

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GSM 900 SİSTEMİNDE TRAFİK ANALİZİ,OPTİMİZASYONU VE HÜCRE
PLANLAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk.Elektronik Müh. Okan BEŞLİ

HAZİRAN 2011

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GSM 900 SİSTEMİNDE TRAFİK ANALİZİ, OPTİMİZASYONU VE HÜCRE
PLANLAMASI**

Elektrik - Elektronik Mühendisi Okan BEŞLİ

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 10.06.2011**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İ. Hakkı ÇAVDAR

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Okan BEŞLİ tarafından hazırlanan

**GSM 900 SİSTEMİNDE TRAFİK ANALİZİ, OPTİMİZASYONU VE HÜCRE
PLANLAMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 24 / 05 / 2011 gün ve 1406 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İ. Hakkı ÇAVDAR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Adnan CORA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bekir DİZDAROĞLU

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tezin tamamlanmasında emeği geçen başta danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı avdar olmak üzere, beni her aşamada destekleyen aileme, sağladığı bilgiler konusunda Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Samsun Bölge Müdürlüğü Uzman Mühendisi Mustafa Semerci'ye ve yüksek lisansın bu aşamaya kadar ulaşması için gösterdiği gayret için Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak alışan Önder Aydemir'e teşekkürlerimi sunarım.

Okan BEŞLİ

Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “GSM 900 SİSTEMİNDE TRAFİK ANALİZİ, OPTİMİZASYONU VE HÜCRE PLANLAMASI” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İ. Hakkı ÇAVDAR‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, 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. 13/06/2011

Okan BEŞLİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. GSM Tarihi	1
1.2. GSM’de Kullanılan Frekanslar	1
1.3. Kablosuz Sistemlerin Gelişimi	2
1.3.1. Birinci Nesil Sistemler	2
1.3.2. İkinci Nesil Sistemler.....	2
1.3.3. Ara Nesil Sistemler	2
1.3.4. Üçüncü Nesil Sistemler.....	3
1.3.5. Dördüncü Nesil Sistemler	3
1.4. GSM Sisteminin Temelleri	4
1.4.1. Hücre.....	4
1.4.2. Hücreden Hücreye Geçiş(Handover).....	4
1.4.3. Onay Mekanizması(Authentication).....	7
1.5. GSM Mimarisi	7
1.5.1. Baz İstasyonu Altsistemi(BSS).....	8
1.5.1.1. Mobil Cihaz	8
1.5.1.2. Baz İstasyonu Alıcı Verici İstasyonu(BTS).....	8
1.5.1.3. Baz İstasyonu Kontrolörü(BSC).....	9
1.5.2. Ağ ve Anahtarlama Altsistemi(NSS)	10
1.5.2.1. Mobil Anahtarlama Merkezi(MSC)	10
1.5.2.2. Ağ Geçidi Mobil Anahtarlama Merkezi(GMSC).....	11
1.5.2.3. Home Location Register(HLR)	11

1.5.2.4. Visitor Location Register(VLR).....	12
1.5.2.5. Yetkilendirme Merkezi(Authentication Center - AUC).....	12
1.5.2.6. Cihaz Kimlik Kaydı(Equipment Identity Register - EIR).....	12
1.5.2.7. Operasyon ve Bakım Altsistemi.....	12
1.6. Hüresel İletişim.....	13
1.6.1. Altıgen Hücrenin Geometrisi.....	14
1.6.2. Kanallararası Girişim Oranı.....	16
1.6.2.1. Yönsemesiz Anten Durumu.....	18
1.6.2.2. Yönlü Anten Durumu.....	18
1.6.3. Hücre Paylaştırmak.....	21
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	22
2.1. GSM Trafik Hesaplamaları.....	22
2.2. Hüresel İletişimde Dalga Yayılımı.....	24
2.2.1. Sinyal Zayıflaması.....	26
2.2.2. Sinyal Girişimi.....	27
2.3. Hüresel Sistemlerde Güç Hesabı İçin Gerekli Değerler.....	28
2.4. Okumura – Hata Yayılım Modeli.....	29
2.5. Hücre Planlaması Temel Hesaplamaları.....	30
3. BULGULAR.....	34
3.1. GSM Trafik Analizi.....	34
4. SONUÇLAR.....	66
5. ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	69
7. EKLER.....	71
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GSM 900 SİSTEMİNDE TRAFİK ANALİZİ, OPTİMİZASYONU VE HÜCRE
PLANLAMASI

Okan BEŞLİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2011, 70 Sayfa, 19 Sayfa Ek

Abone sayıları, ses ve data hizmeti kullanımları sürekli artmaktadır. Bu durum neticesinde mevcuttaki GSM şebekesi trafiğinin analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılan analizler sonucu GSM şebekesi üzerindeki trafik yükü sürekli izlenmekte ve trafik yoğunluğunun yüksek olduğu şebeke elemanlarında gereken optimizasyonlar yapılmaktadır. Optimizasyonlar sonucunda şebekenin verimli çalışması sağlanarak GSM şebekesi trafik yoğunluğundan kaynaklanan hizmet kalitesi düşüklüğü giderilmektedir. Bu durum neticesinde GSM operatörlerinin müşteri memnuniyet oranları artmaktadır.

Aynı zamanda farklı coğrafi bölgelerde değişen nüfus profillerine göre hücre planlama hesaplamaları bu tez kapsamında gerçekleştirilen yazılım sayesinde yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: GSM Şebekesi, Optimizasyon, Analiz, Hücre Planlama

Master Thesis

SUMMARY

Traffic Analysis, Optimisation and Cell Planning in GSM 900 Systems

Okan BEŞLİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical – Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ismail Hakkı ÇAVDAR
2011, 70 Pages, 19 Pages Appendix

GSM systems are intensively use by people. Counts of subscribers, voice and data services are continuously increasing. Therefore traffic on GSM network must be analysed always. Traffic is monitoring with analyse results and make optimisation on network components. GSM network work healthy and efficiently with optimisations to remove low quality.

At the same time software which is made in scope of this thesis can make cell planning calculation for different geographical regions.

Key Words: GSM Network, Optimisation, Analysis, Cell Planning

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. GSM sisteminin gelişimi.....	3
Şekil 2. Temel hücre gösterimi	4
Şekil 3. Hücre değişikliği genel gösterimi	6
Şekil 4. GSM sistemi çekirdek mimari gösterimi	7
Şekil 5. BTS ve BSC ile birlikte kapsama alanının genel gösterimi.....	9
Şekil 6. MSC'nin GSM ağında bulunan diğer bileşenlerle etkileşimli gösterimi	10
Şekil 7. Altıgen hücrenin gösterimi ve farklı şekillerdeki hücreleri gösterimi	14
Şekil 8. Altıgen hücrenin geometrisi.....	15
Şekil 9. Frekans kullanım oranı yedi olan hücrelerde girişimin gösterimi	17
Şekil 10. 120 derecelik yönlü anten kullanımının gösterimi.....	19
Şekil 11. Hücreler arası girişimin 120 derecelik yönlü antenlerde gösterimi	19
Şekil 12. Hücreler arası girişimin 120 derecelik yönlü antenlerde gösterimi	20
Şekil 13. Hücre bölünmesi sonucu oluşan hücre modeli	21
Şekil 14. Baz istasyonu mobil cihaz arasındaki sinyal yansımasının gösterimi	26
Şekil 15. Mobil cihazda oluşan sinyal girişiminin gösterimi	27
Şekil 16. Tez kapsamında yapılan programın ekran görüntüsü	35
Şekil 17. Tez için yapılan programa ilişkin akış diyagramı	36
Şekil 18. Samsun şehir merkezi ocak ayı trafik	37
Şekil 19. Samsun şehir merkezi şubat ayı trafik	38
Şekil 20. Samsun şehir merkezi mart ayı trafik	38
Şekil 21. Samsun şehir merkezi nisan ayı trafik	39
Şekil 22. Samsun şehir merkezi mayıs ayı trafik	39
Şekil 23. Samsun şehir merkezi haziran ayı trafik	40
Şekil 24. Samsun şehir merkezi temmuz ayı trafik.....	40
Şekil 25. Samsun şehir merkezi ağustos ayı trafik.....	41
Şekil 26. Samsun şehir merkezi eylül ayı trafik.....	41
Şekil 27. Samsun şehir merkezi ekim ayı trafik.....	42
Şekil 28. Samsun şehir merkezi kasım ayı trafik	42
Şekil 29. Samsun şehir merkezi aralık ayı trafik.....	43

Şekil 30. Samsun yarı-kent ocak ayı trafik.....	43
Şekil 31. Samsun yarı-kent şubat ayı trafik.....	44
Şekil 32. Samsun yarı-kent mart ayı trafik.....	44
Şekil 33. Samsun yarı-kent nisan ayı trafik.....	45
Şekil 34. Samsun yarı-kent mayıs ayı trafik.....	45
Şekil 35. Samsun yarı-kent haziran ayı trafik	46
Şekil 36. Samsun yarı-kent temmuz ayı trafik	46
Şekil 37. Samsun yarı-kent ağustos ayı trafik	47
Şekil 38. Samsun yarı-kent eylül ayı trafik	47
Şekil 39. Samsun yarı-kent ekim ayı trafik	48
Şekil 40. Samsun yarı-kent kasım ayı trafik.....	48
Şekil 41. Samsun yarı-kent aralık ayı trafik	49
Şekil 42. Samsun kırsal ocak ayı trafik	49
Şekil 43. Samsun kırsal şubat ayı trafik	50
Şekil 44. Samsun kırsal mart ayı trafik	50
Şekil 45. Samsun kırsal nisan ayı trafik	51
Şekil 46. Samsun kırsal mayıs ayı trafik	51
Şekil 47. Samsun kırsal haziran ayı trafik.....	52
Şekil 48. Samsun kırsal temmuz ayı trafik.....	52
Şekil 49. Samsun kırsal ağustos ayı trafik.....	53
Şekil 50. Samsun kırsal eylül ayı trafik.....	53
Şekil 51. Samsun kırsal ekim ayı trafik.....	54
Şekil 52. Samsun kırsal kasım ayı trafik	54
Şekil 53. Samsun kırsal aralık ayı trafik	55
Şekil 54. N=4 ve yönsemez anten kullanımı durumundaki trafik	56
Şekil 55. N=4 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	57
Şekil 56. N=4 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	57
Şekil 57. N=7 ve yönsemez anten kullanımı durumundaki trafik	58
Şekil 58. N=7 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	58
Şekil 59. N=7 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	59
Şekil 60. N=12 ve yönsemez anten kullanımı durumundaki trafik	59
Şekil 61. N=12 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	60

Şekil 62. N=12 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik	60
Şekil 63. Yol kaybı hesabı, şehir merkezi için program ekran görüntüsü	61
Şekil 64. Şehir merkezi için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi	62
Şekil 65. Yol kaybı hesabı, yarı-kent için program ekran görüntüsü.....	62
Şekil 66. Yarı-kent için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi	63
Şekil 67. Yol kaybı hesabı, kırsal kesim için program ekran görüntüsü.....	63
Şekil 68. Kırsal bölge için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi.....	64
Şekil 69. Şehir merkezi için sıfırdan kurulması gereken hücre parametreleri	65
Şekil 70. Yarı-kent için sıfırdan kurulması gereken hücre parametreleri	65

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Frekans yeniden kullanım oranı ve normalize uzaklıklara ilişkin tablo	16
Tablo 2. Erlang B tablosu.....	23
Tablo 3. Anten durumuna ve frekans yeniden kullanım oranının değişimine göre trafik değişimini gösteren tablo	32
Tablo 4. GSM 900 sisteminde kanal sayısı ve kodlama hızını gösteren tablo.....	33

SEMBOLLER DİZİNİ

a(hm)	:	Mobil cihaza ait fonksiyon
AUC	:	Authentication Center
Bs	:	BTS hassasiyeti
BG	:	Tek yönlü bant genişliği(MHz)
BSS	:	Base Statiton Subsystem
BSC	:	Base Station Controller
BSS	:	Base Station System
BTS	:	Base Transceiver Station
CDMA	:	Code Division Multiple Access
d	:	Baz istasyonu ile mobil cihaz arasındaki mesafe(km)
EDGE	:	Enhance Data rate for Global Evolution
EIR	:	Equipment Identity Register
EIRP	:	Equivalent Isotropically Radiated Power
EIRPb	:	BTS pik EIRP
EIRPm	:	Mobil cihaz pik EIRP
f	:	Frekans MHz cinsinden
FDMA	:	Frequency Division Multiple Access
Gb	:	Baz istasyonu anten kazancı
Gm	:	Mobil cihaz anten kazancı
GMSC	:	Gateway Mobile Switching Center

GPRS	:	General Packet Radio System
GSM	:	Groupe Speciale Mobile
Gr	:	Alicı antenin kazancı
Gt	:	Verici antenin kazancı
Gtb	:	Anten kazancı
h	:	Ortalama çağrı süresi
h_{bts}	:	Baz istasyonunun yüksekliği(m)
h_i	:	i.çağrının süresi
HLR	:	Home Location Register
I	:	Trafik yoğunluğu
IMEI	:	International Mobile Equipment Identity
IMSI	:	International Mobile Subscriber Identity
Kanal	:	Ses kanalının bant genişliği(KHz)
Lcb	:	BTS kablo kaybı
Lccb	:	BTS birleştirici kaybı
Lcm	:	Kablo kaybı
Lob	:	Diğer kayıplar baz istasyonu
Lom	:	Diğer kayıplar mobil cihaz
Ms	:	Mobil cihaz hassasiyeti
MSC	:	Mobile Switching Center
Nc	:	Gözlemlene süresi içindeki çağrı sayısı

nc	:	Birim zamandaki çağrı sayısı
NSS	:	Network and Switching Subsystem
OMSS	:	Operation and Maintenance Subsystem
OSS	:	Operational and Support System
P	:	Anten tarafından iletilen güç
PLd	:	Downlink yol kaybı
PLu	:	Uplink yol kaybı
Prb	:	Baz istasyonu tarafından alınan güç
Prm	:	Baz istasyonu tarafından alınan güç
Ptb	:	Mobil cihazdan iletilen güç
Ptm	:	Mobil cihazdan iletilen güç
q	:	Frekans yeniden kullanım oranı
Sektör	:	Hücrenin anten sektör sayısı
SesKanalRF	:	RF kanalında bulunan ses kanal sayısı
SIM	:	Subscriber Identity Module
SIR	:	Signal to Interference Ratio
SIRomni	:	Yönsemez antenler için sinyal gücü, girişim oranı
VLR	:	Visitor Location Register
T	:	Gözlemleme süresi
Y	:	Yol kaybı eğrisi kırılımı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. GSM Tarihi

1887 ve 1888 yıllarında Hertz tarafından görülmeyen dalgalar bulundu ve bu sayede bilginin hava yoluyla iletişimi mümkün olmuştur. Birkaç yıl sonra Hertz'in bulgularının üzerine yapılan geliştirmelerle birkaç kilometre uzaklıktaki alıcı ve verici arasında sinyal haberleşmesi gerçekleştirildi. Guglielmo Marconi bu denemeyi gerçekleştirmiştir. Bu deneyler hücrel radyonun ve diğer birçok çeşit iletişim sisteminin temelini oluşturuldu. 1929 yılında AM ve FM radyo yayınına başlandı. İlk FM alıcılar iyi kalitede alıcı olmakla birlikte boyutları ve harcadıkları güç bakımından büyüktüler. 1980'li yıllara kadar birçok teknik bilinmesine rağmen yapılan çalışmalar kısıtlı kapasitede kalmıştı. Bu yıllarda analog hücrel taşınabilir telefon sistemi FM full duplex olarak çalışmaya başlamıştır. Ancak 1980'li yıllara gelindiğinde analog hücrel sistemin artan talebi karşılamayacağı görüldü. Kısıtlı bant genişliğinden dolayı bu sorunu aşmanın yolu zaman çoklaması idi. Zaman çoklaması ise ancak dijital tekniklerle mümkün olmaktadır.

Bu sonuçlarla birlikte Avrupa'da Groupe Speciale Mobile(GSM) sistemi 1980'li yılların sonlarında kuruldu. GSM sistemi uluslar arası dolaşımdan katma değerli servislere kadar birçok yeni imkan tanımaktadır. İlk ticari GSM servisi 1992 yılında başladı. Sonrasında küresel anlamda GSM standardı çok hızlı büyüme gerçekleştirdi ve 1 yıl sonra Avrupa kıtasının dışına taşı.

1.2. GSM'de Kullanılan Frekanslar

GSM ağlarının birçoğu 900 MHz frekansında çalışmaktadır. Bu frekansın haricinde 1800 MHz bandında çalışan ve ABD'de 1900 MHz frekansında çalışan hücrel ağlar bulunmaktadır. Temelde tüm bu sistemlerin farkı frekanslarıdır. Çalışma biçimi açısından herhangi bir fark bulunmamaktadır.

1.3. Kablosuz Sistemlerin Gelişimi

1.3.1. Birinci Nesil Sistemler

Frekans Bölmeli Çoklu Erişim(FDMA-Frequency Division Multiple Access) tekniği birinci nesil kablosuz sistemlerde kullanılmıştır. Bu sistemler analog modülasyon tekniklerini kullanmışlardır. Birinci nesil kablosuz sistemler düşük servis kalitesi, görüşme yapabilmek için uzun süre gerekmesi, bant genişliğinin etkin kullanılamaması, pahalı ekipman ve sadece ses haberleşmesini desteklemesinden dolayı yeni teknoloji arayışında bulunulmuştur. Bu çalışmalar sonucunda ikinci nesil kablosuz sistemler ortaya çıkmıştır.

1.3.2. İkinci Nesil Sistemler

GSM ikinci nesil kablosuz sistemi içerisine girmektedir. İkinci nesil sistemler dijital modülasyonu desteklemekte ve gelişmiş görüşme kalitesi sunmaktadır. İkinci nesil sistemler modülasyon sistemi olarak Zaman Bölmeli Çoklu Erişim(TDMA-Time Division Multiple Access) ve Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA-Code Division Multiple Access) modülasyon tekniklerini kullanmaktadır.

Zaman Bölmeli Çoklu Erişim genel olarak Avrupa'da kullanılmakla beraber Kod Bölmeli Çoklu Erişim daha çok A.B.D'nde kullanılmaktadır.

