sonraki çalışmada Hasırcı'nın [1] çalışmasında kullanmış olduğu LOS olasılık değerleri [4] yerine konularak; Trabzon ölçeğinde HAPs yayılım modellemeleri elde edilip başarımları analizleri yapılacaktır.

Bu çalışmada Trabzon için binalar.shp, yollar.shp ve mahalleler.shp isimli dosyalar ARCGIS'in alt modülü olan ARCMAP programında açılıp derlenmiştir. Şehrin merkezinde en çok bilinen 26 cadde ve sokak belirlenmiştir. Daha sonra bu 26 cadde boyunca, harita projeksiyonunun kuzey yönünde yol kenarı boyunca uzanan yollara belirli uzaklıktaki binalar seçilip ayrı ayrı shp dosyaları oluşturulmuştur. Daha sonra bu shp dosyaları üzerinde ARCMAP araçları kullanılarak çeşitli işlemler uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda; binaların yükseklikleri, binaların kapladıkları alanlar, binaların kenar uzunlukları, binaların yola olan uzaklıkları vb. bilgiler ARCMAP öznetelik tablolarından elde edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen değerler program içerisinde Excel tabloları şeklinde alınabilmektedir. Bu çalışmada, 26 cadde için yukarıda bahsedilen değerler ayrı ayrı tablolarda saklanmıştır. Matlab ortamında LOS olasılığını hesaplayan bir algoritma

oluşturulmuştur. Bu algoritmada giriş değişkenleri; bina yüksekliği, bina kenar uzunluğu ve binaların yola olan uzaklıklarıdır. Her bir cadde veya sokaktaki binalar için, önce binaların oluşturduğu LOS olasılıkları hesaplanmıştır. Daha sonra bina boşluklarının oluşturduğu toplamsal sabit bir olasılık değeri, daha önce hesaplanan binaların oluşturmuş olduğu olasılık değerine eklenmiştir. Böylece, tüm caddenin yükseklik açısına bağlı olarak ($1^{\circ} - 90^{\circ}$ arası) LOS olasılığı hesaplanmıştır.

Hesaplanan bu LOS olasılık değerlerinin Matlab programında çizdirilen grafikleri incelendiğinde, literatürde bilinen [42] bazı olasılık dağılımlarına benzediği görülmüştür. Literatürdeki on beş civarında olasılık dağılımı ele alınmış, bu dağılımların kümülatif (cdf) dağılım fonksiyonları irdelenmiştir. Bu çalışmada eğri uydurma aracı olarak Matlab programındaki CFTOOL [40] aracı kullanılmıştır. Programda manuel olarak tüm dağılımların denklemleri oluşturulmuş ve R^2 uyum parametresi değerine bakılmıştır. Yapılan analizlerden sonra, iki dağılımın bu çalışmadaki verilere en iyi uygunluk gösterdiği saptanmıştır. Bu dağılımlar Gompertz [38] ve Weibul [39] dağılımlarıdır. Daha sonra bu iki dağılıma bazı manipülasyonlar uygulanarak iki farklı fonksiyon daha elde edilmiştir. Bunlara da gompertz2 ve weibul2 fonksiyonu isimleri verilmiştir. Elde edilen bu dağılımların bazı sokak ve caddelerde diğer orjinal Gompertz ve orjinal Weibul dağılımlarından daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

“Analizi yapılan 26 caddeden Trabzon için genel bir olasılık değeri çıkarılabilir mi?” sorusuna cevap aranmış ve Bayes olasılık teoreminden [41] faydalanarak Trabzon için LOS olasılık değerleri elde edilmiştir. Bu LOS olasılık değerlerine eğri uydurulduğunda en iyi uyumu Weibul2 fonksiyonunun verdiği görülmüştür.

Caddelerdeki binaların toplam alanının caddenin alanına oranı olan α (birimsiz), 1 km^2 ‘lik bir bölgedeki ortalama bina sayısı β (bina sayısı/ km^2) ve caddelerdeki bina yükseklik dağılımına bağlı olan γ (bir caddedeki tüm binaların yüksekliklerin ortalaması olarak alınabilir [4]) parametrelerinin değerleri 26 cadde için elde edilmiştir. Bu üç parametrenin sokaklara göre değişimi incelenmiş ve aralarındaki korelasyon SPSS paket programı ile analiz edilmiştir.

2.2. ARCGIS Programında Trabzon İçin Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada ARCGIS’in 10.1 sürümü kullanılmıştır [8]. Bu programda temel dosya uzantısı shp’dir. ‘Shp’ uzantısı, İngilizce ‘shape’ kelimesi kısaltılarak elde edilmiştir. ARCGIS programında bir çok modül bulunmaktadır. Bunların başlıcaları, ARCVIEW, ARCGLOBE, ARCMAP, ARCSCENE’dir. Bu modüllerden ARCMAP bu çalışmada kullanılmıştır. ARCMAP çok esnek bir yapıya sahip olup içerisinde çok sayıda eklenti mevcuttur. Bu program kullanılarak shp uzantılı Trabzon şehir dataları açılmış, ARCMAP

modülü kullanılarak Trabzon GIS datası üzerinde gerekli analizler ve işlemler yapılarak, LOS olasılıkları hesaplanacak caddeler oluşturulmuştur. ARCMAP kullanılarak bu çalışmada kullanılan geometrik tabanlı algoritmaya giriş olacak veriler elde edilmiştir.

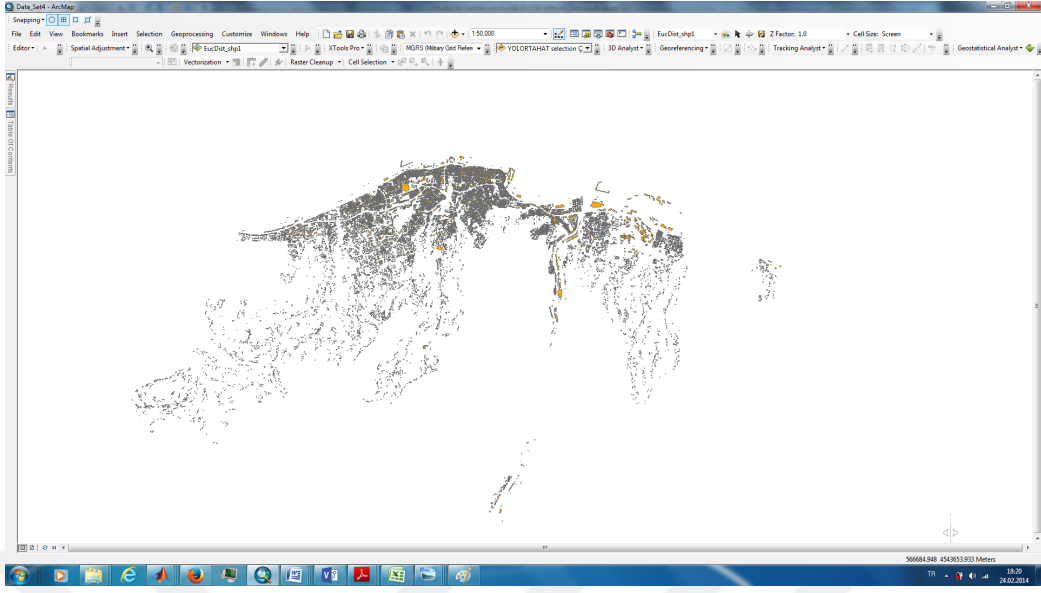
Şekil 2.1. ARCGIS modülünde Trabzon datasının ekran görüntüsü.

Trabzon Kent Bilgi Sistemi datası üç kısma ayrılmıştır: binalar.shp, yollar.shp ve mahalleler.shp dosyaları. Bu üç dosya aynı katman üzerinde açılmıştır. ARCSCENE modülü iki boyutlu veriyi üç boyutlu veriye dönüştürmektedir. Şekil 2.1’de Trabzon datasının ARCMAP modülündeki bir ekran görüntüsü verilmiştir. Bu şekilde, ARCMAP ekranında en sağında görülen ‘Arctoolbox’ menüsü altında birçok işleve sahip fonksiyonlar vardır.

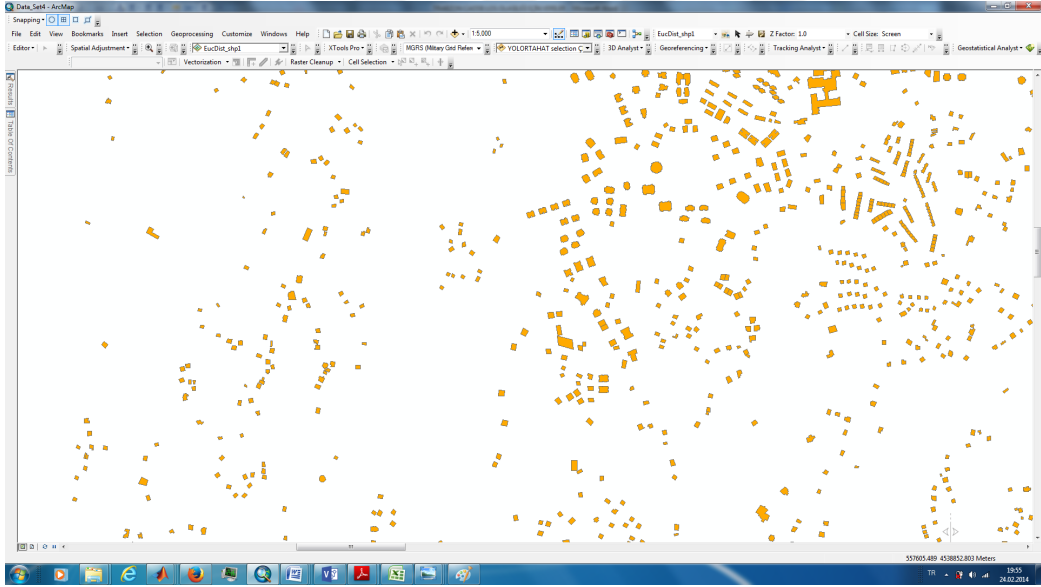
Tablo 2.1. Binalar.shp data dosyasından örnek bir kesit öznitelik tablosu

FID	objectid	katadedi	bina_yüks.	Hacim	Tabanalanı	Tabançevresi
0	75295	1	2,8	110,3283	39,40295	29,02542
1	1536	3	8,4	890,4144	106,0017	41,33296
2	75232	1	2,8	139,9652	49,98758	28,7782
3	75233	1	2,8	1079,912	385,683	87,13467
4	6692	2	5,6	269,4568	48,11729	31,19554
5	16062	6	16,8	1804,213	107,3936	42,15666
6	6975	2	5,6	456,461	81,51089	52,14781
7	15467	6	16,8	3078,291	183,2316	54,22065
8	13504	2	5,6	231,4331	41,32734	25,90349
9	7093	4	11,2	2241,361	200,1215	62,2868
10	7951	5	14	1444,739	103,1956	47,58159
11	23179	3	8,4	849,0797	101,0809	40,71223
12	13196	2	5,6	754,6166	134,753	50,02966
13	13233	5	14	1221,097	87,22123	38,18259
14	35937	1	2,8	67,99247	24,28303	19,7423
15	763	5	14	616,3939	44,02813	26,86203

Şekil 2.2’de binalar.shp dosyasının yakından ve uzaktan görünümüleri verilmiştir.



(a)



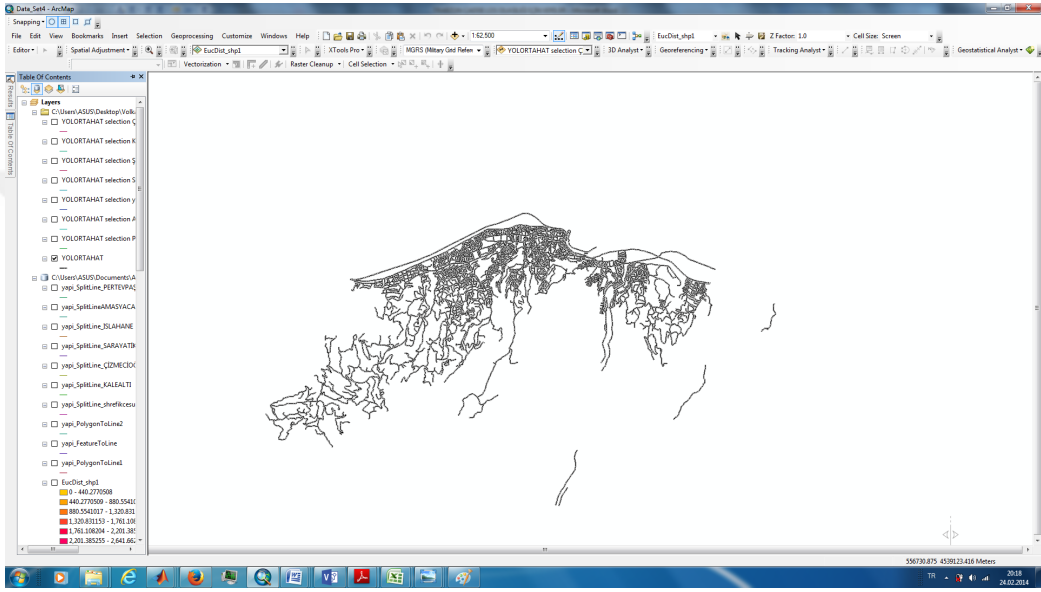
(b)

Şekil 2.2. Arcgis programında Trabzon binalar.shp dosyasının (a) uzaktan (b) yakından ekran görüntüleri.

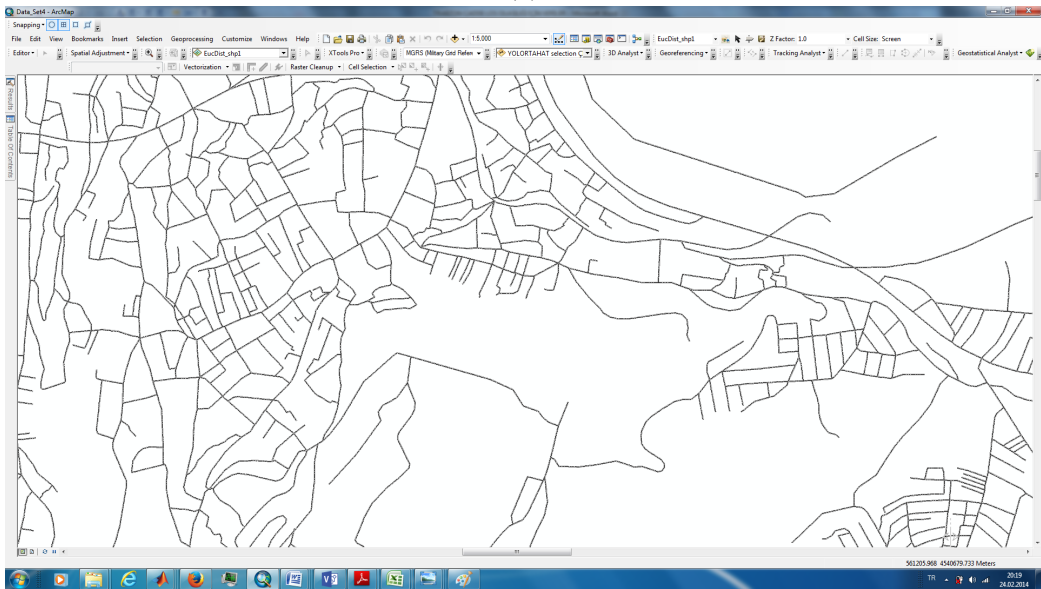
Şekil 2.2’de shp uzantılı dosyada binalar poligon şeklinde çizilmiştir. Bu poligonların köşe koordinatları (x,y) veri tabanında mevcuttur. Ayrıca kat sayıları, bina yükseklikleri, binaların taban alanları ve binaların hacimleri gibi karakteristik bilgiler bu shp uzantılı dosyanın öznitelik tablosunda mevcuttur. Aşağıdaki Tablo 2.1’de binalara ait öznitelik tablosundan bir kesit verilmiştir. Bu tablodan binanın ID’si (objectid), binaların kat adedi, binaların taban alanı ve binaların taban çevresi gibi bilgilere ulaşılabilir. Bu tablodaki bina yükseklikleri; $\text{Bina Yükseklik} = \text{Kat adedi} * 2.8$ formülü ile hesaplanmıştır. Buradaki 2.8

katsayısı inşaat sektöründe göz önünde bulundurululan kot katsayısıdır. Bu katsayı çeşitli ülkelerde birbirinden farklıdır. Türkiye’de genellikle bu kot katsayısı 2.8 olarak alınır. Bazen aynı ülkenin içerisinde bile bu kot farkı farklılık gösterebilir. Bu değer ARCSCENE modülünde yükseltme katsayısı olarak girilir ve bina.shp dosyası 3 boyuta çekilmiş olur.

Tablo 2.1’de görülen binalara ait bir çok özellik bu çalışmadaki analizler için hayati derecede öneme sahiptir. ARCMAP modülü üzerine Xtools isimli eklenti aracılığıyla bu öznelik tabloları otomatik olarak Excel programına çıkartılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2.3. Trabzon yollar.shp dosyasının (a) uzaktan ve (b) yakından görünümü.

Bu tabloda verilen özellikle bina yükseklikleri ve binaların kapladığı alan gibi bilgiler bu çalışmada kilit rol oynamıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda bina yükseklik dağılımlarının bilinen bazı dağılımlara uygun olduğu kabul edilmiştir (1.6 bölümünde).

Tablo 2.2. Yollar.shp data dosyasından örnek bir kesit öznitelik tablosu

FID	yol_uzunluk	yol_adi	yol_t	N_FID	N_DIST
0	18.0556712154638	ŞH.İBRAHİM KARAOĞLANOĞLU	Cadde	5506	1,428346784
1	145.658735972102	814 NOLU	Sokak	15298	2,446052207
2	14.0682661538953	DR. KEMAL DURSUN	Cadde	5334	2,592700516
3	83.44479672220351	HAMAMİZADE	Sokak	700	1,424028795
4	14.6457455500933	HAMAMİZADE	Sokak	21028	0,887789893
5	22.4368228478635	SOYLU	Sokak	6628	0,595736215
6	33.6426980005792	CEVİZALTI	Sokak	6813	0,821139705
7	31.6729420895868	CEVİZALTI	Sokak	6807	0,993984531
8	39.9693673859692	ZİYARET	Sokak	6820	1,275907007
9	28.445605012456	ZİYARET	Sokak	20577	1,252515662
10	69.26251788934221	TAVANLI CAMİİ	Sokak	4730	2,379324322
11	37.0111687440964	TAVANLI CAMİİ	Sokak	4716	2,685749423
12	54.5000579779862	TAVANLI CAMİİ	Sokak	17692	1,637393099
13	110.783308719152	HACI ARİF HAMAM	Sokak	928	1,56539408
14	103.019494995964	HACI ARİF HAMAM	Sokak	1457	0,788913617
15	61.1926569312604	MUSAPAŞA CAMİİ	Sokak	1699	1,100609838
16	66.51493942769071	MUSAPAŞA CAMİİ	Sokak	945	0,703800757

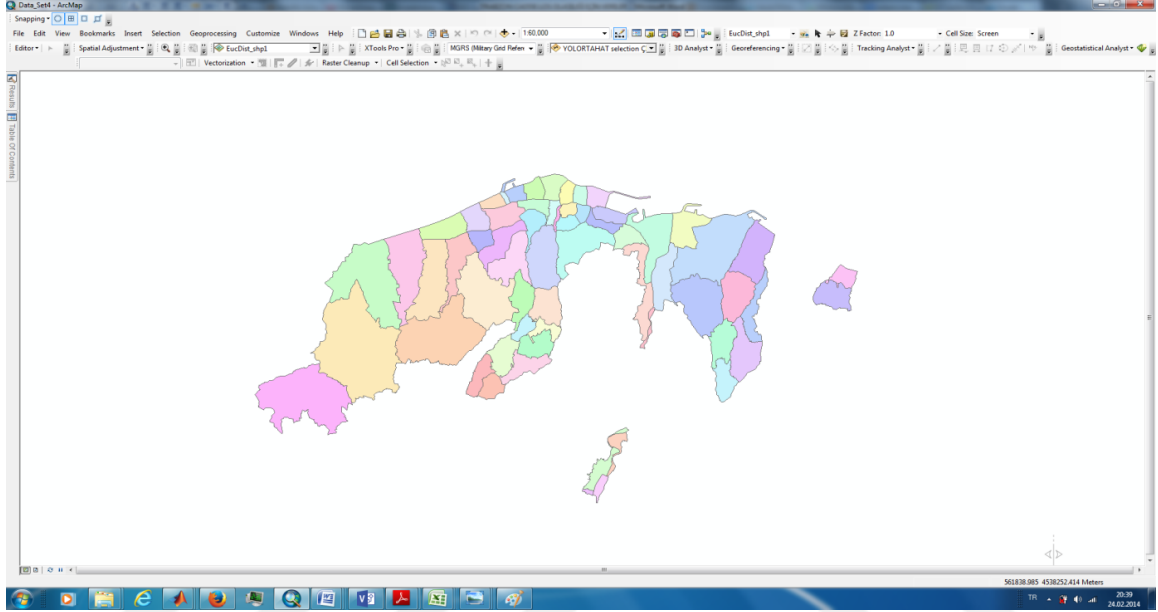
Şekil 2.3’de yollar.shp uzantılı dosyanın ARCMAP modülü ara yüzündeki yakından ve uzaktan görüntüleri birarada verilmiştir.

Şekil 2.3’de yollar.shp dosyasındaki yollar bir çizgi şeklinde çizilmiştir. Örneğin X isimli yol tek bir parça olabileceği gibi, N parçalı bir yol da olabilir. Yollar.shp uzantılı dosyanın büküm (vertex) noktalarındaki (x,y) koordinatları veri tabanında mevcuttur. Yollar.shp dosyasının öznitelik tablosu aşağıda Tablo 2.2’de gösterilmiştir. Bu tablodan yol isimleri, yol türleri, yol uzunlukları, yola en yakın objenin ID’si (*N_FID*) ve bu objeye olan en kısa uzaklık (*N_DIST*) gibi bilgilere ulaşılabilir. Yol türü ya cadde ya da sokak olabilmektedir.

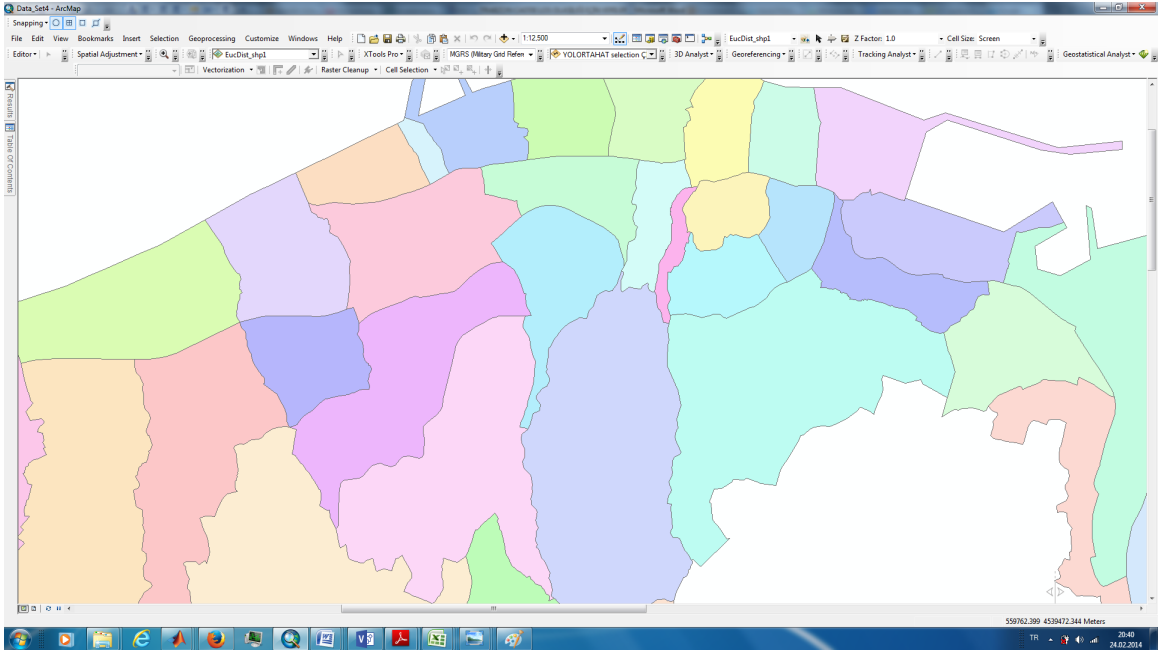
Programda yollar çizgi şeklinde gösterildiği için yolların genişliği bilgisi elde edilemez. İlerde yapılacak çalışmalarda bu yol genişliği bilgisinin de göz önüne alınacaktır. Çünkü radyo haberleşmesinde; binalar arası boşluklar, bina yükseklikleri gibi parametreler haberleşmenin kalitesini etkileyen faktörlerdir. Alıcı yol boyunca hareket edebileceği gibi, yol genişliği boyunca da hareket edebilir. Bu çalışmada, bina kenarından yola olan uzaklıklar gerçek değerlerdir. Yol genişliği sıfır kabul edilmiştir. ARCMAP’de, Analiz araçları içerisinde

yakınlık (proximity) menüsü altındaki Yakın (Near) komutu ile, bir nesneden (bina, yol, ağaç vb.) en yakın başka bir nesneye olan en kısa uzaklık hesaplanır.

Şekil 2.4’de mahalleler.shp dosyasındaki mahalleler poligon şeklinde çizilmiştir. Mahalleler.shp uzantılı dosyadaki her mahallenin sınırı boyunca, büküm (vertex) noktalarındaki (x,y) koordinatları veri tabanında mevcuttur. Mahalleler.shp dosyasının öznitelik tablosundan örnek bir kesit Tablo 2.3’de gösterilmiştir.



(a)



(b)

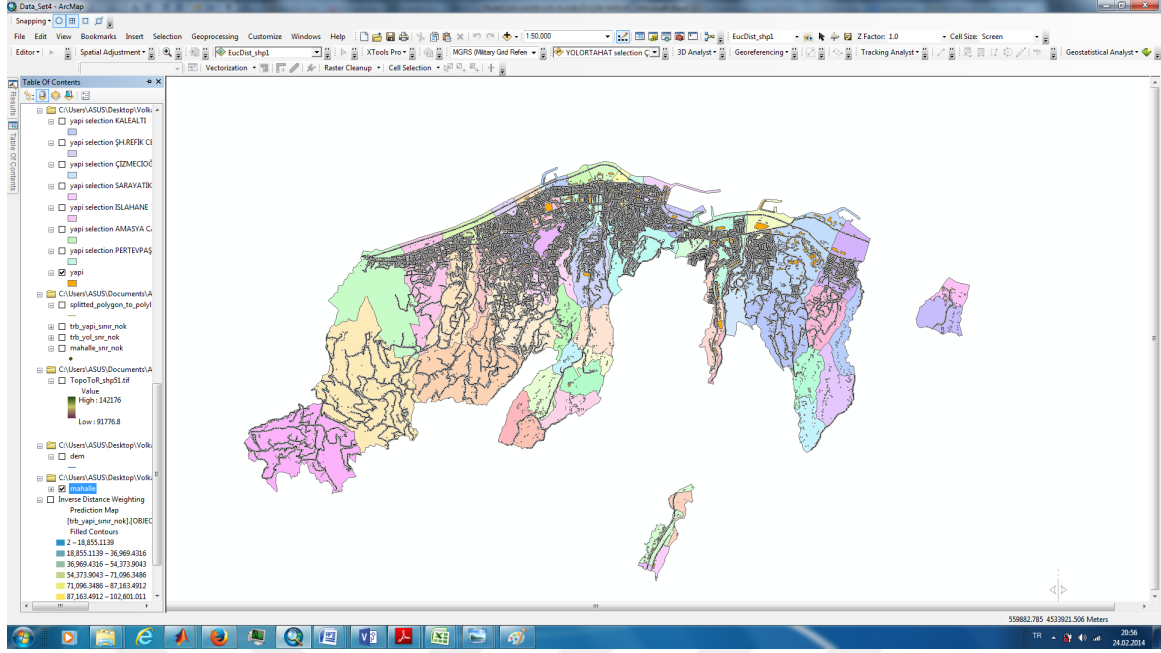
Şekil 2.4. ARCMAP programında Trabzon mahalleler.shp dosyasının (a) uzaktan (b) yakından görünümü

Tablo 2.3'den mahalle isimleri ve mahallelerin yüzölçümleri bilgilerine(m^2) ulaşılabilir. Bu dosyada Trabzon şehrinin merkezi mahalleleri mevcuttur. Yani tüm Trabzon verisi değildir. Zaten bütün Trabzon şehrini içeren bir data dosyası da şu an mevcut değildir. Mahalleler renklendirilmiştir. ARCMAP modülü içerisinde bu renklendirme kişiselleştirilebilir.

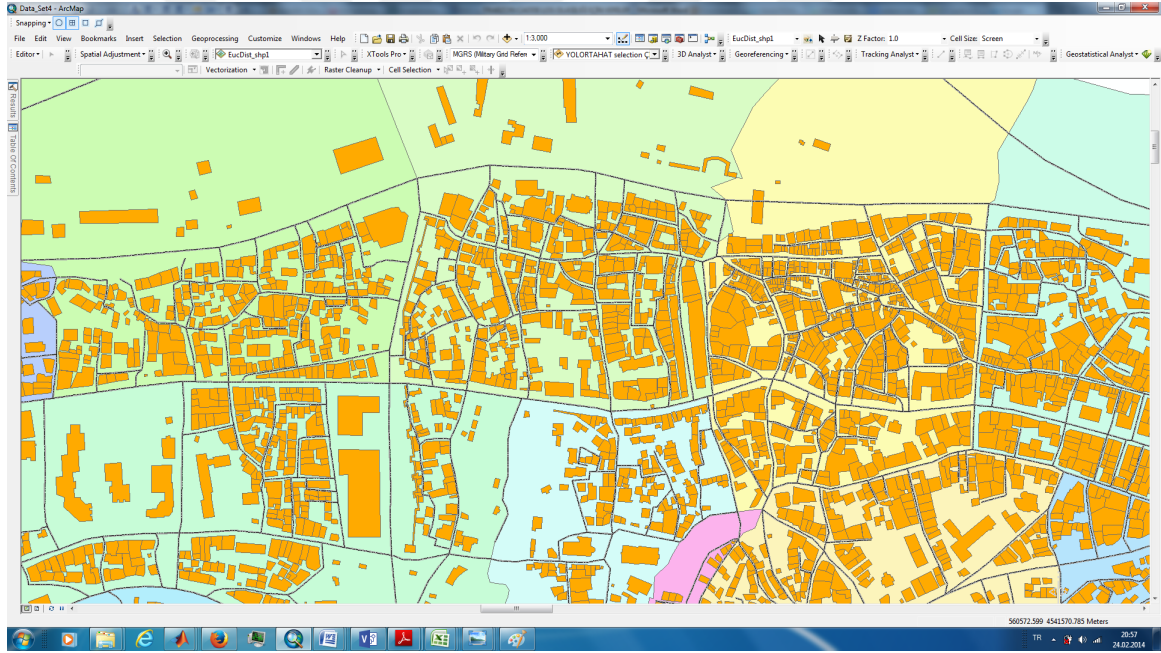
Tablo 2.3. Mahalleler.shp data dosyasının örnek bir kesit öznitelik tablosu

FID	mahalle_ad	mah_alani	FID	mahalle_ad	mah_alani
0	KURTULUŞ	45366,36763	31	ÇARŞI	212687,8496
1	YENİMAHALLE	199579,2811	32	KAYMAKLI	743860,2144
2	İNÖNÜ	527964,7707	33	BENGİSU	2810018,431
3	HIZIRBEY	265316,4189	34	YEŞİLOVA	2977759,592
4	ŞEHİTLİK	531508,9768	35	ÇAMOBBA	605012,5716
5	GÜZELTEPE	532393,1773	36	BULUGA-KARAKAŞ MÜCAVİR	385092,0093
6	EFKARTEPE	593574,7153	37	DERE MÜCAVİR	137658,7445
7	PAZARKAPI	354419,0864	38	GÜNEY MÜCAVİR	31943,86148
8	ZAFER	56793,52132	39	SUBAŞI	703750,4797
9	HACI AHMET	413785,9027	40	TEPE	246950,6649
10	İSKENDERPAŞA	337496,5361	41	CAMİ	267478,2562
11	ÜNİVERSİTE	2553629,454	42	SANAYİ	1109500,567
12	2 NOLU BEŞİRLİ	1670362,195	43	DEMELİOĞLU	342330,322
13	1 NOLU BEŞİRLİ	2686858,749	44	YALI	533053,3483
14	KARŞIYAKA	1621097,185	45	OKUL	901220,0582
15	GAZİPAŞA	156975,8489	46	ORTA	622523,805
16	BOZTEPE	1218684,544	47	TEPE	484574,5929
17	AYDINLIKEVLER	819506,8819	48	ÇİMENLİ YALI	294663,4964
18	KEMERKAYA	188685,1748	49	ÇİMENLİ MÜCAVİR	604153,5194
19	1 NOLU BOSTANCI	1594279,843	50	YALI	227672,7364
20	SOĞUKSU	2039854,519	51	FATİH	417904,1705
21	BAHÇECİK	1243723,018	52	YEŞİLTEPE	291856,0822
22	1 NOLU ERDOĞDU	368480,4516	53	GÜLBAHARHATUN	260245,6667
23	2 NOLU ERDOĞDU	670838,7324	54	ORTAHİSAR	155751,3351
24	3 NOLU ERDOĞDU	957315,2547	55	CUMHURİYET	150232,2828
25	ÇÖMLEKÇİ	336903,5168	56	DEĞİRMENDERE	378623,4577
26	2 NOLU BOSTANCI	773925,288	57	KALKINMA	750138,2866
27	KANUNİ	942720,0352	58	DEVETAŞ-DERE MÜCAVİR	210057,4247
28	ESENTEPE	240518,7557	59	BULAK MÜCAVİR	82392,21839
29	KONAKLAR	1127000,486	60	YENİCUMA	212656,6943
30	UĞURLU	4648358,366	61	TOKLU	615911,254

Binalar.shp, yollar.shp ve mahalleler.shp dosyalarının hepsinin aynı anda aktif edilmesi ile ARCGIS programında oluşan ekran görüntüsü Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



(a)



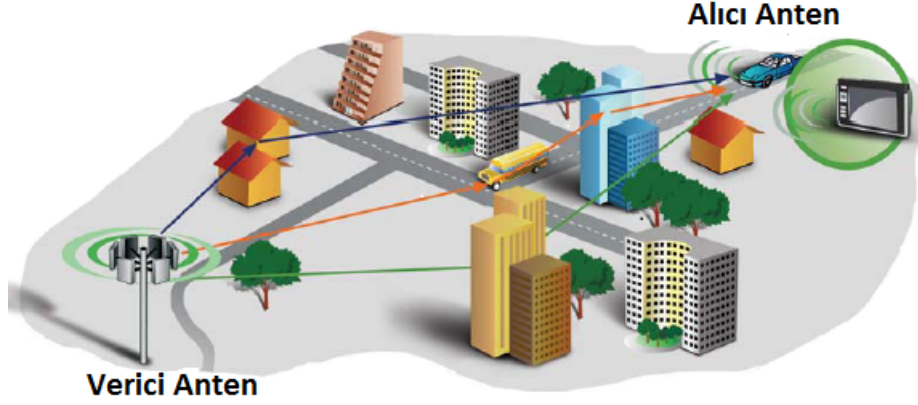
(b)

Şekil 2.5. Trabzonda binalar.shp, yollar.shp ve mahalleler.shp dosyalarının aktif edilmesi ile ARCMAP’da oluşan (a)uzaktan (b) yakından görüntü

Bu çalışmada, her bir caddenin kuzey kenarındaki binalar ele alınmıştır. İlk önce caddeye yakın ve caddeyi görebilen açık alandaki binaların LOS olasılıkları (P_{los_bina}), daha sonra tüm caddenin LOS olasılığı (P_{los_cadde}) hesaplanmıştır. Son olarak da bu caddelerin olasılık değerlerine Matlab Cftool aracı yardımı ile eğri uydurulmuştur.

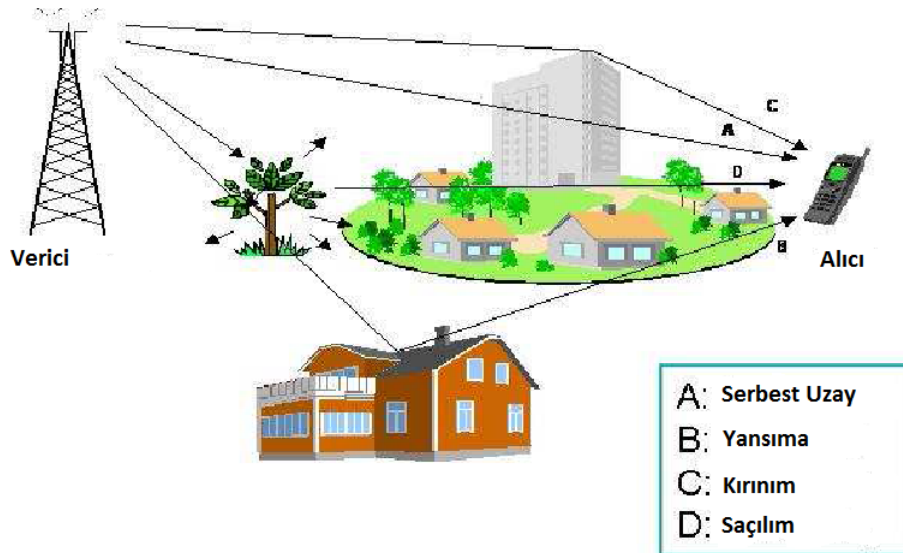
Şekil 2.6’da kent tipi bir yerleşim yerinde basit bir LOS senaryosu gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi alıcı ve verici arasındaki direk görüşü engelleyen binalar, ağaçlar,

araçlar vardır. Bu engeller, tüm tipik kent tipi yerleşim yerlerinde genellikle bulunabilecek engellerdir.



Şekil 2.6. Kent bölgesinde basit LOS senaryosu.

Şekil 2.7’de ise tipik bir elektromanyetik dalganın kent tipi bir yerleşim yerinde nasıl hareket ettiği gösterilmiştir. A,B,C ve D harfleri ile gösterilen durumlar sırası ile şunlardır: Serbest Uzay sinyalin hiçbir engelle karşılaşmadığı durumu gösterir. Yansıma, vericiden gelen sinyalin engellere çarpıp yansarak alıcıya ulaştığı durumu gösterir. Kırınım, vericiden gelen sinyalin bir kısmının çarptığı engellerin yapıldığı malzemenin türüne göre kırınımına uğrayarak zayıfladığı durumu gösterir. Saçılım ise, vericiden gelen sinyalin çeşitli engellere çarparak büyük zayıflamaya uğradığı durumdur.

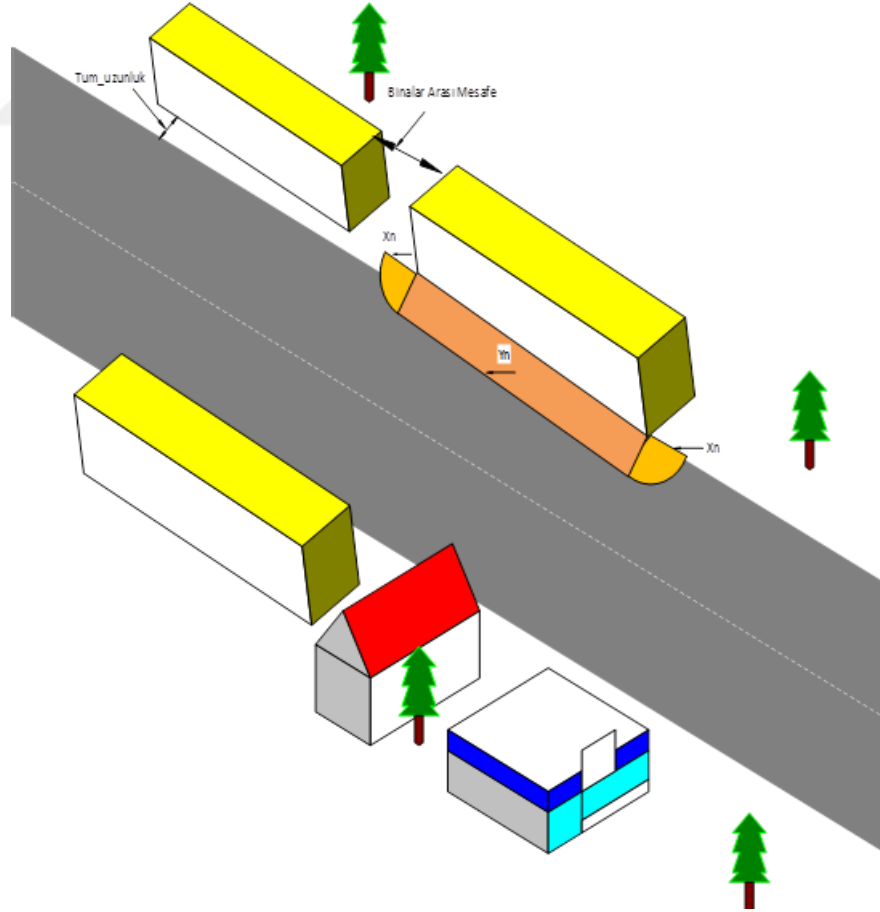


Şekil 2.7. Elektromanyetik dalga yayılımının arkasındaki senaryo.

2.3. Tezde Kullanılan LOS Olasılık Kestirim Algoritması

Bölüm 2.2’de anlatılan LOS olasılık senaryosunun ve olasılık kestirimi modellerinin birçoğu ışın izleme yöntemlerinden (RT) faydalanılarak oluşturulur. Işın izleme teknikleri büyük işlem yükü gerektiren uygulamalardır. Elektromanyetik alan uygulamalarında, radyo haberleşmesinde, hücresel haberleşme sistemlerinde, radar uygulamalarında, görüntü işleme uygulamalarında vb. kullanılır. Işın izleme algoritmalarında vericiden gelen ışınlar tüm açılarda alıcı ortamına gönderilir ve istenilen hesaplamalar yapılır.

Radyo, TV ve GSM gibi karasal yayıncılıkta baz istasyonun konulacağı yeri doğru tespit etmek çok önemlidir. Işın izleme tekniğine dayalı modeller bu yer tespitinde çok daha hızlı cevap vermektedir. Bu modellerde baz istasyonundan çıkıp alıcı üzerinde sonlanan, kırılan ve yansıyan tüm ışınlar belirlenmelidir. Daha sonra bu ışınlar üzerinden gelen elektromanyetik dalga şiddetleri toplanarak alıcı üzerindeki toplam alan hesaplanmaktadır. Bu teknikle alıcı üzerinde kestirilen elektromanyetik dalga şiddetinin değerinin doğruluğu oldukça yüksek olmaktadır [46, 47, 48].

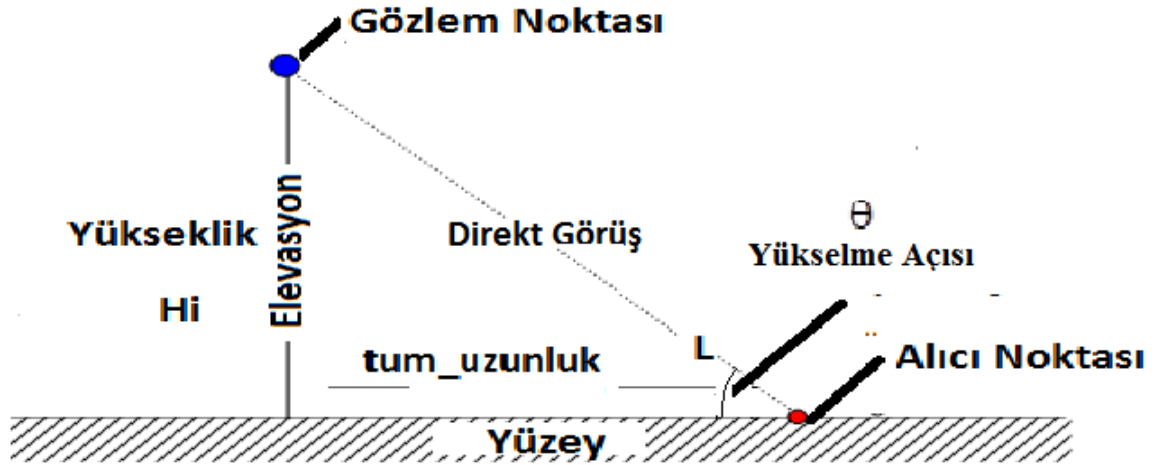


Şekil 2.8. Tipik bir kent caddesi modeli.

Bu çalışmadaki LOS olasılıklarını hesaplamak için kullanılan algoritma geometrik bir algoritma olup, diğer şehirlerimize de uygulanabilir esnekliktedir. Bu algoritma ile önce binaların tek tek LOS olasılıkları, daha sonra da bu binaların LOS olasılıklarını kullanarak tüm caddenin LOS olasılığı hesaplanmaktadır. Sonunda ise, caddelerin olasılıkları kullanılarak, Bayes olasılık teoremine bir benzetim yapılarak, Trabzon şehir LOS olasılık değerleri hesaplanmaktadır. Bayes olasılık teorisi ile ilgili ayrıntılı açıklama Ek-1 bölümünde verilmiştir. Bu çalışmada 26 cadde incelenmiştir. Ne kadar fazla bina ve cadde analize dahil edilirse elde edilecek olasılık değerleri o kadar gerçeğe yakın olacaktır.

Bu çalışmada kullanılacak algoritma için kullanılacak tipik bir kent modeli Şekil 2.8'de verilmiştir.

İlk önce LOS olasılık formülü elde edilmiştir. Şekil 2.9'da, yükselme açısına bağlı olarak bir gözlem noktası ile alıcı (hedef) nokta arasındaki LOS durumunun gösterimi mevcuttur.



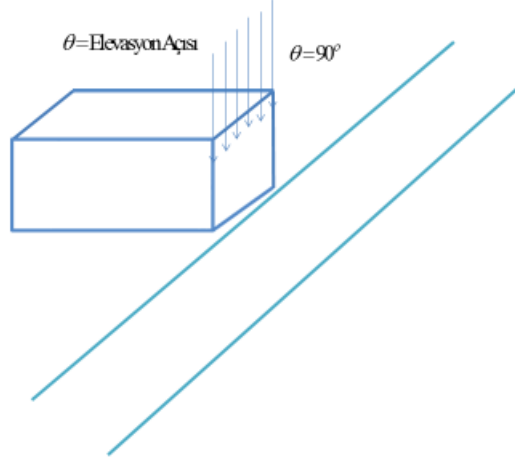
Şekil 2.9. Cadde üzerindeki bina ve LOS durumu.

Şekil 2.9'da görüldüğü gibi, Yükseklik=Hi, LOS mesafesi=L, Yükselme açısı=θ ve binanın yola paralel olan kenarından yola (alıcı noktasına) doğru olan uzaklık= tum_uzunluk olsun. Burada her bir farklı bina yüksekliği için;

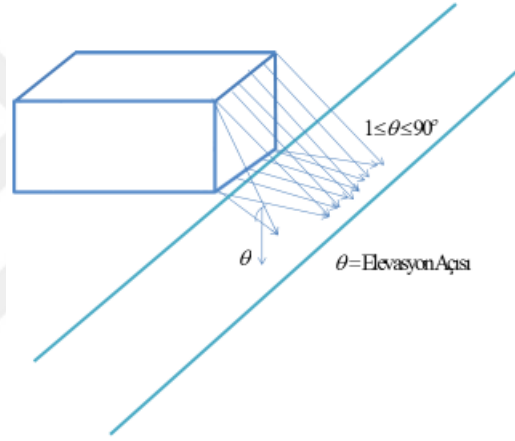
$$acimin = (\arctan(Hn(i)/tum_uzunluk(i)) * 180) / \pi \quad (2.1)$$

Burada i, caddedeki i. binayı, n ise caddedeki bina sayısını ifade etmektedir.

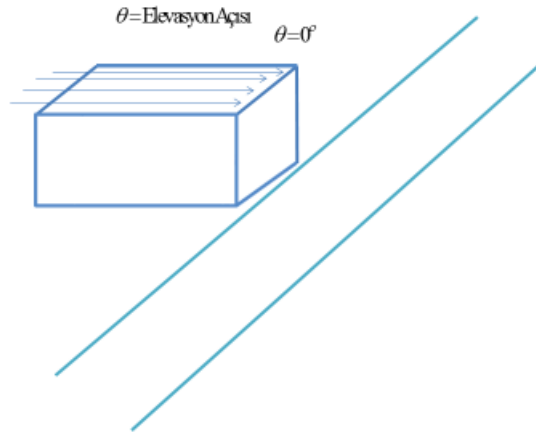
acimin, cadde (yol veya sokak) boyunca i. binanın LOS olasılığının sıfırdan farklı değer aldığı ilk yükselme açısıdır. Bu acimin değerinden daha düşük yükseklik açılarında Plos sıfır olur. Yani, bu açıdan büyük açılarda gelen ışınlar LOS durumunda olacaktır. Bu açıdan büyük, 90°'den küçük yükselme açılarında Plos 0'dan büyük 1'den küçük bir değer alacaktır. 90° yükselme açısında ise, ışınlar binaların yola paralel olan kenarına paralel olarak gelir.



Şekil 2.10. Yükselme açısı $\theta = 90^\circ$ için gelen ışınların durumu



Şekil 2.11. Yükselme açısı $1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ için gelen ışınların durumu



Şekil 2.12. Yükselme açısı $\theta = 0^\circ$ için gelen ışınların durumu

Şekil 2.10, Şekil 2.11 ve Şekil 2.12 yükselme açısının üç farklı durumu için binaya gelen ışınların durumunu göstermektedir.

Binadan yola görünür alanın başladığı sınır noktasına olan uzaklıkları temsil eden X_n (LOS sınır mesafesi), aşağıdaki (2.2) denklemlerle hesaplanır:

$$X_n = H_n / (\tan(\theta_j * (\pi/180))) \quad (2.2)$$

(2.2) denkleminde: $\theta_j * (\pi/180)$ (radyan) ifadesi, yol üzerindeki n. bina için j. yükselme açısını temsil eder.

S_s ile ifade edilen alan, yol boyunca binaların yola paralel olan kenarları boyunca oluşan gölgeli (direkt olarak görülemeyen) alanı (NLOS) temsil eder ve aşağıdaki (2.3) denklemlerle hesaplanır:

$$S_s = (\pi/2) * ((X_n(i))^2) + X_n(i) * Y_n(i) \quad (2.3)$$

Yukarıdaki (2.3) denkleminde; $Y_n(i)$ yol boyunca mevcut i. binanın yola paralel olan kenar uzunluğunu temsil eder.

Yol boyunca birbiriyle karşılıklı olarak bulunan binaların oluşturduğu caddenin tüm alanı S_{all} aşağıdaki (2.4) denklemlerle hesaplanır:

$$S_{all} = (\pi/2) * ((tum_uzunluk)^2) + tum_uzunluk(i) * Y_n(e) \quad (2.4)$$

(2.4) denkleminde; $tum_uzunluk(i)$, binanın yola paralel olan kenarından yola olan en kısa mesafeyi temsil eder.

P_{nlos} olasılığı, NLOS bölgesinin alanının S_{all} alanına bölümüyle elde edilir:

$$P_{nlos} = S_s / S_{all} \quad (2.5)$$

(2.5) denklemindeki P_{nlos} olasılığı (2.6) no'lu denklemlerde yerine konularak P_{los} olasılığı elde edilir.

$$P_{los} = 1 - P_{nlos} \quad (2.6)$$

(2.6) denklemleri, i tane binanın her birinin $1^\circ - 90^\circ$ arası yükselme açılarındaki P_{los} matrisini üretir. Bu matris i satırlı 90 sütunlu bir matris olur.

Örnek olarak aşağıdaki (2.7) denkleminde gösterilen matriste A isimli bir cadde için rastgele oluşturulmuş bir P_{los} kesit matrisi verilmiştir. Bu A caddesi boyunca on binanın göz

önüne alındığı durumda P_{los} matrisi, 10 satırlı ve 90 sütunlu bir matris olur. Bu matrisin her bir satırı, caddedeki farklı binaların sırasıyla $1^\circ \leq \theta_i \leq 90^\circ$ arası yükselme açılarındaki olasılık değerlerini verir. Bu matriste ‘...’ İle verilen kısım 7° ile 89° arasındaki yükselme açılara denk düşen olasılık değerlerini temsil eder ve bu matriste ekrana sığmayacak kadar büyük olduğundan burada gösterilememiştir. 90° yükselme açısında ise binanın tepesinden ışınların dik gelmesinden dolayı, binanın hemen önünden tüm alan görülmeye başlanacaktır ve bunun sonucu olarak LOS olasılık değeri 1 olacaktır (matrisin en sağındaki sütun). Bu matriste dikkat edilmesi gereken bir husus da, matris satırlarının belirli bir yükselme açısına kadar 0 değerine sahip olmasıdır. Hatırlanacağı gibi (2.1) denkleminde hesaplanan acimin değerlerine kadar LOS durumunun olmadığı ifade edilmişti. Bu matrisin her satırında 0’dan farklı ilk değerdeki yükselme açısı, minimum LOS yükselme açısı olarak nitelendirilebilir.

$$P_{los} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0,25 & 0.35 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.3 & 0.6 & 0.8 & \dots & 1 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.7 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.2 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.35 & 0.45 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.3 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Bu matrisin 3. Satır 4. sütunundaki 0.4 olasılık değeri A caddesindeki sırası ile 3. Binanın 4° yükselme açısındaki LOS olasılık değerini verir. Bu matrisin 3. Satır 6. sütunundaki 0.7 olan olasılık değeri, A caddesindeki sırası ile 3. Binanın 6° yükselme açısındaki LOS olasılık değerini verir. Bu matrisin 7. Satırına bakıldığında $1-4^\circ$ arası yükselme açılarındaki LOS olasılığının 0 olduğu görülür. Bu da 7. binanın minimum 5° ’de LOS durumu oluşturduğunu ifade etmektedir. Bu matrisin ilk satırına bakıldığında hiç 0 olan P_{los} değeri görülmemektedir. Bu durum her açıda LOS olasılığının 0’dan farklı olduğunu göstermektedir. Her bir satırın en sağındaki 90. sütunu, o satırdaki binanın 90° yükselme açısında LOS olasılığının 1 olduğunu göstermektedir. Matrisin genelindeki 0 değerine sahip olasılık değerleri LOS durumunun olmadığını, 1 değerine sahip olasılık değeri ise LOS durumunun %100 olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışmada binalar caddeye paralel olarak yan yana yerleşmiştir. Alıcının da yol üzerinde olduğu kabul edilmiştir. Fakat gerçek dünyada binalar arka arkaya ve yan yana yerleşmiştir. Yani bir bina, öndeki binanın LOS durumunu etkilemektedir. Bu analiz çok

karmaşık geometrik yaklaşımlar ve ışın izleme teknikleri gerektirdiği için bu çalışmada incelenmemiştir. Bu durumda P_{los} kesit matrisi (2.8) denkleminde gösterilen matrise benzer olur.

(2.8) denkleminde gösterilen P_{los} matrisinde 10 tane bina vardır. 9. binanın tüm yükselme açılarında P_{los} değerlerinin tümü 0'dır. Bu 9. Binanın LOS alışının, diğer binalar ya da başka engeller tarafından engellendiği anlamına gelir. Yani tümüyle NLOS durumu vardır. Bunun aksine, 10. binanın tüm yükselme açılarında P_{los} değerlerinin tümü 1'dir. Bu, 10. Binanın LOS alışını engelleyen herhangi bir bina ya da engel olmadığını gösterir. Yani tüm yükselme açılarında LOS durumu vardır.

$$P_{los} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.25 & 0.35 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.3 & 0.6 & 0.8 & \dots & 1 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.7 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.2 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.35 & 0.45 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.3 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Her bir binanın $1-90^\circ$ arası yükselme açılarında P_{los} olasılıkları (2.6) denklemi kullanılarak hesaplanmış ve P_{los} matrisi elde edilmiştir. Cadde boyunca mevcut olan binalar, binaların kenar uzunlukları ile doğru orantılı olacak şekilde cadde LOS olasılığına katkı yapmaktadır. Cadde boyunca, Şekil 2.13'de gösterildiği gibi olan binalar arasındaki boşluklarda LOS olasılığı 1 olacaktır. Çünkü bu boşluklardan cadde direkt (engelsiz) olarak görülecektir. Tüm bunlar göz önüne alınarak her bir caddenin LOS olasılığı hesaplanmak istenirse (2.9) denklemi kullanılır.

$$PLOS_{cadde} = \sum_{j=1^\circ}^{90^\circ} \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{Y_i}{y_{uzun}} \right) * P_{los}(Q_j) \right) + \left(y_{uzun} - \sum_{n=1}^N Y_n \right) / (y_{uzun}) \quad (2.9)$$

(2.9) denkleminde Y_i ; i. binanın yola paralel olan kenar uzunluğudur. y_{uzun} , caddenin toplam yol uzunluğudur. $P_{los}(Q_j)$ ise j° yükselme açısında i. binanın LOS olasılığıdır. $\left(y_{uzun} - \sum_{n=1}^N Y_n \right) / (y_{uzun})$ ifadesi, cadde boyunca uzanan binalar arasındaki toplam boşlukların cadde LOS olasılığına katkısını ifade eden bir katsayıdır. 1° ' den başlayarak 90° 'ye kadar olan tüm yükselme açıları için $PLOS_{cadde}$ hesaplanır.



Şekil 2.13. ARCGIS programında binalar arası boşlukların gösterimi.

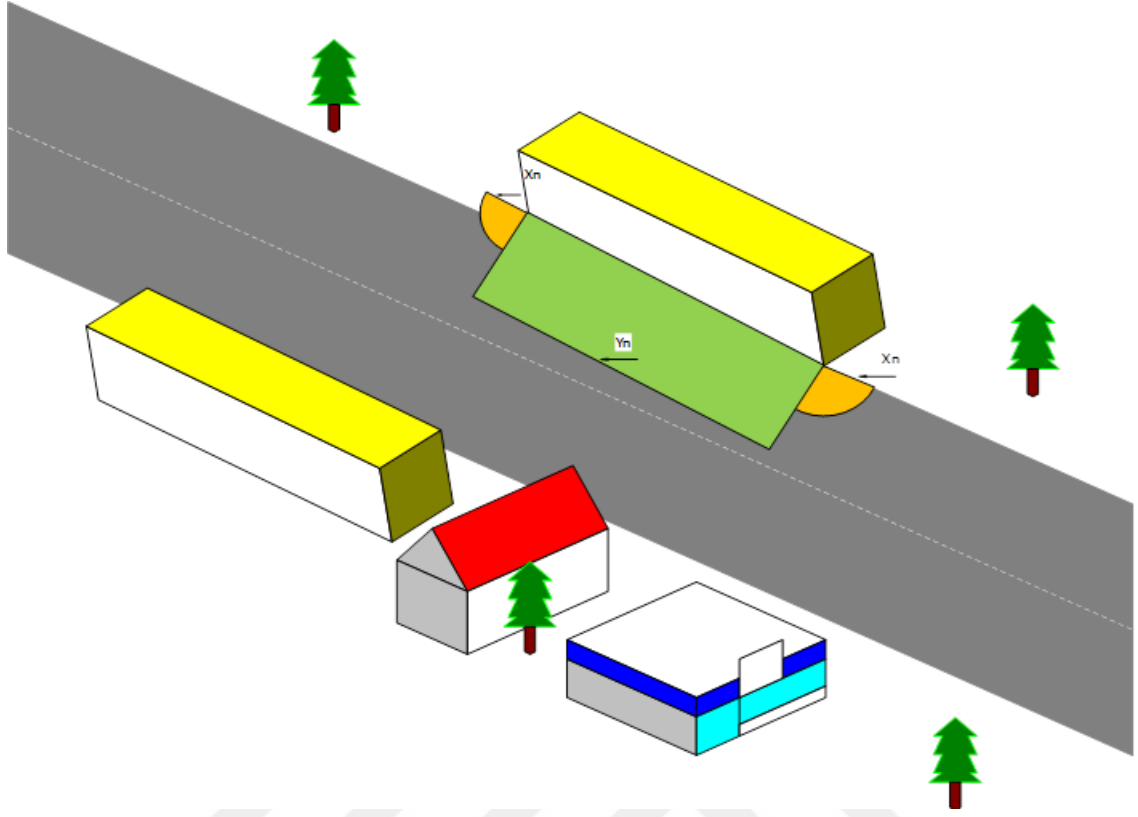
Şekil 2.9, Şekil 2.13 ve Şekil 2.14’de bir cadde boyunca P_{los} olasılığını hesaplamak için gerekli geometri verilmiştir. Şekil 2.14’e bakıldığında binanın önünde iki tane çeyrek dairesel ve bir tane dikdörtgensel alan oluştuğu görülmektedir. Bu alanların toplamı, (2.3) denkleminde formülü verilen toplam gölgeli (NLOS) alan S_s ’dir.

Matlab programında cadde olasılığını hesaplayan script 'Ploscadde.m' yazılmıştır. Bu kodun içerisinde önce (2.6) denkleminde belirtilen formüle dayalı olarak binaların LOS olasılıkları (P_{los}), daha sonra (2.9) denkleminde belirtilen formüle dayalı olarak caddelerin LOS olasılıkları ($P_{loscadde}$) hesaplanmıştır.

Ploscadde.m kodu giriş olarak beş adet veri istemektedir. Bunlar sırasıyla H_n , X_n , Y_n , $tum_uzunluk$ ve $yol_uzunluk$ ’tur. Bu veriler sırası ile binaların yükseklikleri, binaların LOS sınır mesafeleri, binaların yola paralel olan kenar uzunlukları ve binaların yola paralel olan kenarından yola olan en kısa uzaklıktır.

ARCMAP modülünden ARCTOOLBOX aracı ile yukarıda bahsedilen giriş verileri elde edilebilir. ARCTOOLBOX çok çeşitli araçlar içermekle birlikte, bu çalışmada kullanılan algoritma için kullanılacak giriş verileri aşağıda belirtilen işlemlerle yaklaşık olarak elde edilmiştir.

ARCMAP programında binalar.shp dosyası giriş datası olarak alınmıştır. Data Management Tools-Features menüsü altında "split line at vertices" komutu ile, poligon şeklinde olan binalar tüm kenarlarına ayrılıp ayrı bir shape dosyası oluşturulur. yollar.shp



Şekil 2.14. P_{los} hesaplamasının yapılacağı cadde geometrisi.

dosyası açılarak ilgilenilen cadde seçilir ve o caddenin isminde ayrı bir shp dosyası oluşturulur. İlgilenilen caddenin harita projeksiyonunda kuzey yönünde belirli bir mesafedeki binalar, ARCMAP programının Selection menüsünde "Select by location" komutu ile seçilir. Yalnızca bu caddenin olduğu yol shape dosyası ile, caddenin kuzey yönündeki binalarını içeren shp uzantılı dosya daha önce elde edilmişti. Bu seçilen binalar.shp dosyasından, caddeye ilişkin binaların yüksekliklerini içeren H_n matrisi elde edilmişti. Tüm kenarlarına ayrılmış splittedseçilmişbinalar.shp dosyasından, yola paralel olan kenar matrisi Y_n elde edilmiştir. Daha sonra, splittedseçilmişbinalar.shp dosyası giriş alınarak Y_n kenar matrisindeki kenarların, caddeismi.shp dosyasındaki caddeye olan en kısa uzaklıkları ARCTOOLBOX'daki Near analizi ile hesaplanmıştır. Bu değerler, tum_uzunluk matrisinin elemanlarını oluşturur. Son olarak da yol_uzunluk matris değerleri caddeismi.shp ya da yollar.shp isimli dosyanın öznitelik tablosundan elde edilmiştir.

2.4. Tüm Şehrin LOS Olasılık Kestirimi Algoritması

Bir caddenin LOS olasılıklarını ifade eden P_{los} olasılık değerleri (2.9) denklemiyle elde edilmiştir. Yeterli sayıda (N) cadde incelendikten sonra, bu caddelerin LOS olasılıkları

uygun bir birleştirme yöntemi ile birleştirilerek Trabzon LOS olasılıkları elde edilmiştir. Bu birleştirme yöntemi, Bayes olasılık teorisine [41] uygun bir benzetim yapılarak elde edilmiştir.

Alıcıdan vericiye olan yükselme açısı θ_i önceden biliniyorsa, şehrin yükselme açısındaki LOS olasılığı aşağıdaki (2.10) denkleminle hesaplanır:

$$P_{losehir}(\theta_i) = \frac{1}{L} * \sum_{n=1}^N L_i * P_{los}(L_i \setminus \theta_i) \quad (2.10)$$

(2.10) denkleminin açık hali aşağıdaki (2.11) denkleminle verilmiştir.

$$P_{losehir}(\theta_i) = \frac{L_1}{L} * P_{los}(L_1 \setminus \theta_i) + \frac{L_2}{L} * P_{los}(L_2 \setminus \theta_i) + \dots + \frac{L_N}{L} * P_{los}(L_N \setminus \theta_i) \quad (2.11)$$

Yukarıdaki (2.10) ve (2.11) denklemlerinde ifade edilen L, (2.12) denklemi ile hesaplanır.

$$L=L_1+L_2+L_3 + \dots + L_N \quad (2.12)$$

L_i 'ler caddelerin yol uzunluklarıdır. N ise, analizi yapılan cadde sayısıdır. Dolayısı ile L, tüm caddelerin yol uzunluklarının toplamına eşit olur. Bu uzunluklar caddelerin öznitelik tablosundan kolaylıkla elde edilir. $P_{los}(L_i \setminus \theta_i)$ ifadesi, θ_i yükselme açısındaki L_i uzunluklu caddenin LOS olasılığını ifade eder.

Cadde sayısı N ne kadar büyük olursa şehrin LOS olasılık hesabı o kadar doğru olur. Caddeler birbirine ne kadar yakın olursa, yapılan benzetimin hatası azalır. Burada caddelerin yol uzunlukları ile orantılı bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmada caddeler geniş alana saçılmış haldedir. Cadde alanları ile doğru orantılı olacak şekilde bir analizin ilerde yapılabileceği düşünülmektedir. Yani L_i/L ifadesi yerine S_i/S (cadde alanı / tüm caddelerin alanları toplamı) ifadesi getirilebilir. Bu çalışmada, bu durum göz önüne alınmamıştır.

Trabzon datasının elde edilmesinden başlayarak binaların, caddelerin(veya sokakların) ve tüm şehrin LOS olasılıklarını kestirmedeki tüm süreç en genel haliyle Ek-3 Şekil 1'deki akış şemasında gösterilmiştir.

2.5. Trabzon Cadde LOS Olasılık Grafiklerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde, bölüm 2.3'te anlatılan algoritmaya göre hesaplanan, cadde üzerindeki binaların yükselme açısına bağlı olarak LOS olasılıklarını içeren bina LOS olasılık grafikleri ile tüm caddenin LOS olasılık grafikleri çizdirilmiştir. Daha sonra cadde LOS olasılık değerlerine Matlab Cftool aracı ile eğri uydurulmuştur. Dört farklı eğri uydurulup bunlardan en iyi uyum göstereni alınmıştır. Aynı eksen üzerinde, orijinal LOS olasılık eğrisi ile diğer eğri uydurulmuş LOS olasılık eğrileri gösterilmiştir. Ayrıca grafiklerde yatay eksen olan yükselme açısı θ literatürle uyumlu olsun diye 'yükselme açısı' olarak ifade edilmiştir.

2.6. Trabzon Cadde Los Olasılık Grafikleri ve Caddelerin Ekran Görüntüleri

Bu bölümde analiz edilen her bir cadde için, caddedeki binaların oluşturduğu LOS olasılıkları, caddenin LOS olasılığı ve ARCMAP ekran görüntüleri verilmiştir.

Trabzon şehir verisinde en çok bilinen 26 cadde veya sokak analiz edilmiştir. Bu caddelerin ve sokakların isimleri ve bu caddedeki analiz edilen bina sayıları sırası ile aşağıdaki Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Tezdeki Trabzon cadde isimleri ve bina sayıları

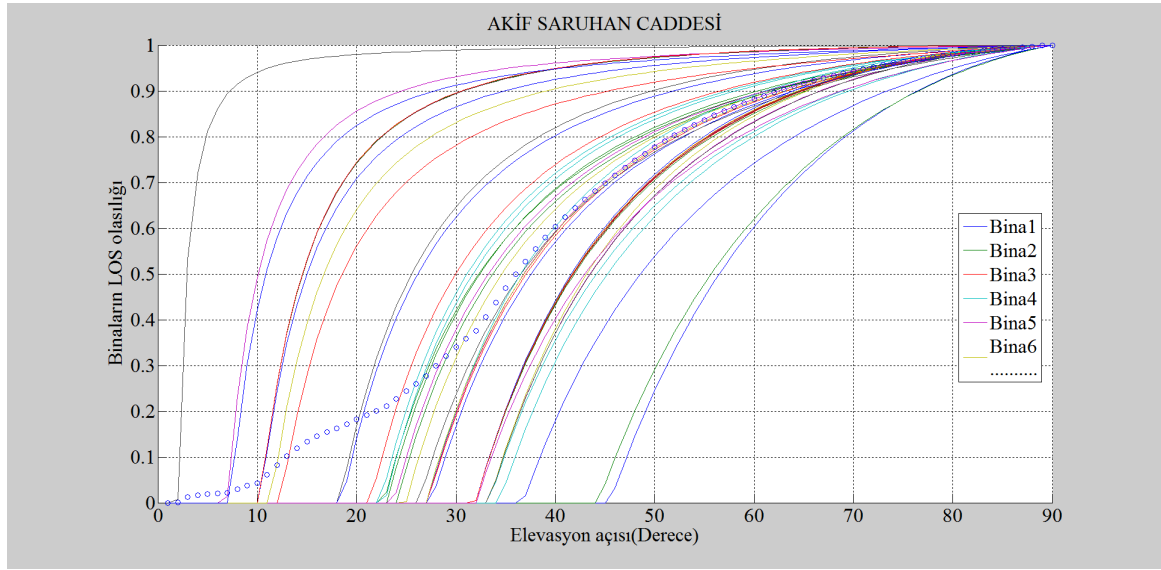
Cadde veya Sokak isimleri	Bina sayısı
Akif Saruhan Caddesi	28
Amasya Camisi Sokak	8
Çizmecioğlu Sokak	14
Çömlekçi Caddesi	73
Çömlekçi Mektep Sokak	12
Değirmendere Sokak	49
Deliklitaş Sokak(Eski Mezarlık)	7
Devlet Sahil Yolu Caddesi	385
Eski Erzurum Yolu Caddesi	61
Faikahmet Barutçu Kütüphanesi Caddesi	19
Farabi Caddesi	41
Gazipaşa Caddesi	16
İnönü Caddesi	74
Islahane Caddesi	22
Kahramanmaraş Caddesi	132
Kalealtı Sokak	15
Milli Egemenlik Caddesi	37
Moloz Caddesi	15
Pertevpaşa Sokak	6
Sanayi Çarşısı Caddesi	39
Sarayatik Camisi Sokak	7
Şehit Refik Cesur Caddesi	113
Sezayi Uzay Caddesi	69
Taksim Caddesi	53
Uzun Sokak	56
Zafanoz Caddesi	120
Trabzon Şehri	1461

Aşağıdaki şekillerde, Bina1, Bina2, Bina3 , Bina4, Bina5, Bina6, ... diye nitelendirilen farklı renkler farklı binaların LOS olasılıklarını göstermektedir. Bu, birbirinden farklı ilk 6 bina veya daha fazla binayı ifade etmektedir. Binaların LOS olasılık grafiğinde, caddenin kenarında ne kadar bina varsa, bu binaların sayısı kadar birbirinden farklı renkte

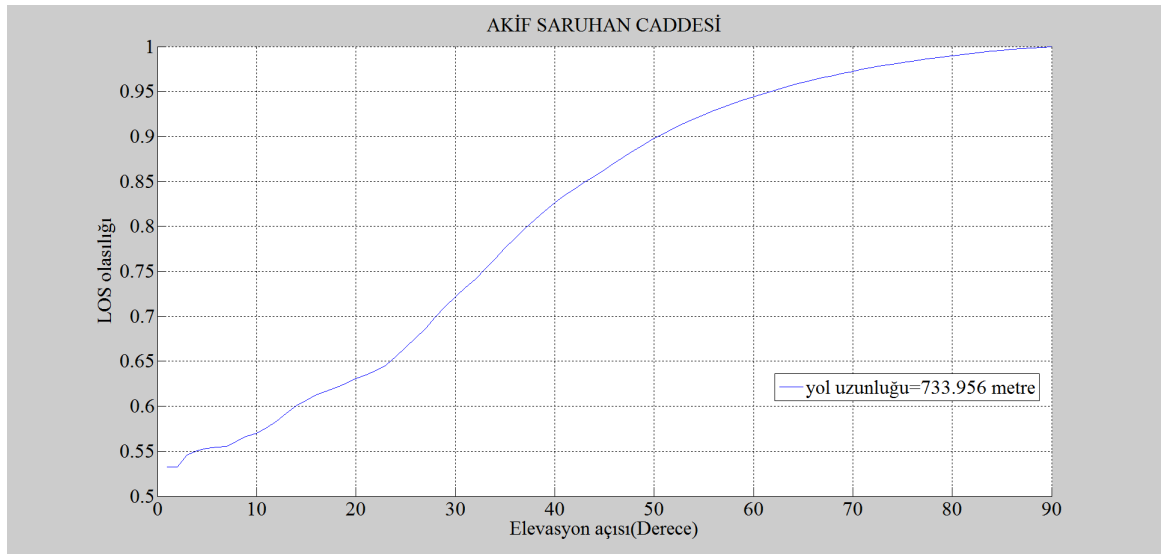
eğriler oluşacaktır. Cadde olasılıkları şekillerinde ise caddenin yol uzunluğu şekil üzerinde verilmiştir.

Cadde LOS olasılık değerleri, LOS yükselme açısı sınırına kadar (1° 'den minimum yükselme açısına kadar) sabit bir değer almaktadır. Bu değer binalar arası mesafelerin oluşturduğu toplam sabit bir olasılık değeridir. Bu durum 2.3 bölümünde anlatılmıştır.

Bu şekillere dikkat edilirse olasılık değerlerinin kümülatif (cdf) özellik gösterdiği gözlemlenmiştir. Yani sürekli artan LOS olasılık değerleri vardır. Çünkü bina ile yol arasında herhangi bir engel yoktur ve LOS olasılığı yalnızca yükselme açısına bağlı olarak değişmektedir.



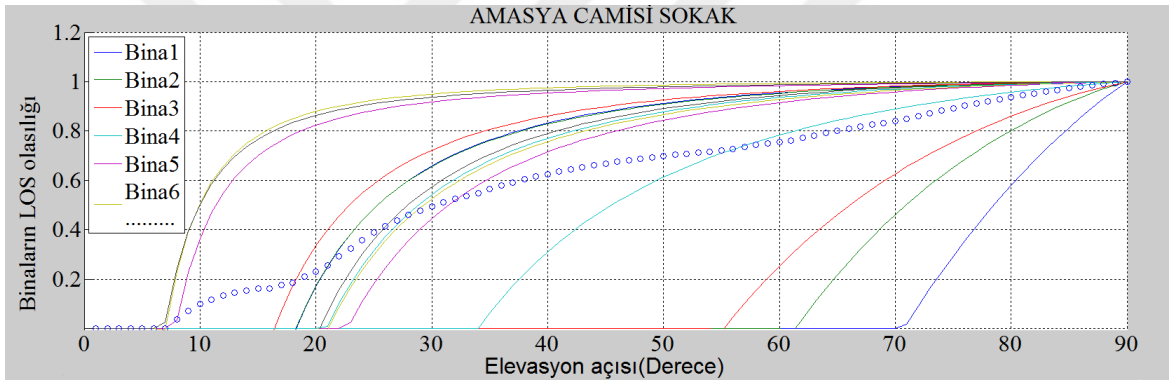
Şekil 2.15. Akif Saruhan caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



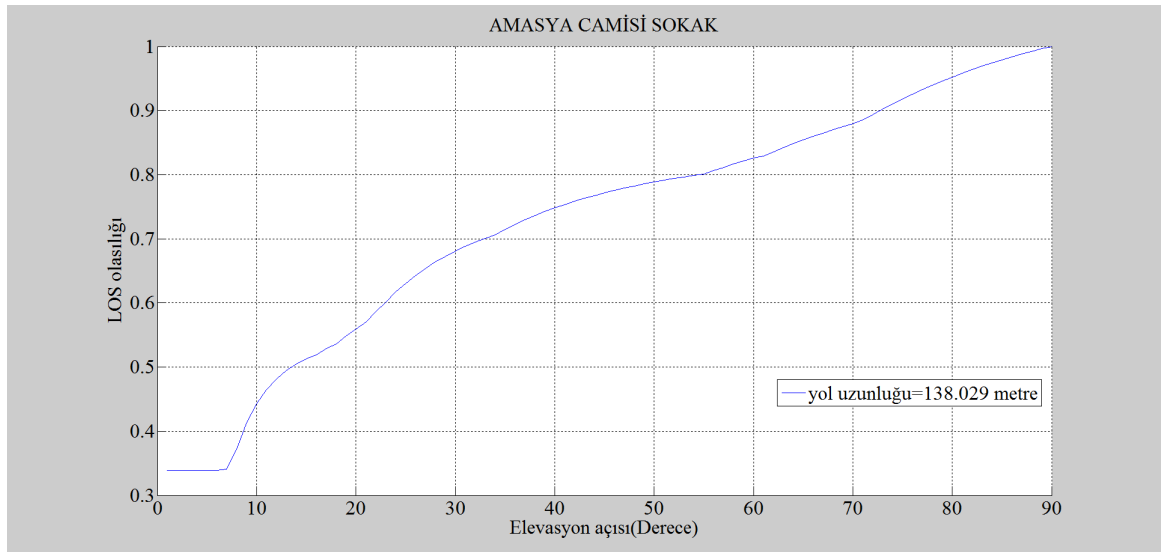
Şekil 2.16. Akif Saruhan caddesi LOS olasılığı



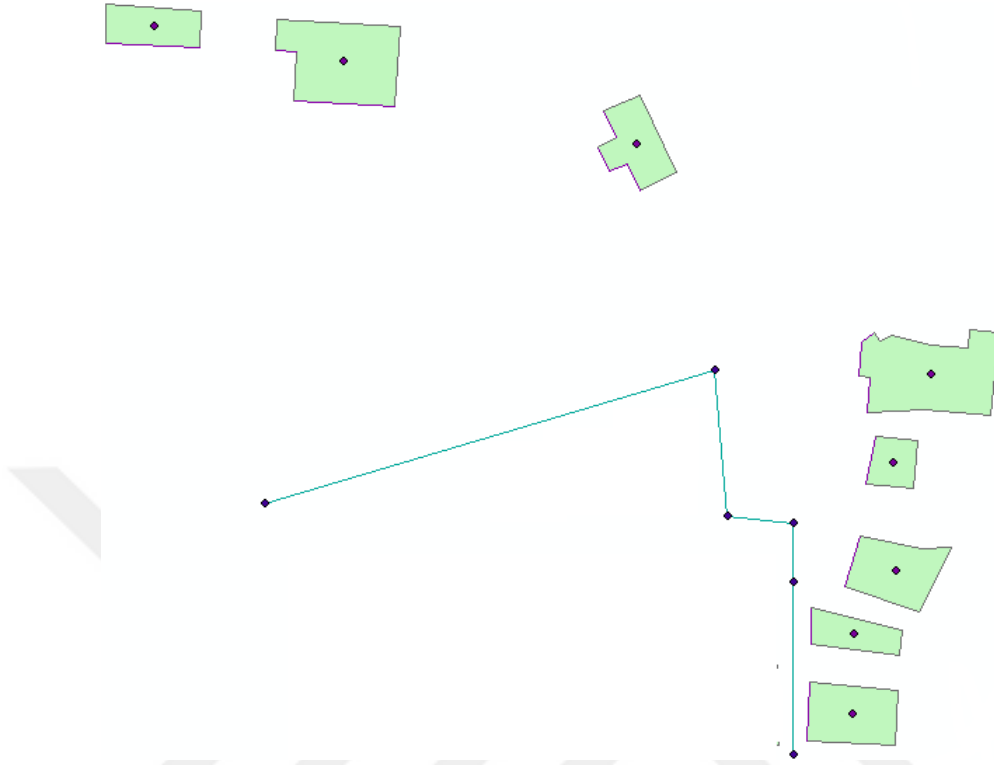
Şekil 2.17. Akif Saruhan caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



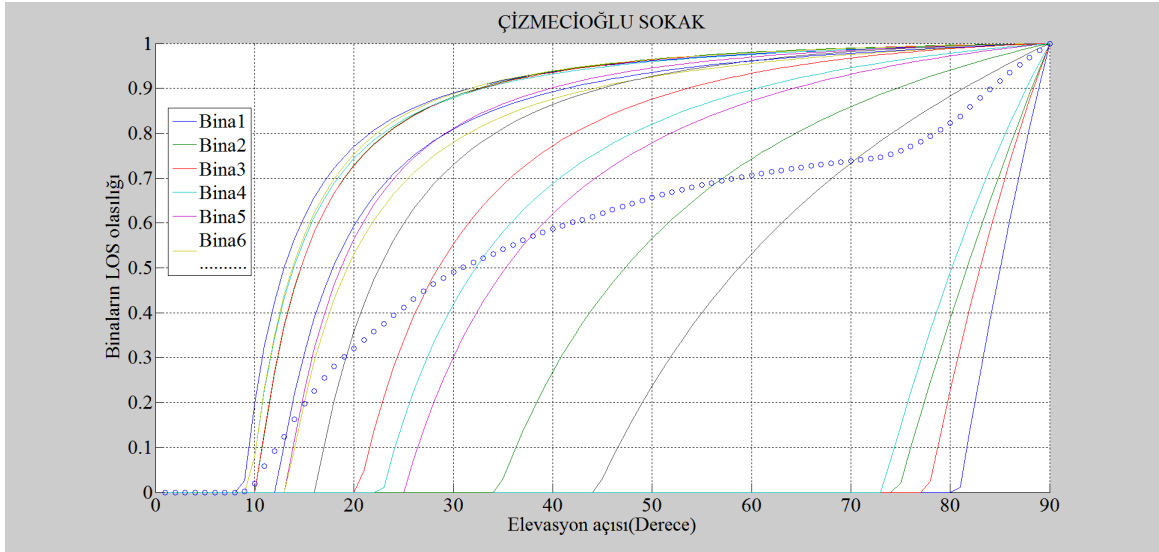
Şekil 2.18. Amasya Camisi sokağında binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



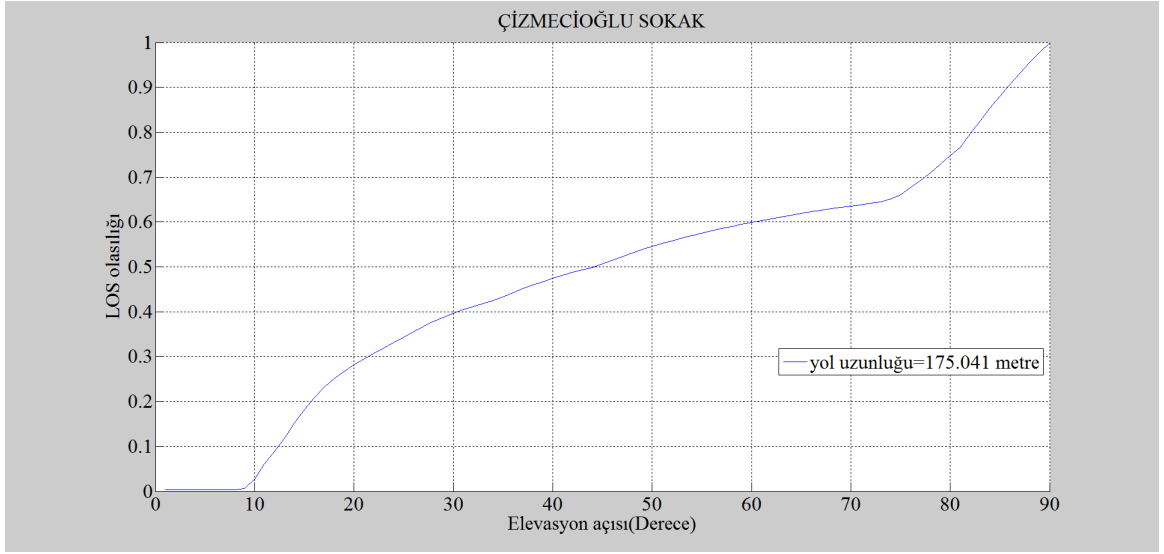
Şekil 2.19. Amasya Camisi sokağı LOS olasılığı



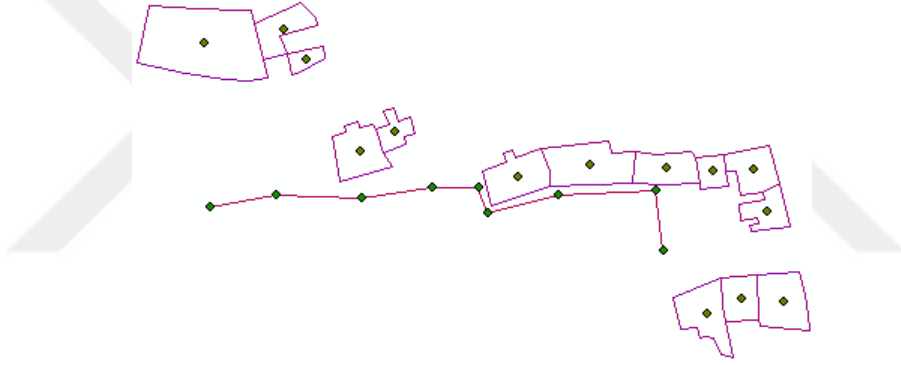
Şekil 2.20. Amasya camisi sokağı ARCMAP ekran görüntüsü



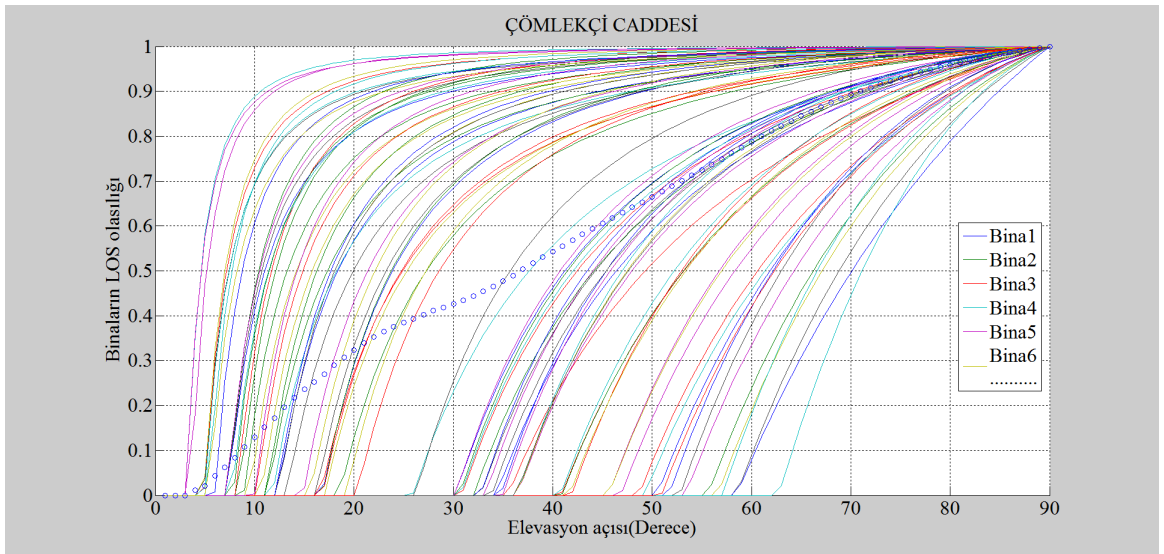
Şekil 2.21. Çizmecioğlu sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