İkinci nesil kablosuz sistemler ses ve veri iletişimini desteklemektedir. Ayrıca ikinci nesil sistemler ses ve veri iletişimi sırasında gönderilen verileri kodlayarak veri güvenliğini de sağlamaktadır.

1.3.3. Ara Nesil Sistemler

Ara nesil sistemler genel itibariyle 2.5 nesil kablosuz sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu nesilde mevcut ağı bozmadan yeni gelen teknolojiler uygulanmıştır.

Bunlardan biri GPRS(General Packet Radio System) olarak adlandırılan verilerin paket halinde gönderilmesini sağlayan teknolojidir. Bu teknolojiyle etkin bantgenişliği

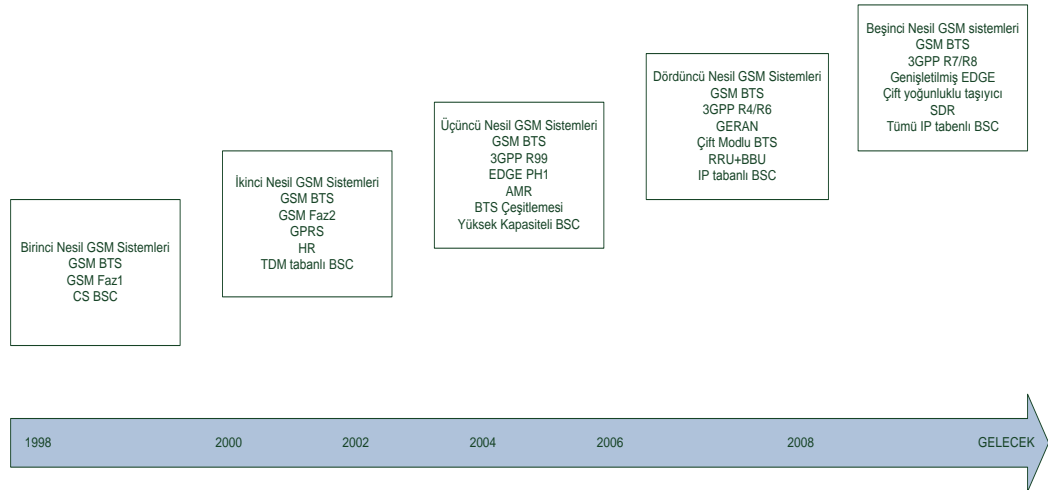
kullanımı sağlanmıştır. GPRS teknolojisinin ardından EDGE(Enhance Data rate for Global Evolution) teknolojisi geliştirilmiştir. Bu teknolojiyle ise mevcut GPRS hızının yaklaşık 3 katına kadar data hızı artışı sağlanmıştır.

1.3.4. Üçüncü Nesil Sistemler

Veri ve ses haberleşmesi için çok yüksek hızlar sunan bu sistem üçüncü nesil sistemler olarak adlandırılmaktadır. Üçüncü nesil sistemlerle birlikte aboneler mobil cihazlarıyla ses, data ve video servislerine entegre bir şekilde erişebilmektedir.

1.3.5. Dördüncü Nesil Sistemler

Üçüncü jenerasyon sistemlerden sonra gelecek olan bu sistem tamamen IP paket anahtarlama bir sistemdir. Bu sistemle gigabitler seviyesinde hıza ulaşılabilecek ve çoklu taşıyıcılı iletişimi destekleyecektir. 4G sistemine geçilmeden önce WiMAX ve 3G Long Term Evolution(LTE) teknolojileri yabancı ülkelerde uygulamaya geçmiştir. Bu teknolojiler 4G'ye geçiş amacıyla çıkarılan ara teknolojilerdir.



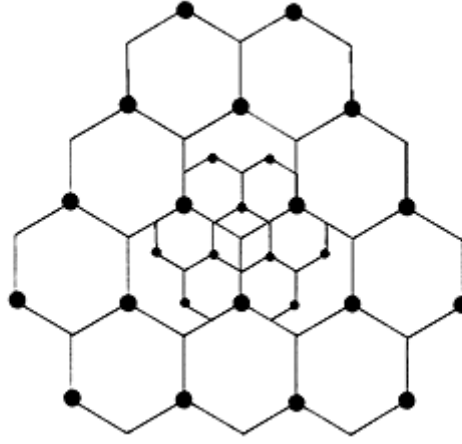
Şekil 1. GSM sisteminin gelişimi

1.4. GSM Sisteminin Temelleri

1.4.1. Hücre

GSM sisteminin en temel bileşenleri radyo baz istasyonu, baz istasyonu kontrol sistemleri ve antenlerdir. Her baz istasyonu belirli bir coğrafi alana hizmet verecek şekilde atanır. Bu alanlara hücre adı verilir. Her mobil cihaz baz istasyonunun belirli bir hücresinden haberleşir. Hücre sayıları o alandaki talebe göre değişiklik gösterir.

Kablosuz sistemlerin ilk versiyonlarında yüksek enerjili, merkezi konumlandırılmış alıcı verici sistemleri düşük sayıdaki frekans kanalı kullanılmaktaydı. Düşük sayıdaki frekans kanalı çok büyük bir alanda yüksek sayıdaki müşteriler tarafından kullanılmaktaydı. Bu nedenle artan kullanım talebine kanal sayıları yetersiz kalmaktaydı. Bu nedenle frekans bantlarının yeniden kullanımı fikri oluşmuştur. Bu alıcı-verici ve mobil cihazlardaki enerji ihtiyacını ve masrafları azalttı. Bu sayede görüşme kapasitesi sinyal karışması olmadan artmış olmaktadır. Aynı frekanslar tüm hücrelerde kullanıldı.



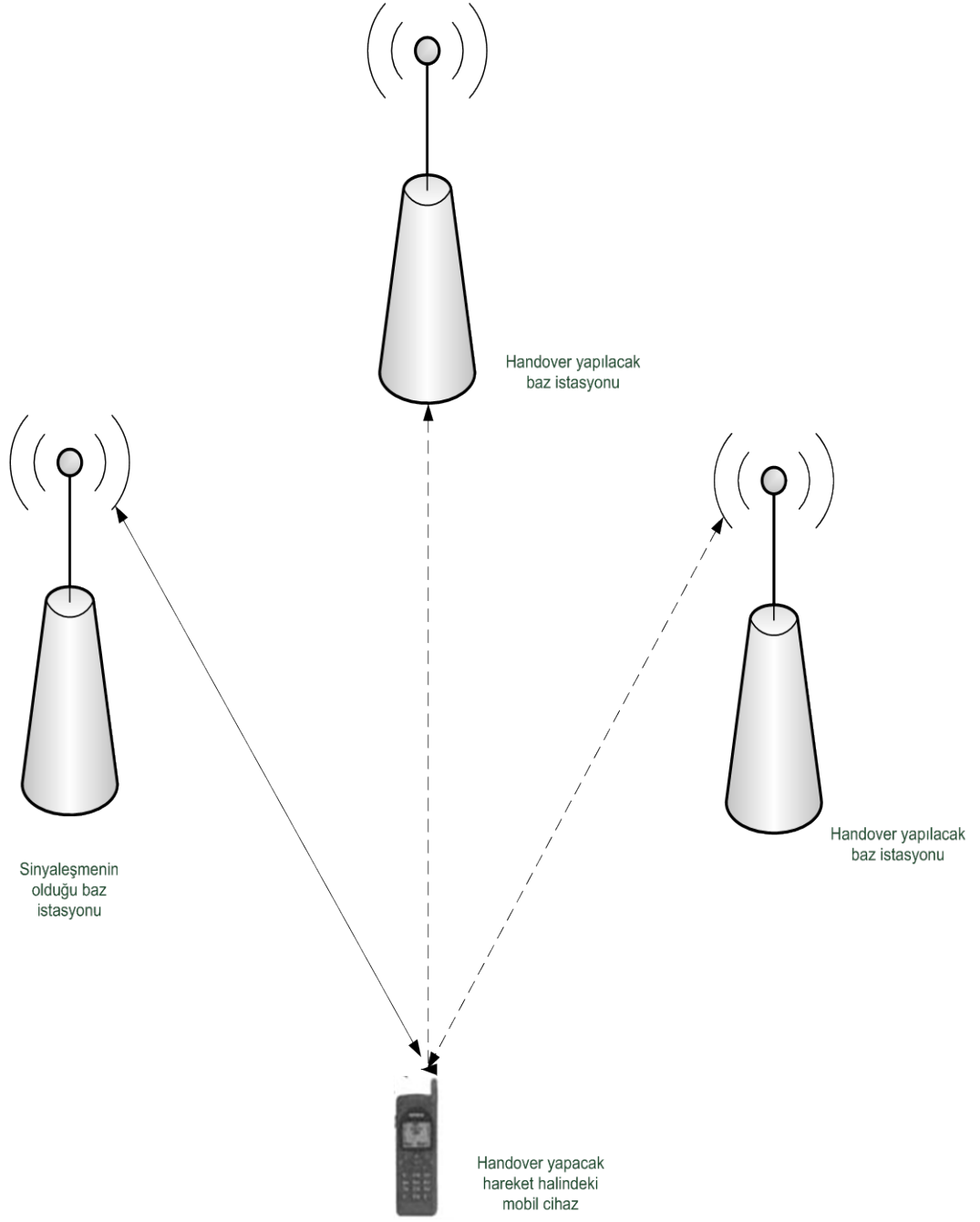
Şekil 2 . Temel hücre gösterimi

1.4.2. Hücreden Hücreye Geçiş(Handover)

Bir mobil kullanıcı bir hücreden diğerine geçerse, aslında birbirinden tamamen farklı frekansları kullanacaktır. Bu durum ise görüşmenin kesilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu durumu engellemek için handover isimli mekanizma geliştirilmiştir. GSM sisteminde

mobil cihaz hizmet aldığı hücre ile komşu hücredeki gücü sürekli takip etmektedir. Yandaki hücrenin mevcut hücreden daha fazla güç verdiğini belirlediği an handover mekanizmasını çalıştırır. Handover nedeniyle mobil cihaz yeni geçeceği yerdeki baz istasyonuyla iletişime yeni frekanslarla geçer. Handover iki hücre arasında olduğu gibi, aynı baz istasyonuna ait iki sektör arasında, iki BSC arasında, aynı operatöre ait veya farklı operatörlere ait MSC'ler arasında da handover oluşmaktadır. Handoverda güç sarfiyatı metodu kullanılarak handover sırasında belirli sinyal kalitesinin aynı veya daha az güç seviyesi ile sağlanmaya çalışılır[6].

Handover prosedüründe mobil istasyon oldukça pasif kalır. Bütün ölçümler ve ölçümlerden sonra gelen işler baz istasyonlarda ve şebekede yapılır. Hücre bölgeleri, kullanımda olan değişik kanallardaki farklı mobil istasyonların güç seviyelerini ölçmek için ölçme alıcısı ile donatılmışlardır[1].



Şekil 3. Hücre değişikliği genel gösterimi

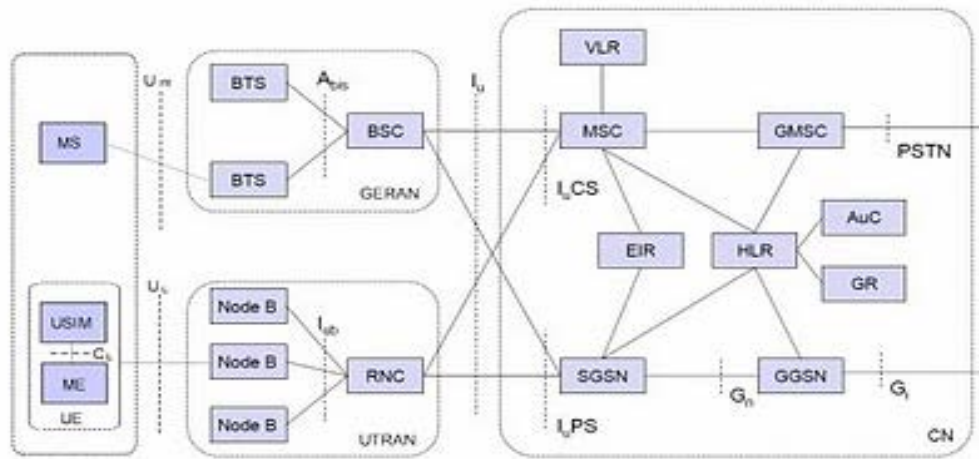
1.4.3. Onay Mekanizması(Authentication)

Her abonenin GSM ağına onaylanmasıyla ilgili bir prosedür mevcuttur. Bu prosedür A3 adı verilen bir algoritmayla yapılmaktadır. A3 algoritması iki giriş parametresine ihtiyaç duymaktadır. Onay anahtarı, Ki, ilk giriş parametresidir. Ayrıca raslantısal olarak yaratılan, RAND, ikinci giriş parametresidir. Ki parametresi hem sim kartta hem de GSM ağına tutulmaktadır. Ki ve RAND parametreleri birleştirilerek onay merkezine gönderilmektedir. Onay merkezinde yaratılan parametreyle uyuşuyorsa onaylama işlemi yapılmaktadır.

Bu güvenlik özelliğinin bir önemli noktası, konu ile ilgili bu parametreler (A3 ve Ki) güvenli yerlerde saklanmaktadır ve kablosuz olarak gönderilmemektedir[2].

1.5. GSM Mimarisi

GSM mimarisi üç ana kısma ayrılabilir. Baz İstasyonu Altsistemi(Base Station Subsystem-BSS), Ağ ve Anahtarlama Altsistemi(Network and Switching Subsystem-NSS), ve Operasyonel ve Destek Sistemleri(Operational and Support System-OSS).Ayrıca GSM operatörü bir kullanıcıya hizmet vereceği zaman GSM ağına ait sistemleri Anahtarlama Telefon Ağı'na bağlaması gerekmektedir.



Şekil 4. GSM sistemi çekirdek mimari gösterimi

1.5.1. Baz İstasyonu Altsistemi(BSS)

Baz istasyonu altsistemi mobil cihaz, baz istasyonu alıcı-verici bölümü ve baz istasyonu kontrolcüsünden oluşmaktadır.

1.5.1.1. Mobil Cihaz

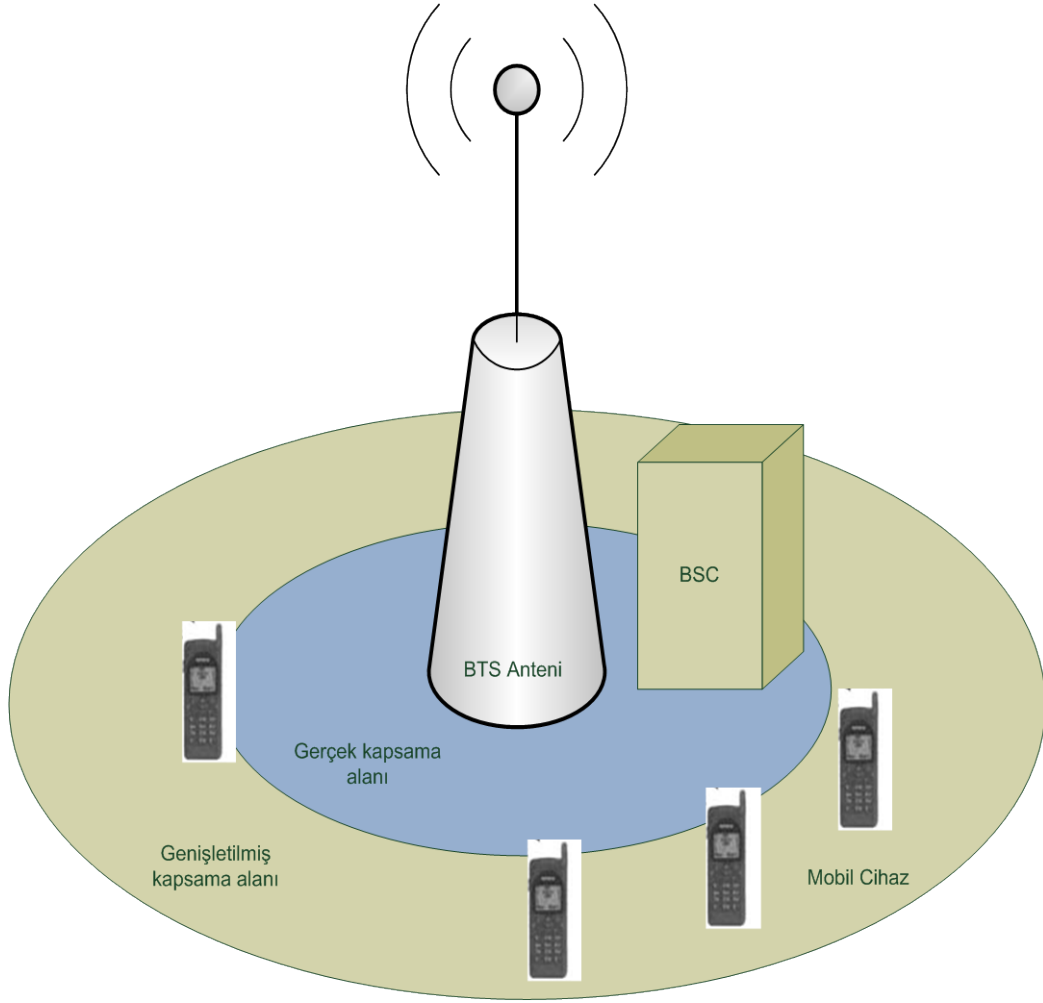
Mobil cihaz haberleşmeyi sağlayan modüllerle birlikte SIM(Subscriber Identity Module) adı verilen akıllı bir karttan oluşur. SIM kart kullanıcının kayıtlı olduğu servislere erişimine onay sağlayan bilgileri taşır. Bu sayede kullanıcı SIM kartını başka bir cihaza taktığında kayıtlı olduğu servisleri kullanmaya devam etmektedir.

SIM kartı hem bağlı bulunduğu operatöre ve servislere ait kullanıcı kimliğini hem de kullanıcıya ait kişisel bilgileri taşımaktadır. Kullanıcı GSM ağına SIM kart üzerinden bağlanmaktadır. Bu sayede kullanıcı sadece SIM kartını taşıyarak tek bir numarayla bağlı bulunduğu operatöre ait tüm servislerden yararlanabilmektedir.