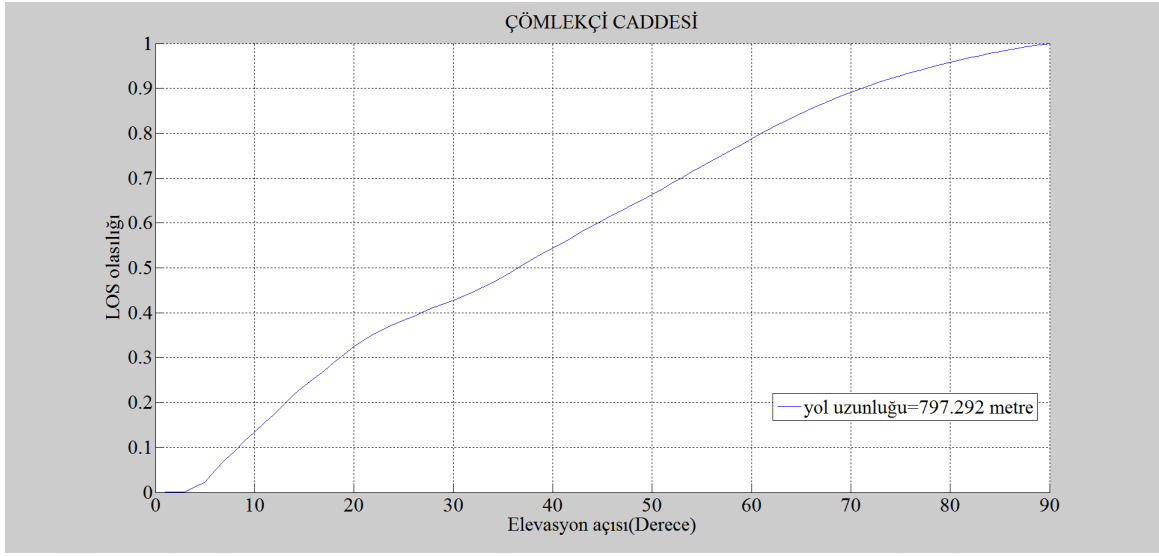
Şekil 2.22. Çizmeciöğlü sokağı LOS olasılığı



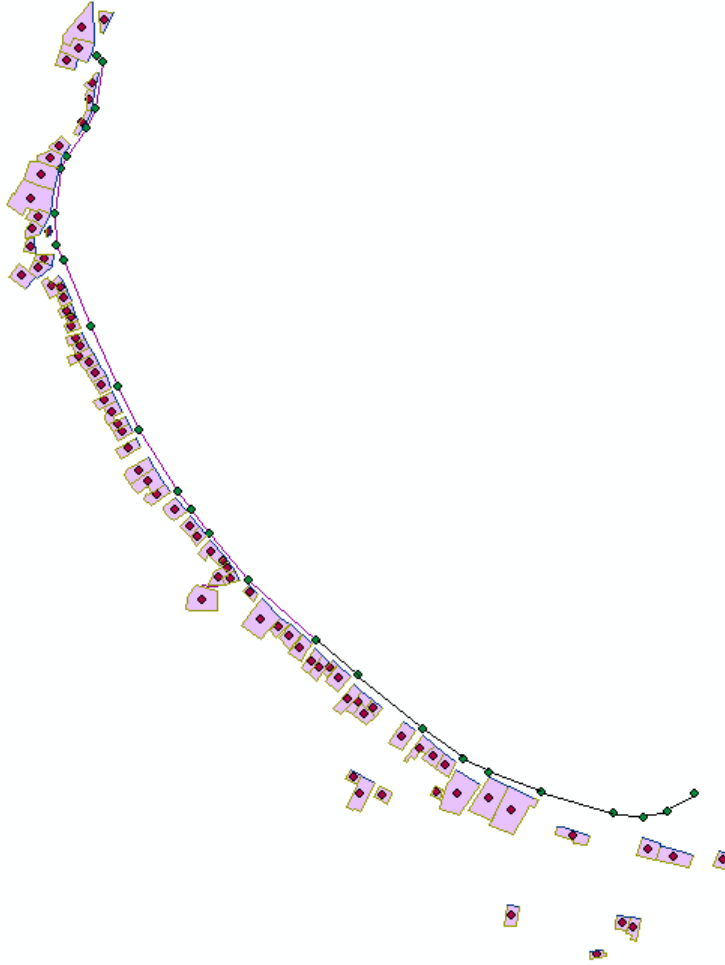
Şekil 2.23. Çizmeciöğlü sokak ARCMAP ekran görüntüsü



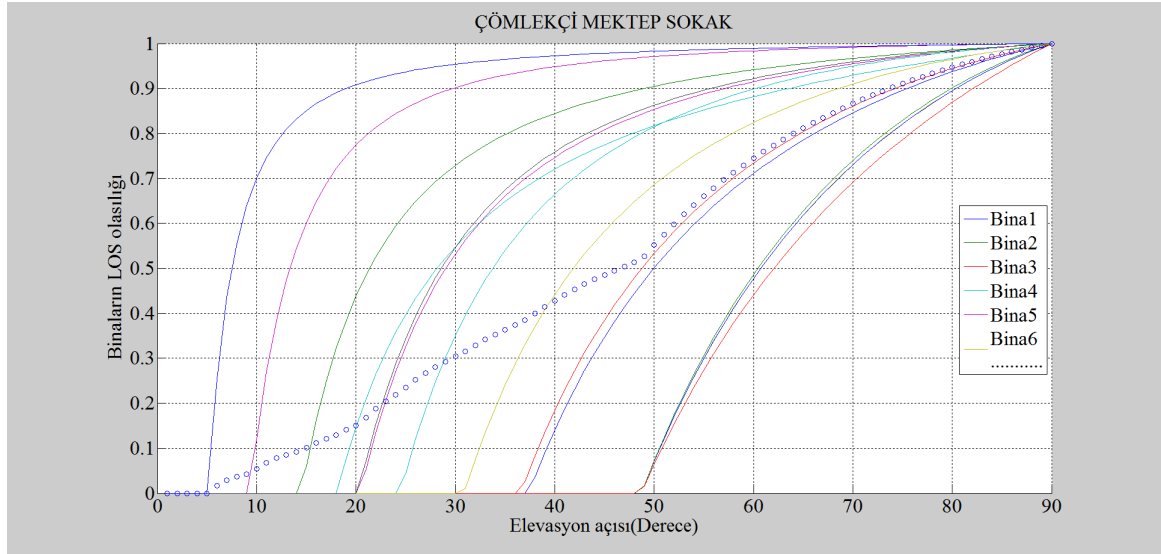
Şekil 2.24. Çömlekçi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



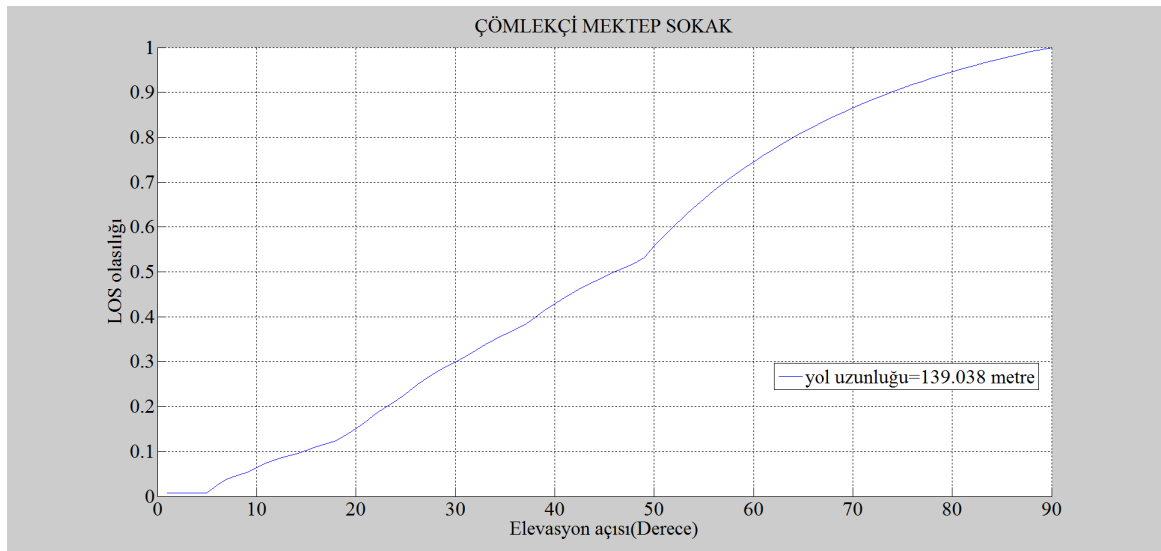
Şekil 2.25. Çömlekçi caddesi LOS olasılığı



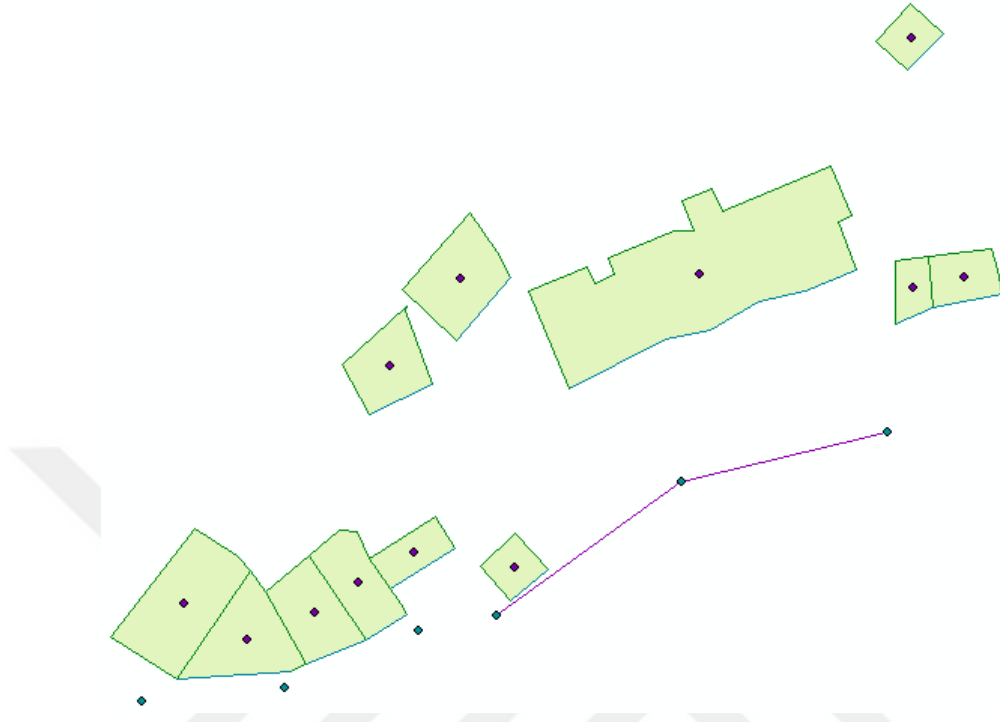
Şekil 2.26. ARCGIS modülünde Trabzon datasının ekran görüntüsü.



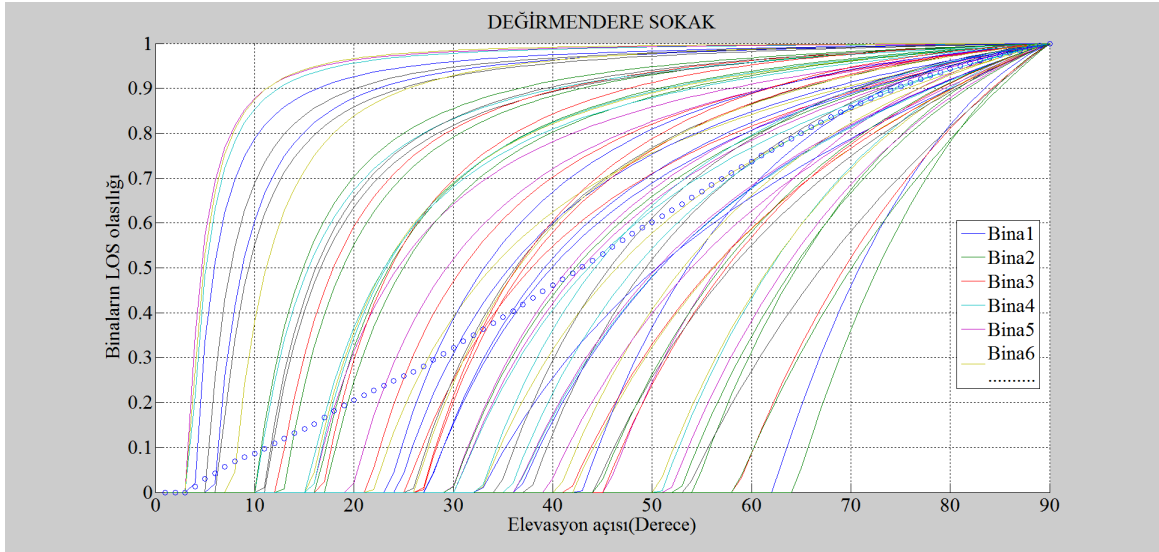
Şekil 2.27. Çömlekçi Mektep sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



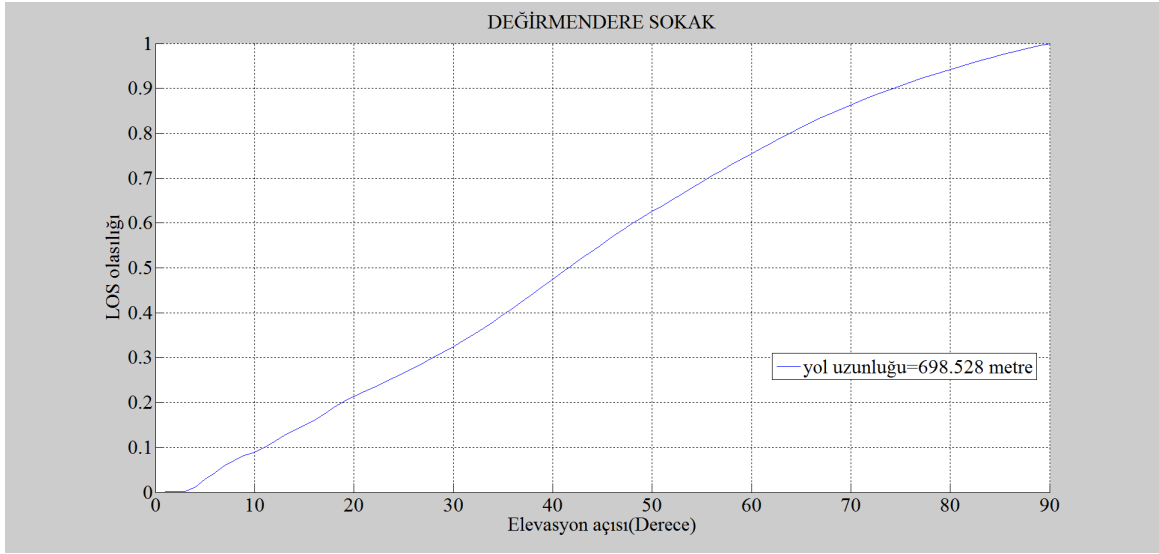
Şekil 2.28. Çömlekçi Mektep sokak LOS olasılığı



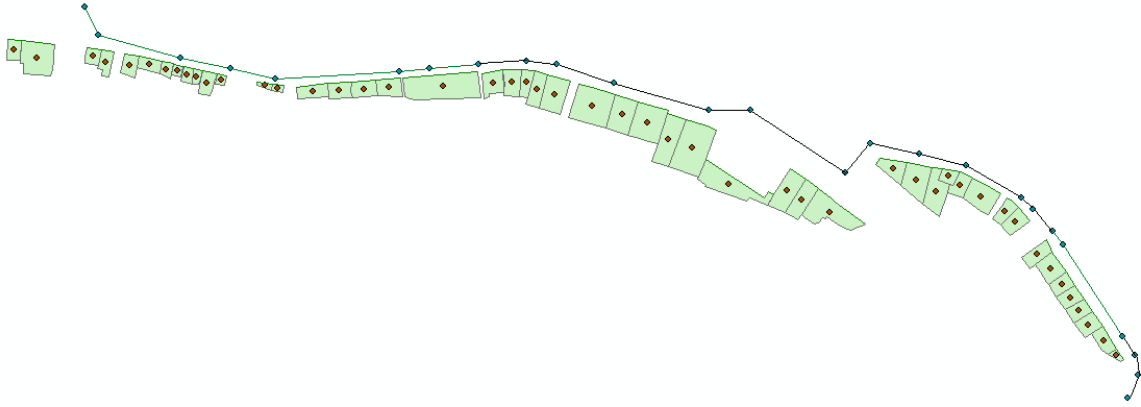
Şekil 2.29. Çömlekçi Mektep sokak ARCMAP ekran görüntüsü



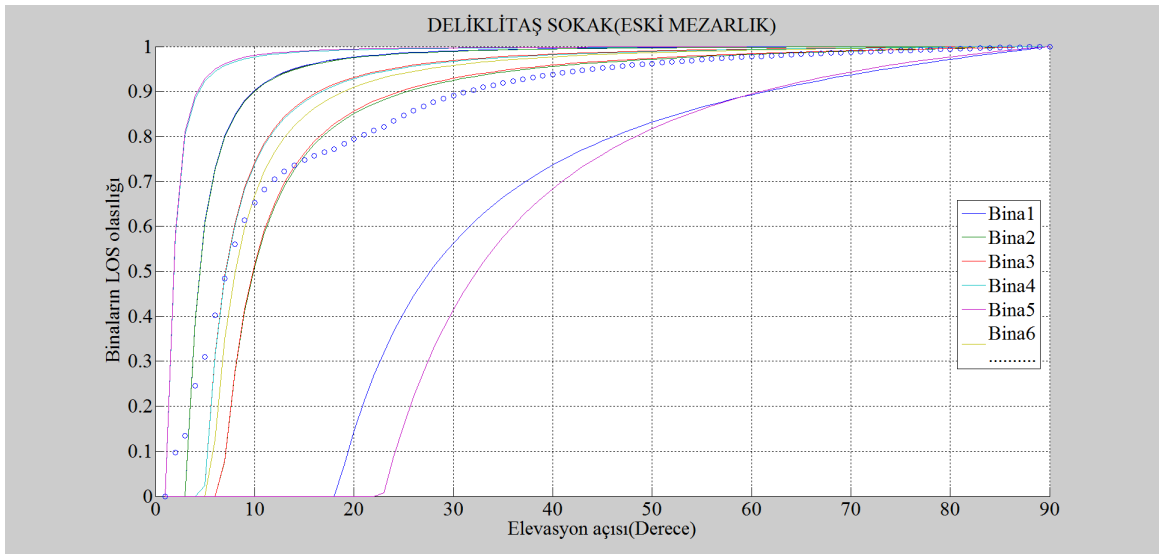
Şekil 2.30. Değirmendere sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



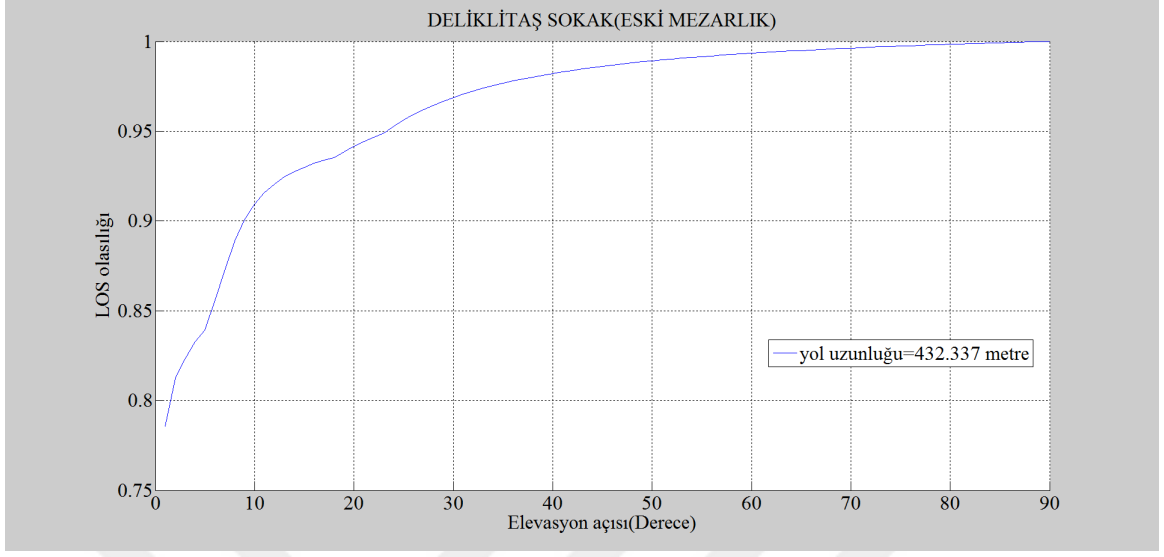
Şekil 2.31. Değirmendere sokak LOS olasılığı



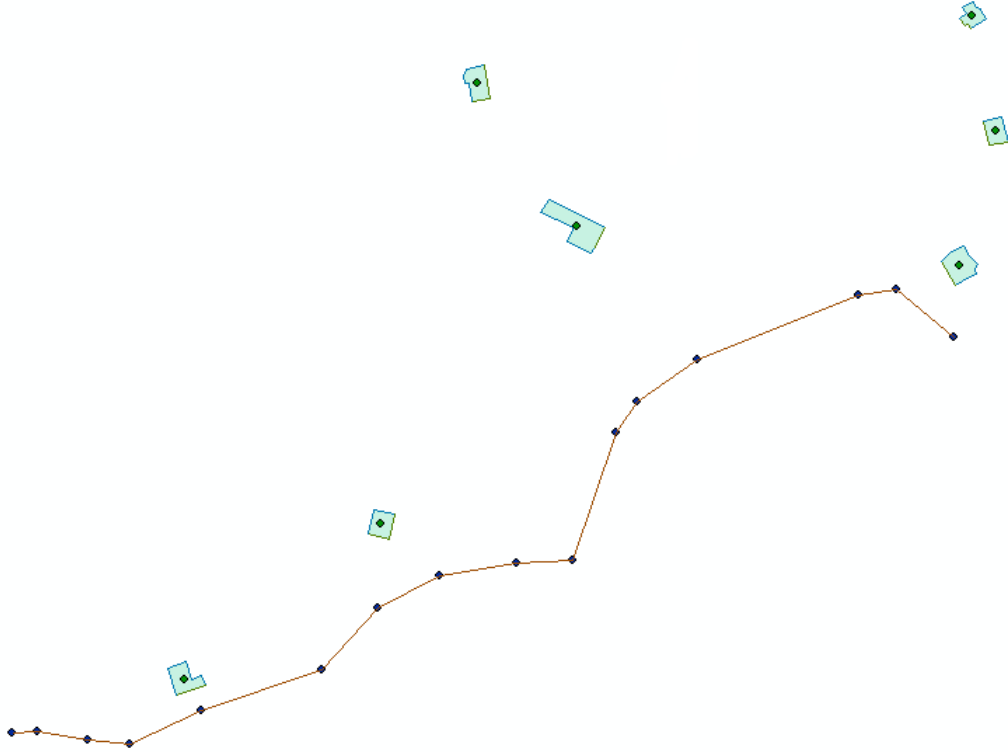
Şekil 2.32. Değirmendere sokak ARCMAP ekran görüntüsü



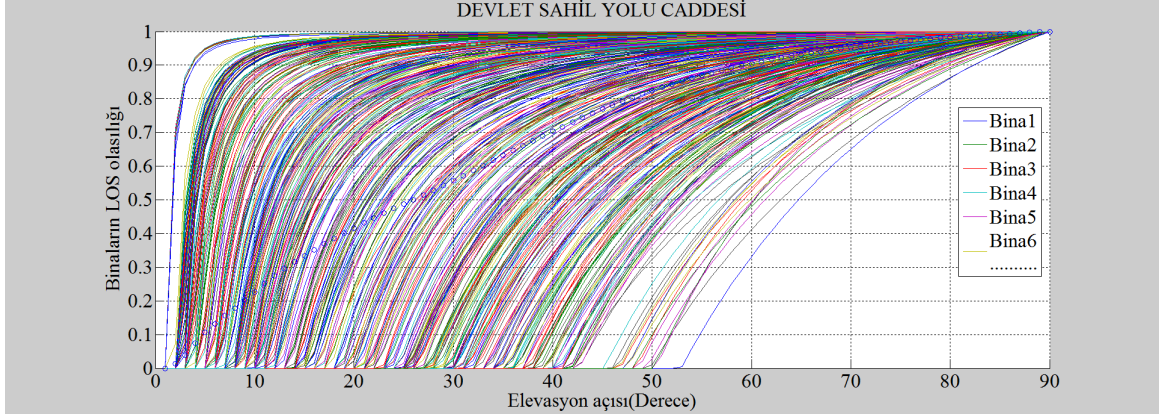
Şekil 2.33. Deliklitaş sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



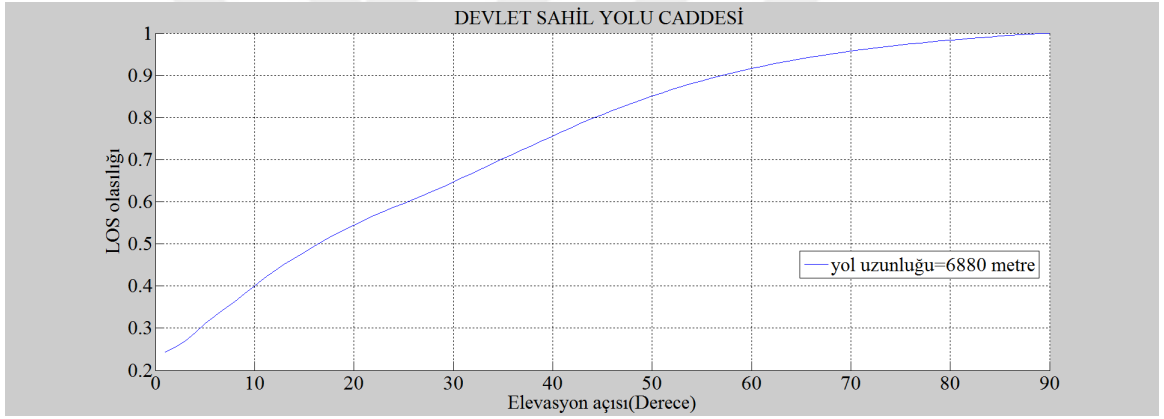
Şekil 2.34. Deliklitaş sokak LOS olasılığı



Şekil 2.35. Deliklitaş sokak ARCMAP ekran görüntüsü



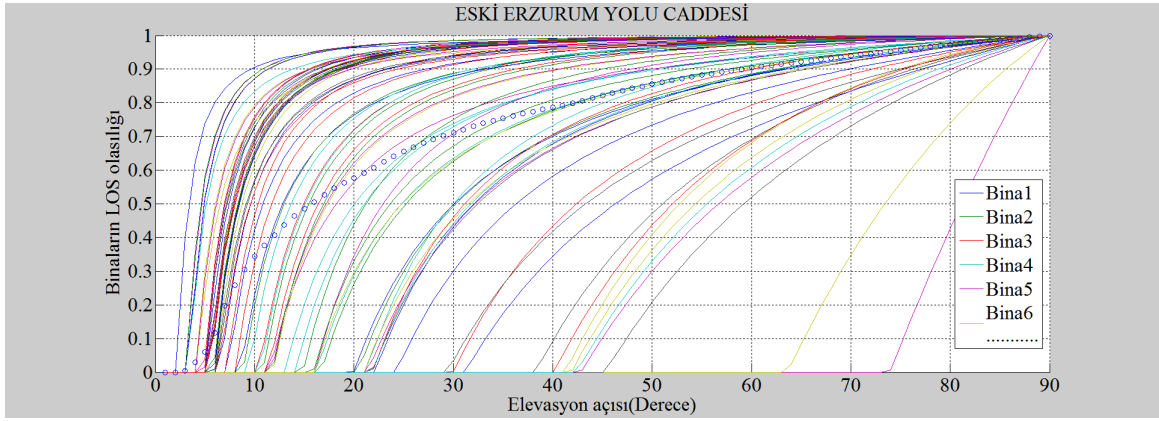
Şekil 2.36. Devlet Sahil yolu caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



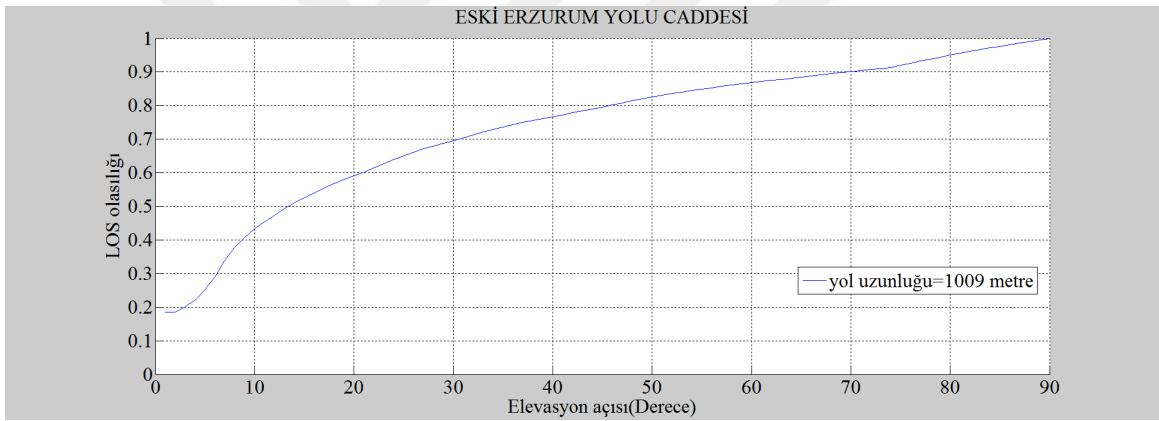
Şekil 2.37. Devlet Sahil yolu caddesi LOS olasılığı



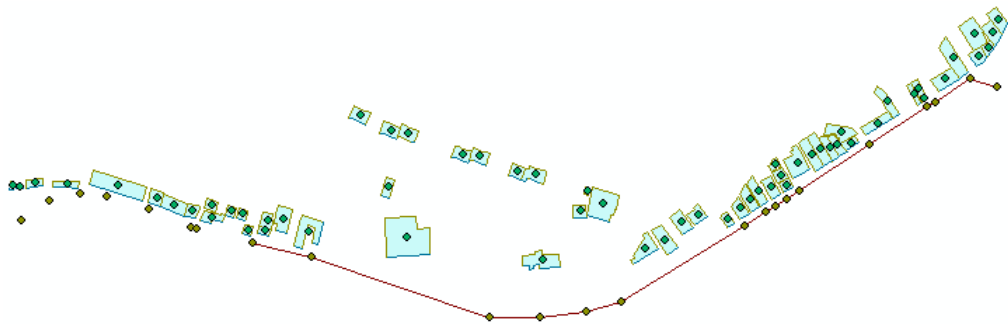
Şekil 2.38. Devlet Sahil yolu caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



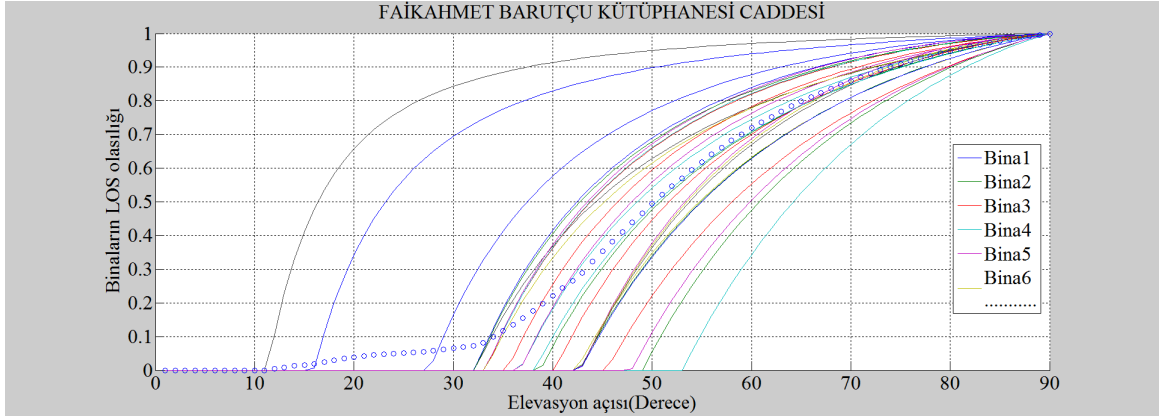
Şekil 2.39. Eski Erzurum yolu caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



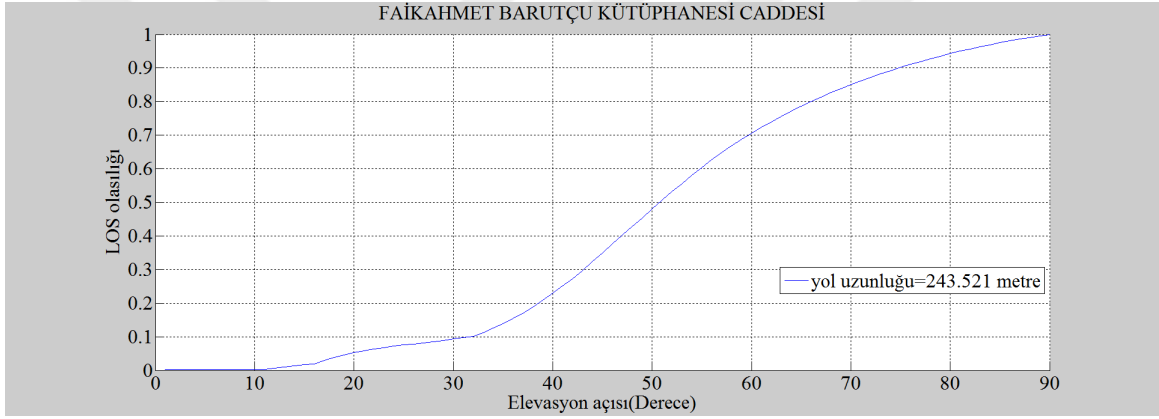
Şekil 2.40. Eski Erzurum yolu caddesi LOS olasılığı



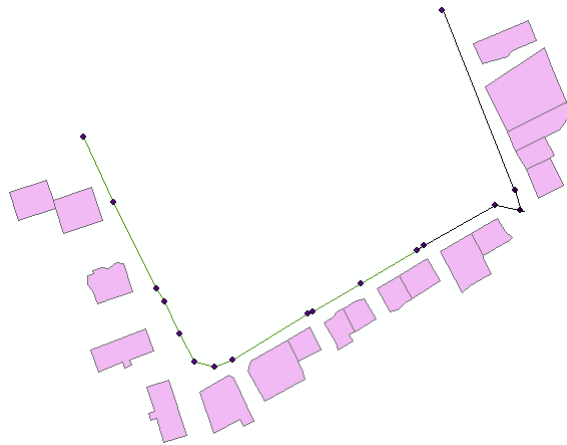
Şekil 2.41. Eski Erzurum yolu caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



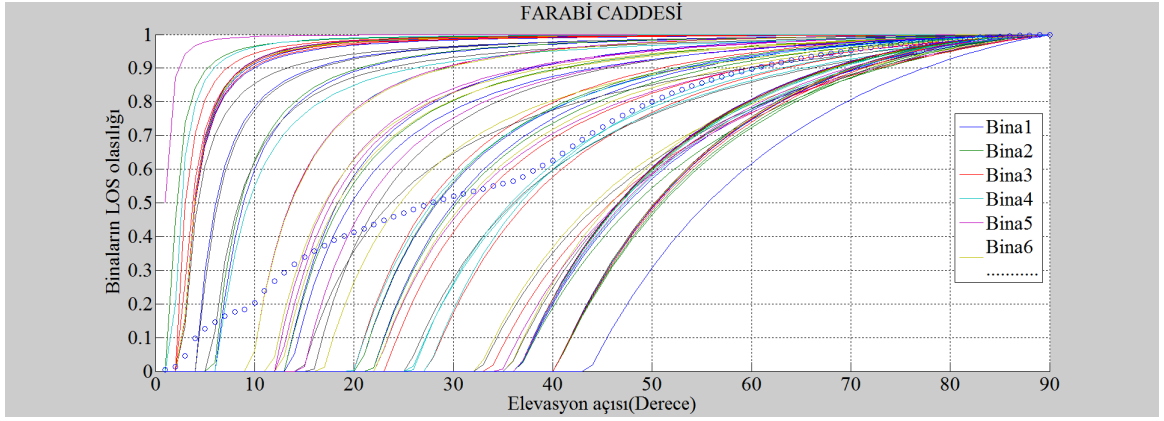
Şekil 2.42. Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



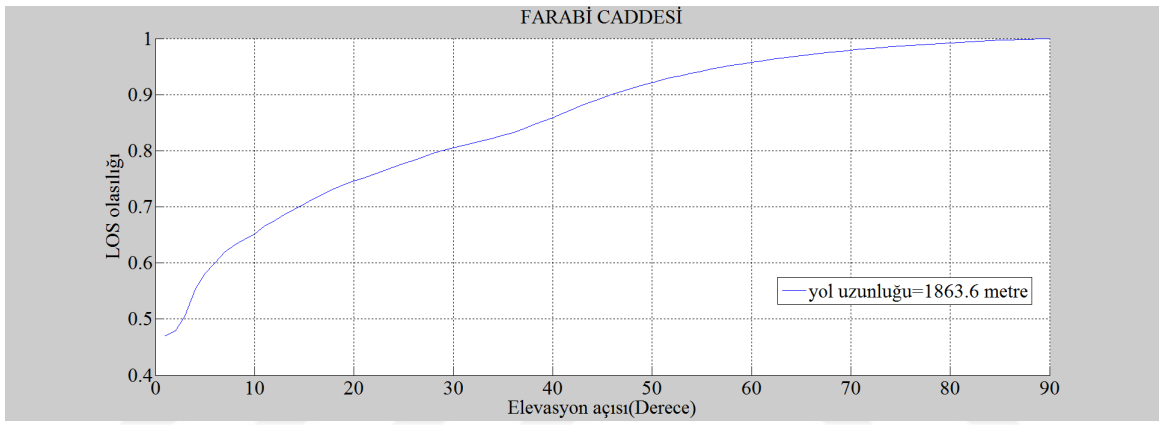
Şekil 2.43. Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesi LOS olasılığı



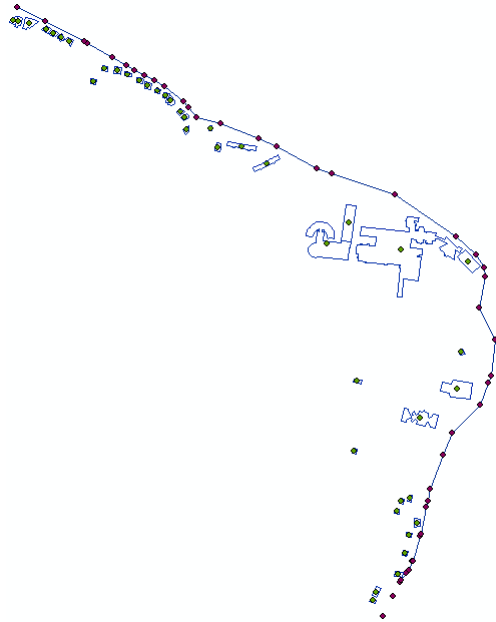
Şekil 2.44. Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



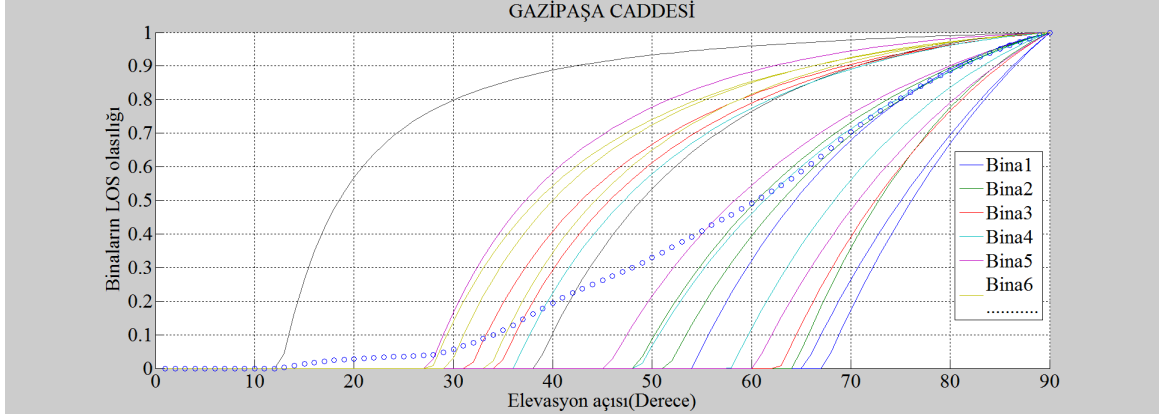
Şekil 2.45. Farabi caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



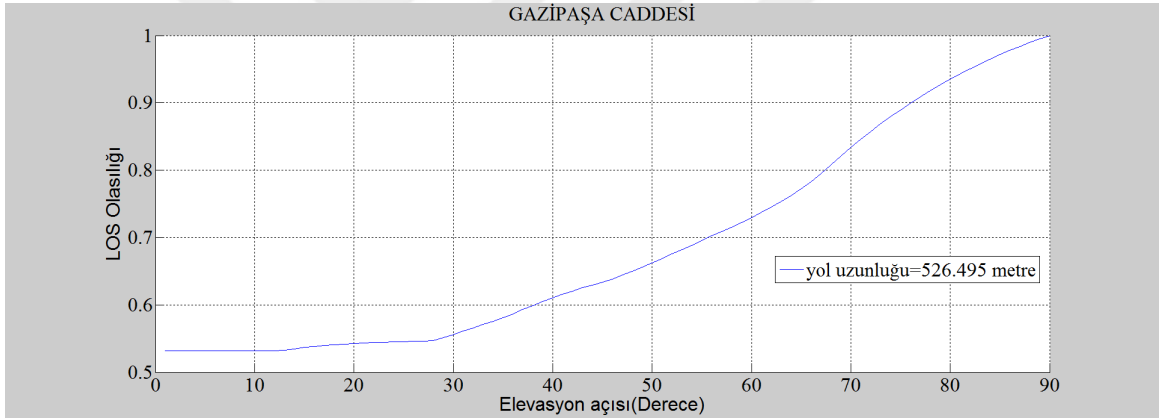
Şekil 2.46. Farabi caddesi LOS olasılığı



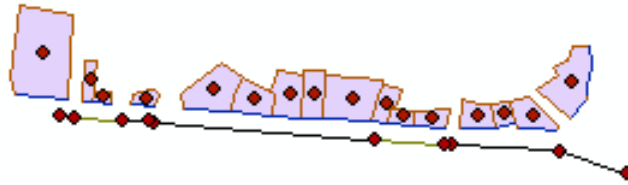
Şekil 2.47. Farabi caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



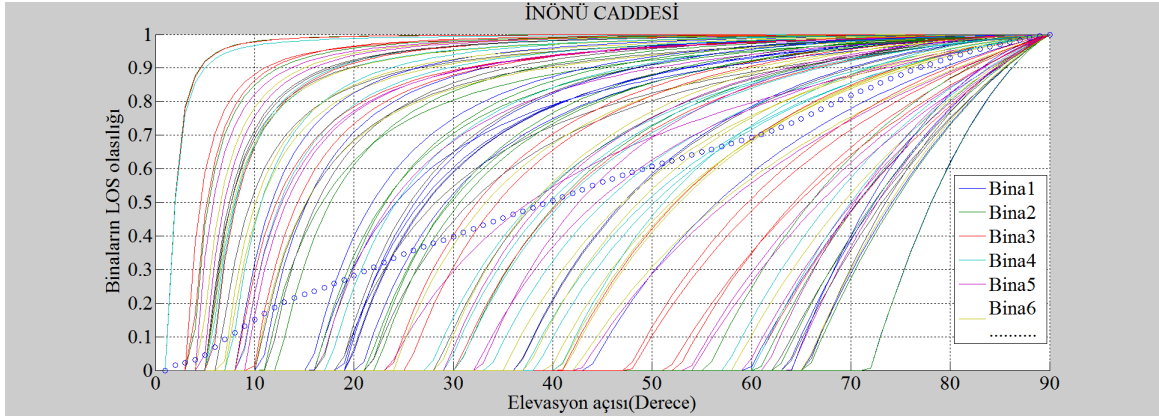
Şekil 2.48. Gazipaşa caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



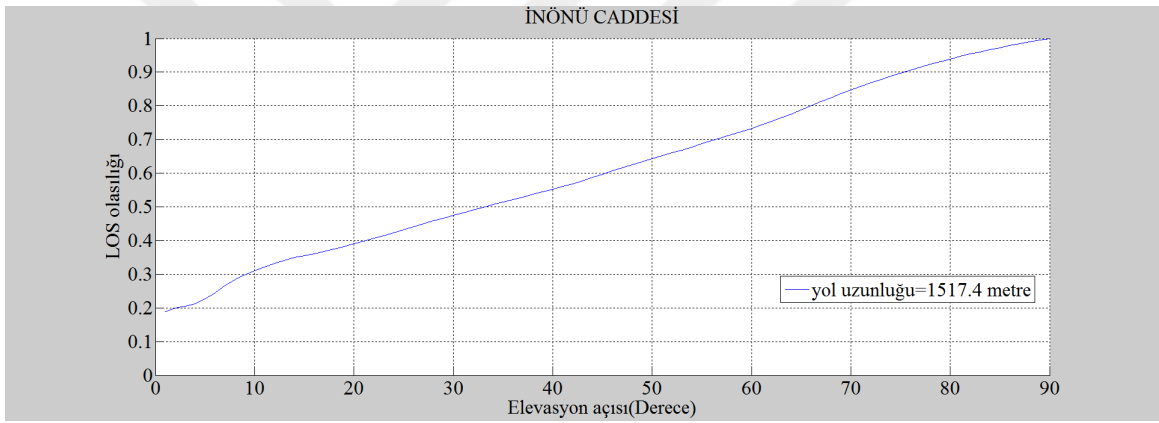
Şekil 2.49. Gazipaşa caddesi LOS olasılığı



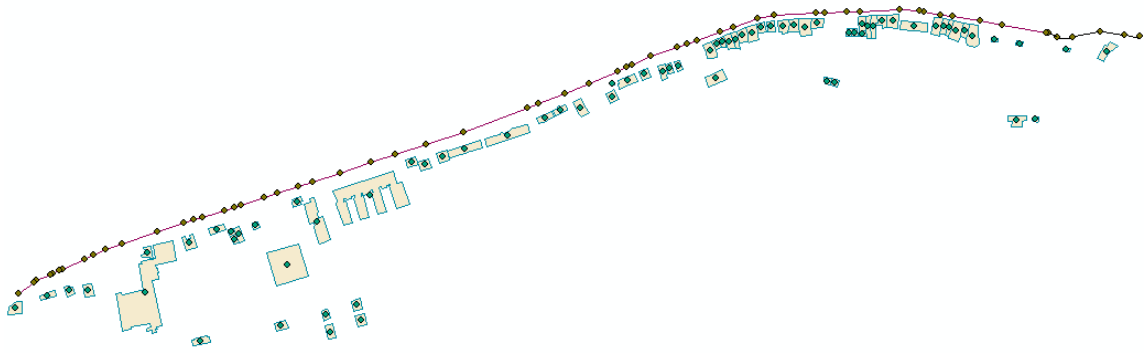
Şekil 2.50. Gazipaşa caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



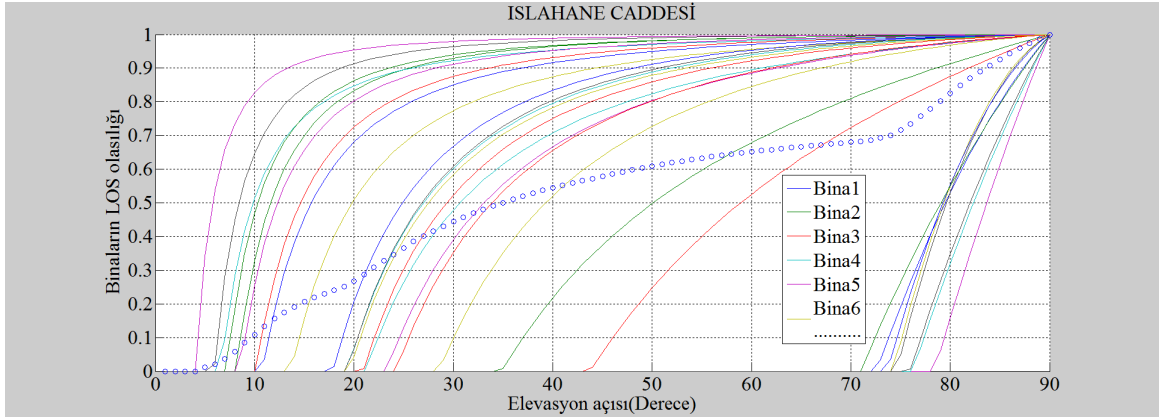
Şekil 2.51. İnönü caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



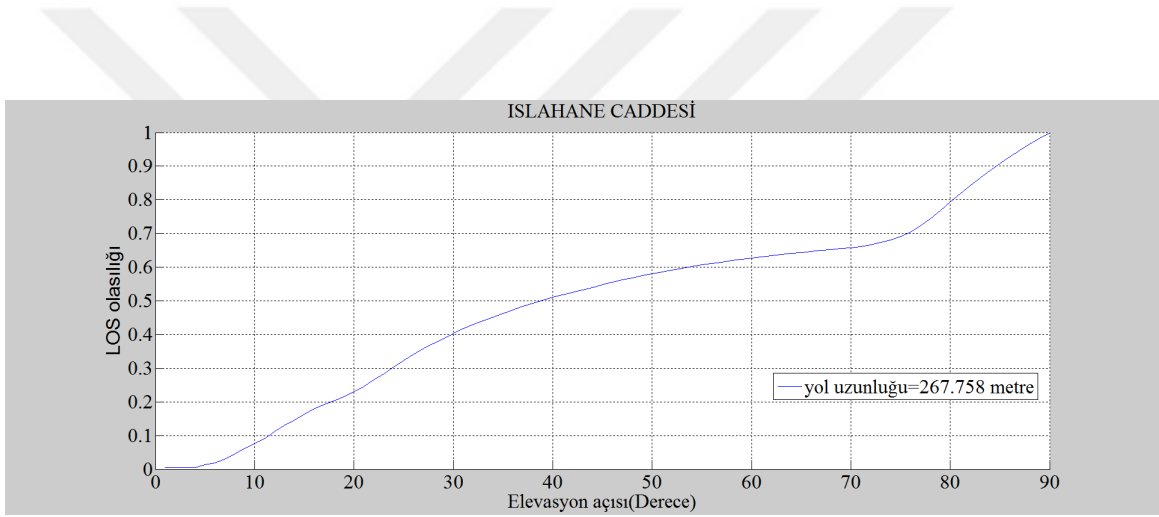
Şekil 2.52. İnönü caddesi LOS olasılığı



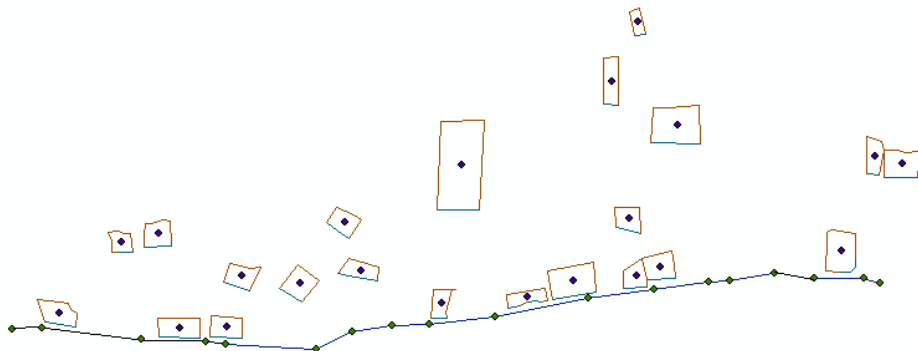
Şekil 2.53. İnönü caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



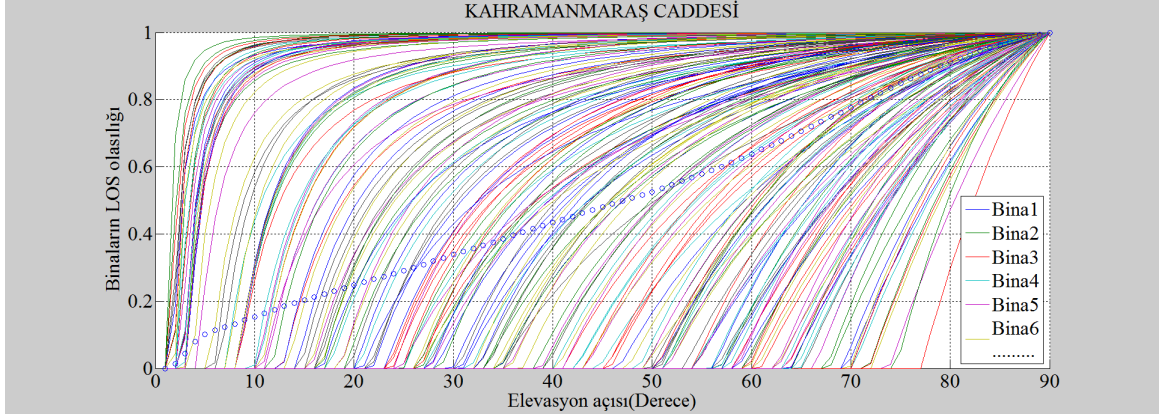
Şekil 2.54. Islahane caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



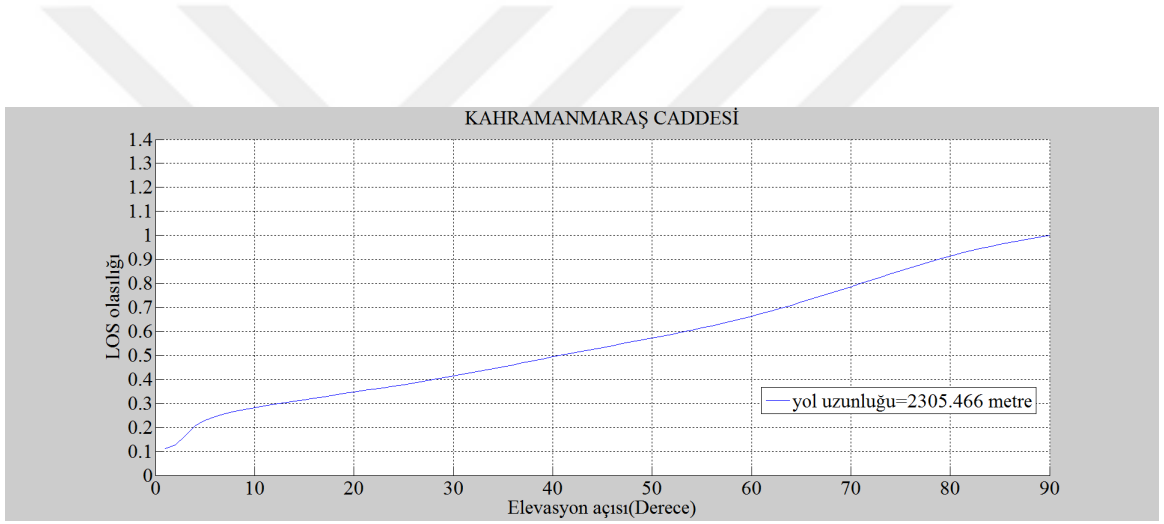
Şekil 2.55. Islahane caddesi LOS olasılığı



Şekil 2.56. Islahane caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



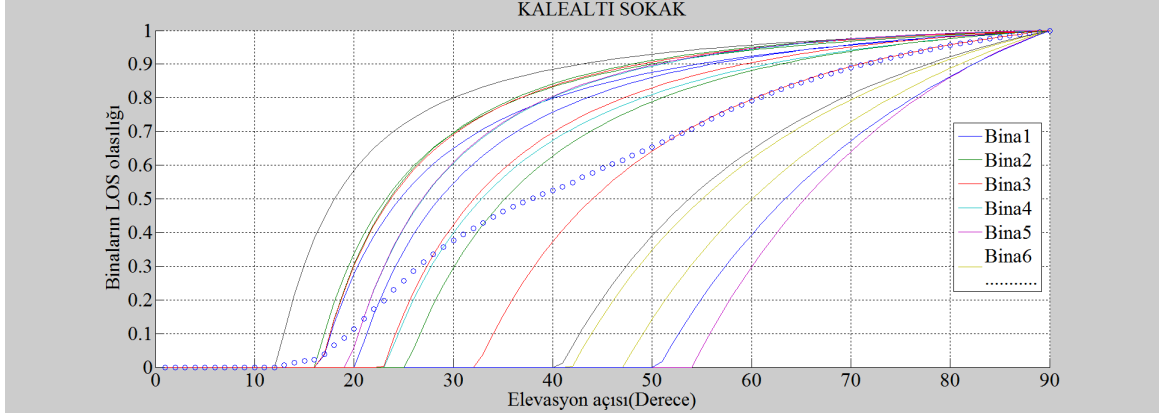
Şekil 2.57. Kahramanmaraş caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



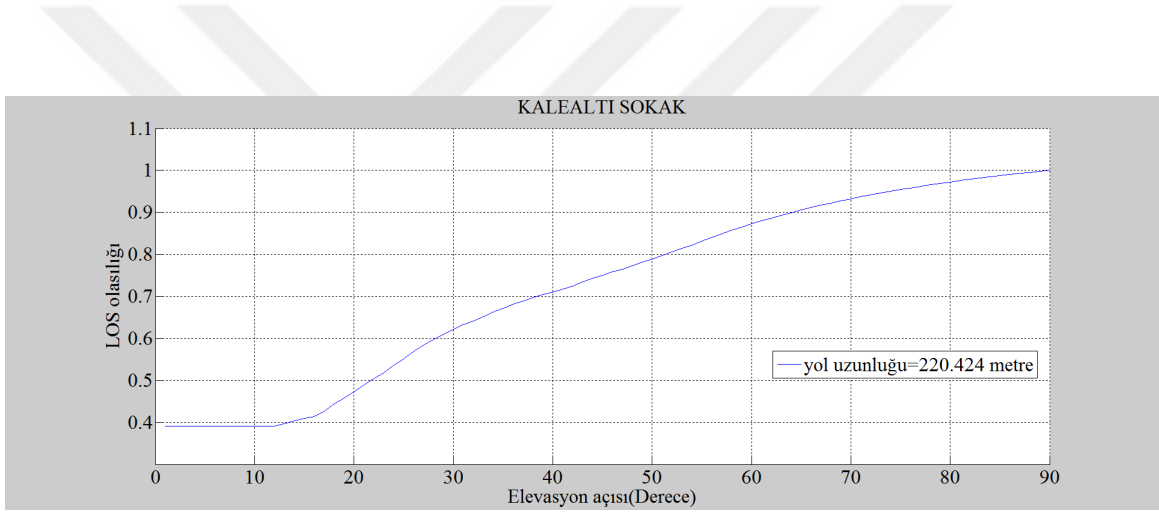
Şekil 2.58. Kahramanmaraş caddesi LOS olasılığı



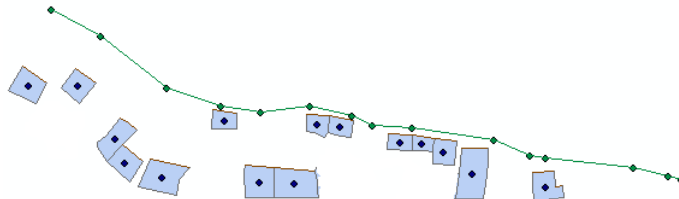
Şekil 2.59. Kahramanmaraş caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



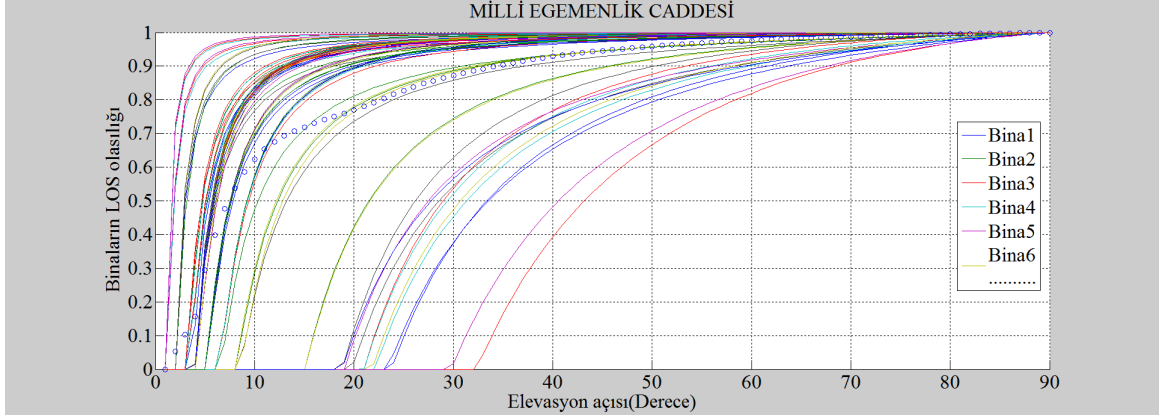
Şekil 2.60. Kalealti sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



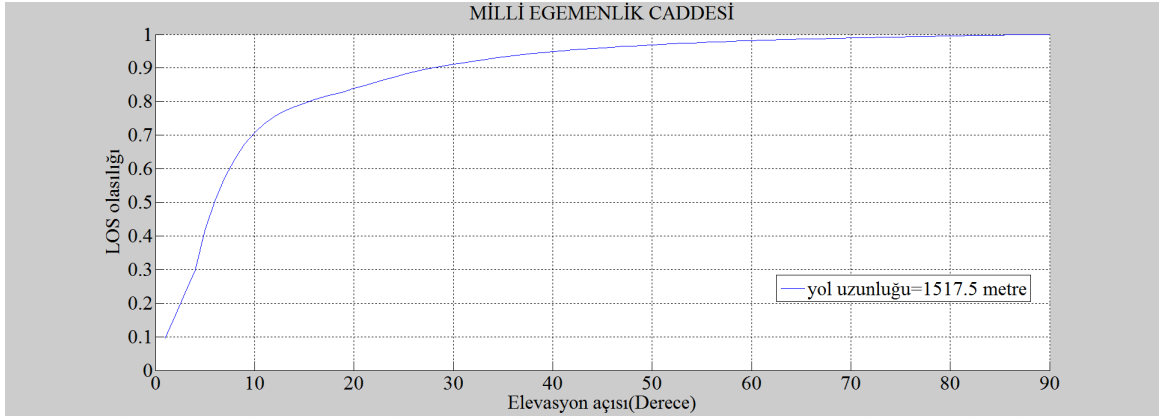
Şekil 2.61. Kalealti sokak LOS olasılığı



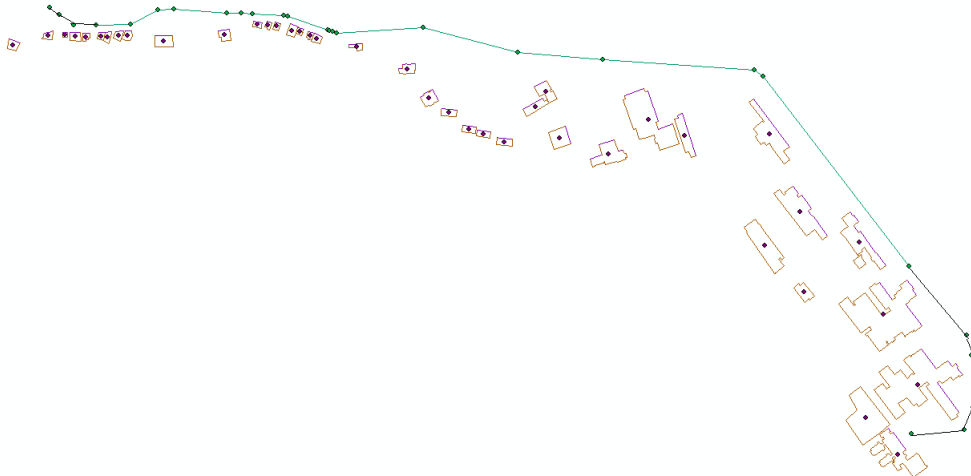
Şekil 2.62. Kalealti sokak ARCMAP ekran görüntüsü



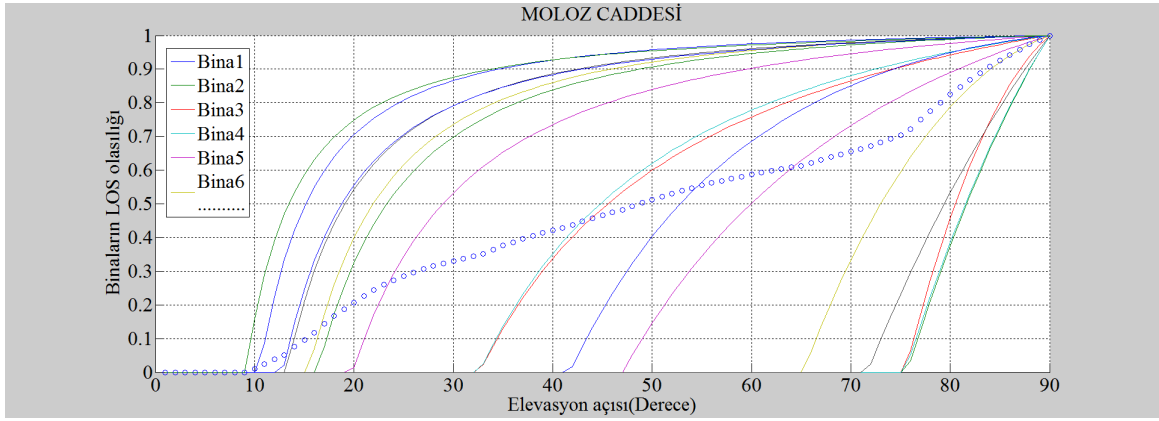
Şekil 2.63. Milli Egemenlik caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



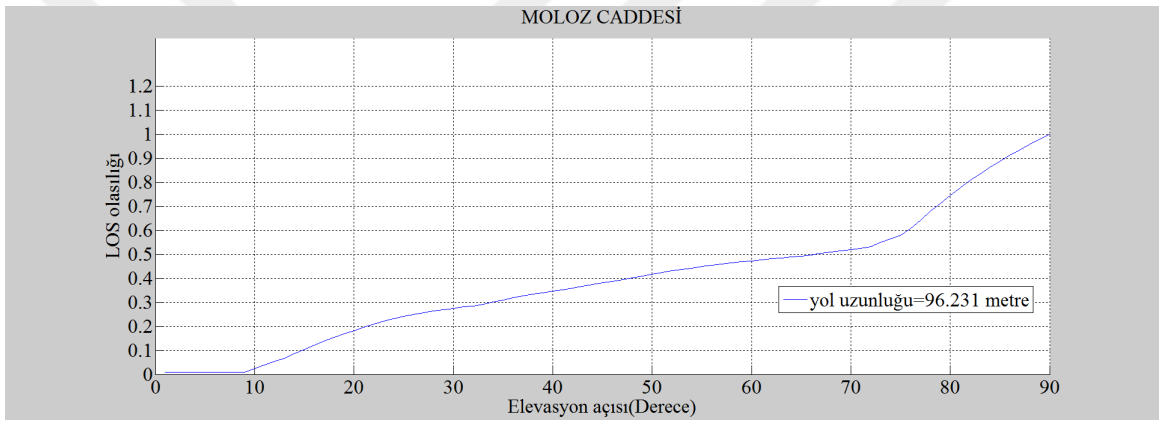
Şekil 2.64. Milli Egemenlik caddesi LOS olasılığı



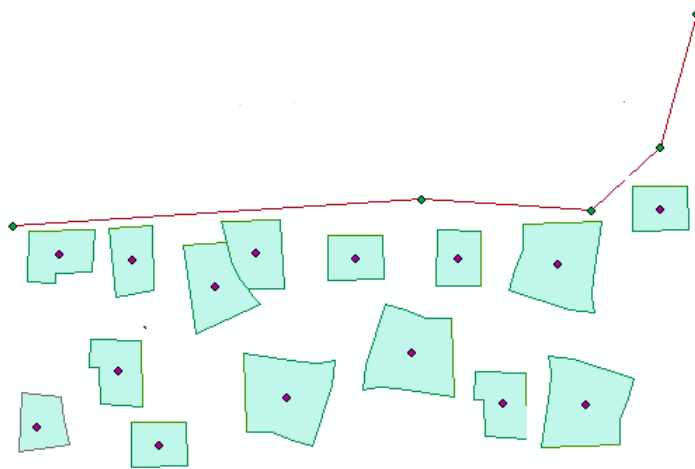
Şekil 2.65. Milli Egemenlik caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



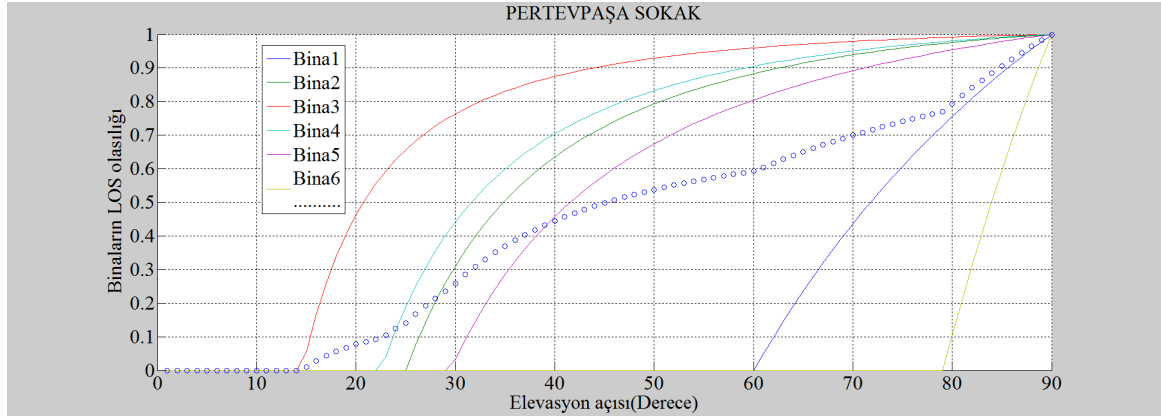
Şekil 2.66. Moloz caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



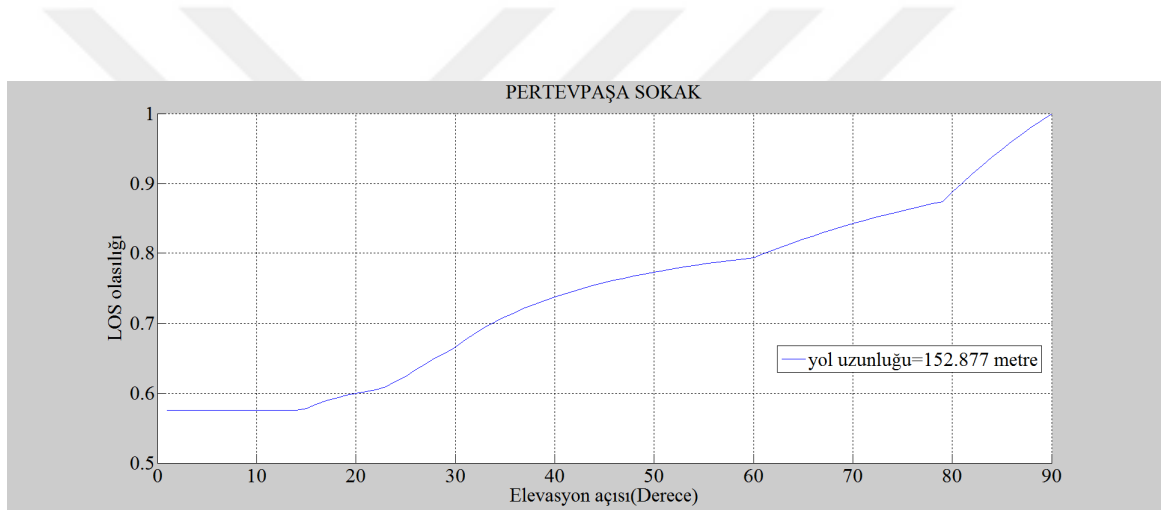
Şekil 2.67. Moloz caddesi LOS olasılığı



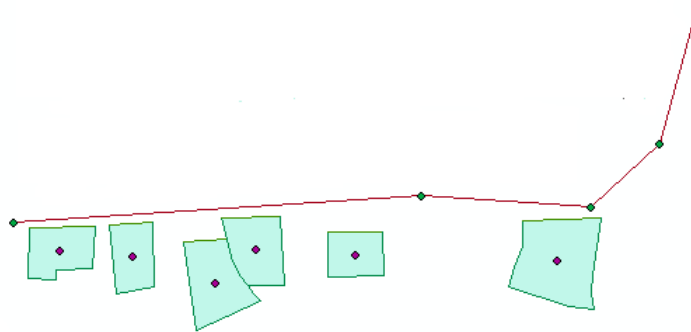
Şekil 2.68. Moloz caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



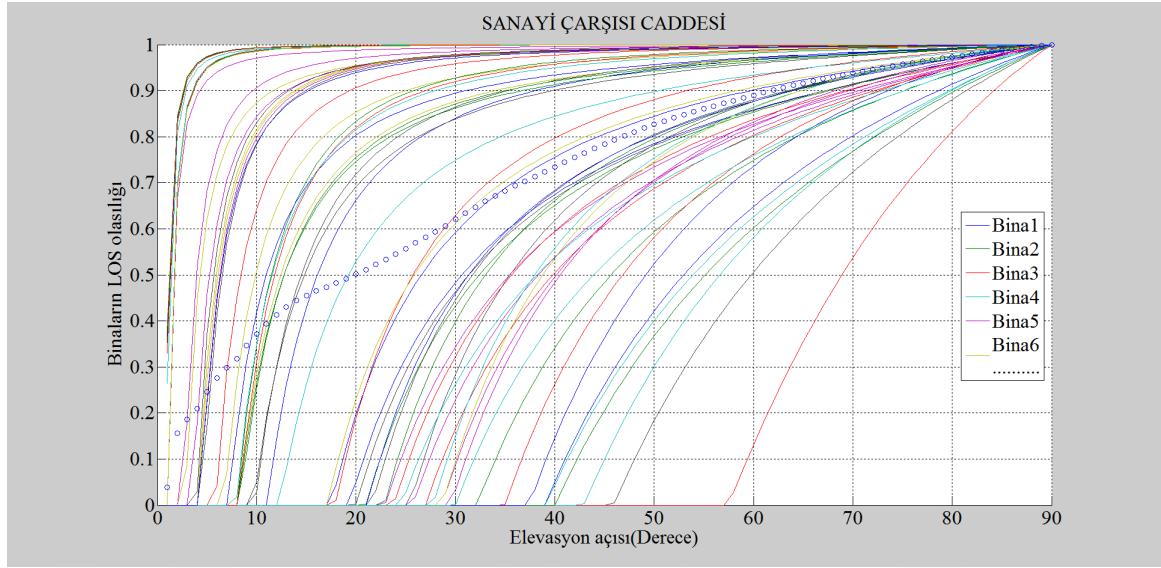
Şekil 2.69. Pertevpaşa sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



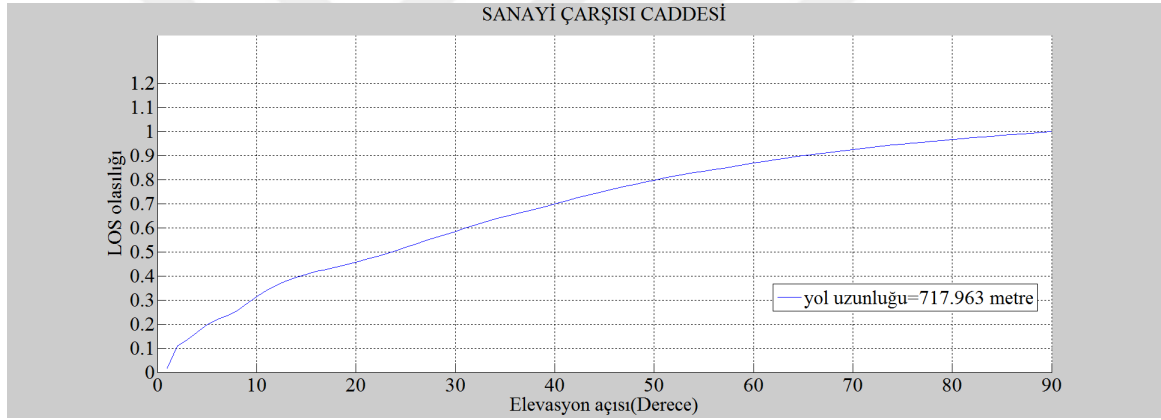
Şekil 2.70. Pertevpaşa sokak LOS olasılığı



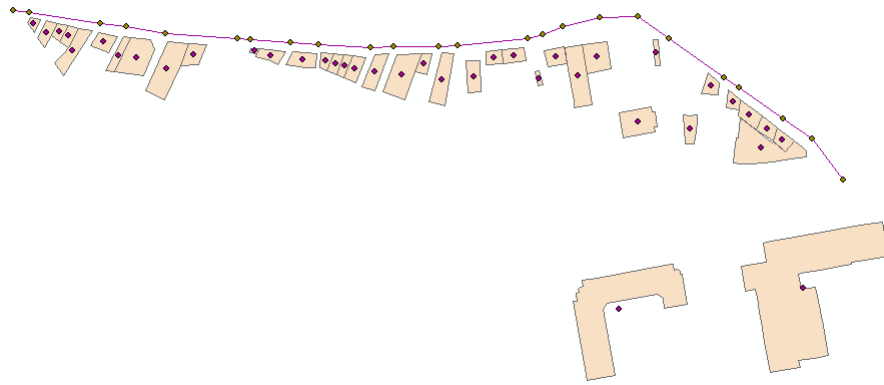
Şekil 2.71. Pertevpaşa sokak ARCMAP ekran görüntüsü



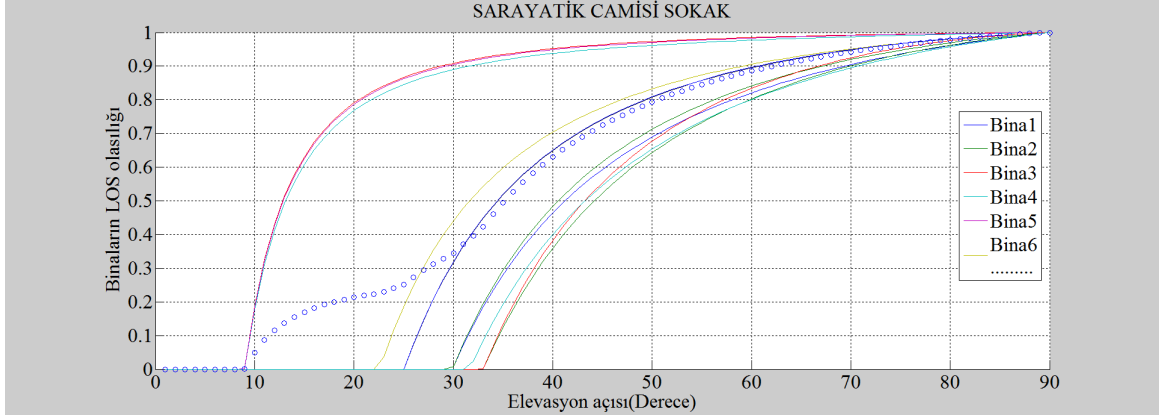
Şekil 2.72. Sanayi çarşısı caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



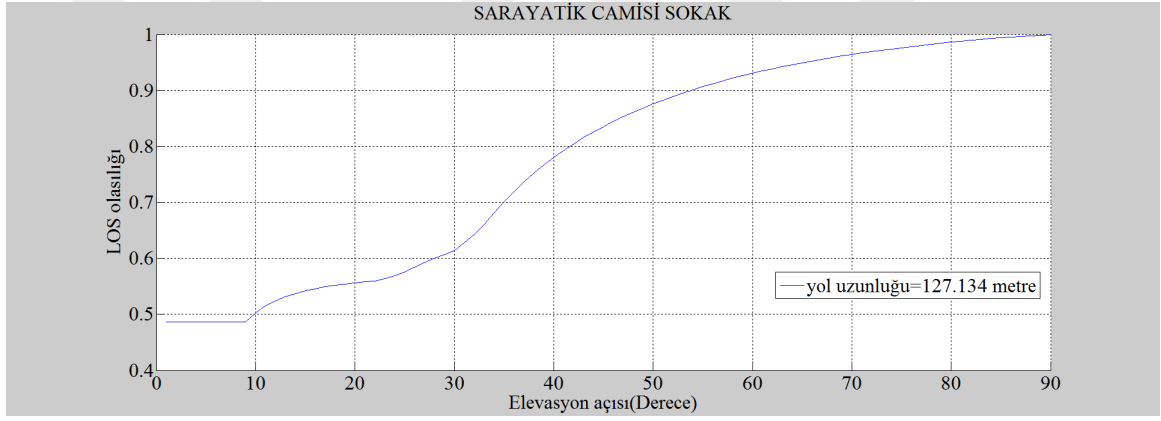
Şekil 2.73. Sanayi çarşısı caddesi LOS olasılığı



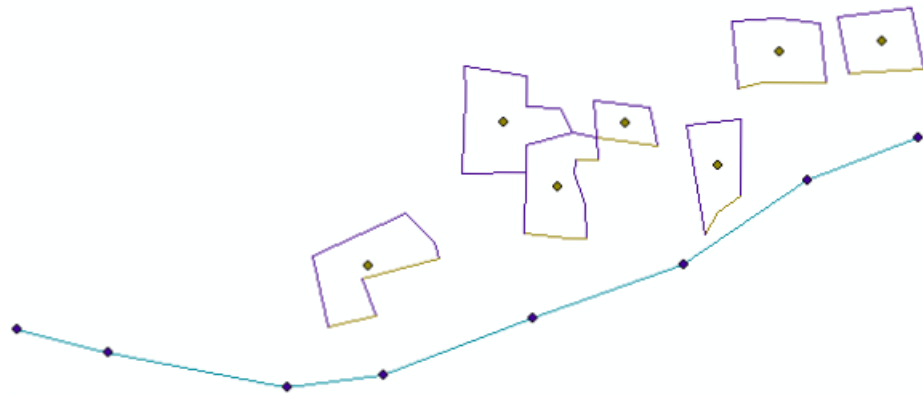
Şekil 2.74. Sanayi çarşısı caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



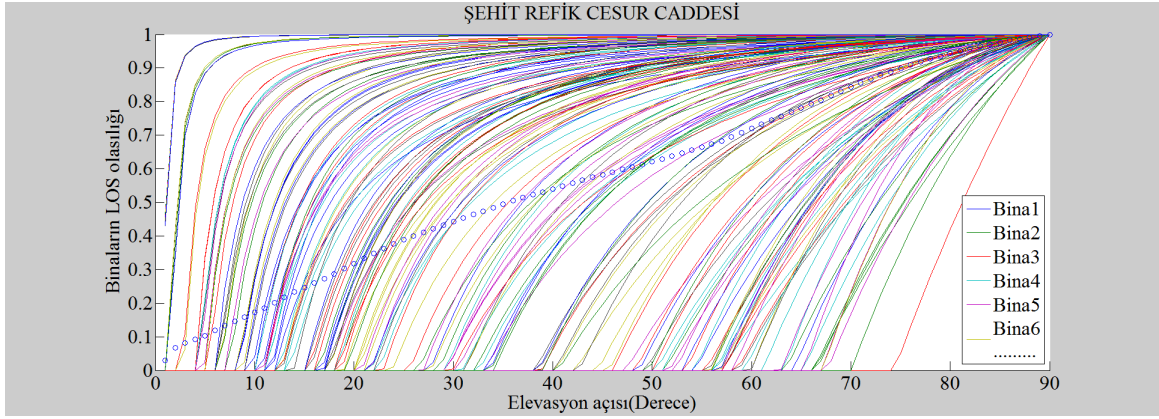
Şekil 2.75. Sarayatik Camisi sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



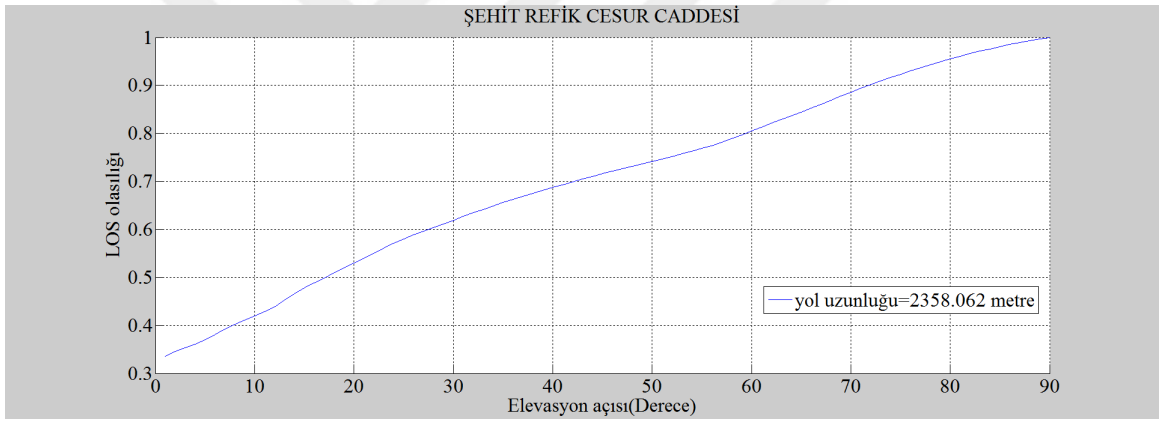
Şekil 2.76. Sarayatik Camisi sokak LOS olasılığı



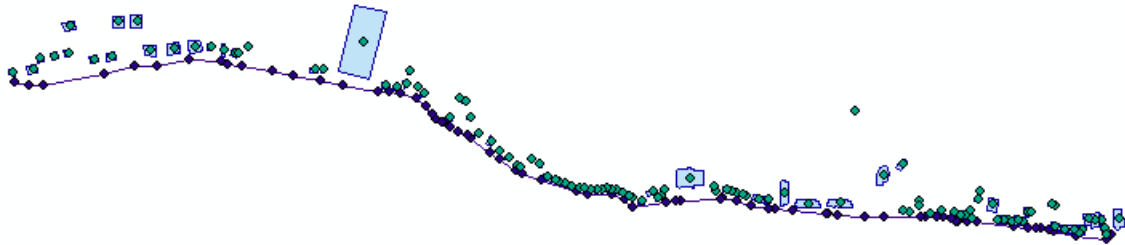
Şekil 2.77. Sarayatik Camisi sokak ARCMAP ekran görüntüsü



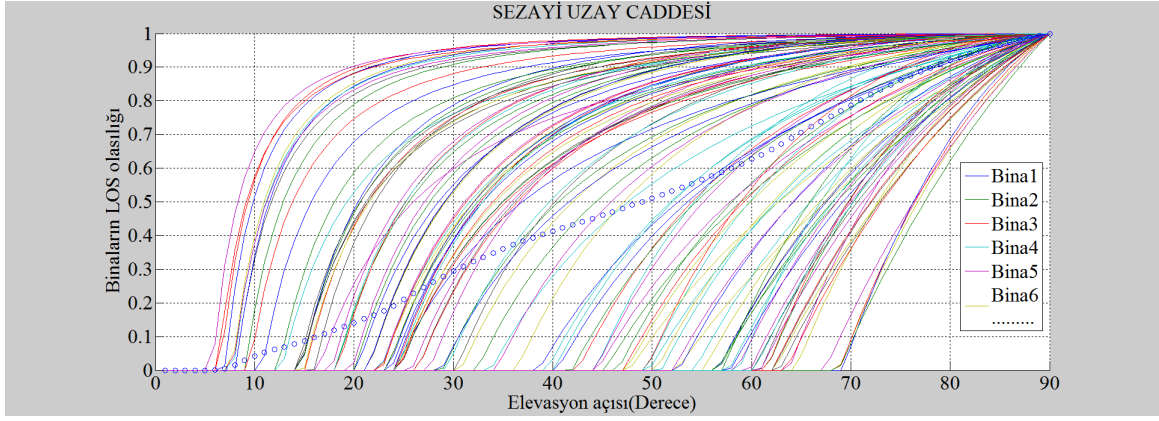
Şekil 2.78. Şehit Refik Cesur caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