Mobil cihaz bir cep telefonu olduğu gibi bir dizüstü bilgisayar ya da faks makinesi de bir mobil cihaz olarak tanımlanabilir. IMEI(International Mobile Equipment Identity) numarası o mobil cihaza has bir numaradır. SIM kart IMSI(International Mobile Subscriber Identity) adı verilen gizli bir anahtarla kullanıcının sisteme bağlanmasını sağlar.IMEI ve IMSI numaraları birbirinden bağımsızdır.

1.5.1.2. Baz İstasyonu Alıcı Verici İstasyonu(BTS)

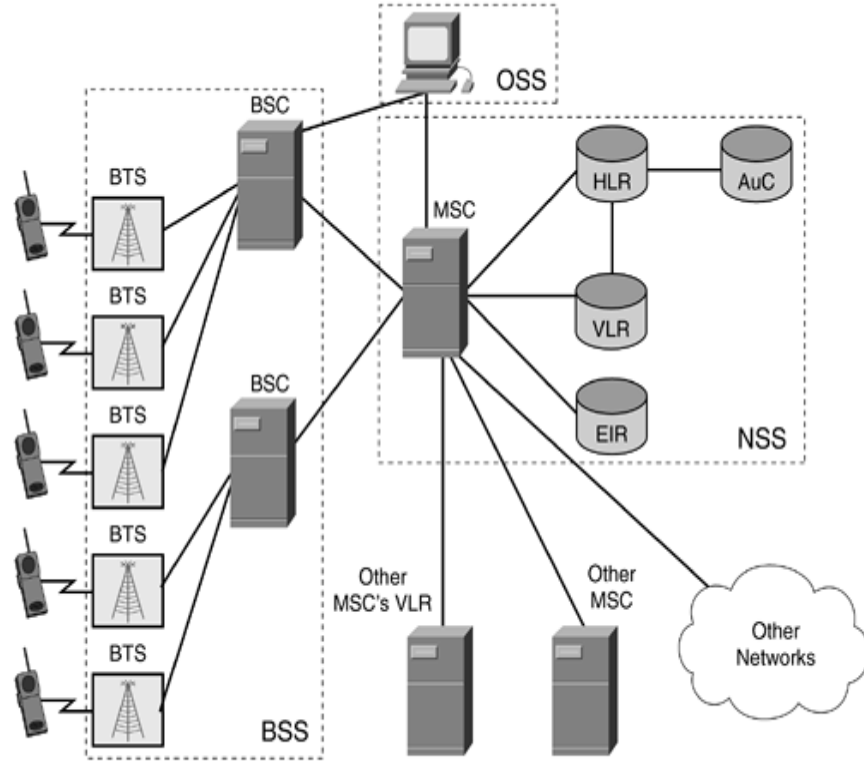
Baz istasyonu alıcı-verici istasyonu fiziksel radyo alıcı vericisi, sinyal ölçeri, şifreleme ve baz istasyonu kontrolcüsüyle iletişimi bulunur. Genellikle bir hücrenin ortasında yer alır. Hücre GSM ağıyla baz istasyonu alıcı verici istasyonu vasıtasıyla iletişim kurar. Bir baz istasyonu en az bir, en fazla onaltı alıcı verici istasyonundan oluşabilir. Bir baz istasyonu, her biri ayrı bir RF kanalı temsil eden alıcı-vericilere sahiptir[3]. Her bir istasyon farklı bir frekansta çalışır.



Şekil 5. BTS ve BSC ile birlikte kapsama alanının genel gösterimi

1.5.1.3. Baz İstasyonu Kontrolörü(BSC)

Baz istasyonu kontrolcüsü baz istasyonu alıcı verici istasyonlarının kullanacağı frekans atamalarından sorumludur. Ayrıca MSC ile ses ve sinyalleşme kanallarının oluşturulması, frekansların yönetilmesi ve hücreler arası geçiş kontrolünü de sağlamaktadır. BSC ve BTS, fonksiyonel olarak bir bütündür, buna da Baz İstasyon Sistemi veya Baz İstasyon Alt Sistemi (BSS - Base Station System) adı verilir[1].



Şekil 6. MSC'nin GSM ağında bulunan diğer bileşenlerle etkileşimli gösterimi

1.5.2. Ağ ve Anahtarlama Altsistemi(NSS)

Ağ ve anahtarlama altsistemi mobil anahtarlama merkezi ve servis ve yönlendirme için gereken bilgilerin bulunduğu veritabanlarından oluşmaktadır.

1.5.2.1. Mobil Anahtarlama Merkezi(MSC)

Sabit hatlı telefonlardaki telefon santraliyle özdeşleştirilebilirler. Farklı baz alıcı verici istasyonları arasında abonelerin taşınmasından sorumludur. Mobil anahtarlama merkezinin görevleri arasında yönlendirme, sinyal yönlendirme ve servislerin yönlendirilmesidir. Ayrıca kullanıcıların mobilitesinden ve radyo kaynaklarının yönetilmesinden sorumludur. Böylelikle mobil anahtarlama merkezi konum kaydı ve kullanıcının hücre değiştirmesini sağlamaktadır.

1.5.2.2. Ağ Geçidi Mobil Anahtarlama Merkezi(GMSC)

Ağ Geçidi Mobil Anahtarlama Merkezi, MSC gibi çalışarak GSM ağının diğer ağlarla bağlantısını sağlayan kısımdır. GMSC herhangi bir baz istasyonu kontrolörü ve baz istasyonu alıcı verici sistemine bağlı bir mobil istasyona sabit hat görüşmelerini bağlayabilir. Bir GSM ağında birden fazla GMSC olabilir ve bunlar MSC'lerle entegre çalışırlar. Eğer sabit bir ağ üzerinden gelen görüşme herhangi bir şekilde MSC'de üzerinden bağlanamazsa sabit ağ görüşmeyi bir sonraki GMSC'ye yönlendirir. Bu şekilde GMSC bağlantı bilgisini HLR'dan alarak görüşmeyi mobil kullanıcıya bağlar veyahut Uluslararası Anahtarlama Merkezi(International Switching Center-ISC)'ne iletir.

Şebekenin boyutuna bağlı olarak, bir operatör, sabit şebekeye bir arayüz kullanabilir. Bu da birkaç GMSC veya sadece bir GMSC kullanarak olur. Eğer sabit şebekedeki trafik, GMSC'lerin tedarik edebileceğinden daha fazla mesaj değişimi gerektiriyorsa, sabit şebekeye erişimi olmayan ek MSC'ler bir araya konuşturulmalıdır. Eğer daha fazla mesaj değişimi gerektirmezse, GMSC ile MSC aynıdır. Aralarındaki en önemli fark, MSC'nin HLR ile ilgisinin olmaması, yani GMSC'nin HLR ile ilgisinin bulunmasıdır[2].

1.5.2.3. Home Location Register(HLR)

HLR, aboneye ait tüm kalıcı bilgilerin ve ekipmanına ilişkin bilgilerin tutulmasından sorumludur[4]. HLR, GSM altyapısını kullanması için yetkilendirilmiş tüm mobil abonelerin detaylı bilgilerinin tutulduğu veritabanıdır. Ayrıca HLR'da mobil kullanıcının mevcut konumuna ait bilgi de mevcuttur. Abonelerin yönlendirilmesinde yönetici konumundadır.

HLR'da her bir aboneye ait Uluslararası Mobil Kullanıcı Kodu(International Mobile Subscriber Identity-IMSI) 'nu, telefon numarasını, onay kodunu, ek servislerini ve bazı geçici bilgileri tutmaktadır.

Bir GSM ağında, şebekeye hizmet veren birden çok HLR olabilir ancak bunlar aynı mantıkta çalışmaktadırlar.

1.5.2.4. Visitor Location Register(VLR)

VLR, geçici abone bilgilerinin tutulduğu veritabanıdır. MSC bölgesinde yerleştirilen bütün mobil istasyonlar hakkında bilgi içeren bir veri tabanıdır[3]. Bir abone şebeke içerisinde dolanım yaparken hücrelerden hücrelere sürekli geçişler yapmaktadır ve abonenin kesintisiz hizmet almasını sağlayan bu hücreler arası geçiş işlemine hand - over denmektedir.

Hücreden hücreye geçiş işleminde, MSC veya BSC kullanıcıya yetkilendirme yapmak için sürekli abone bilgilerine ihtiyaç duymaktadır. Abone eğer aynı MSC içerisinde fakat farklı BSC'ler arasında dolaşım yapıyorsa MSC bir kere abone bilgilerini öğrenip bir yere yazarsa sürekli HLR'dan abone bilgilerini çekmek zorunda kalmayacak düşüncesiyle VLR oluşturulmuştur.

Burada tutulan veriler HLR'da tutulan verilerle aynı niteliktedir.

1.5.2.5. Yetkilendirme Merkezi(Authentication Center - AUC)

Yetkilendirme merkezi, şifreleme ve onaylama işlemlerinin yapıldığı merkezdir. Yetkilendirme Merkezi HLR veya VLR ile birlikte çalışarak mobil kullanıcının onaylanmasını sağlamaktadır.

1.5.2.6. Cihaz Kimlik Kaydı(Equipment Identity Register - EIR)

Cihaz Kimlik Kaydı ile bir mobil cihaza ait tüm seri numaralar kayıt altına alınmaktadır. Kullanılan mobil cihaz çalınmış veya başka bir nedenle bilgisine erişilemiyorsa GSM operatörü bu aboneye GSM şebekesine bağlamaz.

1.5.2.7. Operasyon ve Bakım Altsistemi(Operation and Maintenance Subsystem - OMSS)

Operasyon ve Bakım Alt Sistemi, GMSC ve BSC'ye ulaşmaktadır. Bu şekilde ağda oluşan hata mesajlarını almakta ve BSC ve BTS üzerindeki trafik yükünü kontrol

etmektedir.

1.6. Hücresel İletişim

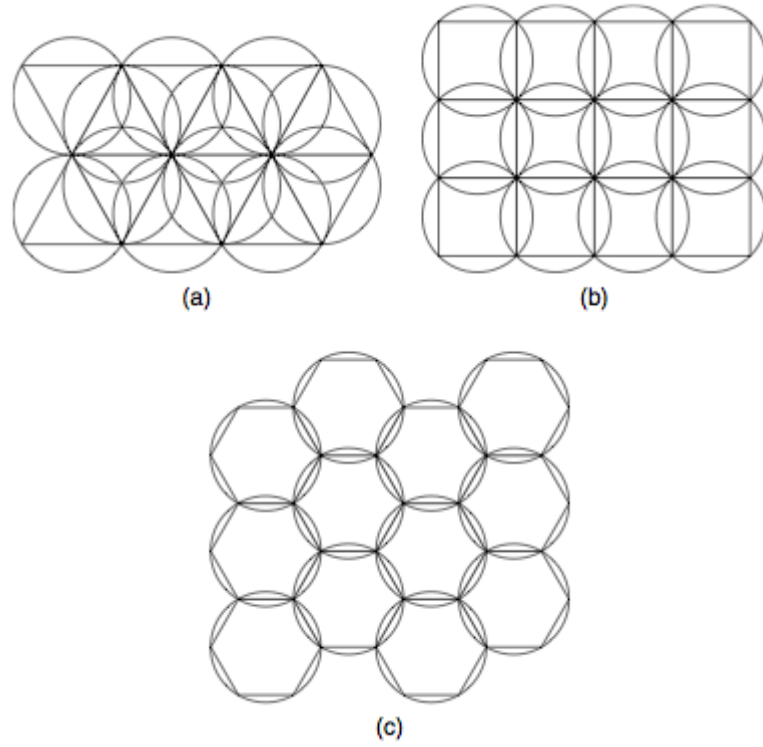
Tezin ilk kısmında GSM sisteminin temelleri ve mimarisi konuları hakkında bilgi verilmektedir. Hücresel iletişim bölümünde hücresel haberleşmenin temelleri kısmından bahsedilmektedir.

Radyo ve televizyon haberleşmesinde önemli olan mümkün olan en fazla alanın kapsama alanına sahip olmasıdır. Tüm dizayn en fazla kapsama alanını yaratmak için yapılır. Radyo ve televizyon haberleşmesinde mümkün olan en uzun anten ve en yüksek güç kullanılmaya çalışılır. Alıcı-verici sistemi tarafından kullanılan frekans yeniden kullanılmaz. Çünkü coğrafi olarak iki alıcı-verici sistemi arasında ayırım mevcut olur.

Hücresel sistem bunun tam tersi şekilde dizayn edilmiştir. Hücresel haberleşmede amaç düşük güçlü alıcı-verici sistemleri ile frekansın yeniden kullanımıyla mevcut bulunan kanalların olabildiğince verimli kullanımının sağlanmasıdır. Verimli bir hücresel tasarımın anahtarı belirli bir alanda frekans yeniden kullanım sayısını en fazla şekilde oluşturmaktır.

Bir hücrede trafik arttıkça yeni hücrelerin eklenmesi gerekecektir. Ancak aynı frekans kullanan iki hücre arasında kanal girişimi olacağı için bu durum iletişimin bozulmasına neden olacaktır.

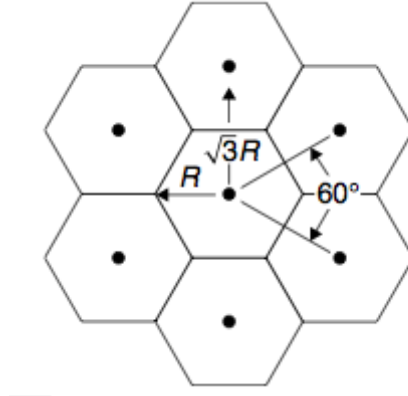
Gerçekte hücrelerin yaydığı sinyaller dairesel bir şekilde yayılmaktadır. Ancak bu durum hizmet verdiği coğrafi bölgenin durumuna göre de değişmektedir. Tasarım aşamasında hücrelerin altıgen olduğu varsayılır. Bunun nedeni altıgen daha az hücreye ihtiyaç duymakta ayrıca kare ve üçgen hücrelere göre daha uygun maliyetlere neden olmaktadır.



Şekil 7. Altıgen hücrenin gösterimi ve farklı şekillerdeki hücreleri gösterimi

1.6.1. Altıgen Hücrenin Geometrisi

GSM hücreleri altıgen şekilde olduğunda üst üste binmeler en düşük seviyede olmaktadır[5]. Altıgen hücrelerdeki hesaplamalar için bazı hususların belirtilmesi gerekmektedir. Bu hesaplamalarda kullanılan altıgenlerin tam ortasında hücre olduğu varsayılmakta ve bunların yarıçapı ise R olarak belirtilmiştir. Altıgen mimarinin sonucu olarak komşu hücre merkezleri 60 derece açıyla yerleşmiştir. Yanyana iki altıgen merkezi arası mesafe $\sqrt{3R}$ 'dir[11].



Şekil 8. Altıgen hücrenin geometrisi

Koordinatları (u_1, v_1) ve (u_2, v_2) olan iki altıgen hücre arasındaki uzaklık aşağıdaki formüle bağlı olarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} \hat{D} &= \sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 - 2(u_2 - u_1)(v_2 - v_1)\cos 120} & (1) \\ &= \sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 - (u_2 - u_1)(v_2 - v_1)} \end{aligned}$$

Eğer (u_1, v_1) koordinatlarını origin noktası olarak koyarsak (u_2, v_2) noktalarını i ve j olarak gösterebiliriz. Bu durumda \hat{D} mesafesi formülü aşağıdaki biçimi alır:

$$\hat{D} = \sqrt{i^2 + j^2 + ij} \quad (2)$$

Sinyal Gürültü oranını bulmak için kullanacağımız frekans yeniden kullanım oranı Q aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D = \sqrt{3} R \hat{D} \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{3} \hat{D} \quad (4)$$

$$\hat{D} = \sqrt{i^2 + j^2 + ij} \quad (5)$$

Tablo 1. Frekans yeniden kullanım oranı ve normalize uzaklıklara ilişkin tablo[11]

i	j	D	D ²	Q
1	0	1	1	1.73
1	1	1.73	3	3
2	0	2	4	3.46
2	1	2.65	7	4.58
2	2	3.46	12	6
3	0	3	9	5.2
3	1	3.61	13	6.24
3	2	4.36	19	7.55
3	3	5.2	27	9
4	0	4	16	6.93

$$\frac{D}{R} = q = \sqrt{3N} \quad (6)$$

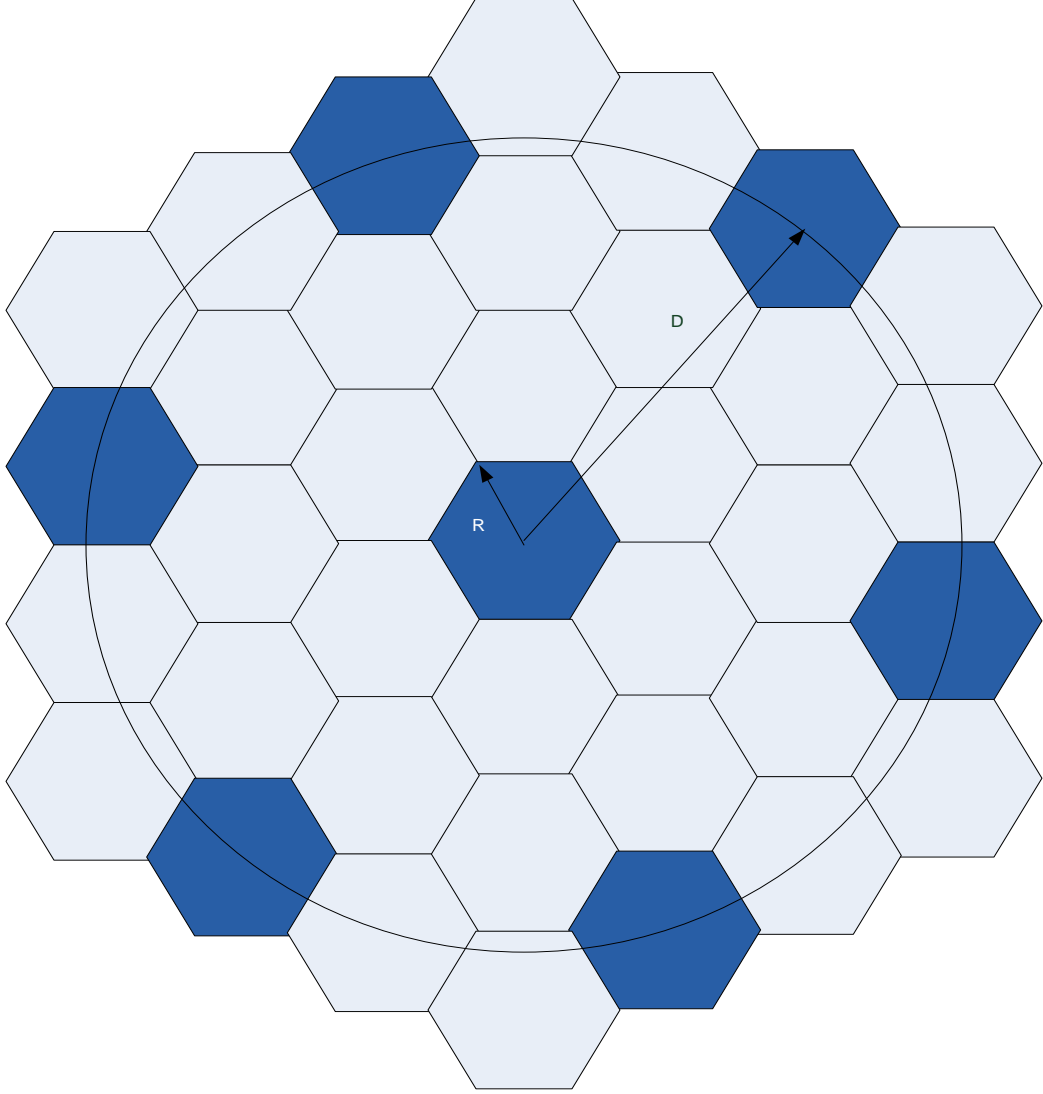
6 numaralı formül GSM trafik hesabı için önemlidir. Bu formül ile trafik taşıma kapasitesi ve kanalların girişiminin ilişkili olduğunu göstermektedir. q sayısı azalırsa belirli alandaki hücre sayısı azalır. RF kanalları sabitse bir hücreye düşen kanal sayısı da yükselir. Bu şekilde sistemin trafik kapasitesi de artmış olur. Ancak bu şekilde kanalların girişimi artmış olur. Tam tersi de doğru olur. Yani q yükselirse kanallar arası girişim azalacağı gibi hücre bazında taşıyacağı trafikte azalmış olur.