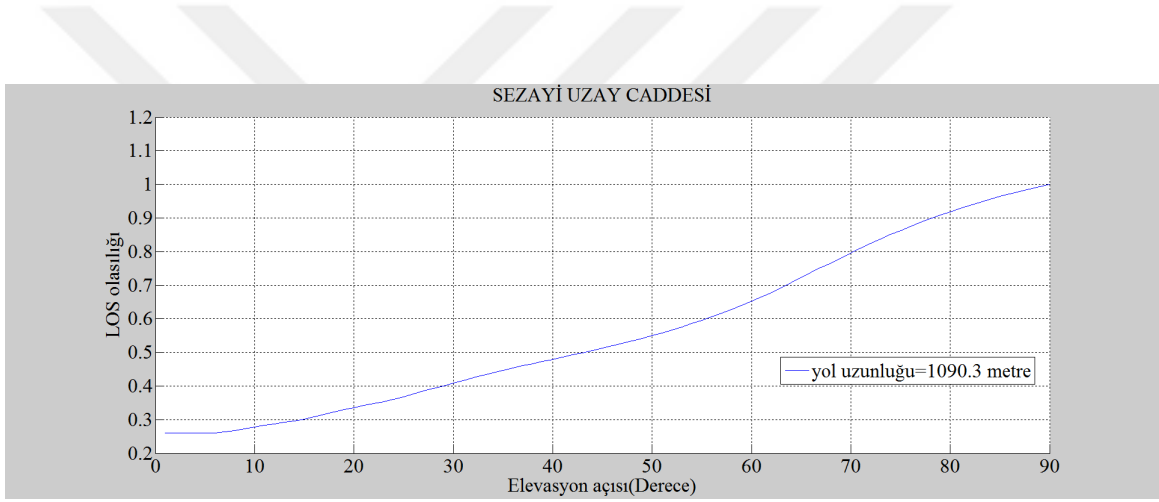
Şekil 2.79. Şehit Refik Cesur caddesi LOS olasılığı



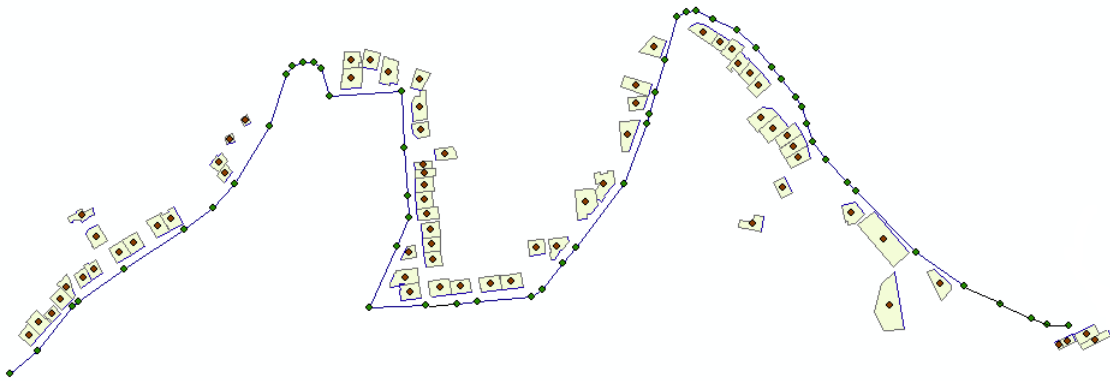
Şekil 2.80. Şehit Refik Cesur caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



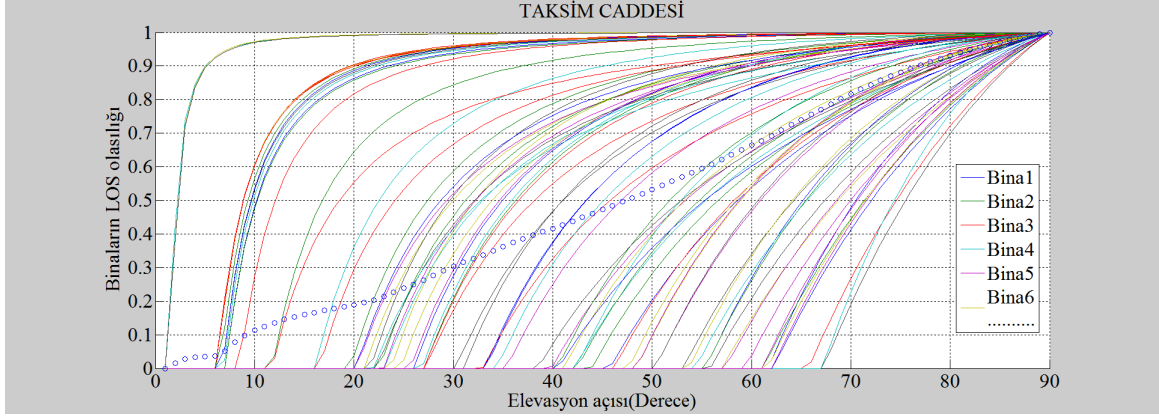
Şekil 2.81. Sezayi Uzay caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



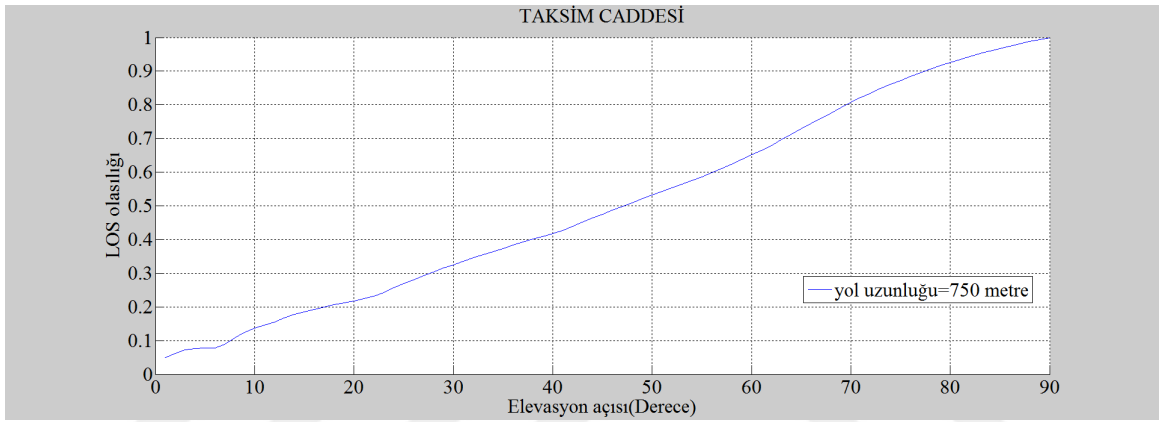
Şekil 2.82. Sezayi Uzay caddesi LOS olasılığı



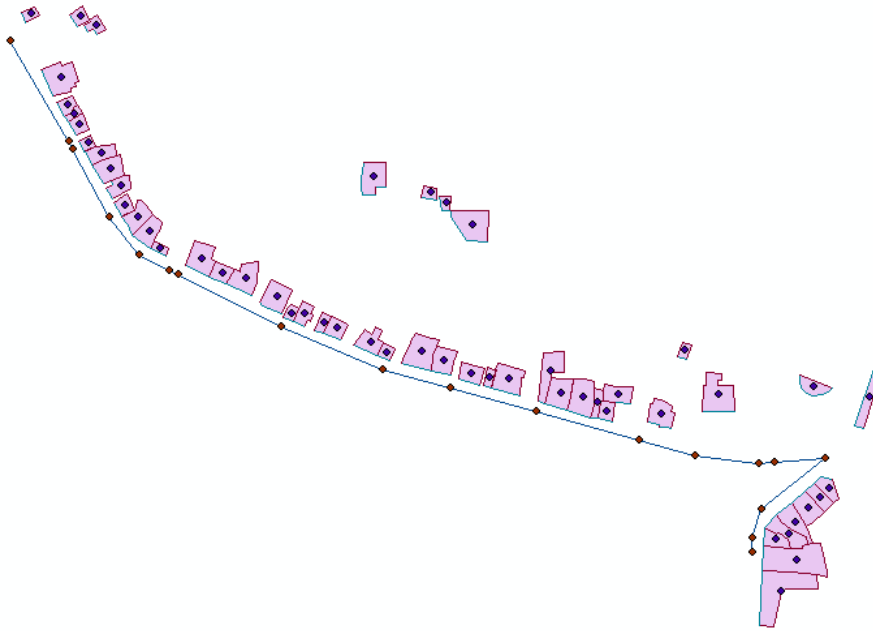
Şekil 2.83. Sezayi Uzay caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



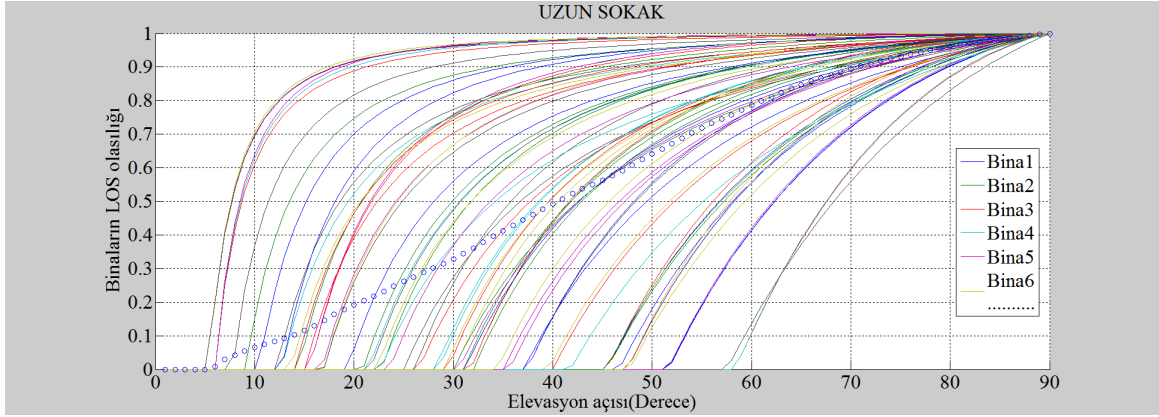
Şekil 2.84. Taksim caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



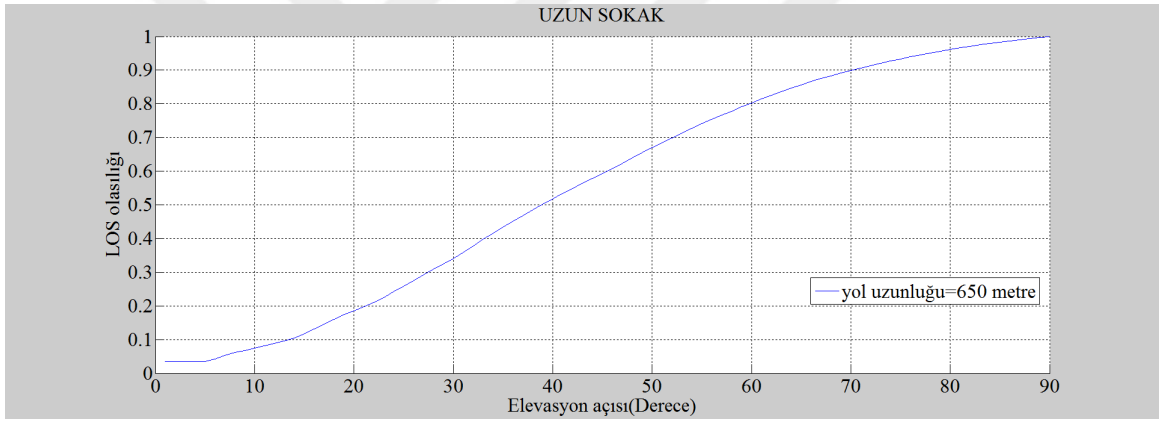
Şekil 2.85. Taksim caddesi LOS olasılığı



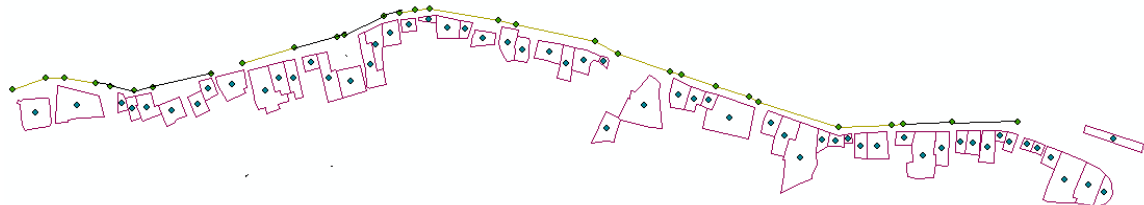
Şekil 2.86. Taksim caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



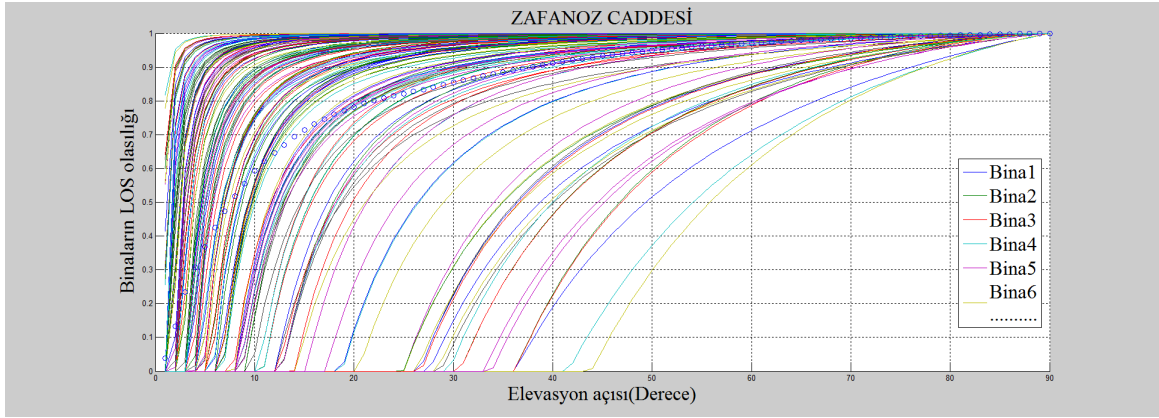
Şekil 2.87. Uzun sokakta binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



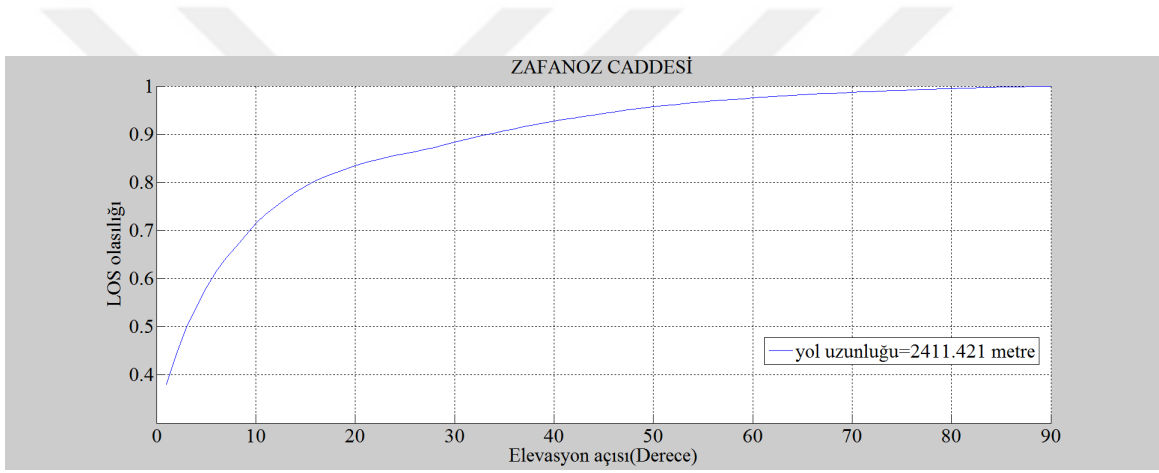
Şekil 2.88. Uzun sokak LOS olasılığı



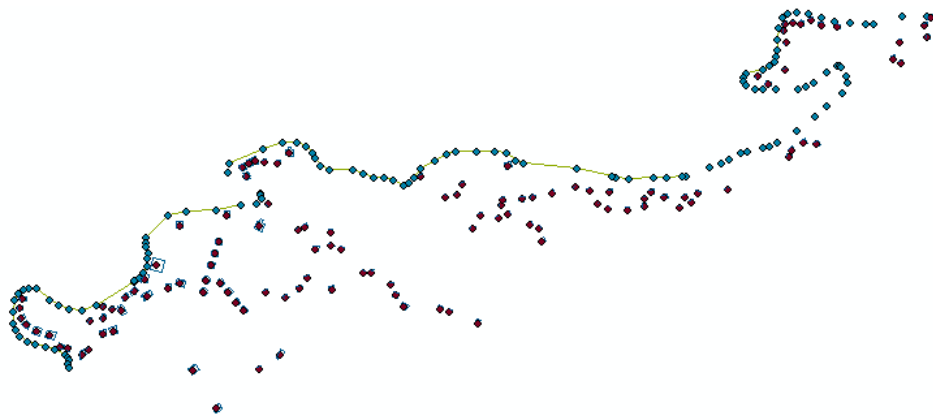
Şekil 2.89. Uzun sokak ARCMAP ekran görüntüsü



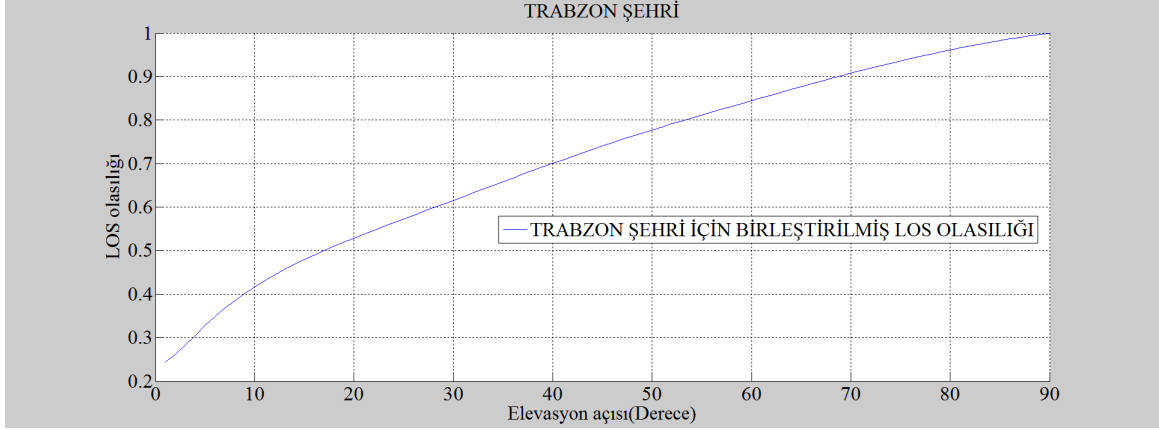
Şekil 2.90. Zafanoz caddesinde binaların oluşturduğu LOS olasılıkları



Şekil 2.91. Zafanoz caddesi LOS olasılığı



Şekil 2.92. Zafanoz caddesi ARCMAP ekran görüntüsü



Şekil 2.93. Bayes olasılık teoremi benzetimi ile oluşturulmuş Trabzon şehri LOS olasılığı

Yukarıdaki şekillerde verilen LOS olasılık eğrileri, 1.6 bölümünde literatür taraması yapılmış çalışmalarda sunulan LOS olasılık şekillerine benzerlik göstermektedir. 1.7 bölümünde anlatılan modeldeki [4] LOS olasılık eğrisi incelendiğinde bu çalışmadaki LOS eğrileri ile benzerlik taşıdığı görülecektir. Literatürde incelenen yapılmış çalışmaların bazılarında dijital haritalardan gerçek verilerle çalışılmış, bazılarında ise bina yüksekliği, binalar arası mesafeler ve alıcının vericiye olan uzaklığı gibi parametreler bilinen istatistik modellerle ifade edilmiştir.

Bu çalışmada ise tüm veriler ARCGIS programı içerisindeki Trabzon dijital haritasından çıkarılmıştır. Bir sonraki 2.7 bölümünde bu datalara eğri uydurulmuş ve yükselme açısına bağlı olarak LOS olasılık eğri denklemleri elde edilmiştir.

2.7. LOS Olasılıklarına Matlab Cftool ile Eğri Uydurma

2.7.1. Cftool ve Örnek Bir Cadde İçin LOS Olasılık Eğri Uydurma

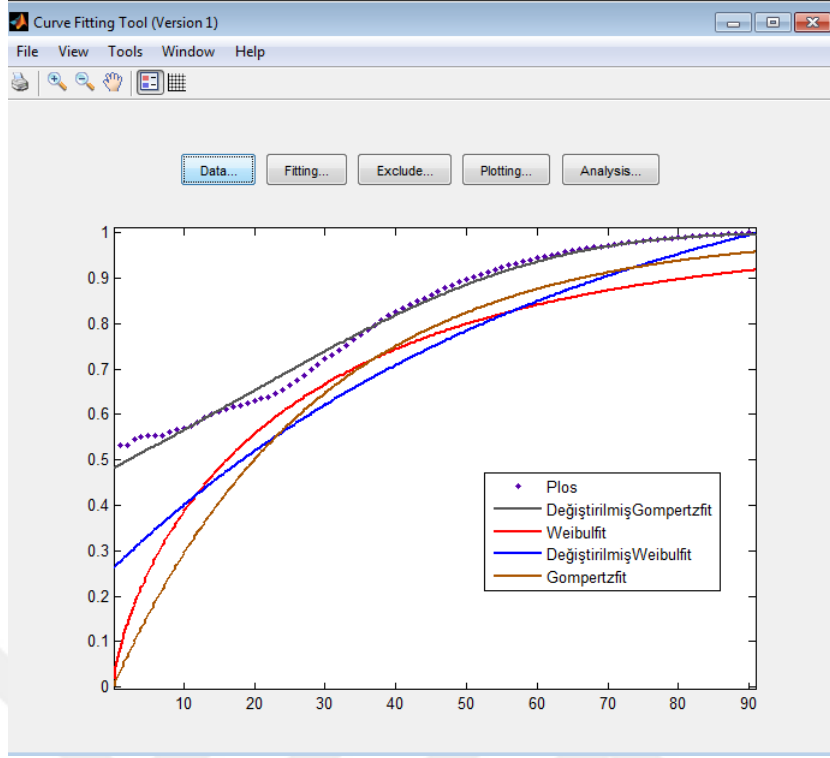
Bu bölümde, Matlab programındaki Cftool aracı [50] ile örnek bir cadde için daha önceden hesaplanmış olan LOS olasılık değerlerine eğri uydurulmuştur.

Matlab komut penceresinde 'cftool -v1' yazılarak eğri uydurma tool'u açılır. Ekran aşağıdaki gibi pencere gelir.

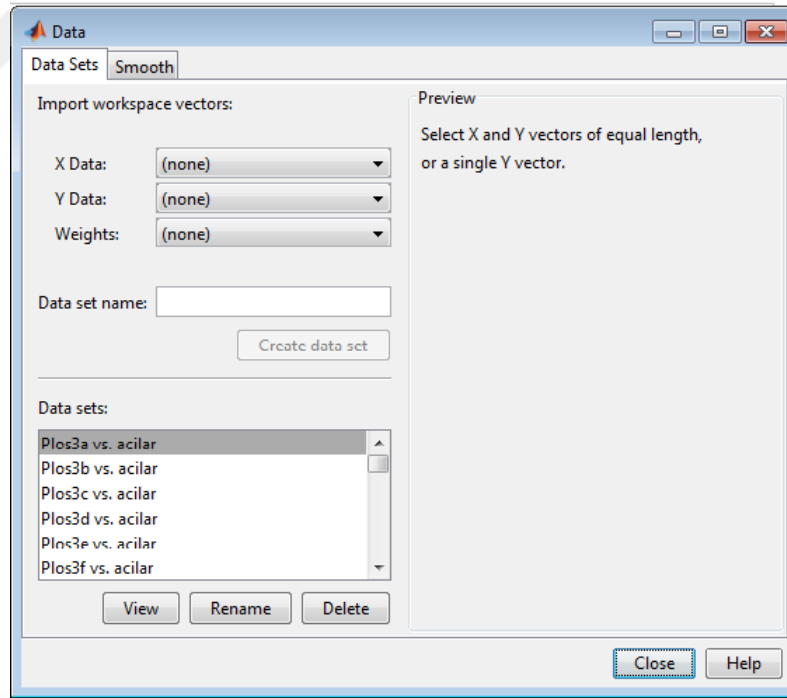
Şekil 2.94'de görüldüğü gibi, CFTOOL menüsünde 'data', 'fitting', 'exclude', 'plotting' ve 'analysis' sekmeleri bulunmaktadır.

Data sekmesinde eğri uydurulacak veri girişi yapılır. Fitting sekmesinde girişi yapılan veriye eğri uydurma işlemi yapılır. Exclude menüsünde girilen veri ile ilgili kısıtlamalar yapılabilir. Plotting menüsünde orijinal veri ve uydurulan eğri grafik çizimleri yapılır. Analysis menüsünde ise verilerle ilgili çeşitli analizler yapılır.

Data butonuna tıkladığında Şekil 2.95'te gösterilen pencere ekrana gelir.

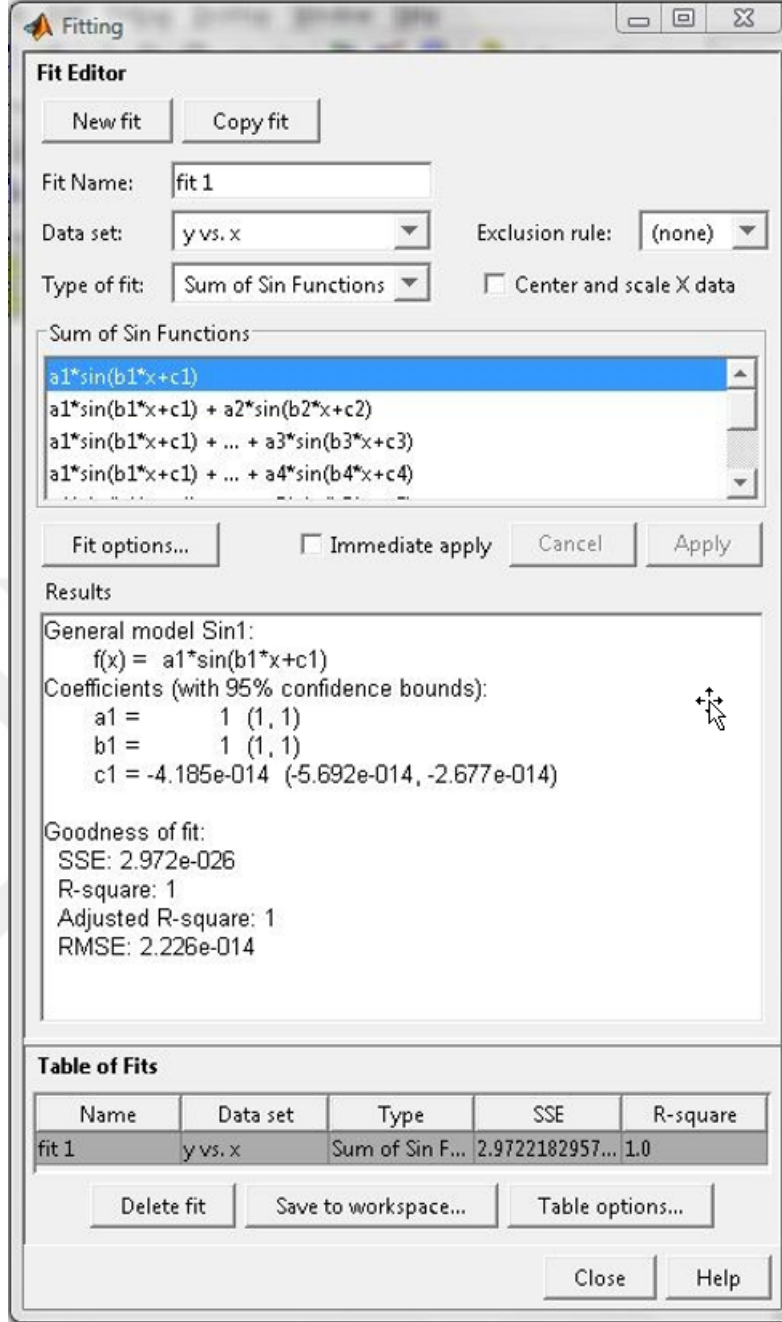


Şekil 2.94. Matlabda eğri uydurma aracı (CFTOOL) ana menüsü



Şekil 2.95. CFTOOL aracı data sekmesi

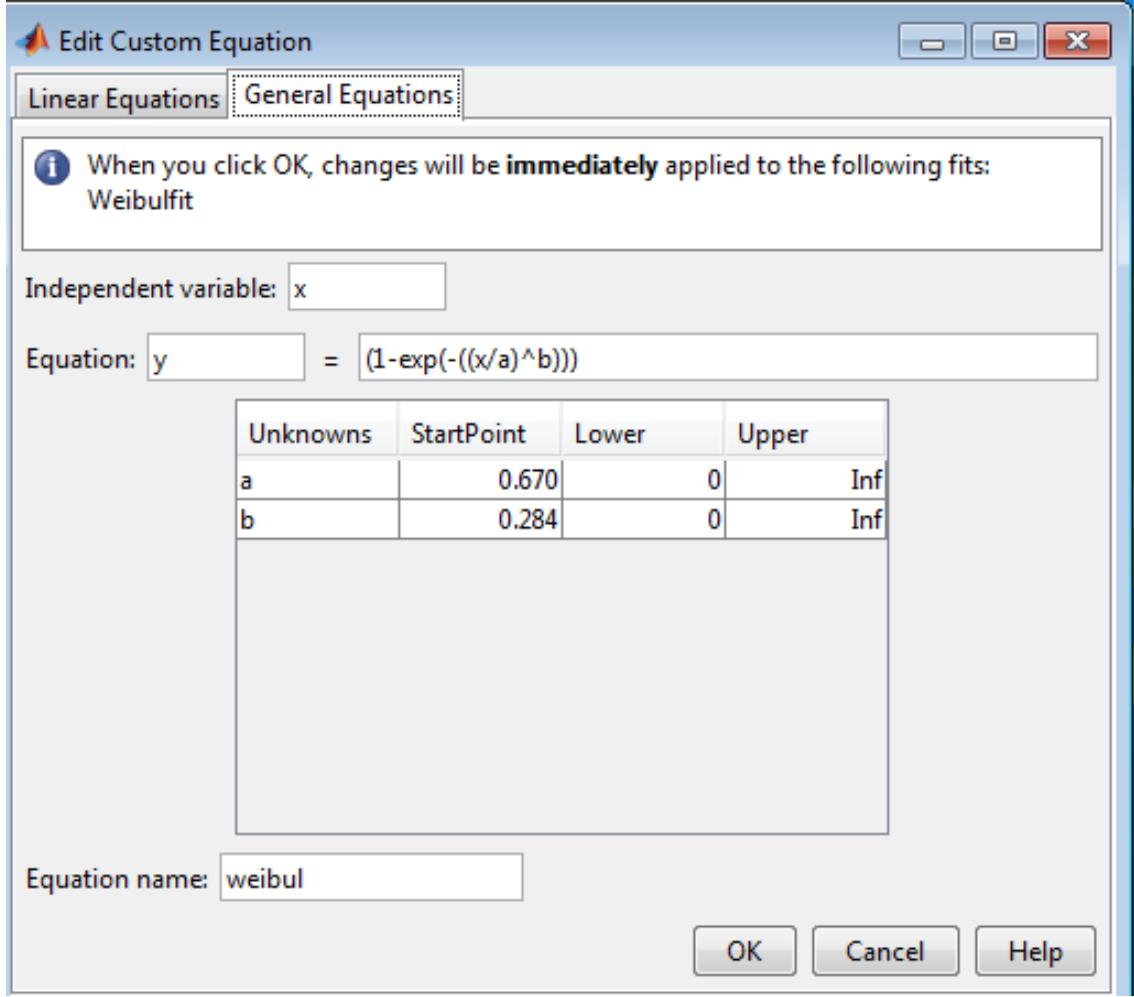
Şekil 2.95’de görülen pencerenin “data sets” kısmında birden çok data seti hazırlanır. Bu çalışmada 26 adet cadde olasılığı ile Trabzon şehir olasılığı hesaplandığı için 27 adet data seti hazırlanmıştır.



Şekil 2.96. CFTOOL aracı fitting sekmesi

Her bir data seti için daha sonra fitting sekmesinde eğri uydurma işlemi yapılmıştır. Şekil 2.96’da fitting sekmesi görüntüsü verilmiştir. Bu sekmede “fit tipi” alt sekmesinde, eğri uydurulacak fonksiyonlar seçilebilmektedir. Burada en çok bilinen dağılım tipleri mevcuttur.

Bu çalışmada, bölüm 2.8.1’de ayrıntılı olarak anlatılan iki kümülatif dağılım ve fonksiyon kullanılmıştır. Bu dağılımlar programda mevcut olmadığı için denklemler, “kullanıcı tanımlı (custom equations)” kısmından elle yazılarak girilmiştir. Bu durum Şekil



Şekil 2.97. CFTOOL aracı kullanıcı tanımlı denklemler sekmesi

2.97’de gösterilmiştir. Daha sonra uydurulan veriler plotting (çizim) sekmesinde çizdirilmiş ve analysis (analiz) sekmesinde de çeşitli analizlere tabi tutulmuştur.

2.8. Eğri Uydurulmuş Trabzon Cadde Olasılıkları

2.8.1. Eğri Uydurulacak Dağılımlar

Her bir cadde için 4 dağılım incelenmiştir. Bu dört dağılımın her birisi için, 26 caddede LOS olasılık değerlerine eğri uydurma yapılmıştır. Bu dağılımlar:

1. Weibul dağılım
2. Weibul2 fonksiyonu
3. Gompertz dağılımı
4. Gompertz2 fonksiyonu

Bu dağılımlara eğri uydurma işlemi uygulanıp sonuçlar incelendiğinde, ele alınan 26 caddenin bazılarında Weibul2 fonksiyonu dışındaki dağılım ve fonksiyona çok az uygunluk gösterdiği gözlemlenmiştir. Yani, tüm caddelerde Weibul dağılımı orta ve iyi seviyede (%50 ve üstü) uygunluk göstermektedir. Bazı caddelerde Gompertz dağılımının daha iyi uygunluk gösterdiği gözlemlenmiştir. Birebir hangi dağılımın en iyi uygunluk gösterdiğini belirlemek için 'Eğri Uydurma Uyum parametreleri' başlığı altındaki 'R-square' (R^2) parametresine bakmak yeterli olmaktadır. Bu R^2 istatistiksel olarak hesaplanan bir parametredir ve 0 ile 1 arası değerler almaktadır. Bu değer 1'e ne kadar yakın olursa eldeki data uydurulan dağılıma o kadar yakın demektir. Örneğin bu değer 0.998 olması, uydurulan eğrinin orjinal LOS olasılık değerlerini %99.8 oranında temsil ettiği anlamına gelmektedir.

Aşağıda bu dört dağılımın Q yükselme açısına bağlı olarak, kümülatif (cdf) $F(\theta)$ olasılık dağılım denklemleri verilmiştir.

1. Weibul dağılım

$$F(\theta) = 1 - e^{-\left(\frac{\theta}{a}\right)^b} \quad 1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$= 0 \quad \theta \geq 90^\circ \quad (2.13)$$

2. Weibul2 Fonksiyonu

$$F(\theta) = c - e^{-\left(\frac{\theta}{a}\right)^b} \quad 1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$= 0 \quad \theta \geq 90^\circ \quad (2.14)$$

3. Gompertz dağılımı

$$F(\theta) = 1 - e^{-a.(e^{b.\theta} - 1)} \quad 1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$= 0 \quad \theta \geq 90^\circ \quad (2.15)$$

4. Gompertz2 Fonksiyonu

$$F(\theta) = 1 - e^{-a.e^{(b.\theta-1)}} \quad 1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$= 0 \quad \theta \geq 90^\circ \quad (2.16)$$

2.8.2. Trabzon Caddelerinde Eğri Uydurulmuş LOS Olasılıkları, CFTOOL Program Çıktıları ve Grafikleri

Bu bölümde Trabzon'daki en bilinen 26 caddenin LOS olasılıkları (2.13), (2.14), (2.15) ve (2.16) denklemleri ile verilen dağılımlara uydurulmuştur. Bölüm 2.8.1'de ayrıntılı olarak açıklanan bu dağılımlara ve fonksiyonlara ait bilinmeyen parametre değerleri hesaplanmış ve eğri uyumu ile ilgili istatistiksel parametreler de CFTOOL aracı eğri uydurma sekmesinde görülmüştür. Örnek olarak Akif Saruhan caddesi alınırrsa, CFTOOL eğri uydurma ekranında 2 dağılım ve 2 fonksiyon için bu caddeye ait aşağıdaki bilgiler görülecektir:

AKİF SARUHAN CADDESİ

1. Weibul Dağılım Eğri Uydurma

Genel Model:

$$F(\theta) = 1 - e^{-\left(\frac{\theta}{a}\right)^b}$$

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a = 11.95 (10.25, 13.65)$$

$$b = 0.5055 (0.4441, 0.5668)$$

Eğri Uydurma Uyum parametreleri:

$$\text{SSE: } 0.4586$$

$$R^2 : 0.8041$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.8018$$

$$\text{RMSE: } 0.07219$$

2. Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

Genel Model:

$$F(\theta) = c - e^{-\left(\frac{\theta}{a}\right)^b}$$

%95 Güven aralıklı model katsayıları

$$a = 106.5 (99.49, 113.4)$$

$$b = 0.9267 (0.8446, 1.009)$$

$$c = 1.473 (1.446, 1.501)$$

Eğri Uydurma Uyum parametreleri:

$$\text{SSE: } 0.05934$$

$$R^2 : 0.9746$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9741$$

$$\text{RMSE: } 0.02612$$

3. Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

Genel Model:

$$F(\theta) = 1 - e^{-a.(e^{b\theta} - 1)}$$

%95 Güven aralıklı model katsayıları

$$a = 1932 (-2.088e+008, 2.088e+008)$$

$$b = 2.87e-005 (-3.101, 3.101)$$

Eğri Uydurma Uyum parametreleri

SSE: 1.211

R^2 : 0.4827

Düzeltilmiş R^2 : 0.4769

RMSE: 0.1173

4. Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

Genel Model:

$$F(\theta) = 1 - e^{-a.e^{(b.\theta-1)}}$$

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

a = 1.789 (1.749, 1.828)

b = 0.02384 (0.02315, 0.02452)

Eğri Uydurma Uyum parametreleri:

SSE: 0.02024

R^2 : 0.9914

Düzeltilmiş R^2 : 0.9913

RMSE: 0.01516

Yukarıdaki dört ayrı eğri uydurma işlemi incelendiğinde, dört dağılım için a, b ve c bilinmeyen parametrelerinin kestirildiği görülmektedir. Eğri uydurma uyum parametreleri başlığı altında dört farklı parametre vardır. Bu çalışmada R^2 (R-square) baz alınmıştır. Düzeltilmiş R^2 parametresi de kullanılabilir. R^2 ve düzeltilmiş R^2 ne kadar 1'e yakın olursa, uydurulan eğri uydurulan datayı o kadar iyi temsil ediyor demektir. Yukarıdaki eğri uydurma uyum parametrelerinden biri de RMSE'dir. Bu eğri uydurmada yapılan hataların karelerinin toplamının karekökünü temsil eden bir parametredir. RMSE ne kadar 0'a yakın olursa eğri uydurma işlemi o kadar iyi olur. Yukarıda örnek olarak verilen Akif Saruhan caddesi için 4 farklı R^2 değerine bakıldığında, en iyi uyumu gösteren dağılımın, $R^2=0.9914$ değerinde uyum parametresine sahip, gompertz2 fonksiyonu olduğu görülmektedir. Bu bölümde tüm caddeler, en iyi hangi dağılıma uyum gösteriyorsa o dağılımdaki parametre değerleri ile verilmiştir.

Bu bölümde tüm caddeler için, orijinal olasılık dağılımı ile dört farklı eğri uydurulmuş dağılım ve fonksiyon aynı grafik üzerinde birlikte verilmiştir. Aşağıdaki şekillerde kesikli şekilde olan grafik orijinal cadde LOS olasılık eğrisini, diğer kesikli olmayan dört grafik ise eğri uydurulan iki dağılım ve iki fonksiyonu temsil etmektedir.

1. AKİF SARUHAN CADDESİ

Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 1.789$ (1.749, 1.828)

$b = 0.02384$ (0.02315, 0.02452)

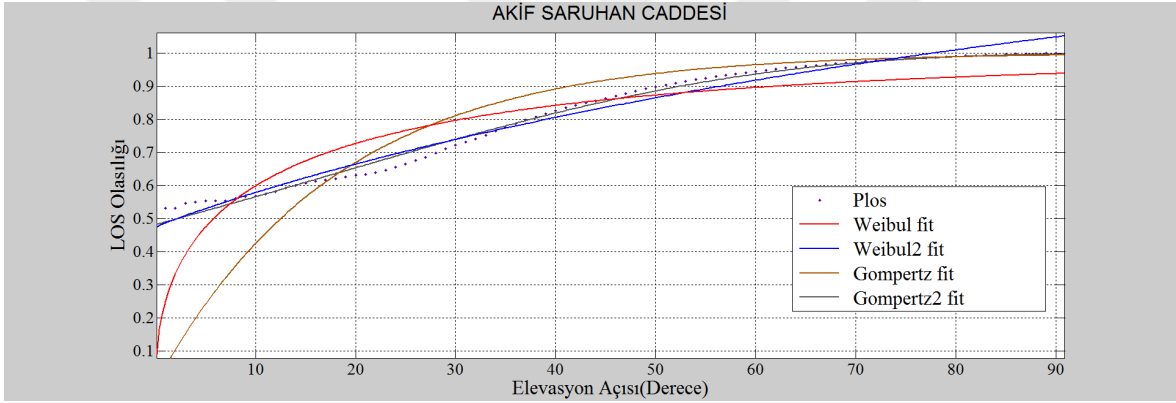
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.02024

R^2 : 0.9914

Düzeltilmiş R^2 : 0.9913

RMSE: 0.01516



Şekil 2.98. Akif Saruhan Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

2. AMASYA CAMİSİ SOKAK

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 68.1$ (62.56, 73.65)

$b = 0.8228$ (0.7818, 0.8638)

$c = 1.258$ (1.234, 1.283)

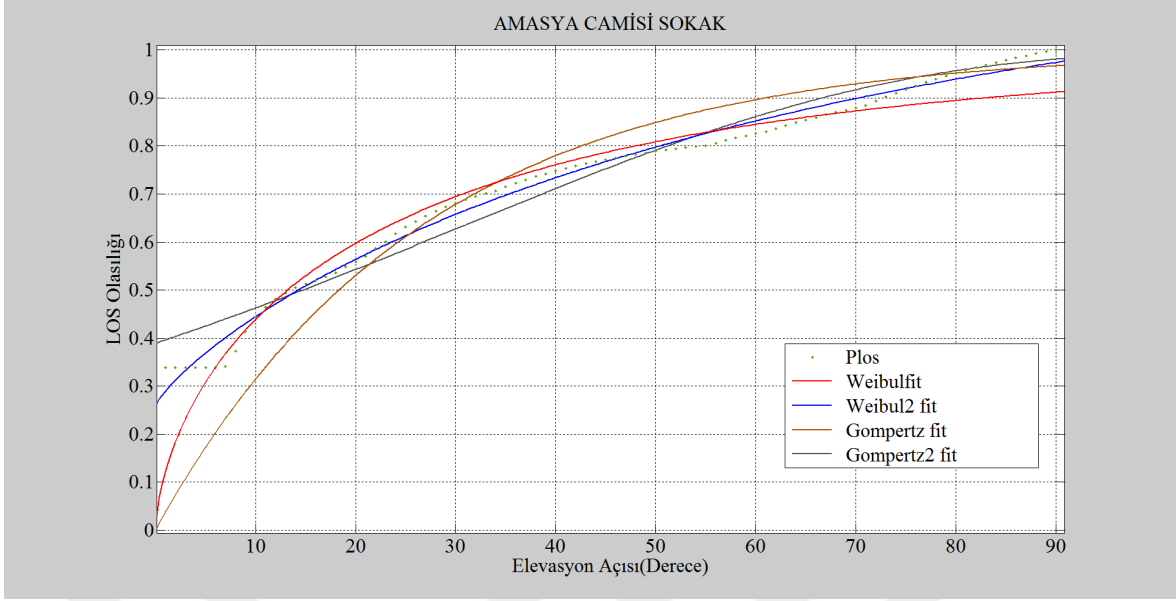
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.03568

R^2 : 0.9889

Düzeltilmiş R^2 : 0.9886

RMSE: 0.02025



Şekil 2.99. Amasya Camisi Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

3. ÇİZMECİOĞLU SOKAK

Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 1.446$ (0.7176, 2.174)

$b = 0.008732$ (0.005273, 0.01219)

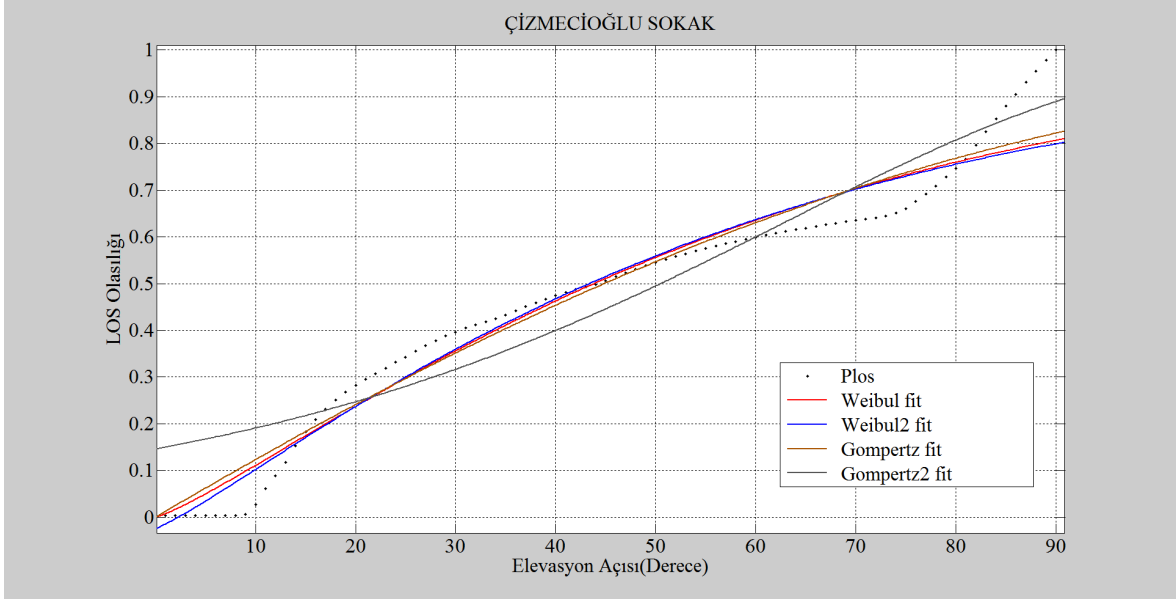
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.2863

R^2 : 0.9508

Düzeltilmiş R^2 : 0.9502

RMSE: 0.05704



Şekil 2.100. Çizmeciöğlu Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

4. ÇÖMLEKÇİ CADDESİ

Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 0.6174$ (0.5434, 0.6914)

$b = 0.02126$ (0.01968, 0.02285)

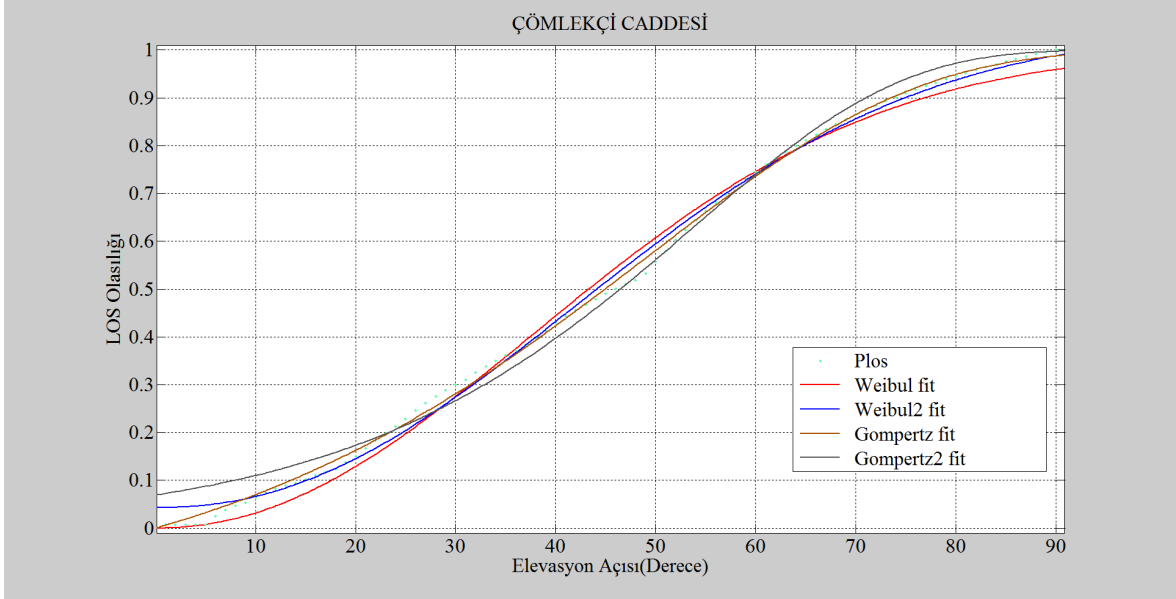
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.04811

R^2 : 0.9942

Düzeltilmiş R^2 : 0.9942

RMSE: 0.02338



Şekil 2.101. Çömlekçi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

5. ÇÖMLEKÇİ MEKTEP SOKAK

Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 0.1617$ (0.1534, 0.17)

$b = 0.03705$ (0.03622, 0.03788)

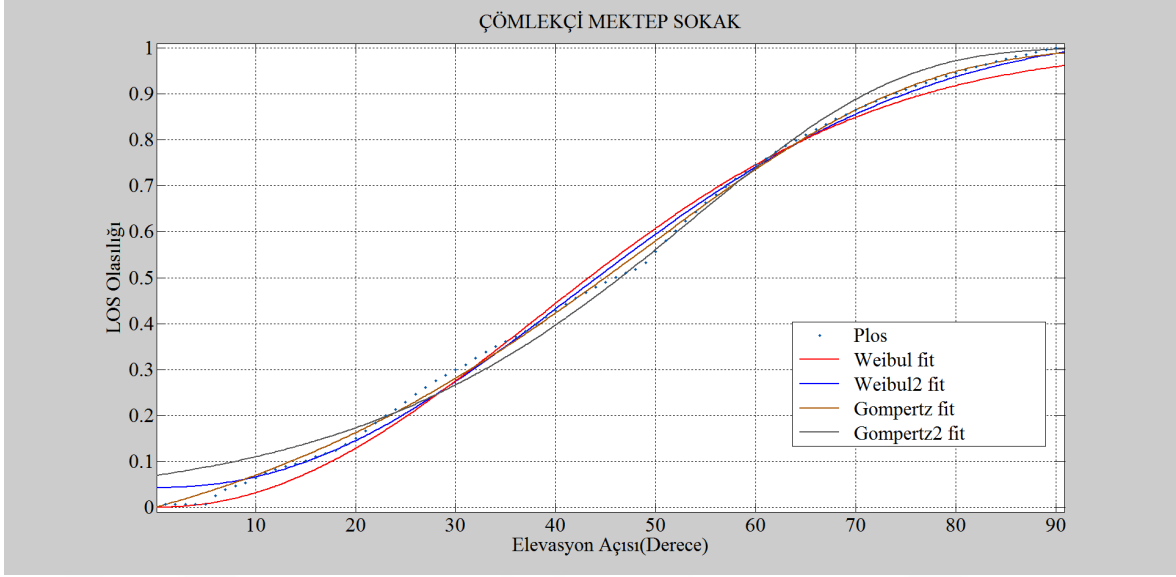
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.01143

R^2 : 0.9989

Düzeltilmiş R^2 : 0.9988

RMSE: 0.0114



Şekil 2.102. Çömlekçi Mektep Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

6. DEĞİRMENDERE SOKAK

Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a = 0.2658 (0.2572, 0.2744)$$

$$b = 0.03075 (0.03025, 0.03124)$$

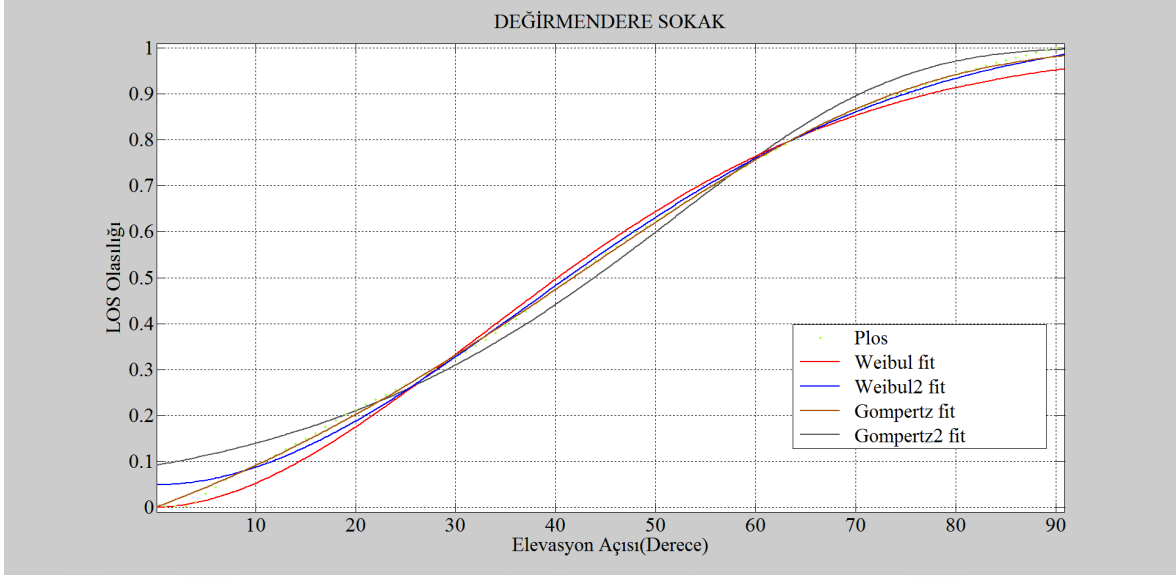
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.004525$$

$$R^2: 0.9995$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9995$$

$$RMSE: 0.007171$$



Şekil 2.103. Değirmendere Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

7. DELİKLİTAŞ SOKAK(ESKİ MEZARLIK)

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a = 0.4443 (0.3661, 0.5225)$$

$$b = 0.1952 (0.1782, 0.2122)$$

$$c = 1.066 (1.046, 1.087)$$

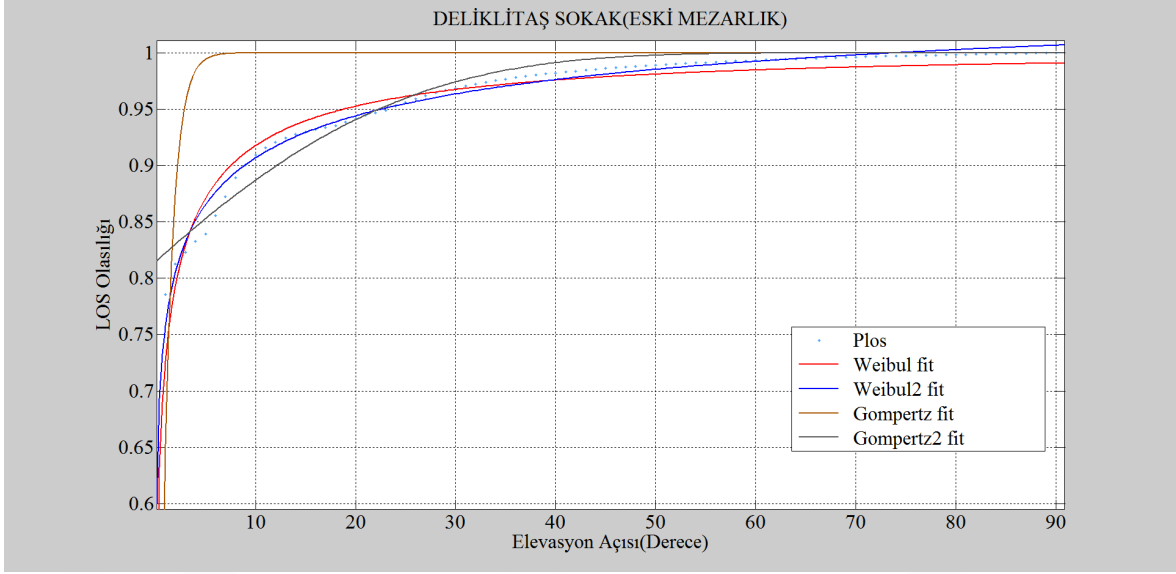
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.003934$$

$$R^2: 0.9804$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.98$$

$$RMSE: 0.006724$$



Şekil 2.104. Deliklitaş Sokak (eski mezarlık) için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

8. DEVLET SAHİL YOLU CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=49.25$ (47.28, 51.23)

$b=0.9461$ (0.9267, 0.9654)

$c=1.199$ (1.187, 1.211)

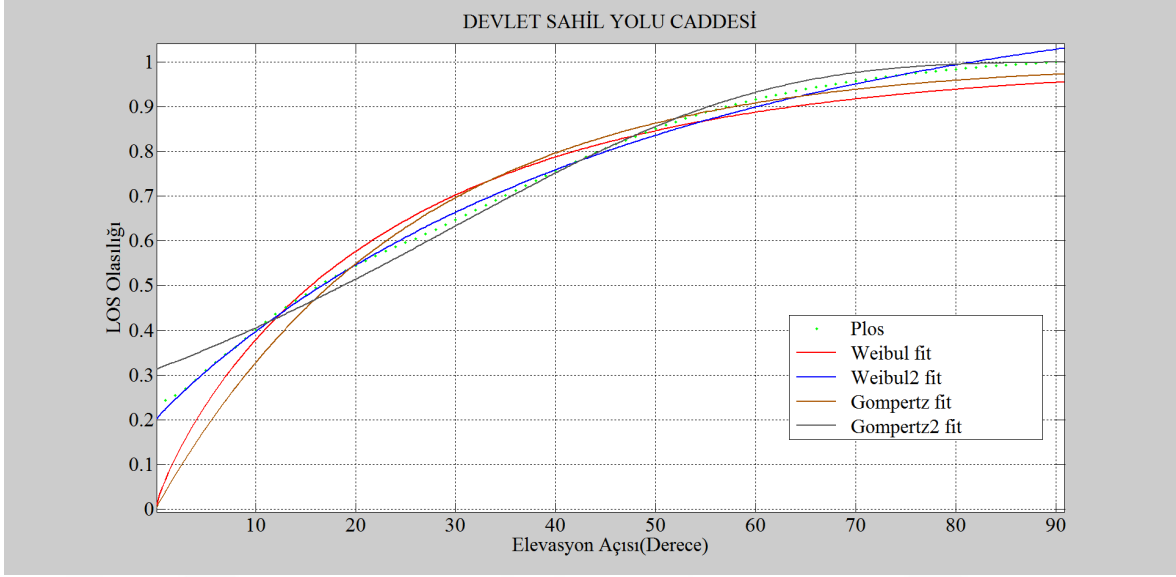
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.01343

R^2 : 0.9971

Düzeltilmiş R^2 : 0.997

RMSE: 0.01242



Şekil 2.105. Devlet Sahil Yolu Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

9. ESKİ ERZURUM YOLU CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a=31.76 (29.43, 34.09)$$

$$b=0.7541 (0.7383, 0.7699)$$

$$c=1.077 (1.059, 1.094)$$

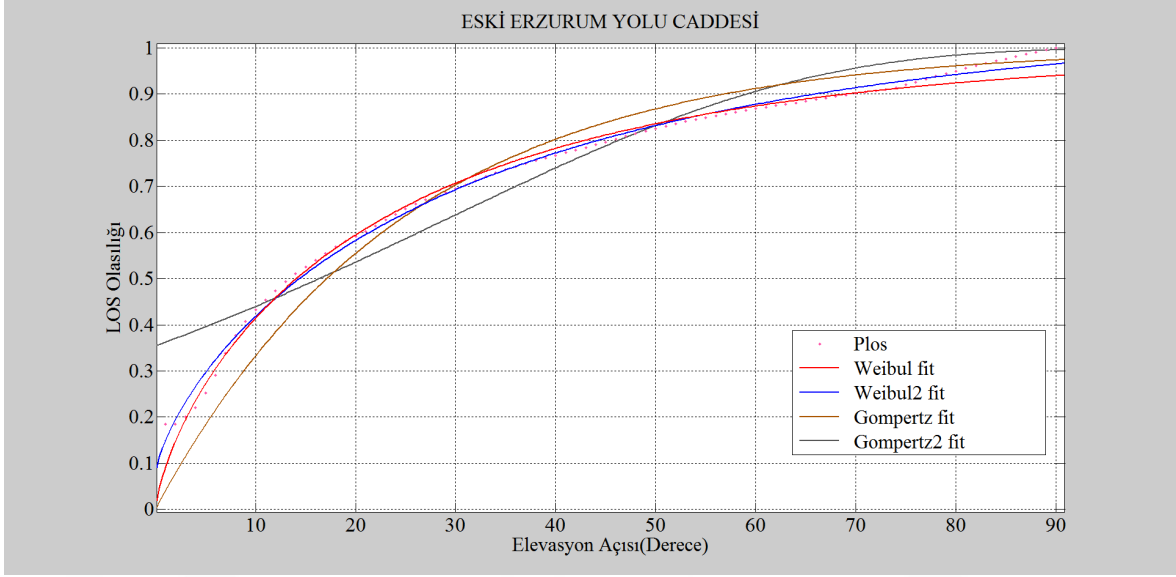
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.01992$$

$$R^2: 0.995$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9949$$

$$RMSE: 0.01513$$



Şekil 2.106. Eski Erzurum Yolu Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

10. FAİK AHMET BARUTÇU KÜTÜPHANESİ CADDESİ

Weibul Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a=57.28 (57.02, 57.55)$$

$$b=3.443 (3.369, 3.517)$$

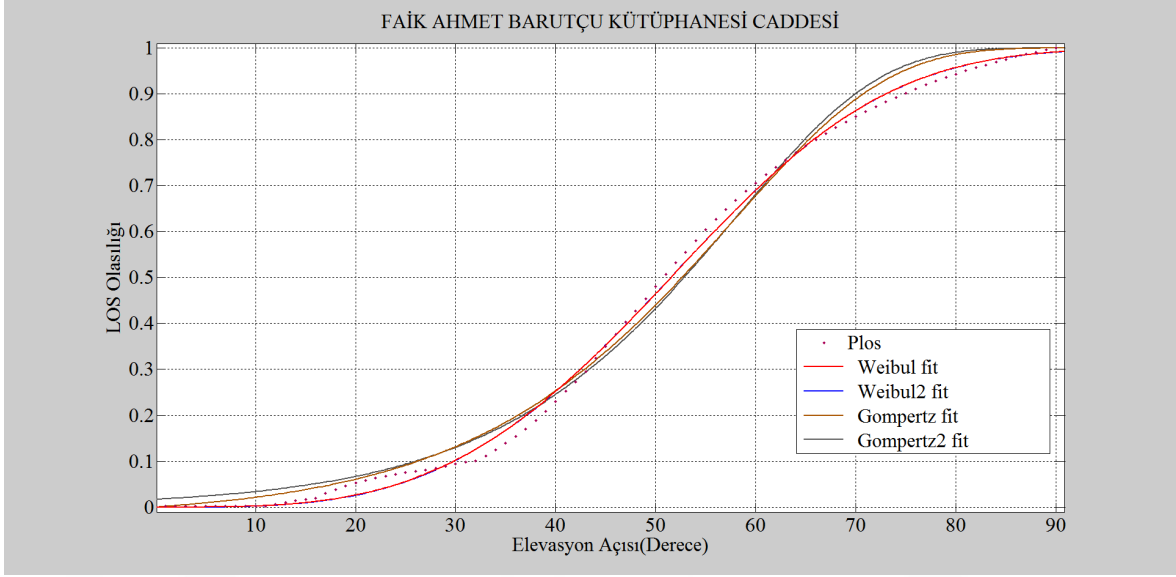
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.02206$$

$$R^2: 0.9982$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9982$$

$$RMSE: 0.01583$$



Şekil 2.107. Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

11. FARABİ CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=76.62$ (67.14, 86.1)

$b=0.5241$ (0.503, 0.5453)

$c=1.358$ (1.333, 1.383)

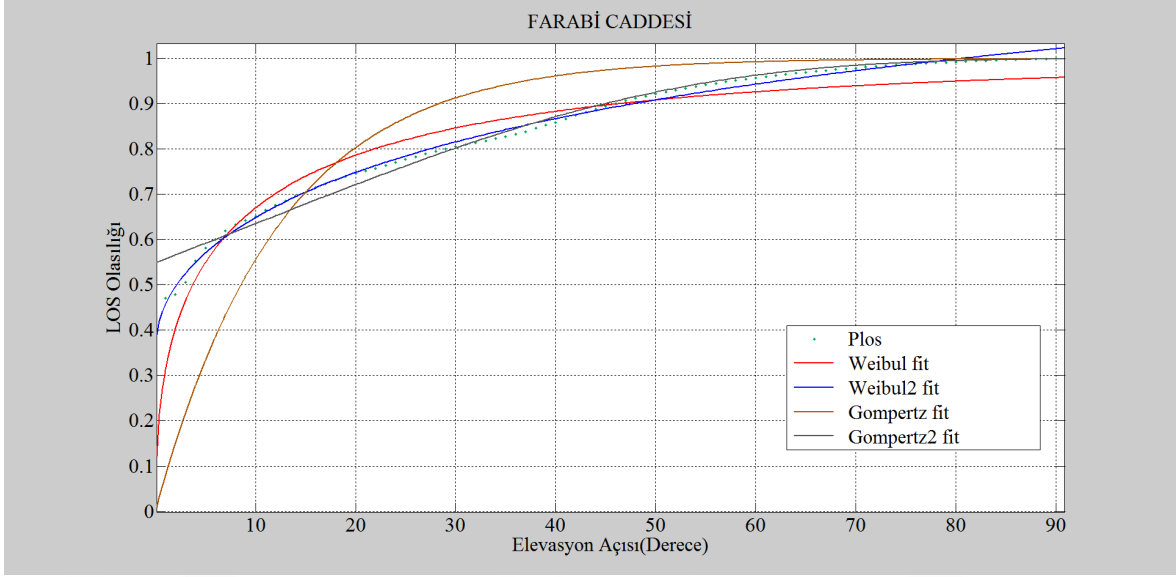
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.01018

R^2 : 0.9941

Düzeltilmiş R^2 : 0.994

RMSE: 0.01082



Şekil 2.108. Farabi Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

12. GAZİPAŞA CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a=103.6 (102.8, 104.3)$$

$$b=2.645 (2.581, 2.708)$$

$$c=1.528 (1.524, 1.531)$$

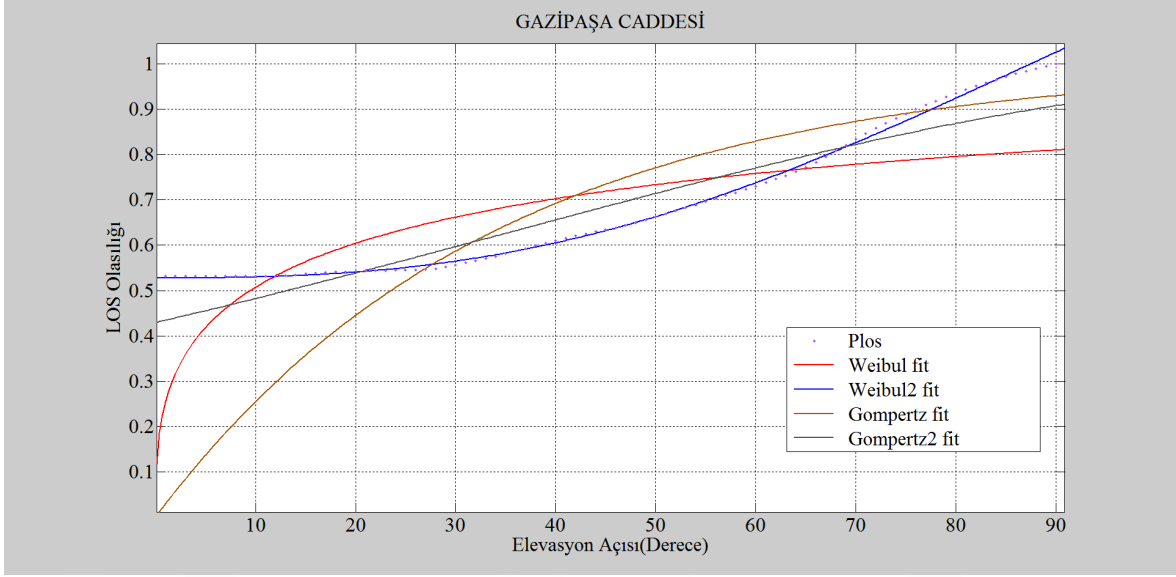
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.005193$$

$$R^2: 0.9976$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9975$$

$$RMSE: 0.007726$$



Şekil 2.109. Gazipaşa Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

13. İNÖNÜ CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

a=75.09 (73.28, 76.91)

b=1.581 (1.515, 1.647)

c=1.252 (1.239, 1.265)

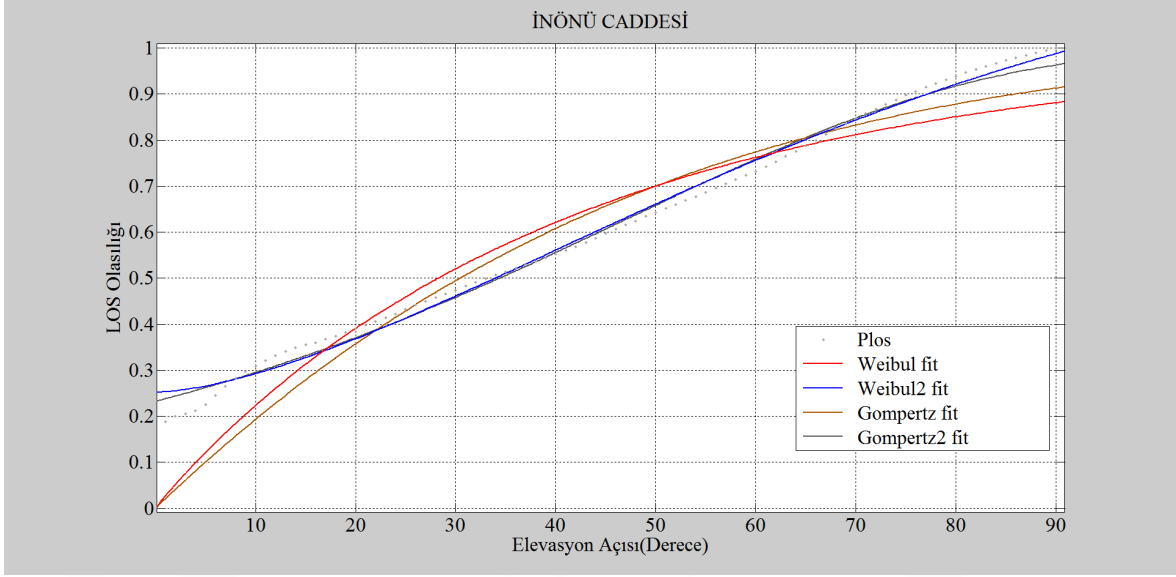
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.0392

R^2 : 0.9922

Düzeltilmiş R^2 : 0.992

RMSE: 0.02123



Şekil 2.110. İnönü Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

14. ISLAHANE CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=54.13$ (48.8, 59.46)

$b=1.239$ (1.142, 1.337)

$c=0.9861$ (0.9479, 1.024)

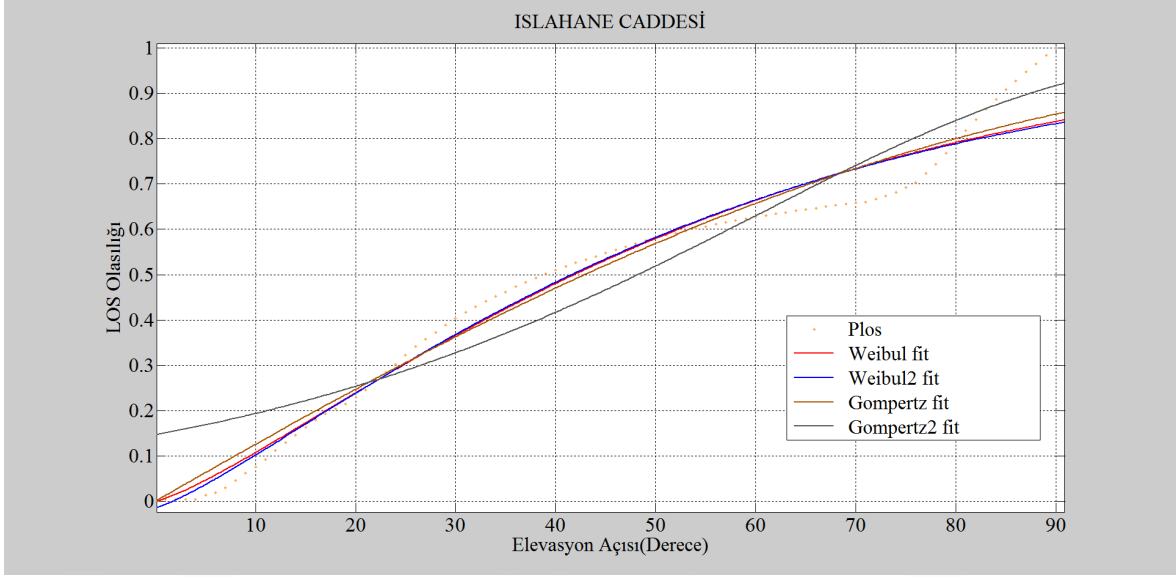
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.2252

R^2 : 0.9642

Düzeltilmiş R^2 : 0.9634

RMSE: 0.05087



Şekil 2.111. Islahane Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

15. KAHRAMANMARAŞ CADDESİ

Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=0.5982$ (0.5665, 0.6298)

$b=0.0283$ (0.02729, 0.02931)

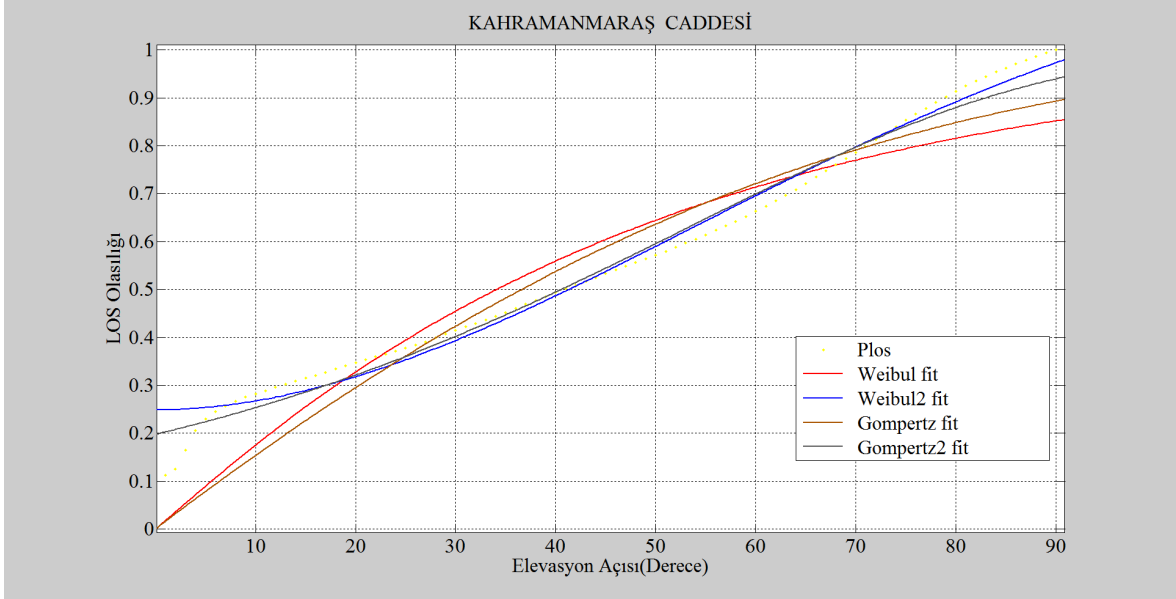
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.08225

R^2 : 0.984

Düzeltilmiş R^2 : 0.9838

RMSE: 0.03057



Şekil 2.112. Kahramanmaraş Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

16. KALEALTI SOKAK

Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=1.082$ (1.051, 1.113)

$b=0.02764$ (0.02691, 0.02837)

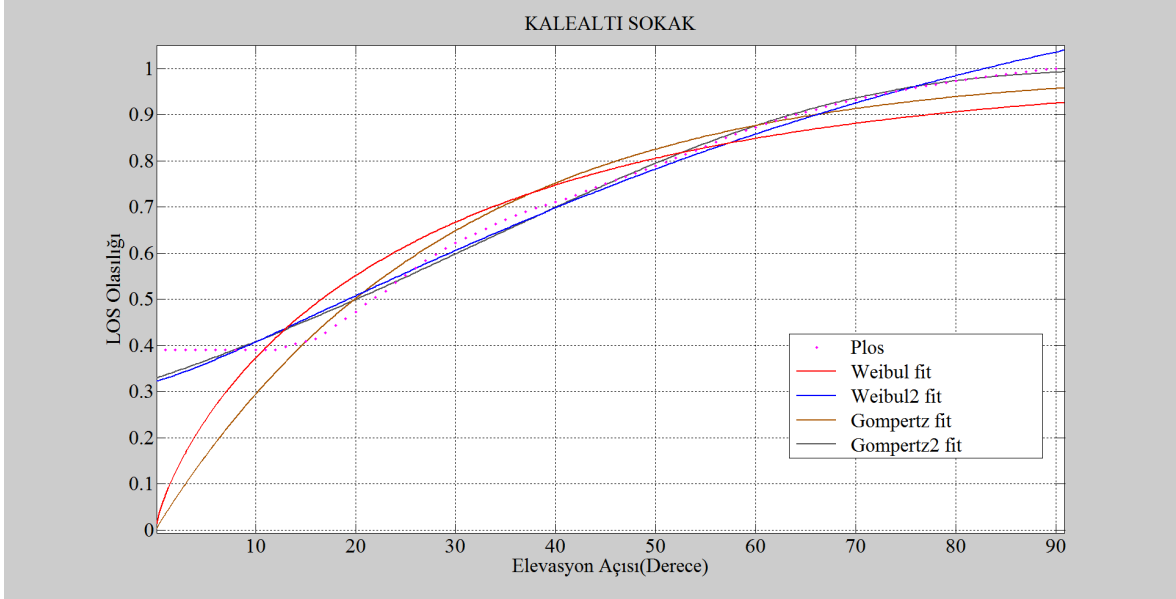
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.03078

R^2 : 0.9925

Düzeltilmiş R^2 : 0.9924

RMSE: 0.0187



Şekil 2.113. Kalealtı Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

17. MİLLİ EGEMENLİK CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a = 8.833$ (8.458, 9.208)

$b = 0.8913$ (0.849, 0.9337)

$c = 0.9823$ (0.9756, 0.9891)

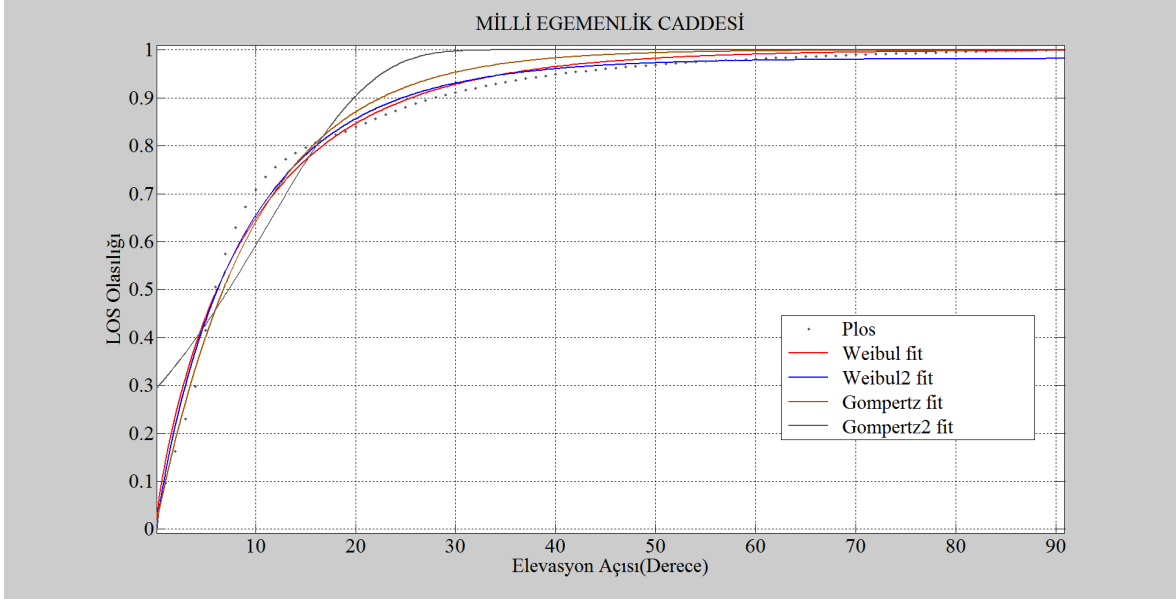
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.04204

R^2 : 0.9866

Düzeltilmiş R^2 : 0.9863

RMSE: 0.02198



Şekil 2.114. Milli Egemenlik Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

18. MOLOZ CADDESİ

Gompertz Dağılım Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a=0.2633 (0.1737, 0.353)$$

$$b=0.02223 (0.01819, 0.02628)$$

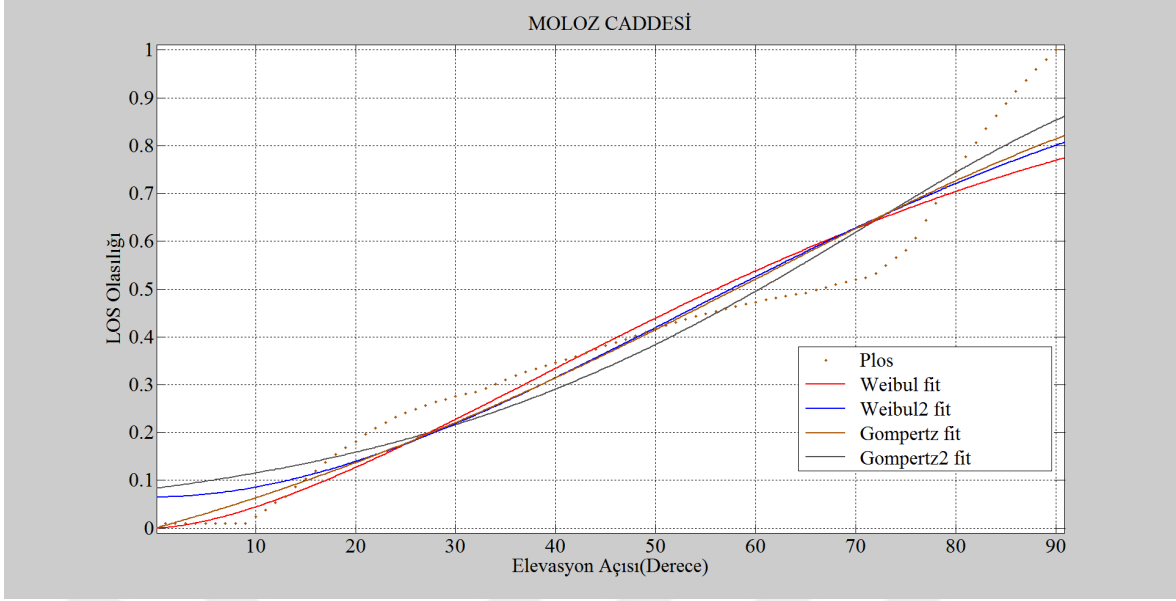
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.3826$$

$$R^2: 0.9346$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9339$$

$$RMSE: 0.06594$$



Şekil 2.115. Moloz Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

19. PERTEVPAŞA SOKAK

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=148.1$ (141.2, 154.9)

$b=1.351$ (1.236, 1.465)

$c=1.554$ (1.541, 1.567)

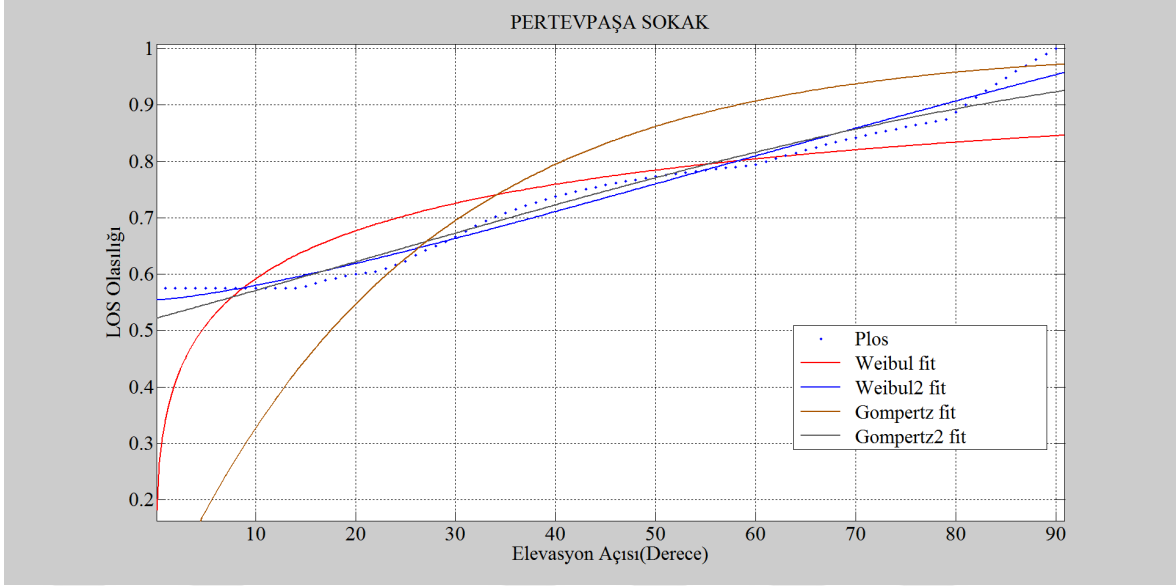
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.0311

R^2 : 0.9772

Düzeltilmiş R^2 : 0.9766

RMSE: 0.01891



Şekil 2.116. Pertevpaşa Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

20. SANAYİ ÇARŞISI CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=41.89$ (40.21, 43.56)

$b=1.077$ (1.054, 1.1)

$c=1.097$ (1.084, 1.11)

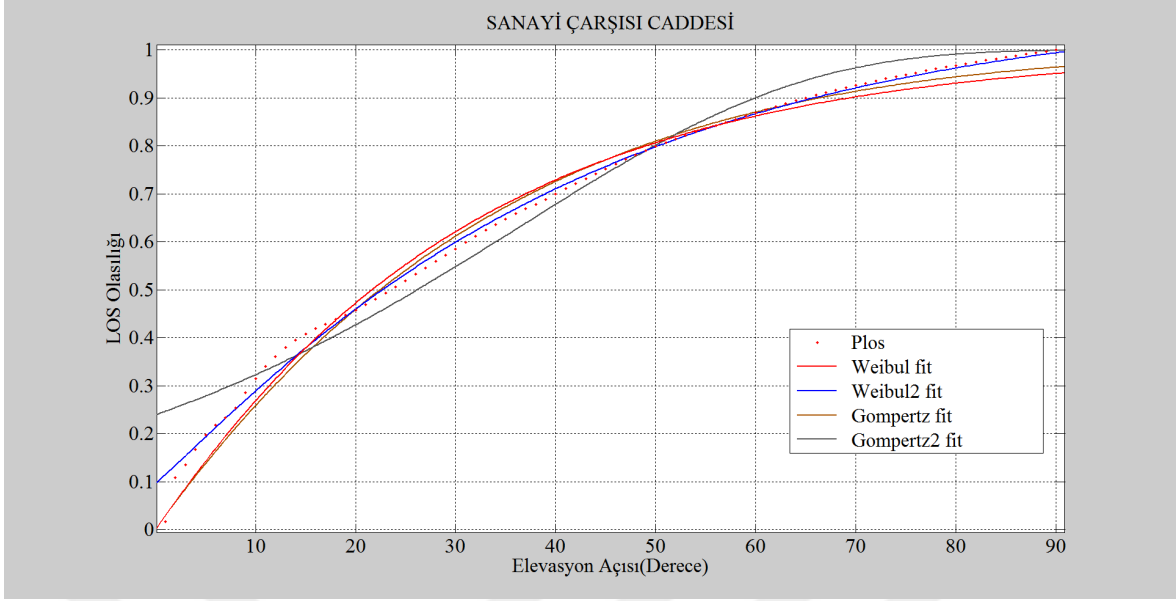
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.02207