1.6.2. Kanallararası Girişim Oranı

Yedi hücreli bir GSM sisteminde, bir hücredeki kanallararası girişim en fazla o hücreye komşu olan altı hücreden kaynaklanır. Bu komşu hücrelerin dışındaki hücrelerin oluşturdukları girişim toplam girişimin %1'i kadardır. Kanallar arası girişim oranı formülü aşağıdaki gibidir:

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{k=1}^{N_1} (Ik)} \quad (7)$$

Yedi hücreli bir sistem için $N_1=6$



Şekil 9. Frekans kullanım oranı yedi olan hücrelerde girişimin gösterimi

GSM sistemlerinde güç kontrol sistemleri SIR tabanlı veya güç tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki SIR tabanlı güç kontrol yöntemleri, sadece sinyal gücüne odaklı güç kontrolüne göre daha performanslıdır[9].

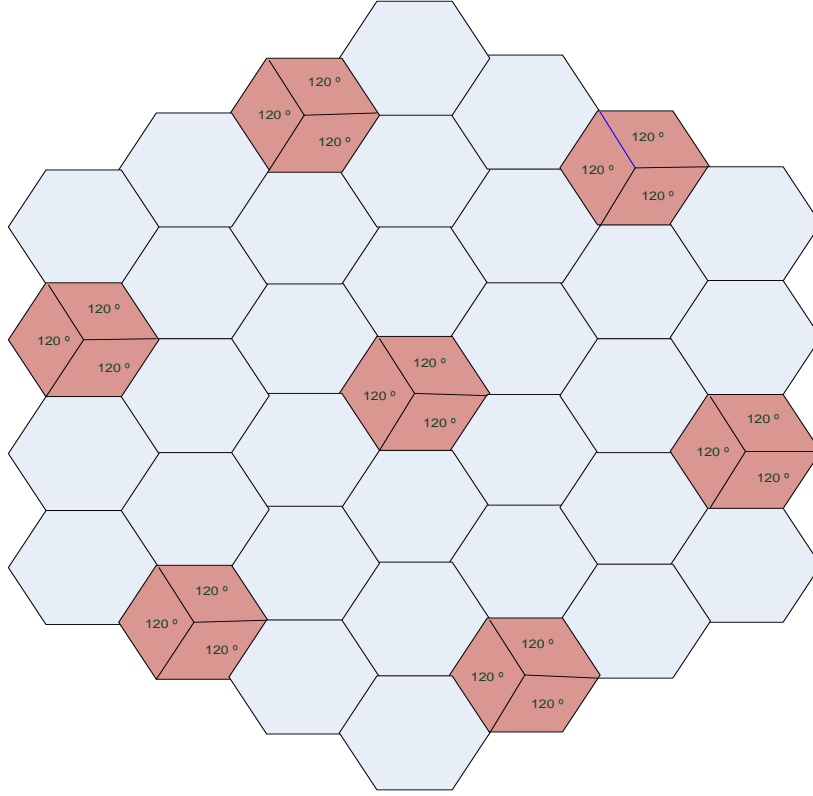
1.6.2.1. Yönsesiz Anten Durumu

Eğer mobil kullanıcı hücrenin ortasındaysa ortalama 18 dB'lik bir kanallararası girişim oranına sahip olmaktadır. Ancak bu kullanıcı hücrenin merkezinde değilde hücrenin kenarında bulunuyorsa ve trafik yoğunluğu fazla ise bu oran 14 dB ve altına düşmektedir. Bu hücrenel sistem için istenen bir oran değildir.

Yönsesiz antenlerde bu durumun önüne geçebilmek için frekans yeniden kullanım oranı 7 yerine 9 veya 12 kullanılarak kanallararası girişim oranını 19-22 dB aralığında bir orana çekebilmek mümkün olmaktadır.

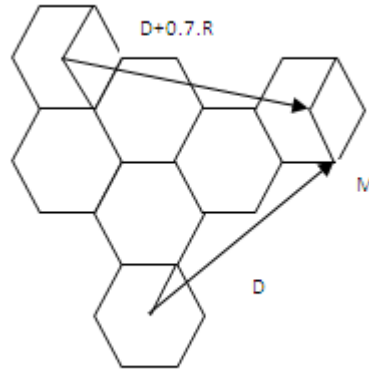
1.6.2.2. Yönlü Anten Durumu

Artan trafik nedeniyle yönsesiz antenlerde belirtilen frekans yeniden kullanım oranını çok yükseltmek istenmemektedir. Bu nedenle bir hücre içerisinde frekans yeniden kullanım oranını artırabilmek için yönlü antenler kullanılmaktadır. Yönlü antenler genellikle 120 derece açılı olacak şekilde üç veya 60 derece açılı olacak şekilde altı yönlü antenden oluşmaktadır. Her sektör için daha önceden belirlenen sayıda kanal ataması yapılmaktadır.



Şekil 10. 120 derecelik yönlü anten kullanımının gösterimi

3 sektörlü durumun 7 hücreli yeniden kullanım biçimine uyarlanması ile kanalların girişim oranı azaltılır. Bunun için elimizdeki kanalları 21 ayrı sektöre dağıtıp frekansları bitişik olan sektörleri birbirinden en uzak noktaya yerleştirmek gerekiyor. Bu sayede mevcut kapasite aynı kalmakla birlikte S/I oranı yüksek bir değerde çıkarak haberleşmenin kaliteli olmasını sağlar.



Şekil 11. Hücreler arası girişimin 120 derecelik yönlü antenlerde gösterimi

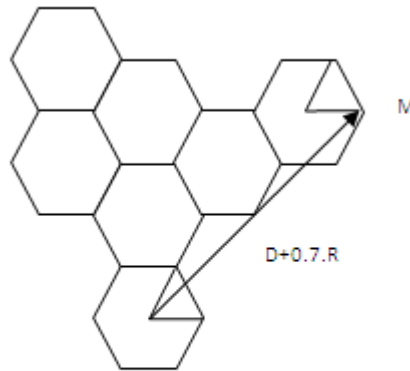
$$\frac{S}{I} = \frac{1}{q^{-4} + (q + 0.7)^{-4}} \quad (8)$$

En kötü durum olarak M mobil kullanıcısının 3'lü sektörün tam köşesinde olduğu varsayıp hesaplama yapılırsa;

q=4.6 olarak alındığında bu eşitliğin sonucunda S/I oranı 24.5 dB çıkmaktadır. Bu oran ise istenen 18 dB'nin üzerindedir.

Yukarıdaki hesaplamalarda da görüldüğü gibi en kötü durumda bile 3 sektörlü anten kullanımında gözle görülür oranda kanallararası girişimde artış olmaktadır. Tabii gerçek durumda bu oran coğrafi koşullardan, kullanım tipine göre azalma gösterse bile yine de 18 dB'nin altında olmamaktadır.

Hücreler altı sektöre bölünürse bu durumda S/I kanallararası girişim oranı daha da artacaktır[11]. Aşağıdaki şekildeki durum için hesaplama;



Şekil 12. Hücreler arası girişimin 120 derecelik yönlü antenlerde gösterimi

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-4}}{(D + 0.7R)^{-4}} = (q + 0.7)^4 \quad (9)$$

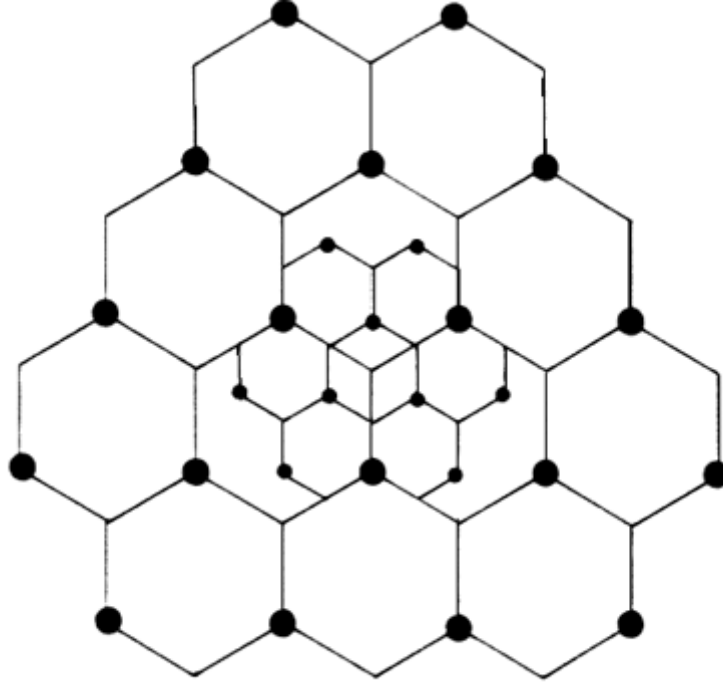
9 numaralı formülde q=4.6 değeri için elde edilen S/I sonucu 29 dB'dir. Bu sonuçtan da

görüldüğü gibi üç sektörlük hücrelerle altı sektörlük hücreler arasında yaklaşık 4.5 dB'lik fark vardır. Bu fark çok büyük farktır. Özellikle yoğun trafik altında kanallararası girişimi çok iyi önleyecek bir sistemdir. Altı sektörlük antenin en büyük dezavantajı bu sektörler arası bağlantı veriminin düşmesidir.

1.6.3. Hücre Paylaşım

Bir bölgede trafik artar ve sistem bunu taşıyamayacak seviyeye erişirse hücre daha küçük parçalara bölünerek frekans bu yeni hücelere paylaşılır. Hücre paylaşım sayesinde aynı alana yeni hücreler eklenir ve frekans yeniden kullanım oranı artırılır. Bu durumun sonucu olarak da aboneye hizmet verecek kapasite artırılmış olur.

Hücre çapının azalması neticesinde bir abonenin yapabileceği hücre değişikliği sayısı artacaktır. Bu nedenle trafik yükünü azaltmak için tüm hesaplamaları işin içine katarak en uygun çözümü bulmak gerekmektedir.



Şekil 13. Hücre bölünmesi sonucu oluşan hücre modeli

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. GSM Trafik Hesaplamaları

GSM sisteminde trafiğin servis seviyesi arama sesinin gecikmesi ve yapılan aramanın engellenme olasılığına göre ikiye ayrılabilir. Aslında bu bir anlamda kullanılan GSM sisteminin servis kalitesini belirleyen işlemlerdir.

Trafik optimizasyonlarıyla bu sorunlar belirlenip çözüm yoluna gidilerek verilen hizmetin kalitesinin artması sağlanmaktadır.

Arama sesinin gecikmesi çok sayıdaki abonenin az sayıdaki sunucuyu kullanması ve sunucuda aboneye yer açılana kadar beklemesi neticesinde olmaktadır.

Abonenin yaptığı aramanın engellenmesi arama sesinin gecikmesine neden olan koşullarla birlikte yüksek sayıdaki aboneye düşük sayıda hatla hizmet vermek ve abonenin meşgul tonu aldıktan sonra aramaya çalışması bu sonucun oluşmasında neden olmaktadır.

GSM sisteminde trafik kullanımı ise görüşme oranı ve görüşme süresi parametrelerine bağlıdır. Görüşme oranı birim zamanda görüşme sayısı olarak ifade edilebilirken, görüşme süresi bir görüşmenin ortalama süresi olarak ifade edilebilir.

Trafik yolu bakır bir kablo, bir zaman dilimi, bir frekans dilimi olabilir. Trafik yoluna verilen yük ise trafik yolunun taşıdığı yük ile artı kalan fazlalık yükün toplamı olarak ifade edilmektedir.

Bunlarla beraber GSM sisteminde trafik yoğunluğu saatten saate değişebildiği gibi, günden güne, aydan aya, mevsimden mevsime değişebilmektedirler. Bir GSM sistemi tasarlanırken en tepe trafiğe göre yapılmamakta ancak en tipik trafiğe göre bir tasarım yapılabilmektedir. Dolayısıyla trafiğin en yoğun olduğu zamanlarda görüşmelerin engellenmesi ve görüşme bekleme sürelerinin uzaması daha fazla olmaktadır.

GSM sisteminde oluşan trafiğin ölçülmesi için kullanılan değişik birimler mevcuttur.

Bunlar:

Erlangs:Trafik yoğunluğu belirli bir zaman aralığındaki aynı anda yapılan ortalama çağrı sayısına denir.Bir saatte yapılan ortalama bir çağrı 1 Erlang'a karşı gelmektedir. 1 saatte toplam 3600 saniye bulunmaktadır. Buradan ise ;

$$1 \text{ Erlang}=1 \times 3600 \text{ çağrı saniye} = 36 \text{ CCS}$$

Trafik yoğunluğu = Çağrı süresi toplamı /Gözlemleme süresi

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{Nc} hi}{T} = \frac{Nc\bar{h}}{T} = n_c \bar{h} \quad (10)$$

Aşağıdaki Erlang B tablosu kullanılarak kanal sayısı ve hücre bloklama oranları eşleştirilerek ilgili değerler karşılığında trafik değerleri bulunur:

Tablo 2. Erlang B tablosu

No. of Trunks (N)	Traffic (A) in erlangs for P =				
	0,1%	0,2%	0,5%	1%	1,2%
1	0,001	0,002	0,005	0,01	0,012
2	0,046	0,065	0,105	0,15	0,168
3	0,194	0,249	0,349	0,45	0,489
4	0,439	0,535	0,701	0,86	0,922
5	0,762	0,900	1,13	1,36	1,43
6	1,15	1,33	1,62	1,91	2,00
7	1,58	1,80	2,16	2,50	2,60
8	2,05	2,31	2,73	3,13	3,25
9	2,56	2,85	3,33	3,78	3,92
10	3,09	3,43	3,96	4,46	4,61
11	3,65	4,02	4,61	5,16	5,32
12	4,23	4,64	5,28	5,88	6,05
13	4,83	5,27	5,96	6,61	6,80
14	5,45	5,92	6,66	7,35	7,56
15	6,08	6,58	7,38	8,11	8,33
16	6,72	7,26	8,10	8,88	9,11

Tablo 1'in devamı

17	7,38	7,95	8,83	9,65	9,89
18	8,05	8,64	9,58	10,4	10,7
19	8,72	9,35	10,3	11,2	11,5
20	9,41	10,1	11,1	12,0	12,3
21	10,1	10,8	11,9	12,8	13,1
22	10,8	11,5	12,6	13,7	14,0
23	11,5	12,3	13,4	14,5	14,8
24	12,2	13,0	14,2	15,3	15,6
25	13,0	13,8	15,0	16,1	16,5
26	13,7	14,5	15,8	17,0	17,3
27	14,4	15,3	16,6	17,8	18,2
28	15,2	16,1	17,4	18,6	19,0
29	15,9	16,8	18,2	19,5	19,9
30	16,7	17,6	19,0	20,3	20,7
31	17,4	18,4	19,9	21,2	21,6
32	18,2	19,2	20,7	22,0	22,5
33	19,0	20,0	21,5	22,9	23,3
34	19,7	20,8	22,3	23,8	24,2
35	20,5	21,6	23,2	24,6	25,1
36	21,3	22,4	24,0	25,5	26,0
37	22,1	23,2	24,8	26,4	26,8
38	22,9	24,0	25,7	27,3	27,7
39	23,7	24,8	26,5	28,1	28,6
40	24,4	25,6	27,4	29,0	29,5

2.2. Hücresel İletişimde Dalga Yayılımı

Hücresel iletişimin temeli, baz istasyonu ile mobil cihaz arasındaki sinyal iletişimidir. Aslında çok basit gibi görünen bu sinyal iletişimi coğrafi koşullar, insan yapımı etkenler, farklı yayılma ortamları gibi etkenler dolayısıyla bozulmaya uğramaktadır. Bu durum ise sinyal kalitesini etkilemektedir.

Serbest uzay yol kaybında sinyalin yansımaz veya yutulmaz ancak idealde yayılım kaynağından sonsuzluğa doğru hiçbir kayıp olmadan tüm yönlerde doğru sinyal yayılır[13].

Serbest uzay yol kaybı denilen husus bir sinyalin uzayda hiçbir etkiye tabi olmadan dosdoğru ilerlemesi doğrultusunda uzayın herhangi bir noktasında elde edilen güç uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

Sinyalin serbest uzayda yönsemez bir antenden yayıldığı düşünülduğünde sinyalin yayıldığı yüzeyin alanı:

$$A = 4\pi R^2 \quad (11)$$

Bu formül kullanılarak R uzaklığındaki bir noktada elde edilen güç aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$Pr = P \times Gt \times Gr \times \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \times \frac{1}{R^2} \quad (12)$$

dB değeri olarak alıcıda elde edilen güç aşağıdaki gibi belirtilmektedir:

$$Pr(\text{dB}) = P(\text{dB}) + Gt(\text{dB}) + Gr(\text{dB}) + 20\log(\lambda/4\pi) - 20\log(d) \quad (13)$$

Bu formül kullanılarak serbest uzay formülü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Bu formül kullanılarak alıcı ve verici arasındaki yol kaybı hesaplanmaktadır:

$$L_{\text{db}} = 92.5 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad (14)$$

f: GHz cinsinden frekans

d: Kilometre cinsinden mesafe

Alıcı ve verici arasındaki sinyal iletişimi doğrudan olmamaktadır. Vericiden gönderilen sinyalin yansımaya uğraması ve birden fazla yolu takip ederek alıcıya ulaşması neticesinde sinyalde bozulma meydana gelmektedir.

Aynı zamanda sinyalin iletimi sırasında sinyal bir iletim yolunda bir cisme çarpmakta ve buradan yansımakta. Ancak sinyalin çarptığı yüzey sinyalin bir kısmını absorbe ettiğinden dolayı sinyal alıcıya bozulmuş olarak gitmektedir.

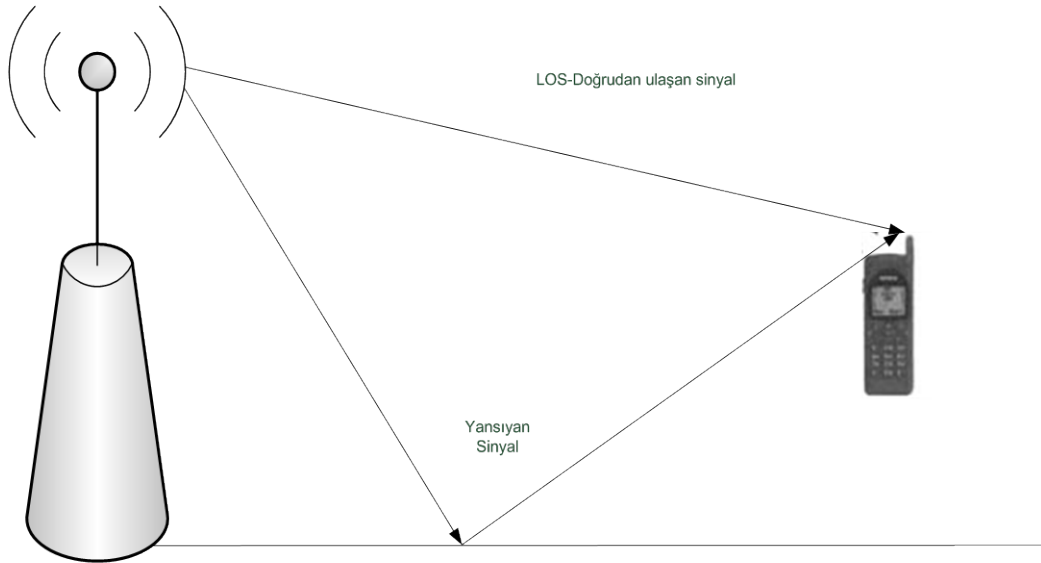
Hücresel iletişimde sinyalleşmeyi kolaylaştıran ancak aynı zamanda sorunlara da neden olan su yüzeyleridir. Radyo dalgaları su üzerinde çok iyi yayılmaktadır. Bu nedenle baz istasyonunun sınırlı erişim mesafesi su yüzeyi yakınlarında normalden fazla olabilmektedir. Ancak bu durum neticesinde aynı su yüzeyinde birden fazla hücreye ait sinyaller dolaşabileceği için sinyalde bozulmalar ve girişimler meydana gelmektedir.

2.2.1. Sinyal Zayıflaması

Vericiden iletilen bir sinyal hiçbir engelle karşılaşmadan alıcıya doğrudan ulaşması durumunda serbest uzay kaybına uğramaktadır. Ancak gerçek yaşamda alıcıyla vericinin birbirini doğrudan görerek sinyal iletişimi pek olmamaktadır. Gezgin iletişim sistemlerinde yansıma ve dağılma çok yönlü yayılıma neden olan temel mekanizmalardır[10].

Vericiden alıcıya iletilen sinyal hızlı değişimden dolayı hem genlik hem faz bakımından değişikliğe uğrayarak alıcıya ulaşmaktadır. Bu tarz zayıflamalar Rayleigh zayıflaması olarak adlandırılmaktadır. Rayleigh zayıflamaları ise çok yönlü zayıflama ve frekans seçici zayıflama olarak ikiye ayrılmaktadır.

Vericiden gönderilen sinyal alıcıya birden fazla yolla ulaşmaktadır. Ancak aynı sinyalin farklı yollar izlemesi nedeniyle alıcıya ulaşan sinyaller arasında zaman ve genlik farkı oluşmaktadır. Bu durumun tam karşılığı çok yönlü zayıflamadır.



Şekil 14. Baz istasyonu mobil cihaz arasındaki sinyal yansımasının gösterimi

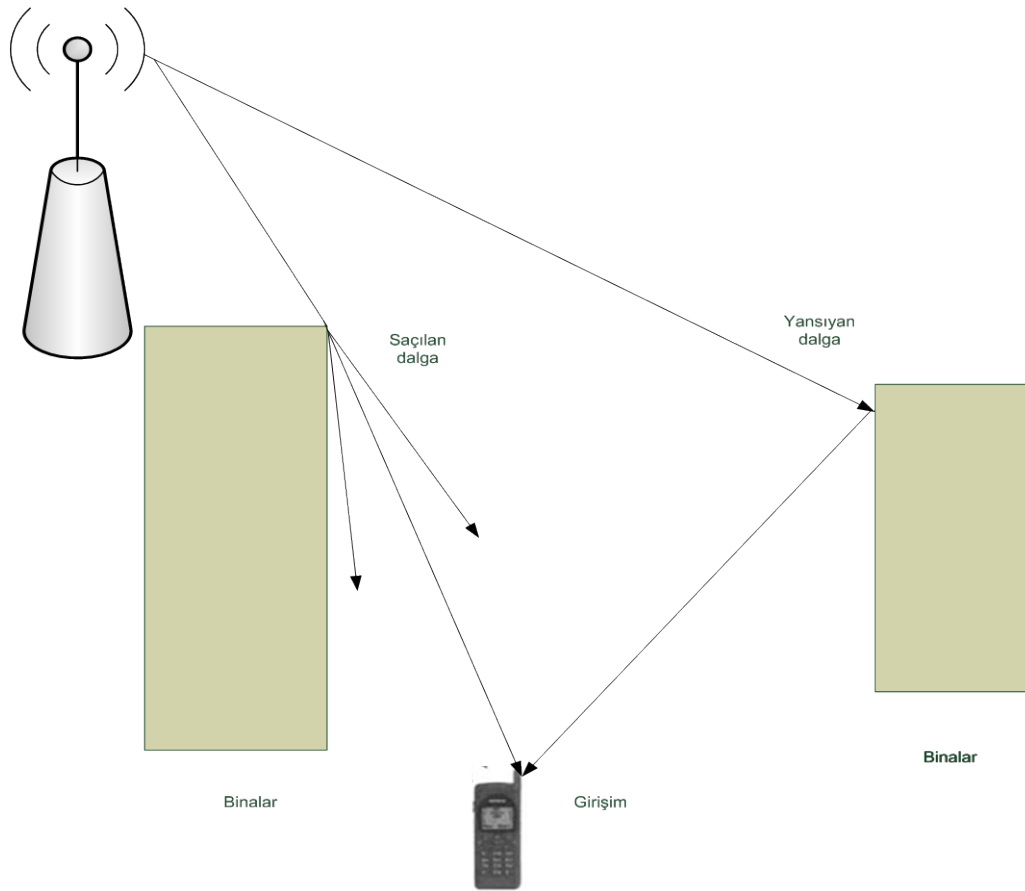
Frekans seçici zayıflama ise atmosferik etkenlerle oluşmaktadır. Sinyalin belirli frekans bileşenleri atmosferik etkenler nedeniyle zayıfladığında frekans seçici zayıflama oluşmaktadır.

Aynı zamanda sinyal hareket halindeki nesnelere yansırması dolayısıyla Doppler kaymasına uğramaktadır. Bu durum da alıcıda sinyalin zayıflamasına neden olmaktadır.

2.2.2. Sinyal Girişimi

Vericiden gönderilen sinyalin farklı objelerden yansırması dolayısıyla alıcıda aynı sinyal birden fazla ulaşmaktadır[15]. Ancak her birinin genlikleri, frekansları değişmektedir. Ayrıca aynı bandı kullanan farklı ağ elemanlarının sinyallerinin birbiriyle karışması sonucu da sinyal girişimini oluşturmaktadır.

Hücre planlaması doğru yapılmadığı takdirde aynı frekans bandında çalışan baz istasyonlarının sinyalleri karışarak girişim oluşturabilirler.



Şekil 15. Mobil cihazda oluşan sinyal girişiminin gösterimi

2.3. Hücresel Sistemlerde Güç Hesabı İçin Gerekli Değerler

Hücresel sistemlerde planlama yapılırken GSM ağını oluşturan bileşenlerin güç ihtiyaçları göz önüne alınmaktadır. Bu doğrultuda GSM ağında bulunan bileşenlerin güç eşik değerlerinin önemi büyük olmaktadır.

Mobil cihazlar için güç eşik değerleri üreticiden üreticiye değişmektedir. Ancak standart olarak kullanılan değerler E_b/N_0 (sinyal gürültü oranı) hesaplanarak belirlenmektedir. Mobil cihazlar için eşik değer -102 ve -100 dBm olarak belirlenmiştir.

Aynı durum baz istasyonu için de geçerlidir. Mobil cihazlar için eşik güç değeri belirlenmesiyle aynı kurallar geçerli olmaktadır. Baz istasyonu için eşik güç değeri -106 dBm olarak standartlaşmıştır.

Mobil cihaz ve baz istasyonu için güç eşik seviyeleri belirtilmektedir. Ancak güç hesaplamasında kullanılmak için ortalama sinyal zayıflama değeri belirtilmektedir. Bu değer de 2 dB'ye yakın bir değerdir. Bu kayıplar içerisinde konnektörlerin ve kabloların kayıplarını da eklemek gerekmektedir. Bu tip kayıplar ortalama 0.1 dB olarak hesaplanmaktadır.

Mobil bir cihaz ile baz istasyonu arasındaki uplink ve downlink için aşağıdaki hesaplamalar yapılarak hem mobil cihaz hem de baz istasyonu için gereken asgari güç seviyeleri belirlenmektedir.

Uplink hesaplamaları:

$$P_{Lu} = EIRP_m - P_{rb} \quad (15)$$

$$EIRP_m = P_{tm} - \text{Kayıplar} + G_m \quad (16)$$

$$\text{Kayıplar} = L_{cm} + L_{om} \quad (17)$$

$$P_{rb} = - G_b - \text{Kayıplar} + B_s - \quad (18)$$

$$\text{Kayıplar} = L_{cb} + L_{ob} \quad (19)$$

$$P_{lu} = EIRP_m - P_{rb} \quad (20)$$

$$Plu = [Ptm - Lcm - Lom + Gm] - [- Gb + Lcb + Lob + Bs] \quad (21)$$

Downlink hesaplamaları:

$$PLd = EIRPb - Prm \quad (22)$$

$$EIRPb = Ptb + Gtb - Kayıplar \quad (23)$$

$$Kayıplar = Lcb + Lccb \quad (24)$$

$$Prm = Ms + Kayıplar - Gm \quad (25)$$

$$Kayıplar = Lcm + Lom \quad (26)$$

$$PLd = EIRPb - Prm = [Ptb + Gtb - Lcb - Lccb] - [Ms - Lcm - Lom - Gm] \quad (27)$$

Bu hesaplamalar uplinkin mobil cihazdan, downlinkin baz istasyonundan yapıldığı düşünülerek hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarla downlink sırasındaki yol kaybının uplink sırasındaki yol kaybına göre daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu durumun nedeni ise baz istasyonunun kapsama alanının mobil cihaza göre fazla olması ve sonuçta daha fazla güç kaybının yaşanmasına neden olmaktadır.

2.4. Okumura – Hata Yayılım Modeli

GSM sistemlerinin asıl unsuru baz istasyonu ile mobil cihaz arasındaki sinyal alışverişidir. Baz istasyonu ile mobil cihaz arasındaki sinyal alışverişisi iki yönlü olmaktadır. Sinyal alışverişisi sırasında en büyük problem yol kaybıdır. Bu doğrudan atmosferik etkilerden olabildiği gibi, coğrafi ve insani faktörlerden de olmaktadır. İnsani faktörler genel olarak şehirleşmeden kaynaklanan koşullardan oluşmaktadır. Sinyalin davranışı insan yapımı objelerde farklılaşmaktadır. Sinyal kaybı da buna bağlı olarak değişmektedir. Bu yöntemle göre gerçekte mesafeye göre sinyal gücü zayıflaması serbest uzay kaybı hesaplamalarına göre daha fazladır[14].

Sinyal gücünün tahmini ve simülasyonu konusunda Okumura-Hata metodu sıklıkla kullanılmaktadır[7][8]. Okumura – Hata modeli ile baz istasyonu ile mobil cihaz arasındaki yol kaybı hesaplanabilmektedir. Bu modelde yol kaybını etkileyen faktörler kullanılan

frekans, baz istasyonu ve mobil cihazın yükseklikleri ve aralarındaki mesafedir.

$$L = A + B \log(f) - 13.82 \log(h_{bts}) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log(h_b)) \log(d) + L_{diğer} \quad (28)$$

$a(h_m)$ fonksiyonu küçük ve orta ölçekli şehirler için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$a(h_m) = (1.1 \log f_c - 0.7)h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad (29)$$

Büyük şehirler için formül aşağıdaki şekle dönüşmektedir ($f_c \leq 200$ MHz):

$$a(h_m) = 8.25(\log 1.54h_m)^2 - 1.1 \quad (30)$$

Büyük şehirler için formül aşağıdaki şekle dönüşmektedir ($f_c \geq 400$ MHz) :

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 \quad (31)$$

A ve B değişkenleri frekansa göre değişmektedir:

A = 69.55 ve B = 26.16 → 150-1000 MHz aralığında

A = 46.3 ve B = 33.9 → 1000-2000 MHz aralığında

Bu hesaplamalar arazinin dağlık olması, suyun olması, ormanlık alanın olması gibi etkenler nedeniyle değişebilmektedir.

2.5. Hücre Planlaması Temel Hesaplamaları

Öncelikle kullanılacak frekans yeniden kullanım oranı hesaplanacaktır. Frekans yeniden kullanım oranı ne kadar küçükse GSM ağ kapasitesi o kadar büyüktür[12].

$$q = \sqrt{3N} \quad (32)$$

Hücre içerisinde kullanılacak anten yönsemez bir anten olamsı durumunda sinyal gücü, girişim oranı aşağıdaki gibi hesaplanacaktır. Formül:

$$SIR_{omni} = 10 \log \frac{1}{6(q-1)^{-\gamma}} \quad (33)$$

Bir GSM sisteminde beklenen SIR oranının 14 dB'den daha düşük olmamasıdır.

Yönsemez anten hesaplaması sonucu SIR oranı 14 dB'den düşük çıktığı durumlarda SIR oranını yükseltebilmek için anten yapısının yönsemezden sektörel antene dönüştürülmesi gerekmektedir. Sektörel anten kullanımı durumunda SIR oranının hesabı için aşağıdaki hesaplama yönteminden yararlanılır:

$$SIR_{3\text{sektor}} = 10 \log \frac{1}{(q)^{-\gamma} + (q+0.7)^{-\gamma}} \quad (34)$$

Yukarıdaki hesaplamalar doğrultusunda kullanılacak antenin yönsemez veya 3 sektörlü olacağı belirlendikten sonra kurulacak sistem için trafik yoğunluğunun hesaplaması yapılır:

$$\text{Trafik yoğunluğu} = \frac{E.NufusYoğunluğu.(1+Büyüme Oranı)^{ROT}.Pay}{Alan} \quad (35)$$

Yukarıdaki hesaplamada belirtilen alanlardan:

Nüfus yoğunluğu: İlgili hesaplamanın yapıldığı coğrafi bölgenin nüfus yoğunluğu

Büyüme oranı: Belirtilen bölgenin nüfus büyüme oranı

ROT: Kurulacak sistemin kullanılabilirlik süresi(Yıl)

Pay: Yapılacak kurulum sonrası elde edilecek Pazar payı

Alan: Kurulumun yapılacağı coğrafi bölgenin toplam alanı(km²)

$$\text{Ses Kanal Sayısı} = \left(\frac{BG}{Kanal} - 1 \right) * \frac{SesKanalRF}{N.Sektör} \quad (36)$$

Planlanan hücre için gereken ses kanalı sayısı yukarıdaki hesaplama sonrasında bulunur.

Ses kanal sayısı ve bloklama oranına bakılarak Erlang B tablosundan sektör başına trafik Erlang cinsinden bulunur.