R^2 : 0.9963

Düzeltilmiş R^2 : 0.9962

RMSE: 0.01593



Şekil 2.117. Sanayi Çarşısı Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

21. SARAYATİK CAMİSİ SOKAK

Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=1.402$ (1.343, 1.461)

$b=0.02614$ (0.02494, 0.02735)

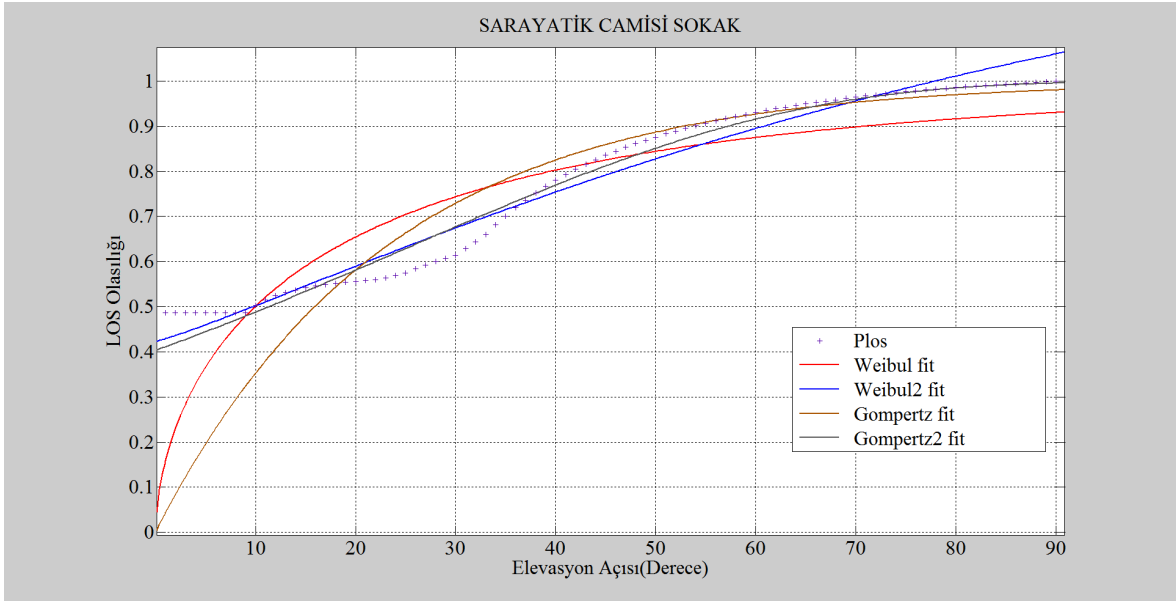
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.07005

R^2 : 0.9784

Düzeltilmiş R^2 : 0.9782

RMSE: 0.02821



Şekil 2.118. Sarayatik Camisi Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

22. ŞEHİT REFİK CESUR CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=86.34$ (84.06, 88.63)

$b=1.112$ (1.072, 1.151)

$c=1.339$ (1.328, 1.351)

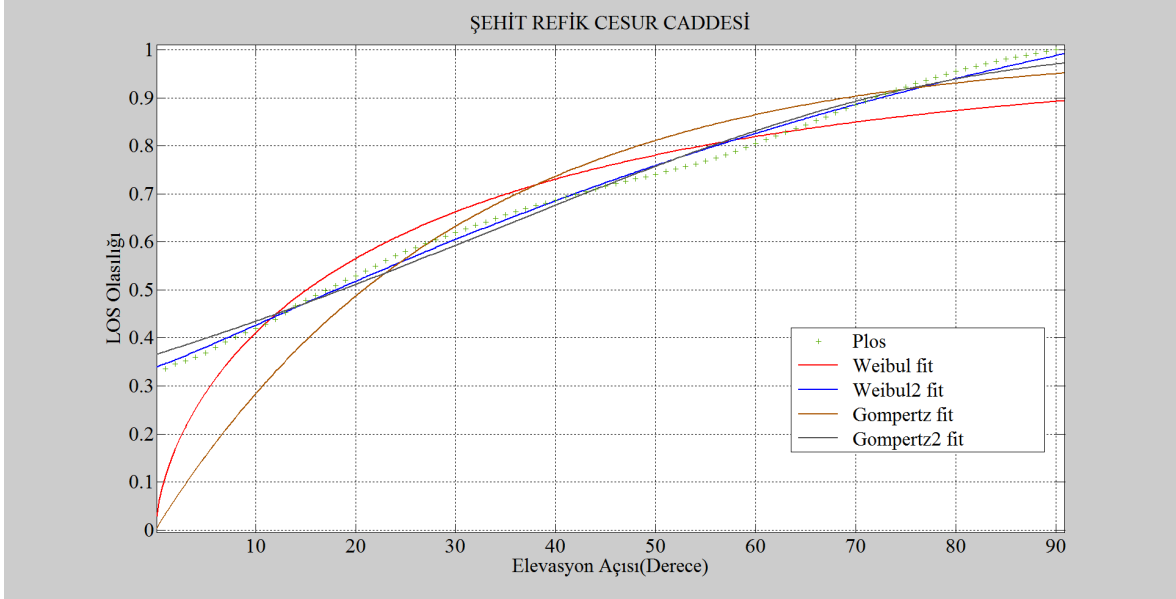
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.01626

R^2 : 0.9951

Düzeltilmiş R^2 : 0.995

RMSE: 0.01367



Şekil 2.119. Şehit Refik Cesur Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

23. SEZAYİ UZAY CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=81.14$ (80.17, 82.12)

$b=2.259$ (2.179, 2.339)

$c=1.282$ (1.274, 1.291)

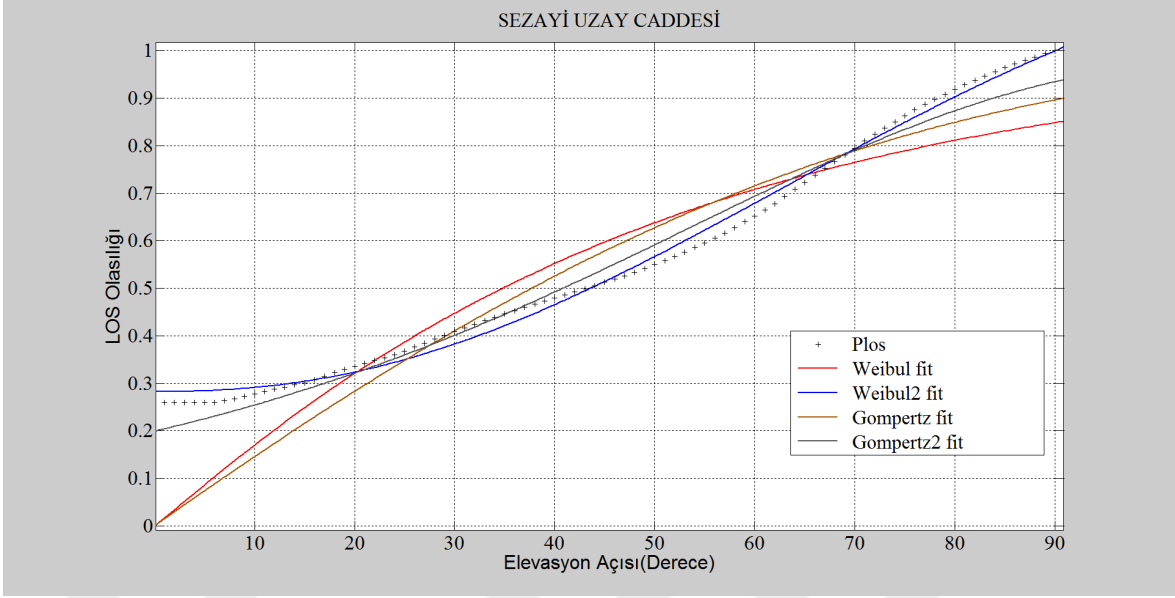
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.02755

R^2 : 0.9945

Düzeltilmiş R^2 : 0.9943

RMSE: 0.01779



Şekil 2.120. Sezayî Uzay Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

24. TAKSİM CADDESİ

Gompertz2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=0.2984$ (0.2835, 0.3133)

$b=0.03885$ (0.03792, 0.03977)

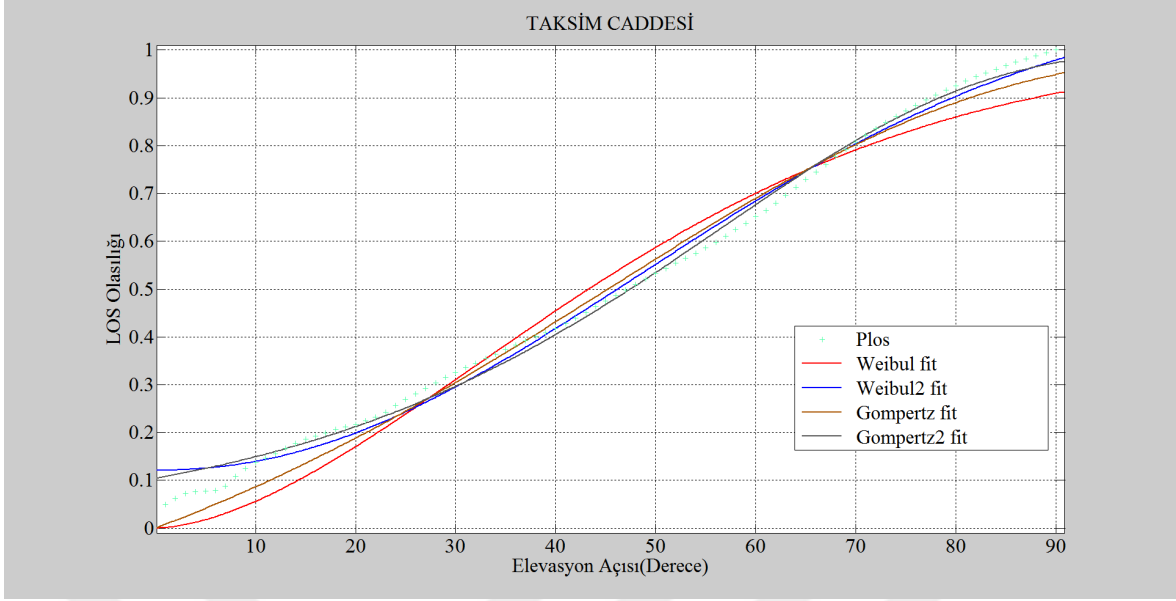
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.03974

R^2 : 0.9948

Düzeltilmiş R^2 : 0.9948

RMSE: 0.02125



Şekil 2.121. Taksim Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

25. UZUN SOKAK

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$a=49.39$ (49.26, 49.53)

$b=1.998$ (1.99, 2.005)

$c=1.033$ (1.032, 1.034)

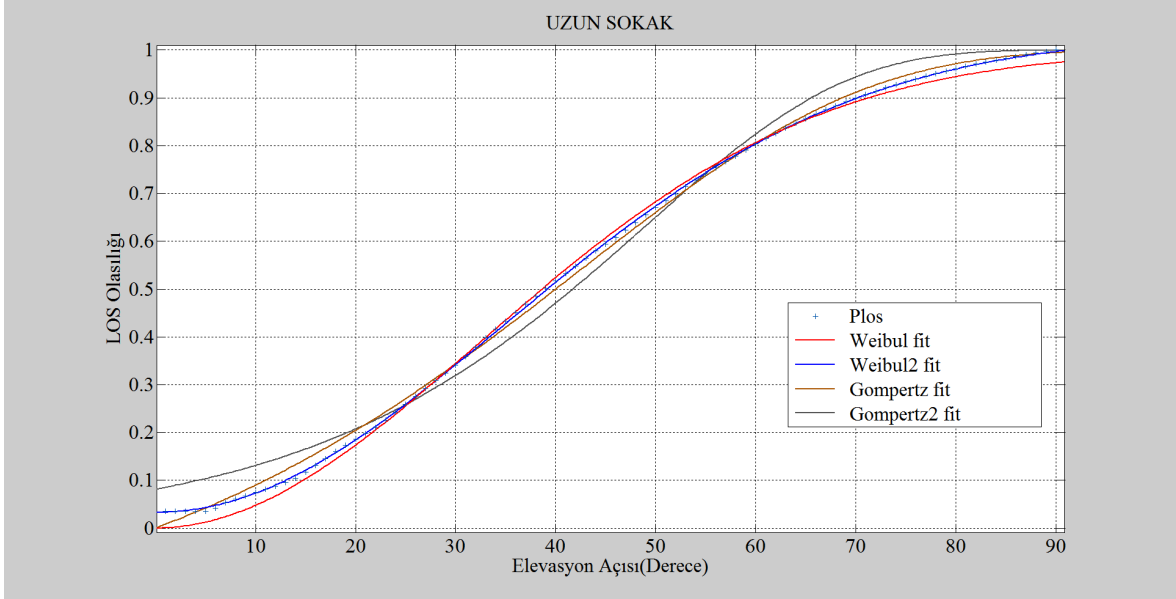
Eğri uydurma uyum parametreleri:

SSE: 0.0007634

R^2 : 0.9999

Düzeltilmiş R^2 : 0.9999

RMSE: 0.002962



Şekil 2.122. Uzun Sokak için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

26. ZAFANOZ CADDESİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a=8.442 (8.11, 8.774)$$

$$b=0.4766 (0.4694, 0.4837)$$

$$c=1.05 (1.044, 1.057)$$

Eğri uydurma uyum parametreleri:

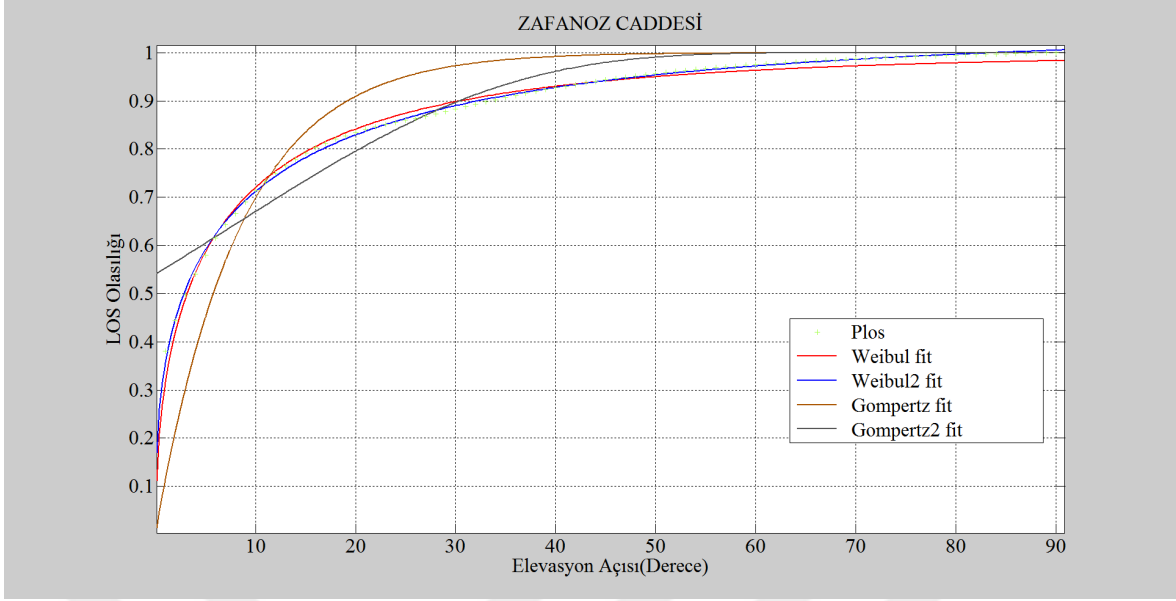
$$SSE: 0.002726$$

$$R^2: 0.9983$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9983$$

$$RMSE: 0.005597$$

Yukarıdaki şekillerde verilen 26 caddenin olasılıkları, Bayes olasılık teoremine benzetim yapılarak birleştirilir ve tüm Trabzon için LOS Olasılığı elde edilir.



Şekil 2.123. Zafanoz Caddesi için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

27. TRABZON ŞEHRİ

Weibul2 fonksiyon Eğri Uydurma

%95 Güven aralıklı model katsayıları:

$$a = 67.69 (65.87, 69.52)$$

$$b = 0.9883 (0.9671, 1.01)$$

$$c = 1.261 (1.251, 1.27)$$

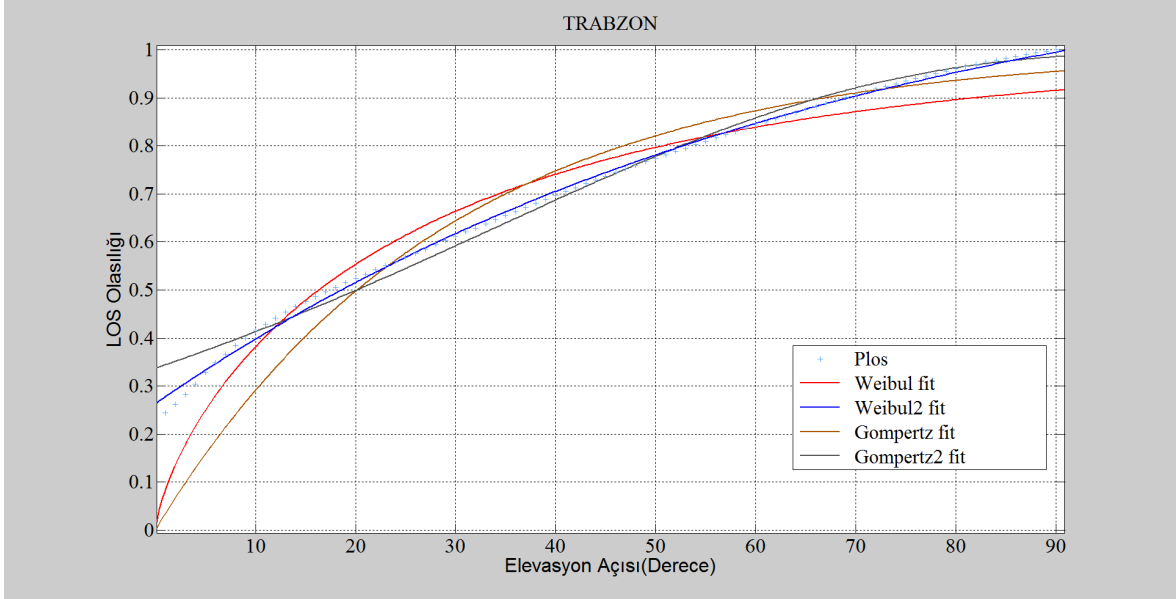
Eğri uydurma uyum parametreleri:

$$SSE: 0.008369$$

$$R^2: 0.9978$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2: 0.9978$$

$$RMSE: 0.009808$$



Şekil 2.124. Trabzon Şehri için LOS olasılık grafiği ve bu Plos değerlerine uydurulmuş dört farklı dağılım eğrileri

Trabzon şehri için yapılan analize bakıldığında, bölüm 2.8.1’de (2.14) denklemlerle gösterilen weibul2 fonksiyonuna uygun olduğu görülmüştür. $R^2=0.9979$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1’ e oldukça yakındır. Dolayısı ile yapılan eğri uydurmanın başarılı olduğu söylenebilir. Aşağıda tüm Trabzon için LOS olasılık eğrisinin grafiği görülmektedir.

2.9. Caddelerin Karakteristik Parametreleri ve Bu Karakteristikler Arasındaki İlişki

Önceki bölümde tüm caddeler tek tek ele alınmıştı. Her bir cadde için bu çalışmada kullanılan algoritmaya göre LOS olasılıkları hesaplanmıştır. Literatüre uygun olması için, çizdirilen grafiklerde yükselme açısı ifadesi yerine elevasyon açısı ifadesi kullanılmıştır. Bu eğrilere bakılarak literatürdeki olasılık dağılımları ve bu olasılık dağılımlarının kümülatif dağılımları (cdf) incelenmiştir. Bu dağılımlardan dördünün kümülatif fonksiyonlarının, ele alınan cadde LOS olasılıklarına uyum gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu dağılımlar:

1. Weibul dağılım
2. Weibul2 fonksiyonu
3. Gompertz dağılım
4. Gompertz2 fonksiyonudur.

Yukarıdaki 2 ve 4 numaralı fonksiyonlar; 1 ve 3 numaralı dağılımların cdf’lerinde manipülasyon yapılarak elde edilmiştir. Bu dağılımların her birinde 2 ya da 3 parametre vardır. Bu parametreler MATLAB CFTOOL aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Trabzon ili için 26 cadde veya sokak incelenmiştir. Bu cadde veya sokakların her biri için, bina

yükseklikleri, binaların kapladıkları yüzey alanı, cadde alanı vb. gibi bilgiler ARCGIS programı ARCMAP modülü kullanılarak Trabzon dijital haritasından elde edilmiştir. Bu gibi yapısal karakteristikler kullanılarak, literatürdeki LOS analizlerinde en çok kullanılan 3 parametre hesaplanmıştır [4,81]. Aşağıda bu 3 parametre belirtilmiştir:

- α : Caddelerdeki binaların toplam alanının caddenin alanına oranı (birimsiz)
- β : 1 km² 'lik bir bölgedeki ortalama bina sayısı (bina sayısı/km²)
- γ : Caddelerdeki bina yükseklik dağılımına dayalı bir parametre (metre)

γ , bir caddedeki tüm binaların yüksekliklerin ortalaması olarak alınabilir. Çünkü bu çalışmadaki bina yükseklik dataları, ölçüme dayalı gerçek yükseklik datalarıdır.

Tablo 2.5. Trabzon'un cadde (veya sokaklarının) ve Trabzon şehrinin karşılaştırmalı karakteristikleri

Cadde veya Sokak İsimleri	α	β (bina sayısı/km ²)	γ (m)	En Uygun Dağılım ve Parametreleri	Bina Sayısı	R^2
Akif Saruhan Caddesi	0.4296	2387	12.2	Gompertz2 a=1.789 b=0.02384	28	0.9914
Amasya Camisi Sokak	0.1851	1591	9.1	Weibul2 a=68.1 b=0.8228 c=1.258	8	0.9889
Çizmecioğlu Sokak	0.8356	5279	7.4	Gompertz a=1.446 b=0.008732	14	0.9508
Çömlekçi Caddesi	0.7553	5244	9.205	Gompertz a=0.6174 b=0.02126	73	0.9942
Çömlekçi Mektep Sokak	0.577	409	7.233	Gompertz a=0.1617 b=0.03705	12	0.9989
Değirmendere Sokak	0,7854	3712	5.886	Gompertz a=0.2658 b=0.03075	49	0.9995

Tablo 2.5'in devamı

Deliklitaş Sokak (Eski Mezarlık)	0.0483	482	4.8	Weibul2 a=0.4443 b=0.1952 c=1.066	7	0.9804
Devlet Sahil Yolu Caddesi	0.0276	1283	12.67	Weibul2 a=49.25 b=0.9461 c = 1.199	385	0.9971
Eski Erzurum Yolu Caddesi	0.3198	1400	6.2	Weibul2 a=31.76 b=0.7541 c=1.077	61	0.995
Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi Caddesi	0.9455	4752	13.26	Weibul a=57.28 b=3.443	19	0.9982
Farabi Caddesi	0.6252	866.1667	10.25	Weibul2 a=76.62 b=0.5241 c=1.358	41	0.9941
Gazipaşa Caddesi	0.5495	2137	15.05	Weibul2 a=103.6 b=2.645 c=1.528	16	0.9976
İnönü Caddesi	0.7361	2083	10.7	Weibul2 a=75.09 b=1.581 c=1.252	74	0.9922
Islahane Caddesi	0.4546	3016	9.418	Weibul2 a=54.13 b=1.239 c=0.9861	22	0.9642

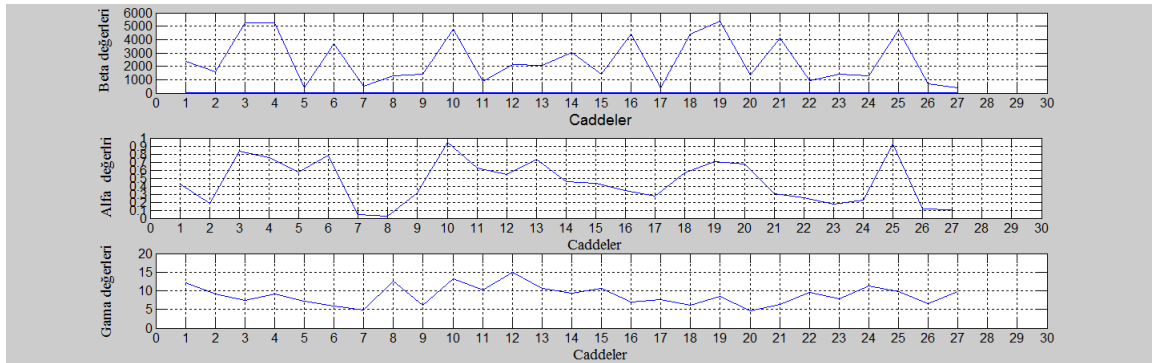
Tablo 2.5'in devamı

Kahramanmaraş Caddesi	0.4366	1391	10.71	Gompertz2 a=0.5982 b=0.0283	132	0.984
Kalealtı Sokak	0.3426	4384	7.09	Gompertz2 a=1.082 b=0.02764	15	0.9925
Milli Egemenlik Caddesi	0.2718	370	7.57	Weibul2 a=8.833 b=0.8913 c=0.9823	37	0.9866
Moloz Caddesi	0.5678	4401	6.16	Gompertz a=0.2633 b=0.02223	5	0.9346
Pertevpaşa Sokak	0.7054	5357	8.4	Weibul2 a=148.1 b=1.351 c=1.554	6	0.9772
Sanayi Çarşısı Caddesi	0.6732	1334	4.523	Weibul2 a=41.89 b=1.077 c=1.097	39	0.9963
Sarayatik Camisi Sokak	0.3022	4140	6.4	Gompertz2 a=1.402 b=0.02614	7	0.9784
Şehit Refik Cesur Caddesi	0.2563	913	9.465	Weibul2 a=86.34 b=1.112 c=1.339	113	0.9951
Sezayi Uzay Caddesi	0.18	1410	7.953	Weibul2 a=81.14 b=2.259 c=1.282	69	0.9945

Tablo 2.5'in devamı

Taksim Caddesi	0.2268	1284	11.25	Gompertz2 a=0.2984 b=0.03885	53	0.9948
Uzun Sokak	0.9292	4735	9.85	Weibul2 a=49.39 b=1.998 c=1.033	56	0.9999
Zafanoz Caddesi	0.1184	696	6.51	Weibul2 a=8.442 b=0.4766 c=1.05	120	0.9983
Trabzon Şehri	0.1034	377	9.87	Weibul2 a=67.69 b=0.9883 c = 1.261	1461	0.9978

Tablo 2.5'de 26 caddenin ve Trabzon şehrinin hesaplanmış α , β ve γ karakteristik değerleri verilmiştir. Ayrıca tabloda caddelerin LOS olasılığına en uygun dağılımları, uydurulan dağılım parametreleri, caddelerdeki toplam bina sayısı ve R^2 istatistiksel uyum parametresi değerleri verilmiştir. Bu tabloya bakıldığında caddelerin büyük çoğunluğunda LOS olasılığının, weibul2 fonksiyonuna en iyi uyum sağladığı görülmüştür. Zaten, Trabzon şehri de weibul2 fonksiyonuna en iyi uyumu göstermektedir.

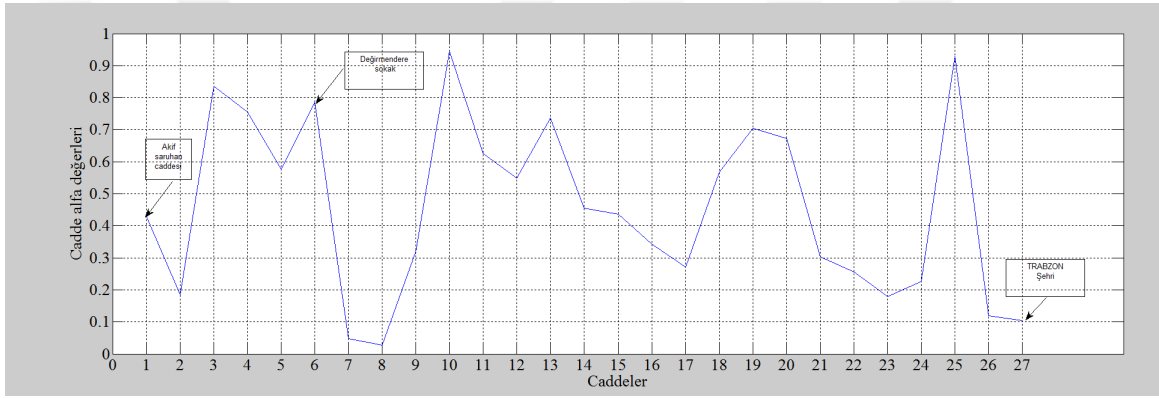


Şekil 2.125. Trabzon şehri ve caddeleri için karakteristiklerinin değişimi

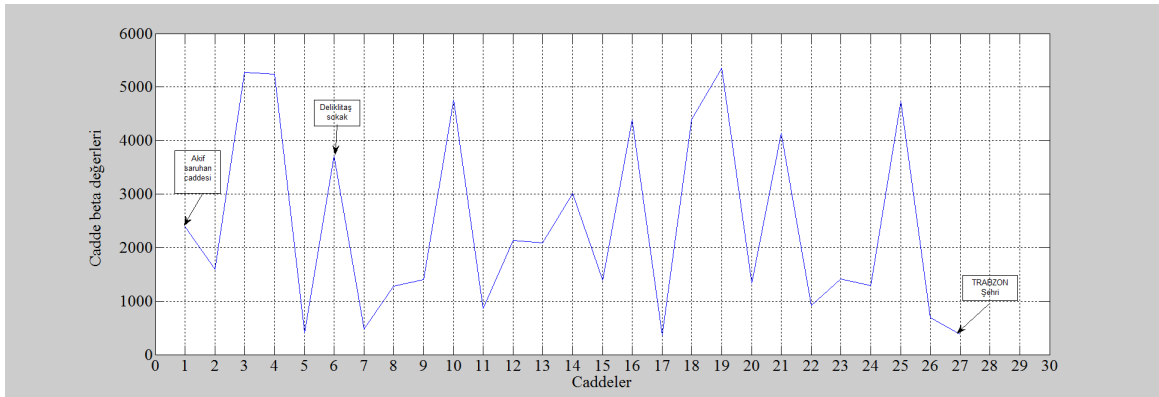
Ayrıca, Ek-2 Tablo 1'de her bir cadde, sokak ve tüm şehir için eğri uydurulan dağılımlar ve fonksiyonlar için karşılaştırmalı uyum parametresi (R^2) değerleri verilmiştir. Burada bu karakteristik değerlere ve caddenin özelliklerine bakılarak LOS olasılık değerleri, uyum

gösterilen dağılım parametreleri ve α - β - γ karakteristik değerleri arasındaki istatistiksel ilişki bir sonraki çalışmada incelenecektir. Bu sayede herhangi bir cadde ya da ortalama şehir ölçeği için karakteristik parametreler verildiğinde; o caddenin ya da şehrin hangi dağılıma uygun olduğu yaklaşık olarak tahmin edilebilecektir.

Şekil 2.125’de yatay eksen 26 caddenin her birini temsil etmektedir. Yani; 1. Cadde, 2.cadde, ... 26. Cadde şeklindedir. 27. yatay değer ise Trabzon şehrini ifade etmektedir. Bu caddeler sırası ile Tablo 2.5’de verilmişti. Burada α , β ve γ değerlerinin caddelere göre değişimi bir arada gösterilmiştir. β değerinin 5000-6000 seviyelerine çıktığı görülmektedir. Bu üç parametrenin birbirine göre değişimlerini gözlemleyebilmek için, bu değer makul seviyelere çekilmelidir. Bu yüzden β 10^6 ,’ya bölünerek normal seviyelere çekilir. Bu yeni β ’nın birimi, $\frac{\text{bina_sayısı}}{m^2}$ olur. Bu değer, norm olarak isimlendirilebilir.

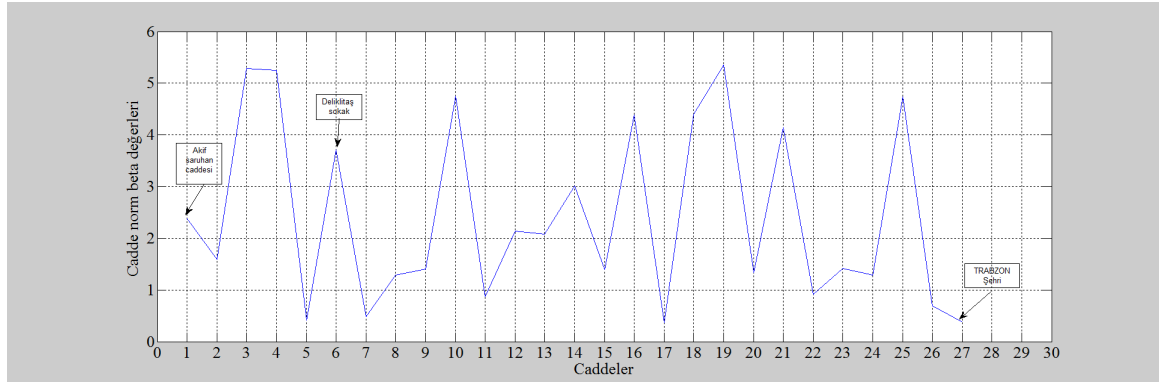


Şekil 2.126. Trabzon şehri ve caddeleri için α değerleri

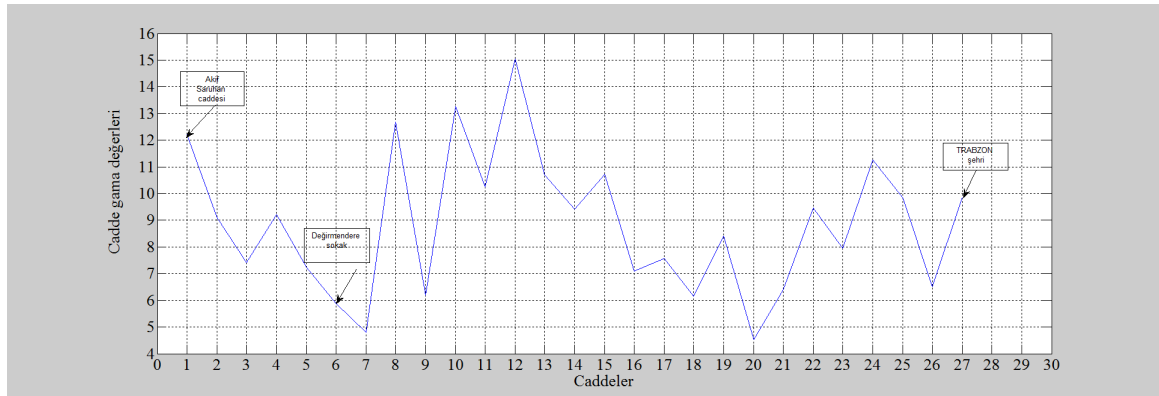


Şekil 2.127. Trabzon şehri ve caddeleri için β değerleri

Şekil 2.126’da Trabzon’daki caddelerin ve Trabzon şehrinin α karakteristik değerleri, şekil 2.127’de Trabzon’daki caddelerin ve Trabzon şehrinin β karakteristik değerleri, şekil 2.128’de Trabzon’daki caddelerin ve Trabzon şehrinin norm β karakteristik değerleri, şekil 2.129’da da Trabzon’daki caddelerin ve Trabzon şehrinin γ karakteristik değerleri görülmektedir.



Şekil 2.128. Trabzon şehri ve caddeleri için norm β değerleri



Şekil 2.129. Trabzon şehri ve caddeleri için norm γ değerleri

α , β ve γ karakteristikleri arasındaki korelasyon (ilişki) analizi SPSS paket programı ile yapılmıştır. α - β , α - γ ve β - γ arasındaki korelasyonlar hesaplanmıştır. Şekil 2.130'da SPSS data editörü gösterilmiştir.

SPSS programında hesaplanacak olan korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Pearson Correlation değerine "r" değeri de denir. -1 ve +1'e ne kadar yakın bir r değeri varsa, o kadar mükemmel yakın ilişki var demektir. r değeri eksi işaretli ise iki parametre arasında ters ilişki vardır, yani biri artarken diğeri azalır. Eğer r değeri pozitifse, iki parametre arasında doğru ilişki vardır, yani biri artarken diğeri de artar.

Tablo 2.6, SPSS paket programında caddelerin α - β karakteristikleri arasındaki korelasyon analizinin çıktısını, tablo 2.7, SPSS paket programında caddelerin β - γ karakteristikleri arasındaki korelasyon analizinin çıktısını, tablo 2.8 ise SPSS paket programında caddelerin α - γ karakteristikleri arasındaki korelasyon analizinin çıktısını gösterir. Bu tablolara bakıldığında; α - γ karakteristikleri arasında pozitif yönde 0.105 değerinde bir korelasyon olduğu görülmektedir. Bu değer çok zayıf bir ilişkiye işaret etmektedir. α - β arasındaki korelasyon değeri pozitif yönde 0.666'dır. Bu değer orta güçte bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. β - γ arasındaki korelasyon değeri pozitif yönde 0.007'dir. Bu değer de çok çok zayıf güçte bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

Şekil 2.130. SPSS paket program data editörü

Tablo 2.6. Trabzon caddelerinde α - β arasındaki korelasyon

KORELASYONLAR		caddealfa	caddebeta
caddealfa	Pearson Correlation	1	0.666
	Sig. (2-tailed)		0.000
	Sum of Squares and Cross-products	1,978	8377.289
	Covariance	0.076	322.203
	N	27	27
caddebeta	Pearson Correlation	0.666	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	
	Sum of Squares and Cross-products	8377.289	79934936.667
	Covariance	322.203	3074420.641
	N	27	27

Tablo 2.7. Trabzon caddelerinde β - γ arasındaki korelasyon

KORELASYONLAR		caddebeta	caddegama
caddebeta	Pearson Correlation	1	0.007
	Sig. (2-tailed)		0.972
	Sum of Squares and Cross-products	79934936.667	844.617
	Covariance	3074420.641	32.485
	N	27	27
caddegama	Pearson Correlation	0.007	1
	Sig. (2-tailed)	0.972	
	Sum of Squares and Cross-products	844.617	181.342
	Covariance	32.485	6.975
	N	27	27

Tablo 2.8. Trabzon caddelerinde α - γ arasındaki korelasyon

KORELASYONLAR		caddealfa	caddegama
caddealfa	Pearson Correlation	1	0.105
	Sig. (2-tailed)		0.601
	Sum of Squares and Cross-products	1,978	1.997
	Covariance	0.076	0.077
	N	27	27
caddegama	Pearson Correlation	0.105	1
	Sig. (2-tailed)	0.601	
	Sum of Squares and Cross-products	1.997	181.342
	Covariance	0.077	6.975
	N	27	27

3. İRDELEME VE SONUÇLAR

Herhangi bir yerleşim yeri için, LOS olasılık değerlerini hesaplamak önemli bir konudur. LOS ve NLOS olasılık değerleri hesaplandığında, çalışma yapılan bölgedeki sinyalin şiddeti doğru şekilde kestirilebilir. Buna paralel olarak, haberleşme yapılacak bölgedeki yayılım modelleri, yol kaybı modelleri oluşturulabilir. İlgilenilen bölgede, kanal kestirimi ve başarımların analizleri yapılabilir. LOS olasılık değerlerini hesaplamak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardaki en önemli sorun, çalışma yapılan bölgenin karakteristiklerinin doğru temsil edilebilmesidir. Yapılan çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. LOS olasılık, 1.1 ve 1.2 bölümlerinde anlatıldığı gibi; askeri alanlarda, endüstride, havacılık sektöründe, karayollarında, arkeolojik araştırmalarda, radyo haberleşmesinde, hücresel haberleşmede, inşaat sektöründe, mimarlık alanında, haritacılıkta, jeolojide vb. bir çok alanda kullanılır. Yukarıdaki bahsedilen sektörlerde, bir noktadan veya bölgeden başka bir nokta veya bölgenin görülebilmesi, bir noktadan veya bölgeden başka bir bölgenin ne kadar görülebileceği bilgisi çok değerlidir. Askeri alanda kurulacak birliğin veya gözetleme kulesinin araziye olabildiğince yüksek oranda görmesi istenir.. İnşaat ve Mimarlık sektöründe inşa edilecek binanın güvenli bir araziye yapılması, binaya en kısa yoldan ulaşım ve depreme dayanıklı olması gibi özelliklerin olması istenir. Bu yüzden binanın LOS durumu önem kazanır. Endüstri alanında ise, kurulacak fabrikanın kolay ulaşılabilir, tehlikelere karşı olabildiğince dayanıklı ve güvende olması istenir. Karayollarında ise önemli olan yolun, yayaların ve araçların güvenliğidir. Trafik kazalarını azaltmak ana hedefdir. Bu yüzden karayolları üzerine trafik ışıkları, işaretler, tabelalar kolayca görülebilecek(LOS) şekilde yerleştirilmelidir. Karayollarında araçların haberleşmesini engelleyecek durumlardan kaçınılmalıdır(NLOS). Hücresel haberleşmede baz istasyonunun kurulacağı yer servis hizmeti vereceği bölgeye en yüksek kalitede sinyali gönderebilecek şekilde(LOS durumu) seçilmelidir. Bu aynı zamanda bir optimizasyon konusudur. Radyo haberleşmesinde sinyal kalitesinin olabildiğince yüksek olması istenir. Fakat sinyal alıcılara zayıflayarak ulaşır. Bu sinyal zayıflaması; binalar, ağaçlar, araçlar, tüneller vb. engeller sebebiyle oluşur.
2. LOS olasılık kestiriminde en önemli parametre yükselme(elevasyon) açısıdır.
3. Radyo link mühendisleri, sistemi tasarlarken LOS olasılığı yüksek yerleri göz önünde bulundururlar.

4. Haberleşme sistemleri tasarlanırken tasarımcılar iyi bir direkt görüş için verici ve alıcı arasındaki minimum yükselme(elevasyon) açısı olması gerektiği bilgisini göz önünde bulundururlar.
5. LOS olasılık mantığı, 1.1, 1.2, 1.5, 1.7, 1.8 ve 2.3 bölümlerinde bahsedilen görünürlük(visibility) ve görülebilme(viewshed), gölgeleme blokaj olasılığı, bina blokaj olasılığı, LOS olasılığı vb. olasılıkların temelinde de vardır. Aralarında bazı farklılıklar olsa da bu olasılıkların hesaplanmasının amaçları oldukça benzerdir. Görülebilme(viewshed), analizinde, gözlem noktası azimut açısı $0^{\circ} - 360^{\circ}$ olacak şekilde bir daire etrafında hareket ettirilir. Yükselme açısı θ ise $0^{\circ} - 90^{\circ}$ arasında değişir. Dolayısı ile alansal bir LOS analizi yapılmış olur.
6. Bu çalışmada, LOS olasılık değerleri, yalnızca yükselme açısına bağlı olacak şekilde hesaplandı. Literatürde yapılan bazı çalışmalarda LOS olasılık değerleri yükselme açısına ek olarak yönelme(azimut) açısına da bağlı olarak hesaplanmıştır.
7. LOS ve NLOS olasılık analizlerinde bina karakteristikleri çok önemlidir. Bu karakteristikler: bina yükseklikleri, kat sayıları, bina taban alanı vb.'dir. Binalar arası boşluklar da önemli bir parametredir. Bina yüksekliklerinin ve binalar arası boşlukların literatürde Rayleigh, Gaussian ve log-normal dağılımla modellendiği görülmüştür. Bu, belirli bir sayıda ölçüme dayanarak bilinen istatistik dağılımlara bina yükseklik datalarının uygunlaştırılması ilkesine dayanır. Bu çalışmada bina yükseklik ve binalar arası boşluk değerleri dijital haritadan çıkarıldığı için ölçüme dayalı gerçek datalardır.
8. 1.2 bölümünde, literatürdeki LOS olasılık hesabı yapan modeller incelenmiştir ve bu çalışmalardaki bazı sonuçlardan bahsedilmiştir. Bu çalışmalara bakıldığında bir kısmının yalnızca alıcı-verici arası mesafeye bağlı, bir kısmının yükselme açısına bağlı, bir kısmının da hem alıcı-verici arası mesafeye hem de yükselme açısına bağlı LOS olasılık ifadeleri içerdiği görülmüştür.
9. LOS olasılık değerleri, aynı ilin içerisindeki farklı yerlerde hatta aynı caddenin veya sokağın içerisinde farklı yerlerde birbirinden çok farklı değer alabilmektedir. Bu, bazı yerlerde direk görüşün daha iyi olduğunu, bazı yerlerde yoğun şekilde engellerin var olduğunu gösterir. Bu yüzden LOS olasılık değerlerini bir il veya ülke için genelleştirmek zordur. Bu zorluk, LOS olasılık değerlerinin hangi karakteristiklere bağlı olarak analitik ifade edileceği ile ilgilidir. LOS olasılıkları birden fazla değişkene bağlı olarak ifade edilecekse, çok değişkenli lineer-nonlinear eğri uydurma veya çok değişkenli regresyon analizini gerektirir.
10. Literatürde birçok ücretli ve ücretsiz coğrafi bilgi sistemleri(GIS) yazılımları mevcuttur. Bunların bir kısmı denenmiştir ve bunlardan ARCGIS programının çok kullanışlı ve esnek yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, programın ARCMAP modülü

kullanılmıştır. Bina, yol ve mahalle dataları Trabzon Belediyesi kent bilgi sistem biriminden elde edilmiştir. ARCGIS prograamınbir çok kullanışlı eklentileri mevcuttur. LOS, visibility ve viewshed analizi ile ilgili eklentiler programın resmi web sitesinde bedava olarak bulunup indirilebilir. Bu çalışmada geometrik bir algoritma kullanıldı. Bu eklentileri kullanarak hesaplanan LOS olasılıkları, bu çalışmadaki hesaplanan LOS olasılık değerleri ile karşılaştırılabilir.