Kurulması planlanan hücre alanının hesaplanması için aşağıdaki formülden yararlanılır. Bu formülde daha önce hesaplanan trafik yoğunluğu değeri ve sektör başına trafik değerleri kullanılarak hücre alanı kilometrekare cinsinden bulunur. Bu şekilde bir hücrenin hizmet edeceği alanın büyüklüğü hesaplanmış olmaktadır.

$$\text{Hücre Alanı} = \frac{\text{Sektör Başına Trafik} * \text{Sektör Sayısı}}{\text{Trafik Yoğunluğu}} \quad (37)$$

Hücre yarıçapının hesaplanması ise hücre alanı üzerinden yapılmaktadır. Burada çıkan sonuç kilometredir.

$$\text{Hücre Yarıçapı} = \sqrt{\frac{\text{Hücre alanı}}{2.6}} \quad (38)$$

Tablo 3. Anten durumuna ve frekans yeniden kullanım oranının değişimine göre trafik değişimini gösteren tablo

Anten durumu	Frekans yeniden kullanım oranı-N	Sektör başına kanal sayısı	Hücre başına verilen trafik yükü(Erlang)	Hücre başına taşınan trafik yükü(Erlang)	Hücre başına bir saatte yapılan görüşme sayısı	Hücre yarıçapı(km)	S/I (dB)
Yönsemez Anten	4	99	87,0	85,3	2559	12,8	13,8
	7	56	45,9	45,0	1350	9,3	18,7
	12	33	24,6	24,1	723	6,8	23,3
120 derecelik sektörel anten	4	33	73,8	72,3	2169	11,8	18,6
	7	19	36,9	36,2	1086	8,3	23,4
	12	11	17,5	17,2	516	5,8	28,1
60 derecelik sektörel anten	4	17	64,2	62,9	1887	11,0	21,6
	7	9	26,0	25,5	765	7,0	26,4
	12	6	13,7	13,4	402	5,1	31,1

Tablo 4. GSM 900 sisteminde kanal sayısı ve kodlama hızını gösteren tablo

Özellikler	GSM 900
Kanal Aralığı	200 Khz
Kanal Kapasitesi	124
Modülasyon Tekniği	GMSK
Konuşma kodlama hızı	13 Kbps Full Rate/6,5 Kbps Half Rate

Trafik kanalları tam-hızlı (full-rate) ve yarı-hızlı (half-rate) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bir tam-hızlı kodlama, bir fiziksel kanalı isgal eder. İki yarı-hızlı kodlama da ise bir fiziksel kanalı paylaşırlar. Böylece hücrenin kapasitesi iki katına çıkmış olur, ancak konuşma kalitesi azalır.

3. BULGULAR

3.1. GSM Trafik Analizi

Tez kapsamında yapılan programın ekran görüntüsü ekte gibidir.

Programın ilk kısmında bir coğrafi bölgede şehir, yarı-kent, kırsal kesimlerde bulunan hücrelere ait trafik

verileri işlenmekte ve aylık bazda grafik olarak verilmektedir. Bu kısımda oluşan çıktılara göre ilgili bölgeye ait trafik analizi yapılmakta ve olması gerekenden yüksek trafik olan bölgeler belirlenmektedir.

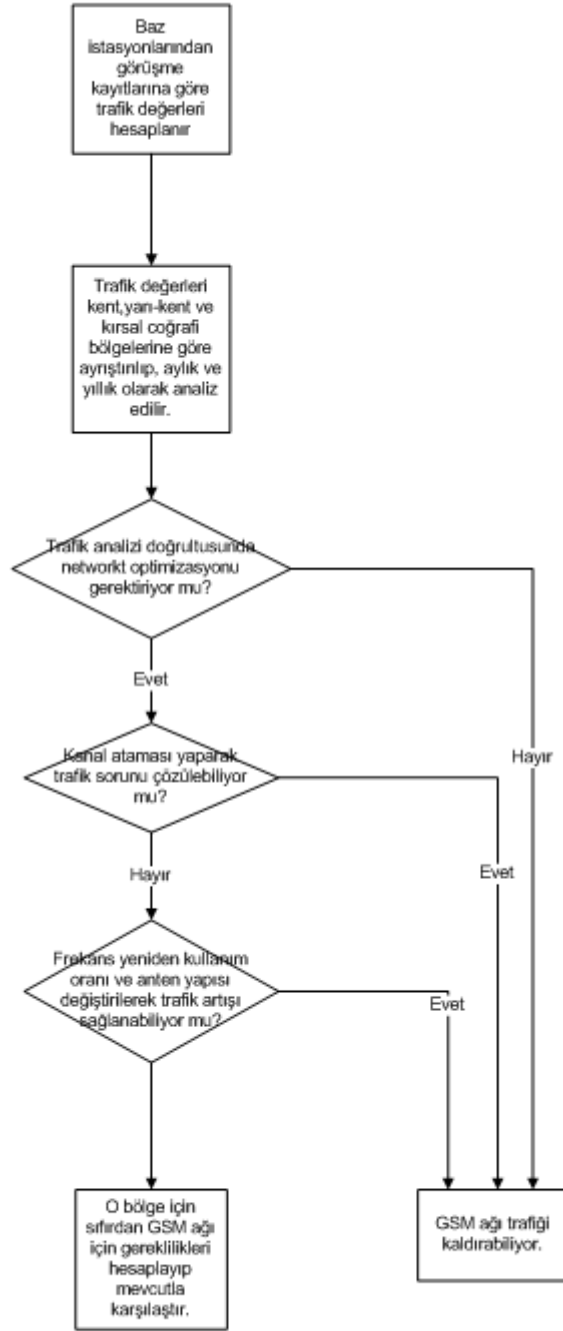
Programın ikinci kısmında frekans yeniden kullanım oranı, sektörel antenlerin kullanılmasıyla oluşacak trafiğin ve SIR oranının belirlenmesi sağlanmaktadır.

Programın üçüncü kısmında sıfırdan bir coğrafi bölgede şehir, yarı-kent, kırsal kesimde yapılacak hücresel bir ağ kurulumu için ilgili parametreler girilerek planlama yapılması için sonuçlar üretilmektedir.

Programın son kısmında ise BTS ve mobil cihaz yükseklikleri, aralarındaki mesafe ve coğrafi bölgenin büyüklüğüne göre yol kaybının hesaplanması sağlanmaktadır.

İL	<input type="text"/>	Frekans(Mhz)	<input type="text"/>	Büyükük	<input type="text"/>
BOYOKLÖK	<input type="text"/>	Mesafe(km)	<input type="text"/>	Frekans yeniden kullanım oranı	<input type="text"/>
AY	<input type="text"/>	BTS Boyu(m)	<input type="text"/>	Nüfus	<input type="text"/>
	<input type="button" value="GÖSTER"/>	Mobil Boyu(m)	<input type="text"/>	Pazar Yaygınlık	<input type="text"/>
		BOYOKLÖK	<input type="text"/>	Nüfus Büyüme Oranı	<input type="text"/>
			<input type="button" value="Yol Kaybı Hesapla"/>	Alan	<input type="text"/>
				%95 kapsama için SNR	<input type="text"/>
N	<input type="text"/>			%90 kapsama için SNR	<input type="text"/>
Sektör	<input type="text"/>				<input type="button" value="Planlama"/>
	<input type="button" value="GÖSTER"/>				

Şekil 16. Tez kapsamında yapılan programın ekran görüntüsü



Şekil 17. Tez için yapılan programa ilişkin akış diyagramı

Tezin ilk aşamasında Samsun ilinin şehir merkezinde, yarı-kentte ve kırsalında kurulu bulunan baz istasyonlarında oluşan trafiğin analiz edilmesi yer almaktadır.

Elde edilen trafik bilgisi yazmış olduğum kod vasıtasıyla grafiklere dökülmüş ve bu grafikler doğrultusunda Samsun ilinde bir yıllık veri incelenmiştir. Grafiklerde X eksen

İlgili ayın günlerini gösterirken, Y eksenini Erlang cinsinden trafik değerlerini vermektedir.

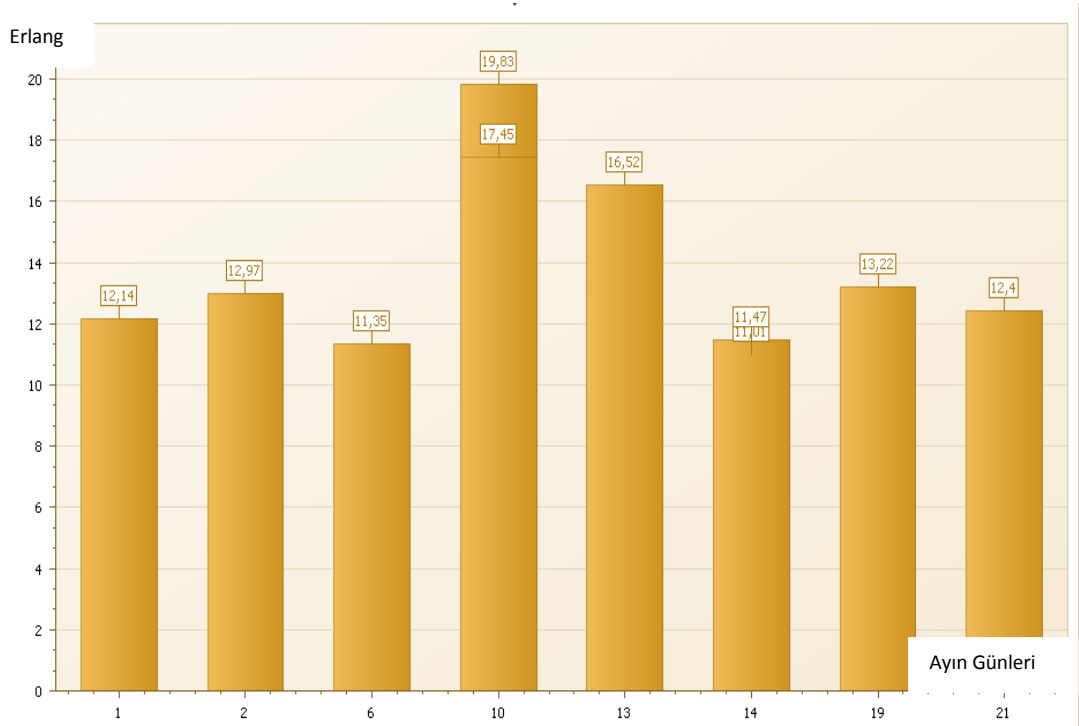
Bu analiz neticesinde Samsun şehir merkezinde trafik yoğunluğu en fazla ilkbahar ve sonbahar aylarında olmaktadır.

Ay bazında incelendiğinde ise haziran ayı trafiğin en yoğun olduğu ay olarak yer almaktadır. İkinci sırada trafiğin en yoğun olduğu ay ekim ayıdır.

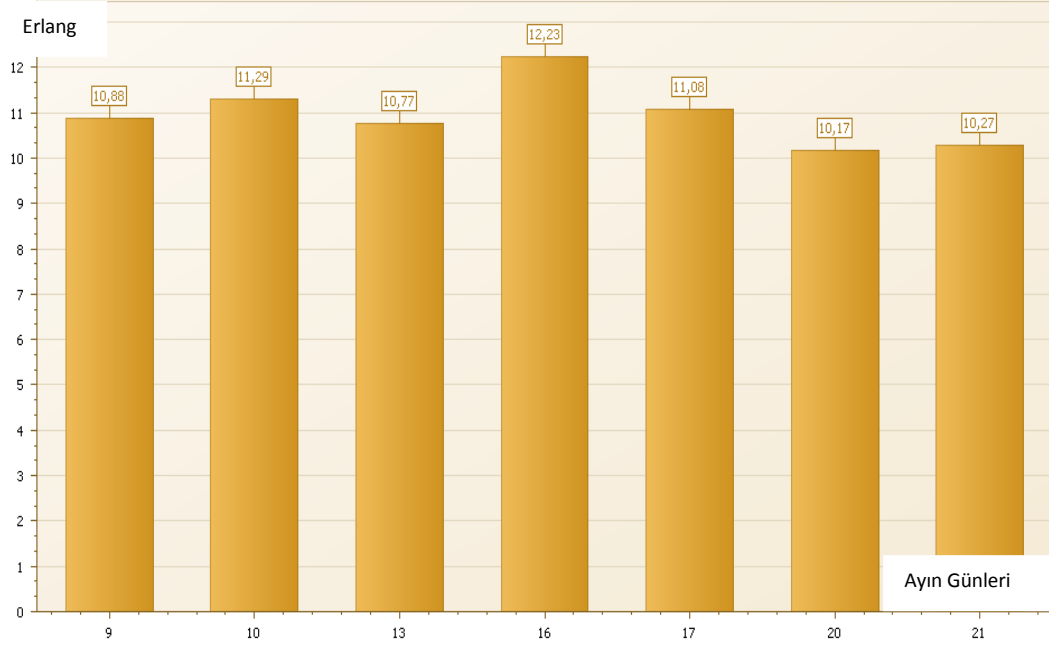
Dini bayramlarda arefe günleri trafik artışı olmakta ve bayramın ilerleyen günlerinde bu artış azalan bir şekilde ilerlemektedir.

İlgili grafiklerde haftanın son günü trafik artışı olduğu görülmektedir.

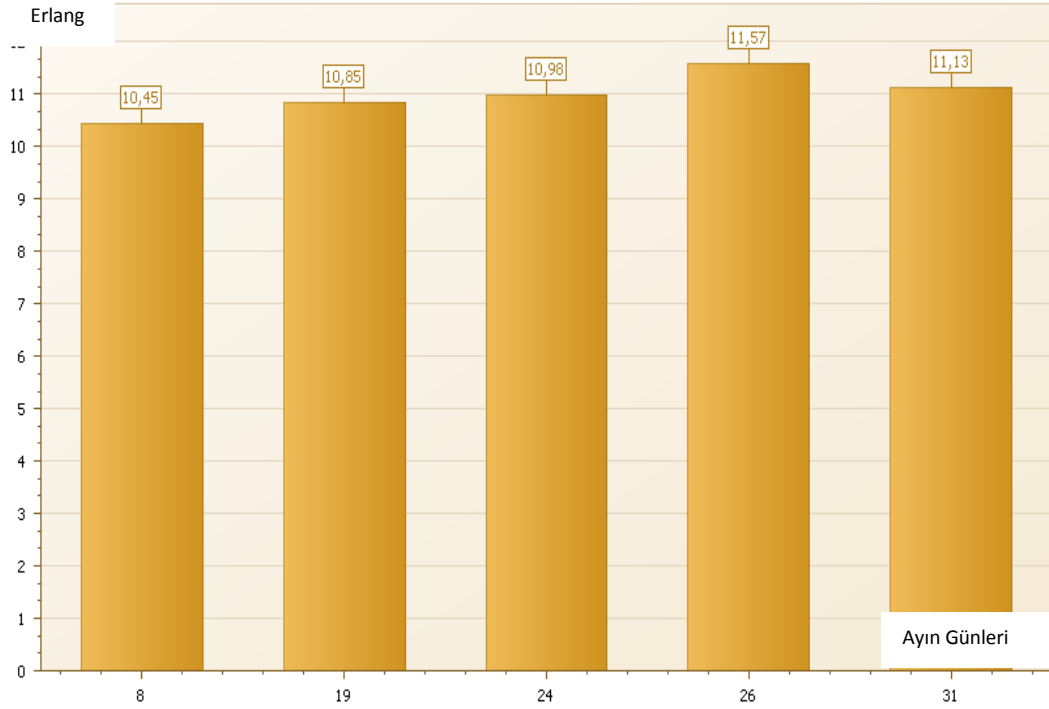
Grafiklerde yatay eksen ilgili ayın günlerini, dikey eksen ise Erlang cinsinden trafik değerlerini göstermektedir.



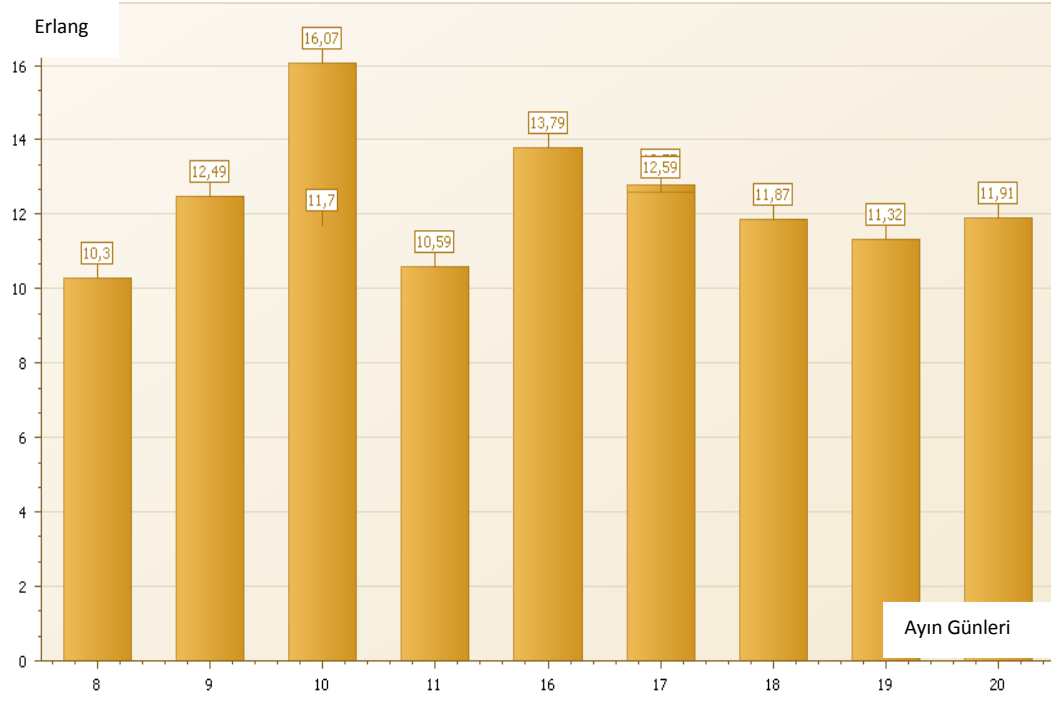
Şekil 18. Samsun şehir merkezi ocak ayı trafik



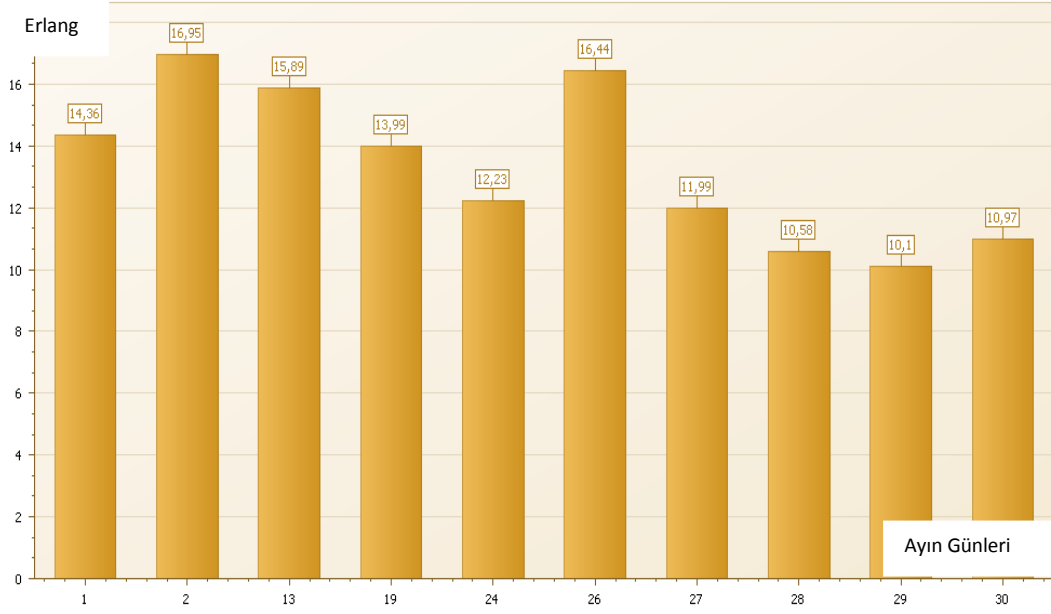
Şekil 19. Samsun şehir merkezi şubat ayı trafik



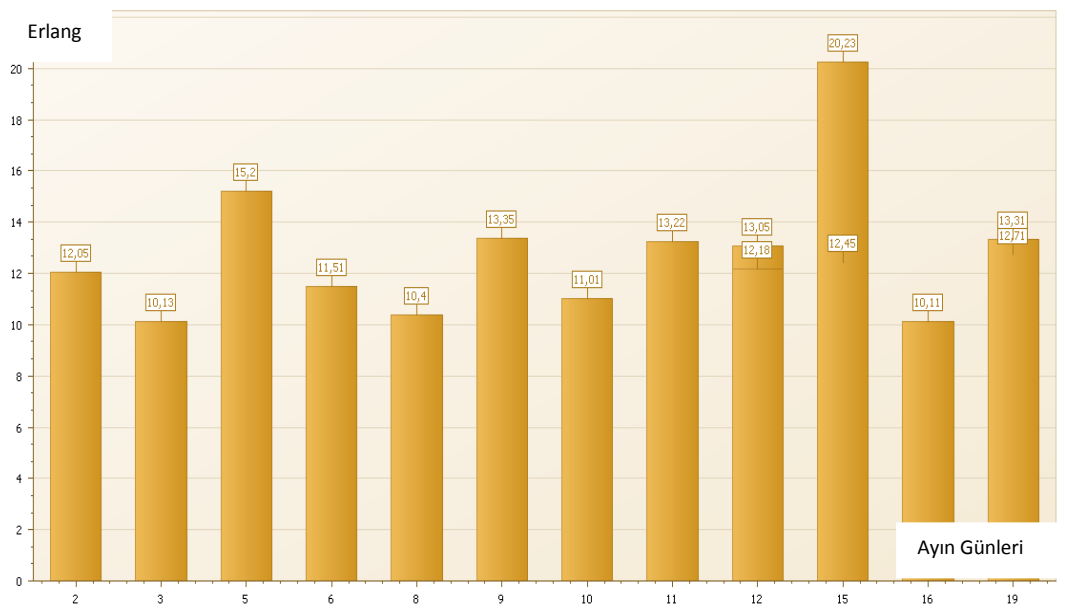
Şekil 20. Samsun şehir merkezi mart ayı trafik



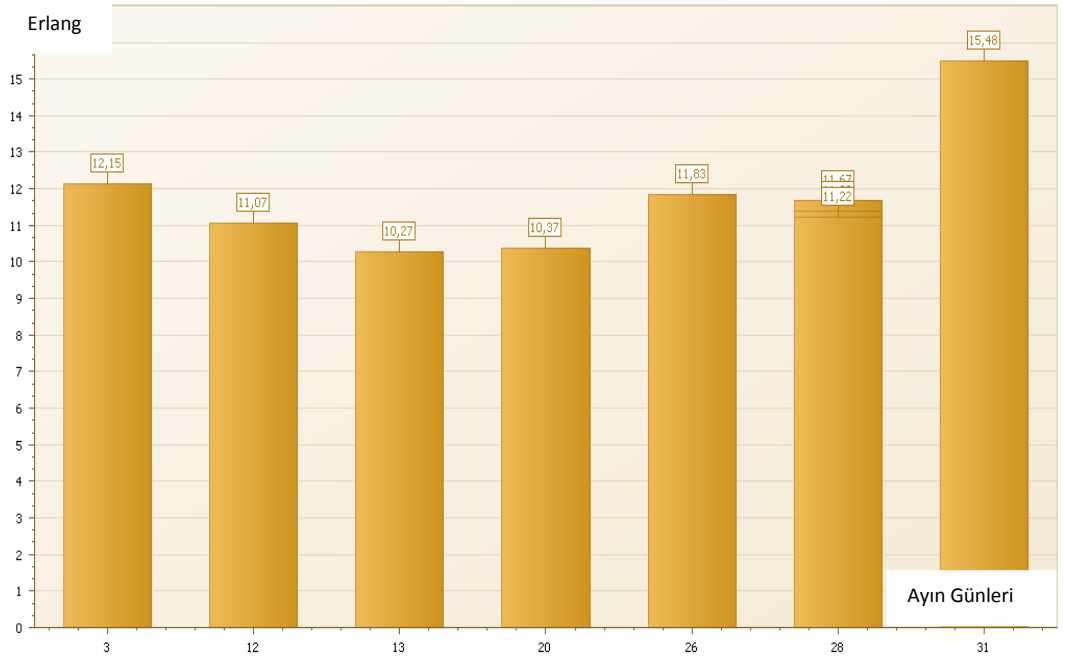
Şekil 21. Samsun şehir merkezi nisan ayı trafik



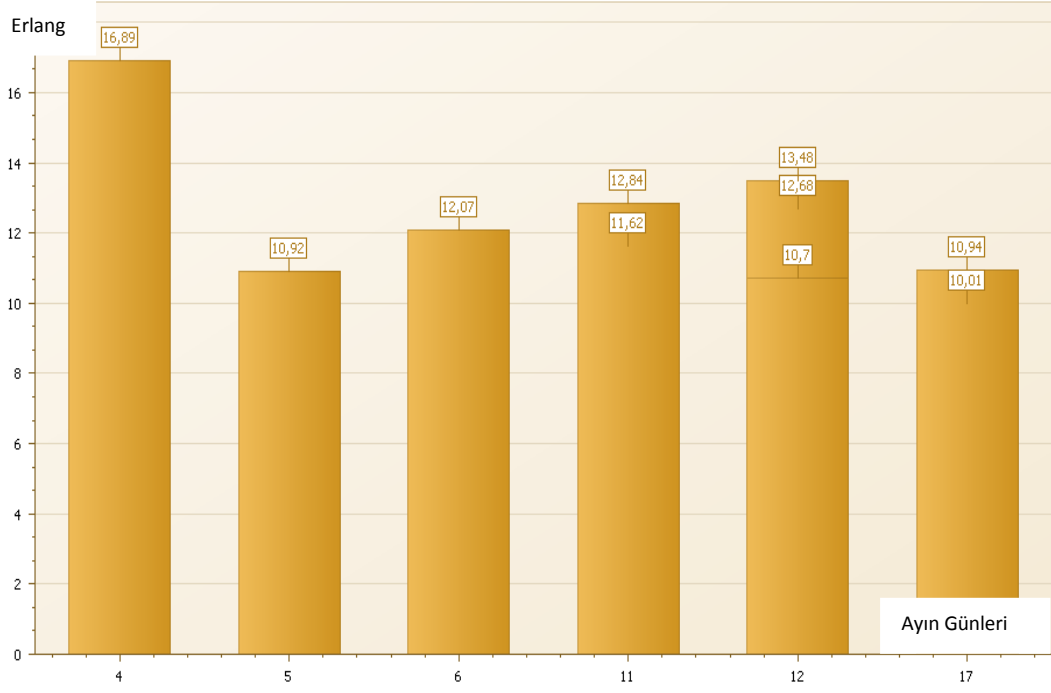
Şekil 22. Samsun şehir merkezi mayıs ayı trafik



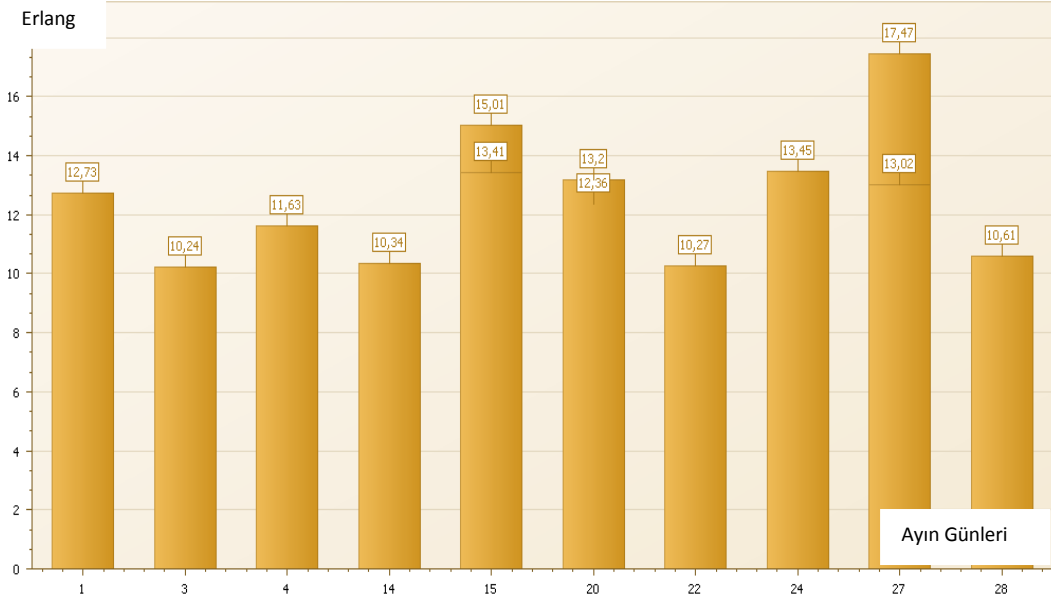
Şekil 23. Samsun şehir merkezi haziran ayı trafik



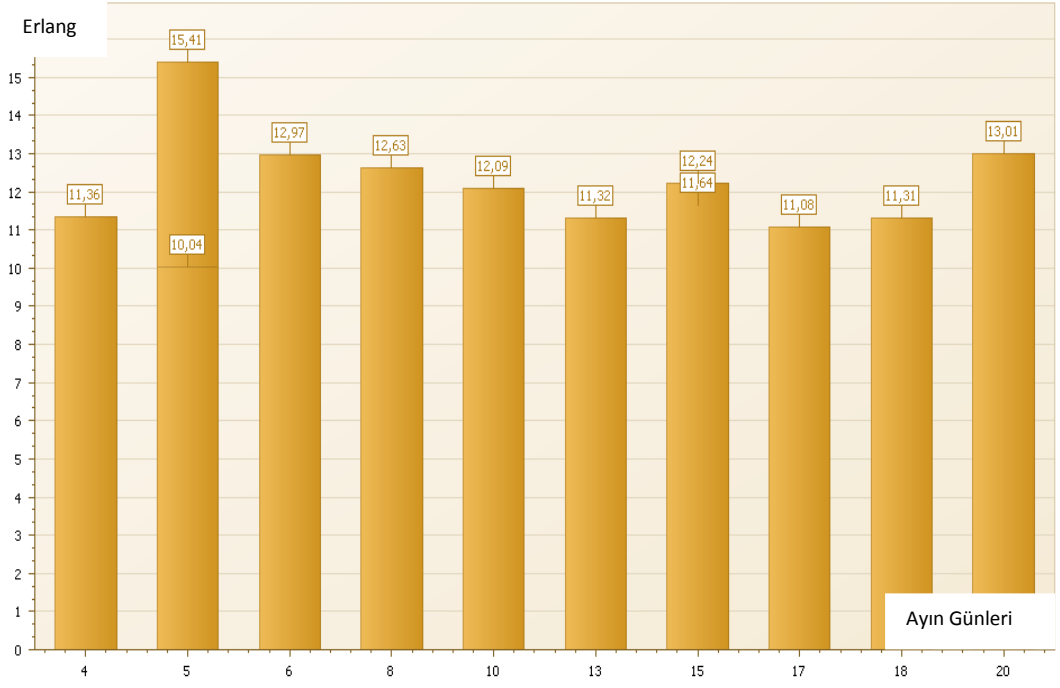
Şekil 24. Samsun şehir merkezi temmuz ayı trafik



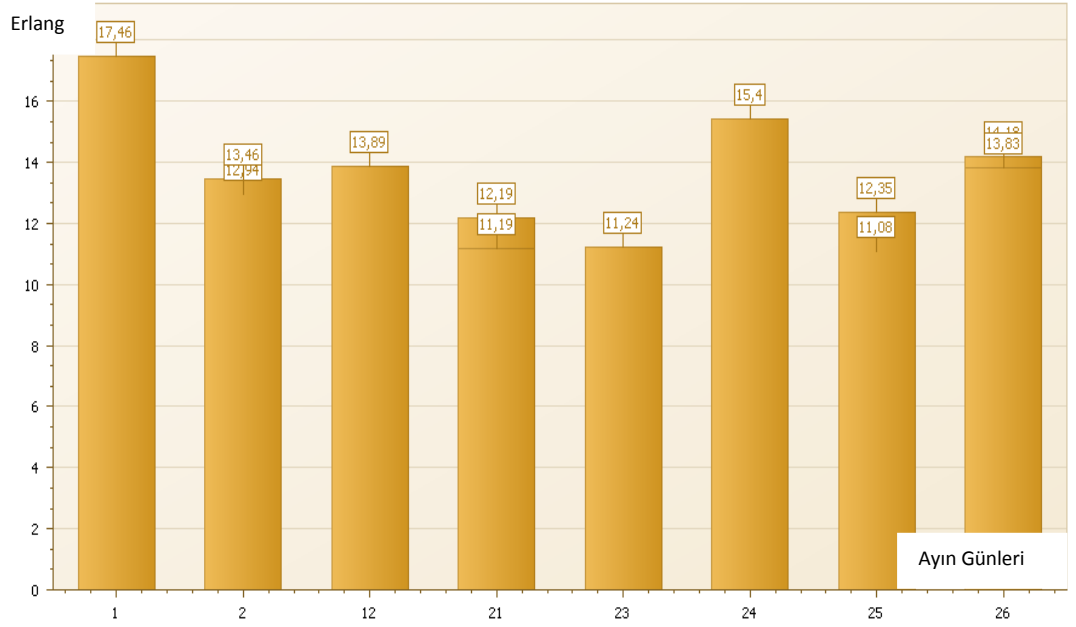
Şekil 25. Samsun şehir merkezi ağustos ayı trafik



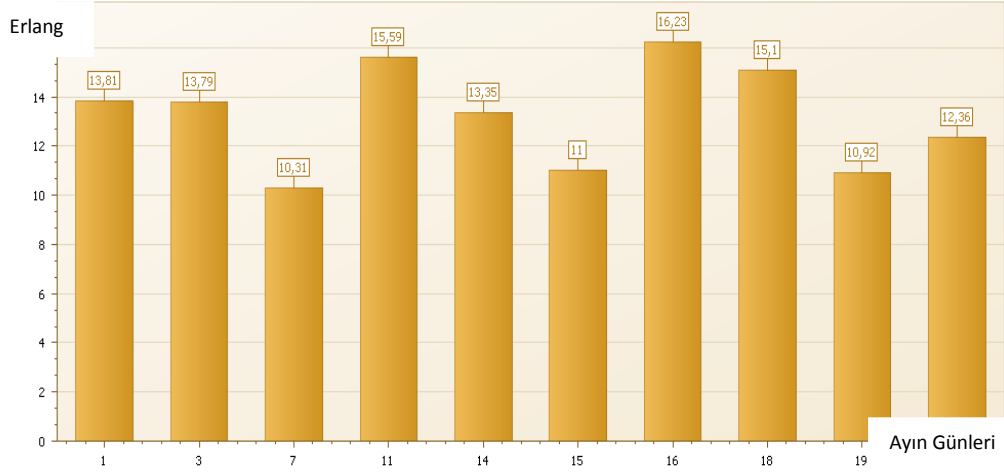
Şekil 26. Samsun şehir merkezi eylül ayı trafik



Şekil 27. Samsun şehir merkezi ekim ayı trafik



Şekil 28. Samsun şehir merkezi kasım ayı trafik



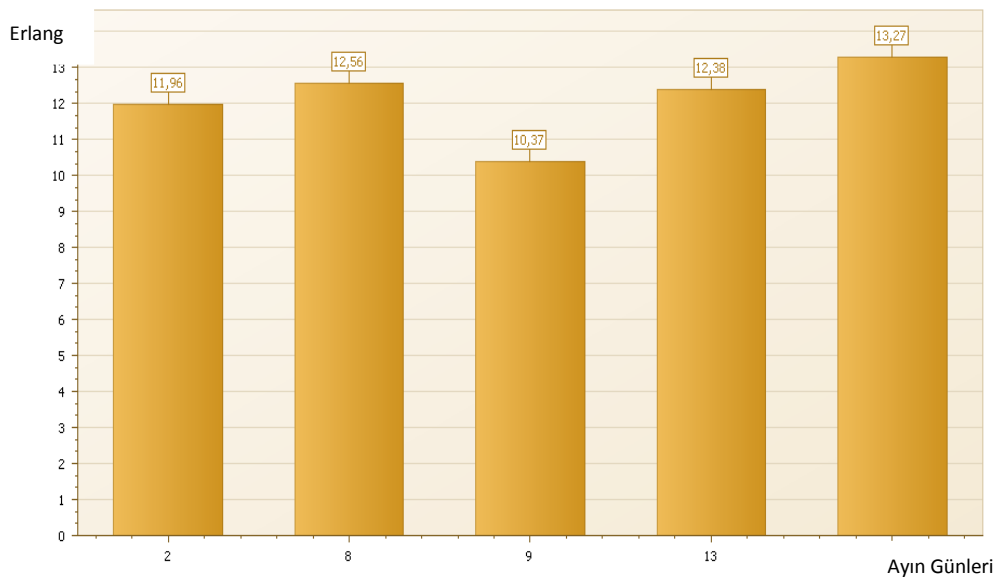
Şekil 29. Samsun şehir merkezi aralık ayı trafik

Samsun ilçeleri yarı-kent özelliğindedir. Bu özelliğiyle birlikte Samsun ilçelerinde kurulu olan baz istasyonlarına ait trafik bilgileri aylık olarak grafiklerde yer almaktadır.