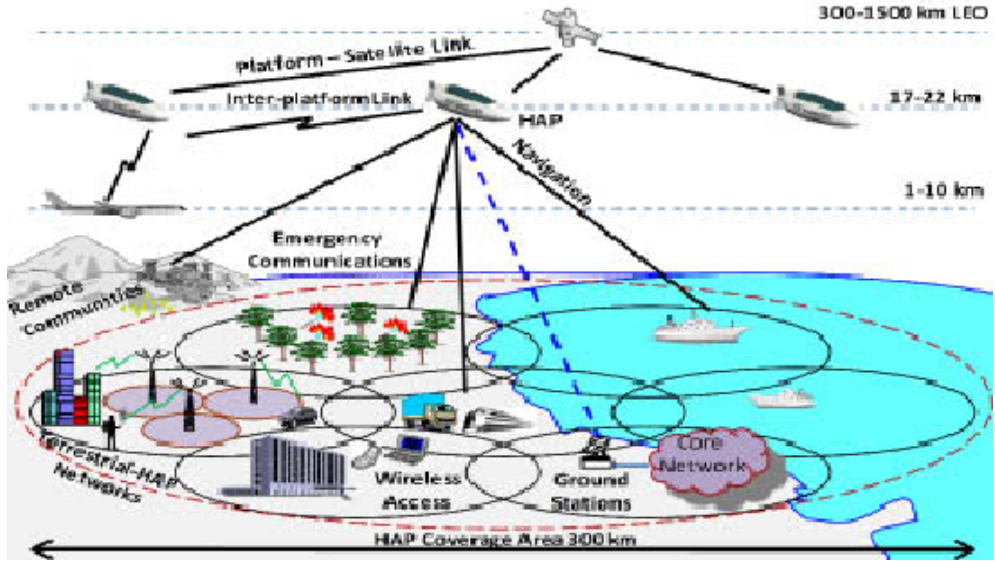
11. Bu çalışmada arazi yüzey(terrain) datası göz önüne alınmamıştır. Yani, yüzey pürüzsüz ve engebelsiz kabul edilmiştir. Daha doğru LOS olasılık değerleri elde etmek için bu arazi yüzeyinin de göz önüne alınması gerekir. Çünkü arazi yüzeyi düz değildir, engebelidir. Eğer arazi yüzeyi çok inişli-çıkışlı ise, LOS olasılığı bu durumdan olumsuz etkilenir ve bu durumun mutlaka göz önüne alınması gerekir. Yeryüzeyinin yükseklikleri, eş yükselti eğrilerini kullanan topoğrafik haritalarla gösterilebilir. Bu topoğrafik haritalar bazı açılardan yetersiz kaldığından dijital yükselti(DEM) ve dijital arazi yüzey (DTM) haritaları üretilmiştir. Bunlar, çeşitli uydulardan elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden ve hava araçları ile çekilmiş görüntülerden elde edilebilir. Yüksek çözünürlüklü bu dijital haritalar büyük oranda ücretlidir ve pahalıdır. Bedava olanların birçoğunun çözünürlüğü düşüktür. Bu haritalar ARCGIS'deki binalar-yollar-mahalleler shp dosyaları üzerine giydirilebilir ve bu durum için LOS, visibility ve viewshed analizleri yapılabilir.
12. ARCGIS'in ARCMAP modülünde aynı anda aktif edilen binalar, yollar ve mahalleler shp dosyasına ait öznitelik tabloları programdan Microsoft excel dosyası formatında alındı. En bilinen 26 cadde ve sokak belirlendi. 2.2 bölümünde anlatılan yöntemler uygulanarak her bir cadde shp dosyaları oluşturuldu. Yolların harita projeksiyonunda kuzey yönünde olan binalar analize alındı. Bu işlemler sonucunda, binaların yükseklikleri, binaların kapladıkları alanlar, binaların kenar uzunlukları, binaların yola olan uzaklıkları vb. bilgiler öznitelik tablosundan elde edilmiştir. Bu değerler program içerisinden, Excel tabloları şeklinde alınmıştır.
13. Bir caddedeki binaların oluşturduğu LOS olasılıkları, 2.3 bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan (2.6) denklemlerle hesaplandı. Bunun için bir Matlab kodu oluşturuldu. Binaların oluşturduğu LOS olasılıkları, bu amaç için yazılan Matlab kodu ile matris formunda oluşturulmuştur. Bu matrisin yapısı (2.7) denklemlerle ifade edilen belirtilen matris formatında olur. Bu binaların oluşturduğu olasılık değerlerini kullanarak, (2.9) denklemlerle cadde LOS olasılıkları hesaplanmıştır.
14. Cadde, sokak ve Trabzon şehir LOS olasılık grafikleri Matlab programında çizdirilmiştir. Grafikler incelendiğinde kümülatif özellik gösterdiği görülmüştür. Bu tez için temel

referans olarak alınan [4]'deki LOS olasılık grafiğine benzer grafiklerin elde edildiği görülmüştür.

15. Cadde sayısı N, ne kadar büyük olursa şehrin LOS olasılık hesabı o kadar doğru olur. Caddeler birbirine ne kadar yakın olursa, yapılan benzetimin hatası azalacaktır. Burada caddelerin yol uzunlukları ile orantılı bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmada, caddeler geniş alana saçılmış haldedir. Trabzon şehri için LOS olasılıkları hesabında Bayes olasılık teoremine benzetim yapıldı. Bu, 2.4 bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmış ve (2.11) denklemiyle ifade edilmiştir. Burada cadde alanları ile doğru orantılı olacak şekilde bir analiz yapılabileceği düşünülmektedir. Yani L_i/L ifadesi yerine S_i/S (Cadde alanı/tüm caddelerin alanları toplamı)ifadesi getirilebilir. Bu çalışmada, bu durumu göz önüne alan bir analiz yapılmamıştır.
16. Yükselme açısı 0° 'den 90° 'ye kadar birer derece artırılarak her bir cadde için 90 tane LOS olasılık değeri elde edilmiştir. LOS olasılık değerlerini, yükselme açısı θ 'ya bağlı olarak ifade etmek için Matlab CFTOOL eğri.uydurma aracı kullanılmıştır. Birçok bilinen istatistik dağılım incelenmiştir ve CFTOOL aracında denenmiştir. Bunun sonucunda, temelde Weibul ve Gompertz dağılımlarının bu çalışmadaki LOS olasılık değerlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra Weibul ve Gompertz dağılımlarında küçük manipülasyonlar yaparak Weibul2 ve Gompertz2 isimleri verilen fonksiyonlar elde edilmiştir. Her bir cadde için eğri uydurma işlemi tekrarlanmıştır. 2.8 bölümünde bahsedildiği ve gösterildiği şekilde her bir caddenin LOS olasılıkları ve 4 dağılıma eğri uydurma sonuçları aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Her bir caddenin LOS olasılıklarının, bu dört dağılımından en çok hangisine uyum gösterdiği R^2 uyum parametresine bakılarak karar verilmiştir. Bu iki dağılımın ve iki fonksiyonun her biri için, eğri uydurma işlemi sonucu a,b ve c parametreleri kestirilmiştir.
17. Trabzon şehri için yapılan analize bakıldığında 2.8.1 bölümünde gösterilen (2.14) denklemde ifade edilen weibul2 fonksiyonuna uygun olduğu görülmüştür. R_2 (R-square)= 0.9979 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1' e oldukça yakındır. Dolayısı ile yapılan eğri uydurma çok iyidir denilebilir.
18. Caddelerin yapısal karakteristikleri kullanılarak, literatürdeki LOS analizlerinde çeşitli parametreler hesaplanmıştır En çok kullanılan 3 parametre α , β ve γ 'dır.. 26 caddenin ve Trabzon şehrinin α , β ve γ parametreleri bu çalışmada hesaplanmıştır.
19. [4]'deki çalışmada α 0.1'den 0.2'ye, η (bu çalışmada β) 100'den 750'ye kadar değişiyordu. Bu çalışmada ise α : 0.0276'den 0.9455'ye ve β 370'den 5357'ye değişmektedir. Bu çalışma ile [4]'deki parametrelerin değişim aralıklarındaki fark;

[4]'deki çalışmada analiz yapılan yerleşim yerlerinin alansal olarak daha büyük ve daha çok sayıda bina içermesinden kaynaklanabilir.

20. γ , bir caddedeki tüm binaların yüksekliklerin ortalaması olarak alınabilir. Çünkü bu çalışmadaki bina yükseklik dataları, ölçüme dayalı gerçek yükseklik datalarıdır.
21. Her bir cadde için: α , β ve γ caddedeki bina sayısı, en uygun dağılım, dağılım parametreleri(a, b ve c), uyum parametresi R^2 gibi parametreler karşılaştırmalı olarak Tablo 2.5'de verilmiştir. Tablo 2.5'in son satırında ise Trabzon şehri için hesaplanan α , β ve γ karakteristik değerleri verilmiştir.
22. Tablo 2.5'e bakıldığında caddelerin büyük çoğunluğunda LOS olasılığının, Weibul2 fonksiyonuna en iyi uyum sağladığı görülmüştür. Zaten, Trabzon şehri de weibul2 fonksiyonuna en iyi uyumu göstermektedir.
23. 2.9 bölümünde α , β ve γ karakteristikleri arasındaki korelasyon(ikişki) incelenmiştir. Bu korelasyon analizi, SPSS paket programı ile yapıldı. Tablo 2.6, Tablo 2.7 ve Tablo 2.8'de sırası ile α - β , β - γ ve α - γ çiftleri arasındaki korelasyonların SPSS paket program çıktıları verilmiştir.
24. 2.9 bölümünde α - γ karakteristikleri arasında pozitif yönde 0.105 değerinde bir korelasyon olduğu görülmüştür. Bu değer çok zayıf bir ilişkiye işaret etmektedir. α - β arasındaki korelasyon değeri pozitif yönde 0.666'dır. Bu değer orta güçte bir ilişkinin varlığına işaret eder. β - γ arasındaki korelasyon değeri pozitif yönde 0.007'dir. Bu değer çok çok zayıf güçte bir ilişkinin varlığına işaret eder.
25. Uydu, HAP iletişimde LOS/NLOS, kapsama alanı açısından iletişim performansı açısından etkiler. LOS ve NLOS ise uydu ya da HAP'ın konumuna bağlıdır. Özellikle HAP yerleşimi keyfi olduğundan, LOS/NLOS optimizasyonu için HAP konumunun doğru seçilmesi önemlidir. Şekil 3.1'de birçok servis hizmeti veren HAP sistemine örnek bir şekil verilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada θ yükselme açısına bağlı olarak LOS olasılığı Plos istatistiği bu çalışmada sunulmuştur.



Şekil 3.1. Bir çok servis hizmeti veren HAP sistemi [49].

4. ÖNERİLER

Bu çalışmada Trabzon şehri için 26 en bilinen cadde için LOS olasılık değerleri, yükselme açısı θ $1^\circ - 90^\circ$ arasında 1° 'er derece artırılarak hesaplanmıştır. Daha sonra Bayes olasılık teoremine benzetim yapılarak, 26 caddenin olasılık değerleri kullanılmıştır ve Trabzon şehri için LOS olasılık değerleri PLOScadde değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmadaki algoritma 2 boyutlu bir geometrik yaklaşımdır. Bu, 3 boyutlu kompleks geometrik yaklaşımlarla gerçekleştirilip daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Hatta hacimsel geometrik yaklaşımlar kullanılarak LOS olasılık algoritmaları geliştirilebilir.

ARCGIS programındaki ARCTOOLBOX modülündeki LOS profil, visibility ve viewshed analizleri yapılabilir. Fakat bu işlemler, arazi yüzeyi(terrain) datası gerektirir. Yüksek çözünürlüğe sahip dijital arazi yüzey haritaları elde edilip, bu çalışmadaki shp dosyalarının üzerine giydirilebilir. Böylelikle daha doğru LOS olasılık değerleri elde edilebilir.

ARCGIS programı ARCSCENE modülü kullanılarak 3 boyutlu LOS profil, visibility ve viewshed analizleri yapılabilir. Böylelikle daha doğru LOS olasılık değerleri elde edilebilir.

Literatürdeki bazı çalışmalarda bina yükseklikleri, binalar arası boşluklar, binanın caddeye-sokağa(veya yola) en yakın mesafesi, cadde genişliği gibi LOS olasılığını etkileyen parametreler bazı bilinen dağılımlara benzetim yapılmıştır. Bu çalışma için de benzer parametreler bilinen dağılımlara benzetilip, bu tezdeki sonuçlarla karşılaştırılabilir.

Bu çalışmada Trabzon'un şehir olarak ve caddelerin LOS olasılıklarının daha çok weibul2 fonksiyonuna uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Kullanıcı tanımlı başka fonksiyonlarla daha yüksek uyum parametresi (R^2) değerleri elde edilebilir.

Bu çalışmadaki Plos değerleri kullanılarak Trabzon için mobil haberleşme yayılım modellemeleri geliştirilip modeller arası performans karşılaştırmaları yapılabilir. Trabzon şehri için mobil haberleşme yol kaybı modelleri geliştirilip, modeller arası performans karşılaştırmaları yapılabilir. Bu anlatılanlar hücresel haberleşme için de yapılabilir.

HAPs sisteminde kapsama planlaması yapılabilir. Bu planlama yapılırken, hedeflenen kapsama alanında platformun yerleştirileceği en uygun konumun ve yüksekliğin belirlenmesi, bu alandaki mevcut trafik yükünün saptanıp sistem tasarımı için uygun kapasitenin seçimi odaklanılabilecek önemli konulardan olabilir. Yapılacak kapsama planlamaları ile örneğin ülkemizdeki kapsama haritası çıkarılıp gerekli platform sayısı, mevcut sistemlere karşılaştırılabilecek bir maliyet raporu ve işletmesi ile ilgili bir fizibilite çalışması sunulabilir. Bu çalışma tümüyle ülkemizdeki diğer şehirlere de uyarlanabilir

5. KAYNAKLAR

1. Hasırcı, Z., Yüksek Rakımlı Platform İstasyonlarda (HAPs) Yayılım Modellemesi ve Başarım Analizi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011.
2. Ohmori, S., Nakajima, N. ve Yamao, Y., The Future Generations of Mobile Communications Based on Broadband Access Technologies, IEEE Commun. Mag., 38,12 (2000) 134-142.
3. Widiawan, A.K. ve Tafazolli, R., High Altitude Platform Station (HAPS): A Review of New Infrastructure Development for Future Wireless Communications, Wireless Personal Commun., 42,3 (2007) 387-404.
4. Holis, J. ve Pechac, P., Elevation Dependent Shadowing Model for Mobile Communications via High Altitude Platforms in Built-Up Areas, IEEE T. Antenn. Propag., 56,4 (2008) 1078-1084.
5. http://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafî_bilgi_sistemi Coğrafi Bilgi Sistemleri 5 Eylül 2014.
6. <http://www.csb.gov.tr/gm/cbs/> Kent Bilgi Sistemleri 5 Eylül 2014.
7. <http://95.0.40.129/keos/> 5 Eylül 2014.
8. <http://www.arcgis.com/home/index.html> ARCGIS Software 5 Eylül 2014.
9. www.mapinfo.com 5 Eylül 2014.
10. www.netcad.com.tr/ 5 Eylül 2014.
11. <http://grass.osgeo.org/> 5 Eylül 2014.
12. <http://www.qgis.org/en/site/> 5 Eylül 2014.
13. <http://www.saga-gis.org/en/index.html> 5 Eylül 2014.
14. Germino, M.J., Reiners, W.A., Blasko, B.J., McLeod, D. ve Bastian, C.T., Estimating Visual Properties of Rocky Mountain Landscapes Using GIS, Landscape and Urban Planning, 53 (2001) 71-83.
15. Popelka, S., Brychtova, A., Svobodova, J., Brus, J. ve Dolezal, J., Advanced Visibility Analyses and Visibility Evaluation Using Eye-Tracking. Geoinformatics, (2013) 1-6.

16. Popelka, S. ve Vozenilek, V., Landscape Visibility Analysis and Their Visualisation, ISPRS Archives, 38,4 (2010) 1–8.
17. Mustafa, I.S., Din, N.M., Ismail, A., Omar, R.C. ve Khalid, N.H.N., Antenna Placement for Landslide Monitoring Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information System (GIS), IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA), Eylül 2013, Malaysia, 295-300.
18. Germroth, M.R. ve Carstensen, L., GIS and Satellite Visibility: Viewsheds from Space, Doktora Tezi, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2005.
19. Magalhães, S.V.G., Andrade, M.V.A. ve Franklin, W.R., An Optimization Heuristic for Siting Observers in Huge Terrains Stored in External Memory, Hybrid Intelligent Systems (HIS), Ağustos 2010, Atlanta, 135-140.
20. Lu, L., Paulovicks, B., Perrone, M. ve Sheinin, V., High performance computing of line of sight viewshed, IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), Temmuz 2011, Barcelona, 1-6.
21. http://www.geocomputation.org/1999/082/gc_082.htm Interpolation and extrapolation with a regular grid DEM 7 Eylül 2014.
22. Kidner, D.B., Sparkes, A. J., Dorey, M. I., Ware, J. M. ve Jones, C. B., Visibility Analysis with the Multiscale Implicit TIN, Transactions in GIS, 5,1 (2001) 19–37.
23. Magoc, T., Kassin, A. ve Romero, R., A Line of Sight Algorithm Using Fuzzy Measures, Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS), Temmuz 2010, Toronto, 1-6.
24. Wagner, R.V., Robinson, M. S., Speyerer, E.J. ve Mahanti, P., Uncertain Viewsheds A Peek into Probabilistic Line-of-Sight Visibility Analysis, 44th Lunar and Planetary Science Conference, Mart 2013, Texas, 1739.
25. Joksić, D. ve Bajat, B., Probability Maps as a Measure of Reliability for Intervisibility Analysis, SPATIUM, 12 (2005) 22-27.
26. Xia, Y., Li, Y. ve Shi, X., Parallel Viewshed Analysis on GPU Using CUDA, Third International Joint Conference on Computational Science and Optimization, Mayıs 2010, China, 373-374.
27. Tong, Z., A Viewshed Approach on Identifying the Street Spatial Outline, 19th International Conference on Geoinformatics, Temmuz 2011, Shanghai, 1-4.

28. Kim, Y., Rana, S. ve Wise, S., Exploring Multiple Viewshed Analysis Using Terrain Features and Optimisation Techniques, Computers-Geosciences, 30 (2004) 1019-1032.
29. Champion, D.C., Pankratz, K.G. ve Fatale, L.A., The Effects of Different Line-of-Sight Algorithms and Terrain Elevation Representations on Combat Simulations, TRAC-WSMR-TR-95-032(R), 1995.
30. Dodd, H.M., The Validity of Using a GIS Viewshed Function as a Predictor for the Reception of Line-of-Sight Radio Waves, Yüksek Lisans Tezi, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, 2001.
31. <http://www.esriturkey.com.tr/egitim/egitim-dokumanlari> Arcgis 3D Analiz 7 Eylül 2014
32. <http://www.citrine.com/survey.htm> Landscape and Architectural visualization 8 Eylül 2014
33. Liobera M., Modeling Visibility through Vegetation, Int J. Geogr Inf Sci, 21 (2007) 799-810.
34. Liu, L., Zhang, L.Q., Ma, J.T., Zhang, L., Zhang, X.M., Xiao, Z.Q. ve Yang, L., An Improved Line-of-Sight Method for Visibility Analysis in 3D Complex Landscapes, Science China Information Sciences, 53,11 (2010) 2185-2194.
35. Ware, J.A., Kidner D.B. ve Rallings, P.J., Parallel Distributed Viewshed Analysis, Proc. of 6th ACM GIS, Kasım 1998, Washington, ACM Press, 151-156.
36. <https://grasswiki.osgeo.org/wiki/GPU> GPU 2 Ocak 2015.
37. <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tgis/1999/00000013/00000007/art00005?crawler=true>Joksić Accuracy assessment of probabilistic visibilities 10 Ocak 2015.
38. https://en.wikipedia.org/wiki/Gompertz_distribution Gompertz distribution 20 Ocak 2015.
39. https://en.wikipedia.org/wiki/Weibull_distribution Weibull distribution 21 Ocak 2015.
40. <http://www.mathworks.com/products/curvefitting/> Curve Fitting 22 Ocak 2015.
41. http://tr.wikipedia.org/wiki/Bayes_teoremi Bayes Teoremi 23 Ocak 2015.
42. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_probability_distributions List of Probability Distributions 24 Ocak 2015.

43. <http://www.macaulay.ac.uk/ccw/task-three/via.html>Joksić Visual Impact Assessment 24 Ocak 2015.
44. Lan, G., Youyi, J., Yongchong, Y., ve Hongtao, T., Research of 3D Representation Theory and Technology of Geographic Information, WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, Nisan 2009, California, 326-330.
45. Juzoji, H., Usman, K., ve Nakajima, I., A Visibility Study in Japanese Urban Area to Collect Environment Profile for HEOs, 6th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry, Haziran 2004, Odawara, 125-128.
46. Tabakcioglu, M.B. ve Kara, A., Comparison of Improved Slope UTD Method with UTD based Methods and Physical Optic Solution for Multiple Building Diffractions, Electromagnetics, 29,4 (2009) 303-320.
47. Tabakcioglu, M.B. ve Kara, A., Improvements on Slope Diffraction for Multiple Wedges, Electromagnetics, 30,3 (2010) 285-296.
48. Tabakcioglu, M.B. ve Cansiz, A., Application of S-UTD-CH Model into Multiple Diffraction Scenarios, International Journal of Antennas and Propagation, (2013).
49. http://www.bth.se/ing/ing-web09_eng.nsf/pages/prestigious-recognition-to-the-hap-research-group-at-bth Prestigious recognition to the HAP research group at BTH 10 Şubat 2015.
50. www.mathworks.com/help/curvefit/cftool.html 20 Şubat 2015.
51. Yun, Z., Lim, S.Y., ve Iskander, M.F., Use of Geospatial Resources for Radio Propagation Prediction in Urban Areas, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 8 (2009) 587-591.
52. Yıldırım, E., Görünürlük Analizi.
<http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/EgitimDokumanlari/Bilgi%20Sistemleri%20Dairesi%20Ba%20C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/ArcGIS%20E%C4%9Fitim%20Belgeleri/GorunurlukAnalizi.pdf> 10 Mart 2015.
53. Saunders, S.R. ve Evans, B. G., A Physical-Statistical Model for Land Mobile Satellite Propagation in Built-up Areas, Tenth International Conference on Antennas and Propagation, Nisan 1997, Conf. Publ. 436 2:44-47.
54. Saunders, S.R. ve Evans, B.G., Physical Model of Shadowing Probability for Land Mobile Satellite Propagation, Electronics Letters, 32,17 (1996) 1548-1549.

55. Jivkova, S. ve Kavehrad, M., Shadowing and Blockage in Indoor Optical Wireless Communications, In Global Telecommunications Conference, Aralık 2003, San Francisco, 6: 3269-3273.
56. Saunders, S.R., Tzaras, C. ve Evans, B.G., Physical-Statistical Methods for Determining State Transition Probabilities in Mobile-Satellite Channel Models, International Journal of Satellite Communications, 19,3 (2001) 207-222.
57. Cheng, L. ve Wu, H., A Study on Rush Hour Vehicular Communication Blockage, IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), Temmuz 2011, Washington, 829-831.
58. Ogawa, E. ve Satoh, A., Propagation Path Visibility Estimation for Radio Local Distribution Systems in Built-up Areas, IEEE Transactions on Communications, 34,7 (1986) 721-724.
59. Bauer, G. ve Jakoby, R., A Simple Prediction Model for Line of Sight Coverage in Urban Scenarios, IEEE 68th Vehicular Technology Conference, Eylül 2008, Calgary, VTC2008-Fall, 1-5.
60. Liu, X. ve Ma, X., Improved Circular Straight Cone Channel Model for High Altitude Platform in Urban Environment, IEEE International Conference on Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC), Ağustos 2012, Hong Kong, 503-508.
61. Ledl, P. ve Pechac, P., Area Coverage Simulations for Millimeter Point-to-Multipoint Systems Using Building Blockage, Radioengineering, 11,4 (2002) 43-47.
62. ITU-R P.1410-2, Propagation Data and Prediction Methods Required for Design of Terrestrial Broadband Millimetric Radio Access System Operating in a Frequency Range about 20–50 GHz, ITU, 2005.
63. Liu, S., Niu, Z. ve Wu, Y., A Blockage based Channel Model for High Altitude Platform Communications, The 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, Nisan 2003, Korea, 2, 1051-1055.
64. <http://www.atdi.com/htz-warfare/> HTZ warfare 15 Mart 2015.
65. Tzaras, C., Saunders, S.R. ve Evans, B.G., A Physical-Statistical Propagation Model for Diversity in Mobile Satellite PCN, 48th IEEE Vehicular Technology Conference, Mayıs 1998, Ottawa. 1: 525-529.
66. Biddiscombe, J.A., Modelling Line of Sight Availability for High Frequency Urban Radio Networks, IEEE MTT-S International Topical Symposium on Technologies for Wireless Applications, Şubat 1999, Canada, 105-110.

67. Oestges, C. ve Vanhoenacker-Janvier, D., Coverage Modelling of High-Altitude Platforms Communication Systems, Electronics Letters, 37,2 (2001) 119-121.
68. Oestges, C. ve Vanhoenacker-Janvier, D., Time Series-based Prediction of Fade Dynamics and Shadowing Correlation Statistics for Navigation Systems, The Second European Conference on Antennas and Propagation, Kasım 2007, Edinburghi 1-6.
69. Lazgare, P., Romualdo, I. ve Delgado Penin, J.A., WiMAX HAPS-based Downlink Performance Employing Geometrical and Statistical Propagation Channel Characteristics, Radio Science Bulletin, 332 (2010) 50-66.
70. Vieira, P., Queluz, P. ve Rodrigues, A., A Dynamic Propagation Prediction Platform over Irregular Terrain and Buildings for Wireless Communications, IEEE 66th Vehicular Technology Conference, Eylül 2007, Baltimore, 884-888.
71. King, P. R., Evans, B. G. ve Stavrou, S., Physical-Statistical Model for the Land Mobile-Satellite Channel Applied to Satellite/HAP-MIMO, 11th European Wireless Conference 2005- Next Generation Wireless and Mobile Communications and Services, Nisan 2005, Cyprus, 1-5.
72. [https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_\(communications\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_(communications)) Channel(Communications) 20 Mart 2015.
73. Saunders, S.R. ve Argo-Zavala, A., Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd., New York, NY,USA, 2007.
74. Barts, R. M. ve Stutzman, W. L., Modeling and Simulation of Mobile Satellite Propagation. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 40,4 (1992) 375-382.
75. Shen, D., Yang, Y. ve Liu, T., Physical-Statistical Propagation Model for the Land Mobile Communications, Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Aralık 2005, 4: 1-5.
76. Ishida, S., Hori, T. ve Fujimoto, M., Effects of Path Visibility on Space Division Performances of SDMA in Urban Area, IEEE 2007 Asia-Pacific Microwave Conference, Aralık 2007, Thailand, 1-4.
77. Feng, Q., Tameh, E. K., Nix, A. R. ve McGeehan, J., WLCp2-06: Modelling the Likelihood of Line-of-Sight for Air-to-Ground Radio Propagation in Urban Environments, In Global Telecommunications Conference, Kasım 2006, California, 1-5.

78. Badra, R. E. ve Zambrano, A., Street-level LOS/NLOS Model for Urban Macrocells based on Observations. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Mart 2011, 1294-1297.
79. Kouyoumjian, R. G. ve Pathak, P. H., A Uniform Geometrical Theory of Diffraction for an Edge in a Perfectly Conducting Surface, Proceedings of the IEEE, 62,11 (1974) 1448-1461.
80. Luebbers, R., Finite Conductivity Uniform GTD versus Knife Edge Diffraction in Prediction of Propagation Path Loss, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 32,1 (1984) 70-76.
81. RamaSarma, V., A Coverage Area Estimation Model for Interference-Limited Non-Line-of-Sight Point-to-Multipoint Fixed Broadband Wireless Communication Systems, Yüksek Lisans Tezi, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2002.
82. D3P1B, "Propagation Planning Procedures for LMDS," Cellular Radio Access for Broadband Services (CRABS) Deliverable Report, Ocak 1999.
83. Spreadbury, D., Derivation of Line of Sight Probabilities in the Recipe Simulator, Plextek Limited Proprietary, 2000.
84. Cheon, C., Liang, G. ve Bertoni, H. L., Simulating Radio Channel Statistics for Different Building Environments, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 19,11 (2001) 2191-2200.
85. Gerke, M., Straub, B. M. ve Koch, A., Automatic Detection of Buildings and Trees from Aerial Imagery Using Different Levels of Abstraction, Publications of the German Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 10 (2001) 273-280.
86. <http://www.remcom.com/wireless-insite.html> Wireless InSite 2 Nisan 2015
87. Mattiello, C., Visibility Estimation for Urban Radio-Link Design, Eighth International Conference on Antennas and Propagation, Nisan 1993, 2: 952-954.
88. Caldwell, D.R., Studies in Military Geography and Geology, Cluver Academic Publishers, Dordrecht, 2004.

6. EKLER

EK-1. Bayes Olasılık Teorisi

Bayes teoremi, olasılık kuramı içinde incelenen önemli bir konudur. Bu teorem bir rastlantısal değişken için olasılık dağılımı içinde koşullu olasılıklar ile marjinal olasılıklar arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu şekli ile Bayes teoremi bütün istatistikçiler için kabul edilir bir ilişkiyi açıklar. Bu kavram için Bayes kuralı veya Bayes savı veya Bayes kanunu adları da kullanılır. Ancak bazı istatistikçiler için Bayes teoremi özel olarak değişik bir önem de taşır. Felsefi temelde olasılık değerlerinin nesnel bir özellik değil, gözlemcinin meydana çıkardığı subjektif bir değer olarak kabul eden sübjektivist olasılık düşünürlerine göre Bayes teoremi, yeni kanıtlar ışığında olasılık değeri hakkındaki sübjektif inanışların güncelleştirilip değiştirilmesini sağlayan temel bir gereçtir; yani sonsal bir yaklaşımın temelidir.

Olasılık teorisi içinde incelenen bir olay olarak B olayına koşullu bir A olayı (yani B olayının bilindiği halde A olayı) için olasılık değeri, A olayına koşullu olarak B olayı (yani A olayı bilindiği haldeki B olayı) için olasılık değerinden farklıdır. Ancak bu iki birbirine ters koşulluluk arasında çok belirli bir ilişki vardır ve bu ilişkiye (ilk açıklayan istatistikçi İngiliz Thomas Bayes (1702–1761) adına atfen) Bayes Teoremi denilmektedir.

Formel bir teorem olarak Bayes teoremi, olasılık kavramını inceleyen her türlü değişik felsefi temel fikre bağlı olan her türlü istatistikçi tarafından kabul edilir. Ancak olasılığı objektif bir değer olarak gören ve relatif çokluluk olarak tayin eden frekansçı ekolüne bağlı olan istatistikçiler ile sübjektivist (veya Bayes tipi) ekolüne bağlı olan istatistikçiler arasında bu teoremin pratikte nasıl kullanılabileceği hakkında büyük bir fikir ayrılığı bulunmaktadır. Frekansçı ekolüne dahil olanlar olasılık değerlerini rastgele olaylarda meydana çıkma çokluluğuna göre veya anakütlenin alt setlerinin tam anakütleyle orantısı olarak saptanması gerektiğini kabul etmektedirler. Bunlara göre yeni kanıtlar karşısında olasılık değerinin değişme imkânı yoktur. Bu nedenle frekansçı ekolü için Bayes teoremi sadece koşulluluklar arasında ilişkiyi gösterir ve bunun pratikte kullanılma gücü küçüktür.

Ek-1 'in devamı

Bayes teoremi bir stokastik süreç sırasında ortaya çıkan bir rastgele olay A ile bir diğer rastgele olay B (eğer B için kaybolmamış olasılık varsa) için koşullu olasılıkları ve marjinal olasılıkları arasındaki ilişkidir ve aşağıdaki (E.1) denklemi ile ifade edilmektedir:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)}{P(B)} \quad (E.1)$$

Bayes teoremi formülü içinde bulunan her bir terime özel isimler verilmektedir:

- $P(A)$ terimine A için önsel olasılık veya marjinal olasılık adı verilir. Bu önseldir, çünkü B olayı hakkında önceden herhangi bir bilgiyi içermemektedir.
- $P(A|B)$ terimi verilmiş B için A'nın koşullu olasılığı adını alır.
- $P(B|A)$ terimi verilmiş A için B'nin koşullu olasılığı adını taşır.
- $P(B)$ terimi B olayı için 'önsel' olasılıktır veya B'nin marjinal olasılığıdır ve matematiksel rolü normalize eden bir sabittir.

Bu şekildeki Bayes teoremini, fazla matematiksel olmadan, sezgiye dayanarak şöyle açıklayabiliriz: Bayes teoremi eğer B gözlemlenmiş ise, A gözlemi hakkındaki inançların ne şekilde güncelleştirilebileceğini ortaya çıkartır.

Bayes olasılık teoremini ispatlamak için koşullu olasılık tanımından başlanır. Önceden B olayı bilinirse A olayının bilinme olasılığı aşağıdaki (E.2) denklemi ile verilir:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)}{P(B)} \quad (E.2)$$

Aynı şekilde aşağıdaki (E.2) denklemi ile de A olayı önceden verilmişse B olayı bulunur.

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)}{P(A)} \quad (E.3)$$

(E.2) denklemi ile (E.3) denklemi birleştirilirse, aşağıdaki (E.4) denklemi elde edilir:

$$P(A|B).P(B) = P(A \cap B) = P(B|A).P(A) \quad (E.4)$$

Ek-1 'in devamı

(E.4) denklemi bazen olasılıklar için çarpım kuralı olarak anılmaktadır. $P(B)$ eğer 0 değilse, (E.4) denkleminin her iki tarafı $P(B)$ 'ye bölünürse; ortaya çıkan (E.5) denklem ifade Bayes teorisidir.

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \quad (E.5)$$

EK-2. Karşılaştırmalı Eğri Uydurma Sonucu Uyum Parametresi Değerleri

Ek-2 Tablo 1. Cadde ve sokak LOS olasılıklarına eğri uydurma işlemi sonucu oluşan uyum parametre R^2 değerlerinin karşılaştırılması

Cadde veya Sokak İsimleri	Weibul için R^2	Weibul2 için R^2	Gompertz için R^2	Gompertz2 için R^2
Akif Saruhan Caddesi	0.8041	0.9746	0.4827	0.9914
Amasya Camisi Sokak	0.942	0.9889	0.828	0.961
Çizmecioglu Sokak	0.9499	0.9505	0.9508	0.898
Çömlekçi Caddesi	0.9863	0.991	0.9942	0.9754
Çömlekçi Mektep Sokak	0.9936	0.997	0.9989	0.9914
Değirmendere Sokak	0.9938	0.9978	0.9995	0.9883
Deliklitaş Sokak (Eski Mezarlık)	0.9369	0.9804	-0.1525	0.9611
Devlet Sahil Yolu Caddesi	0.9573	0.9971	0.9451	0.9904
Eski Erzurum Yolu Caddesi	0.9895	0.995	0.9455	0.9243
Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi Caddesi	0.9982	0.9983	0.9934	0.9914
Farabi Caddesi	0.9213	0.9941	0.4638	0.9812
Gazipaşa Caddesi	0.5768	0.9976	-0.03021	0.891
İnönü Caddesi	0.9143	0.9922	0.9195	0.992
Islahane Caddesi	0.964	0.9642	0.9637	0.9111
Kahramanmaraş Caddesi	0.8961	0.9837	0.9111	0.984
Kalealtı Sokak	0.8739	0.9887	0.8439	0.9925
Milli Egemenlik Caddesi	0.9831	0.9866	0.9742	0.8901
Moloz Caddesi	0.916	0.9227	0.9346	0.9318
Pertevpaşa Sokak	0.7252	0.9772	-0.5683	0.9645
Sanayi Çarşısı Caddesi	0.9855	0.9963	0.9883	0.9696
Sarayatik Camisi Sokak	0.7896	0.9641	0.661	0.9784
Şehit Refik Cesur Caddesi	0.8981	0.9951	0.7916	0.9888
Sezayi Uzay Caddesi	0.8466	0.9945	0.8675	0.9806
Taksim Caddesi	0.9667	0.9926	0.9874	0.9948
Uzun Sokak	0.9979	0.9999	0.9985	0.9881
Zafanoz Caddesi	0.9894	0.9983	0.7338	0.9254
Trabzon Şehri	0.942	0.9978	0.893	0.9865

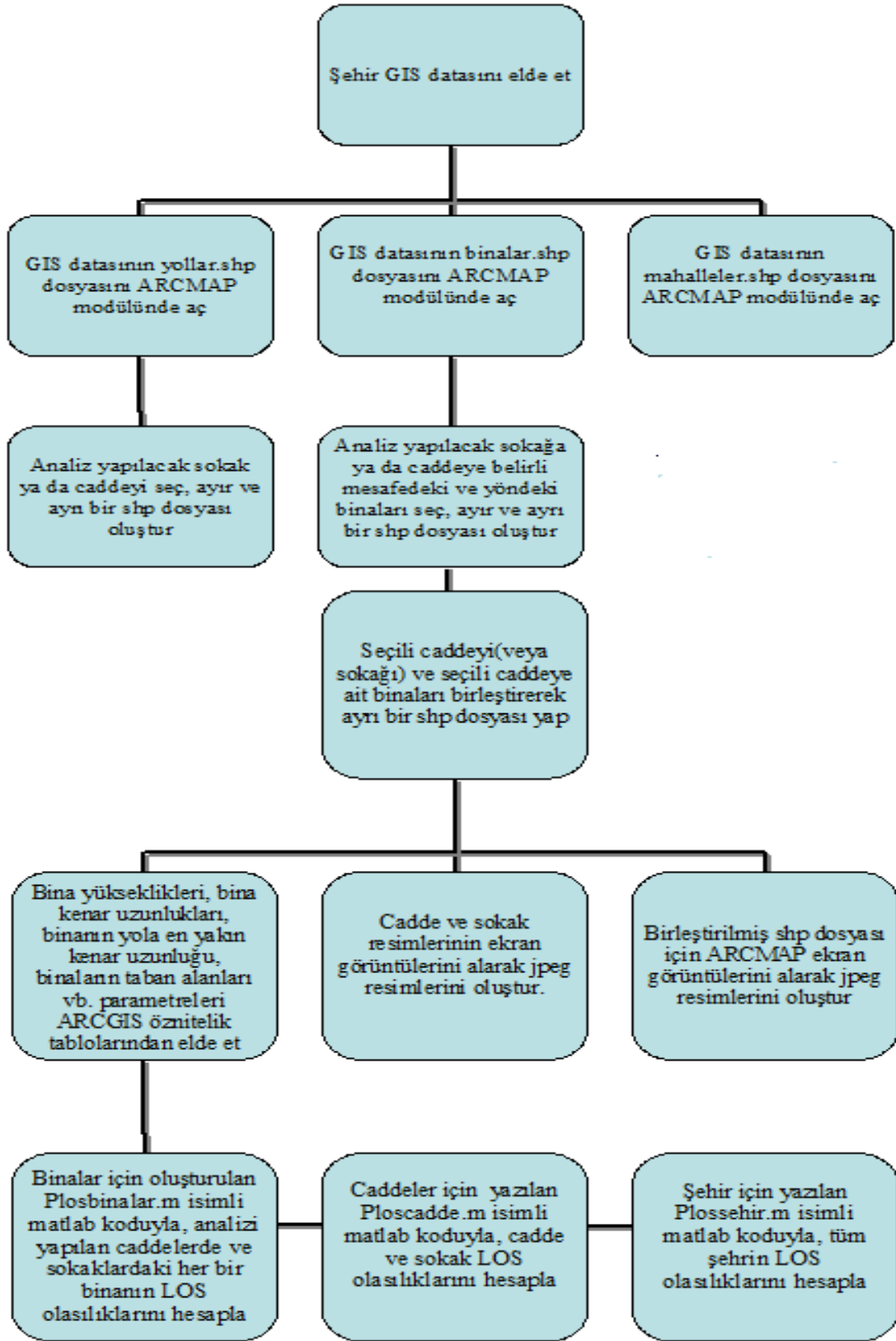
Yukarıdaki Ek-2 Tablo 1’de yükselme açısına bağlı olarak kestirilen Trabzon cadde ve sokak LOS olasılık değerleri için yapılan Weibul dağılımına, Gompertz dağılımına, Weibul2 fonksiyonuna ve Gompertz2 fonksiyonuna eğri uydurma işlemi uyum parametresi(R^2) değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Ek-2 'in devamı

Ek-2 Tablo 1'deki en sondaki satır, Bayes olasılık teorisine benzetim yapılarak elde edilmiş Trabzon LOS olasılık değerine yapılan eğri uydurma uyum parametrelerinin değerlerini göstermektedir. Her bir satırdaki cadde, sokak veya şehir için en yüksek pozitif değere sahip R^2 değerine sahip dağılım ya da fonksiyon orijinal LOS olasılık verimizi analitik olarak temsil etmek üzere alınır. Çünkü uyum parametresi R^2 pozitif ve 1'e ne kadar yakınsa uydurulan fonksiyon ya da dağılım orijinal verimizi o kadar iyi temsil ediyor demektir.



EK-3. LOS Olasılık Kestirimi Akış Şeması



Ek-3 Şekil 1. LOS olasılık kestirimi akış şeması

ÖZGEÇMİŞ

Volkan AYDIN 22.12.1978 tarihinde Trabzon'un Maça ilçesinde doğdu. Lise öğrenimini Affan Kitapçioğlu Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1999 yılında lisans programından 3.lükle mezun olduktan sonra 2001-2004 yılları arasında KTÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde Araştırma görevliliği yaptı. 2004-2005 yılları arasında askerlik görevini Ankara'da Tankçı sınıf Okulu ve Ankara'da MSB Teknik Hizmetler Daire Başkanlığında yedek subay olarak tamamladı. 2005 yılından itibaren özel sektörde elektronik mühendisi olarak göreve başladı. 2006-2007 yılları arasında Trabzon Hekimoğlu Döküm fabrikasında elektronik mühendisi olarak görev yaptı. 2007-2008 yılları arasında Trabzon AKGÜN Yazılım firmasının donanım ve yazılım biriminde bakım mühendisi olarak çalıştı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı. 2008 Eylül ayından itibaren Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Abdullah Kanca Meslek Yüksekokulu Elektrik Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.