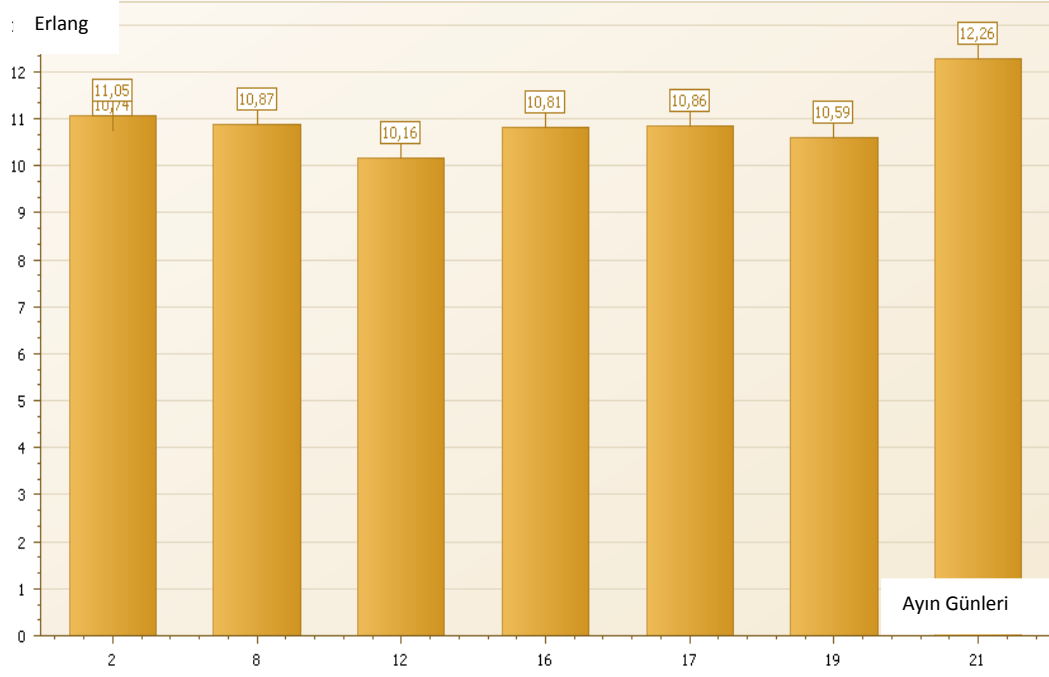
Samsun ilçelerinde şehir merkezinden farklı olarak en yoğun trafiğin olduğu dönemler ilk bahar ve yaz aylarıdır. Trafik artışı şubat ayından başlayarak artan bir şekilde ağustos ayına kadar ulaşmaktadır.

En yüksek trafik ağustos ayında gerçekleşmektedir. Ağustos ayından sonra ise en yoğun trafik nisan ayındadır.

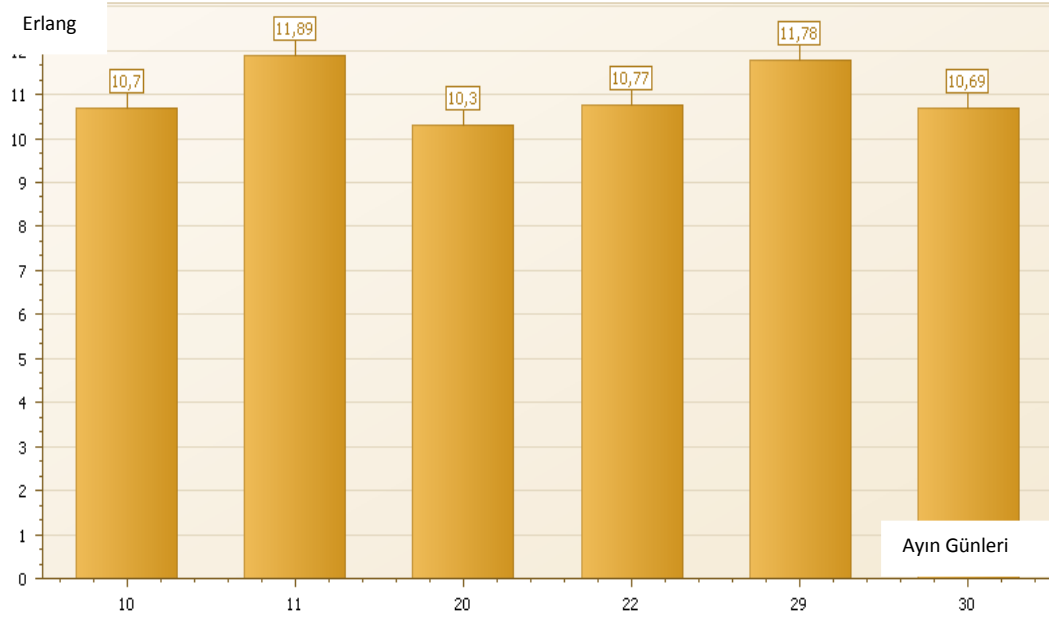
Dini bayramlara ilişkin durum şehir merkezindeki trafikle paralellik göstermektedir.



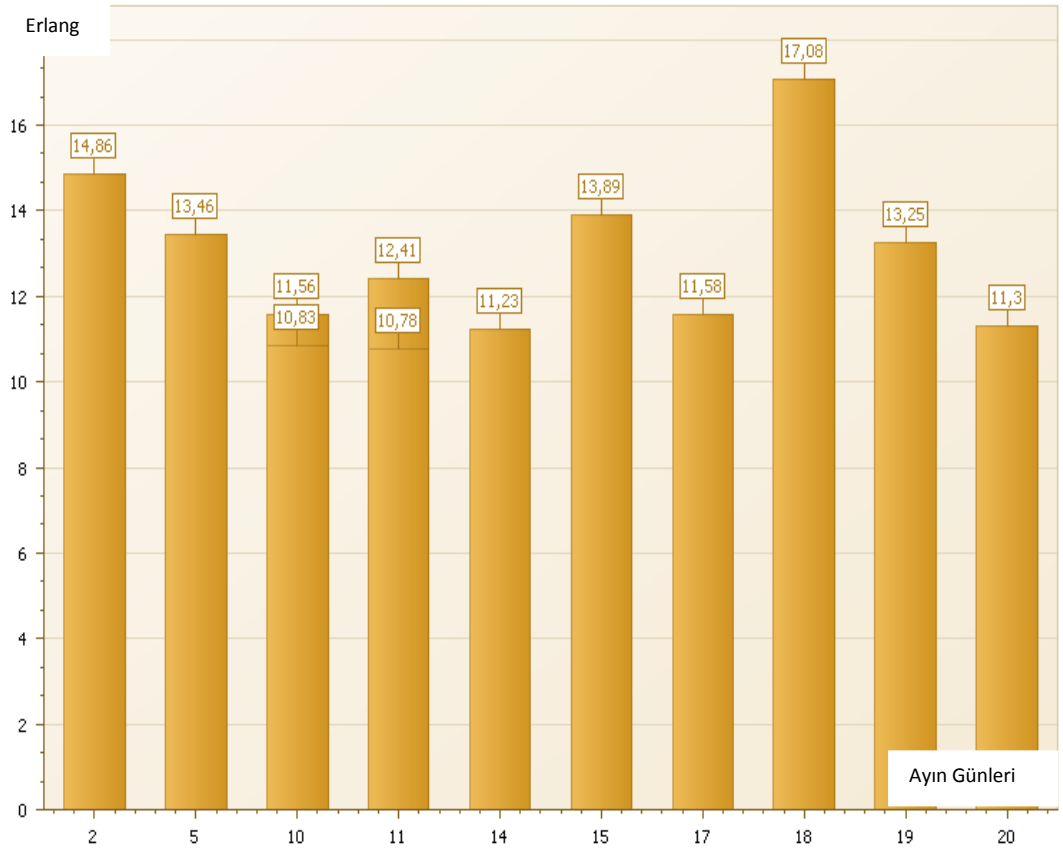
Şekil 30. Samsun yarı-kent ocak ayı trafik



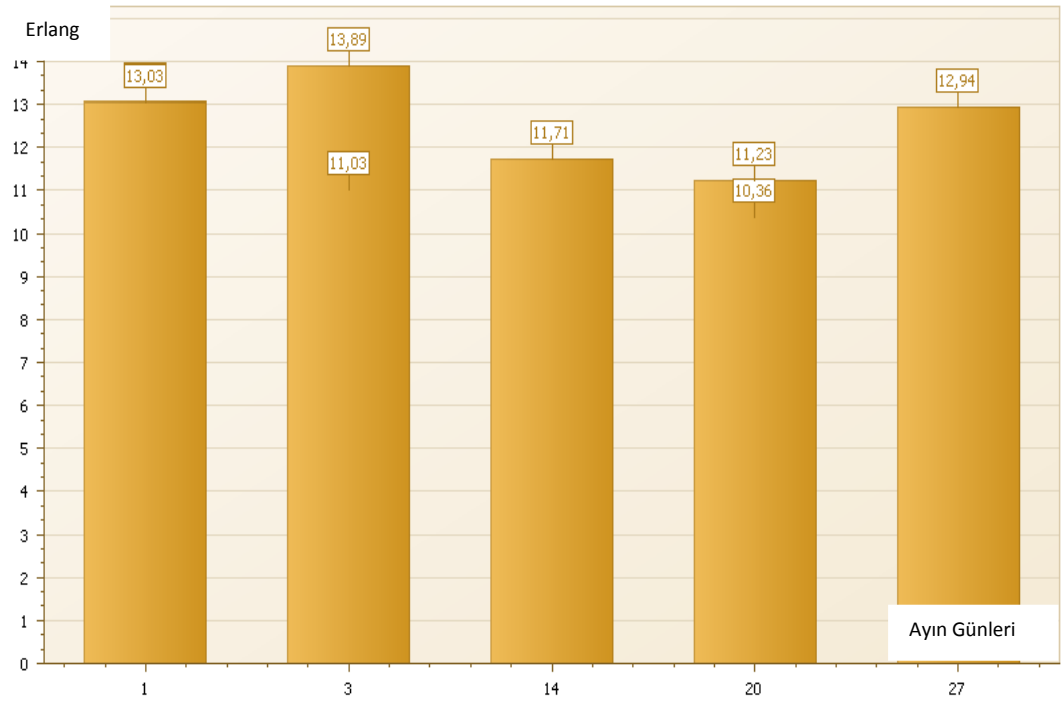
Şekil 31. Samsun yarı-kent şubat ayı trafik



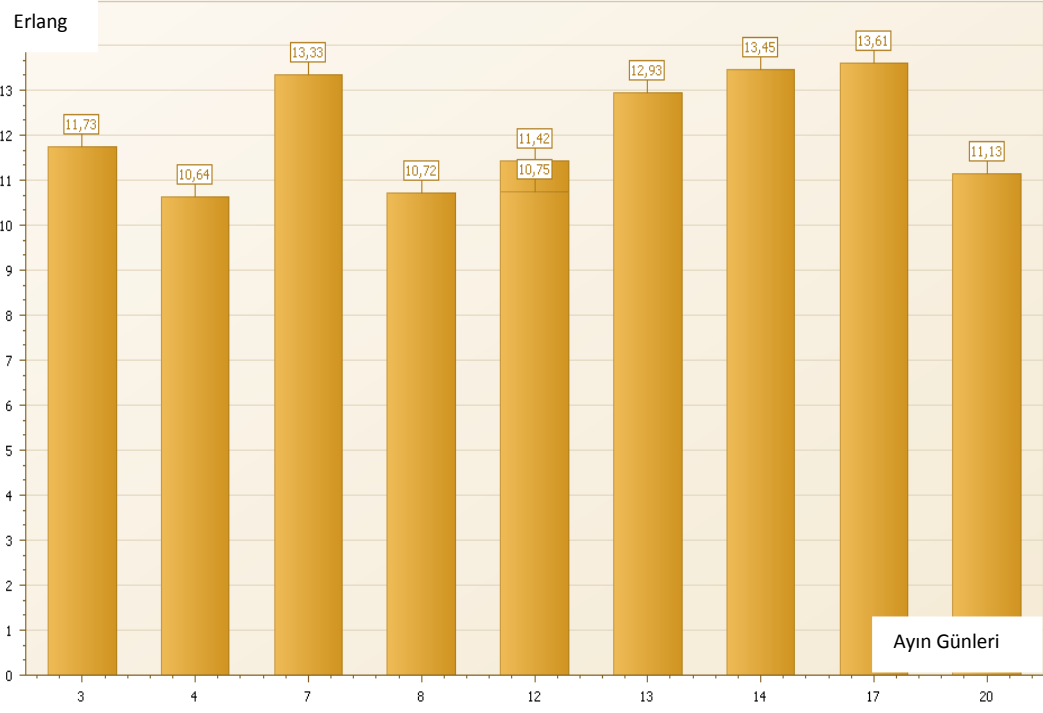
Şekil 32. Samsun yarı-kent mart ayı trafik



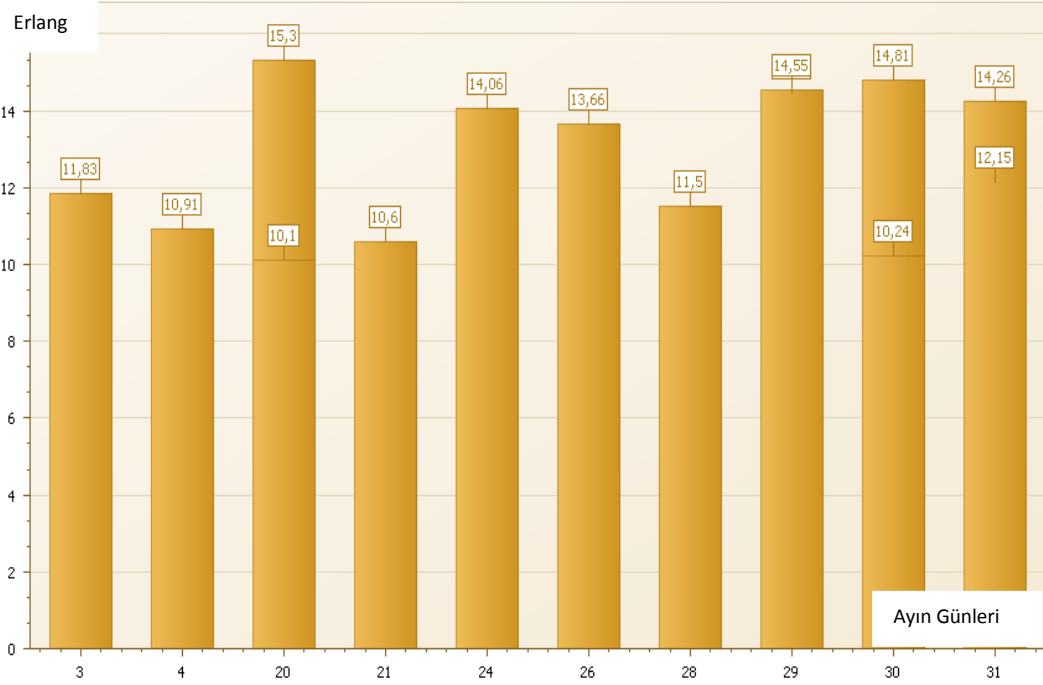
Şekil 33. Samsun yarı-kent nisan ayı trafik



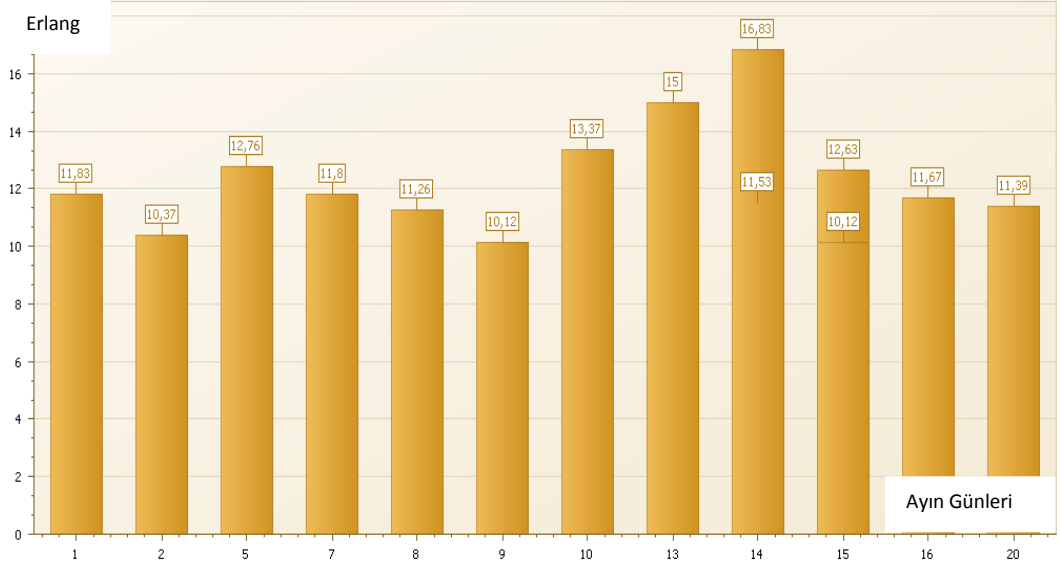
Şekil 34. Samsun yarı-kent mayıs ayı trafik



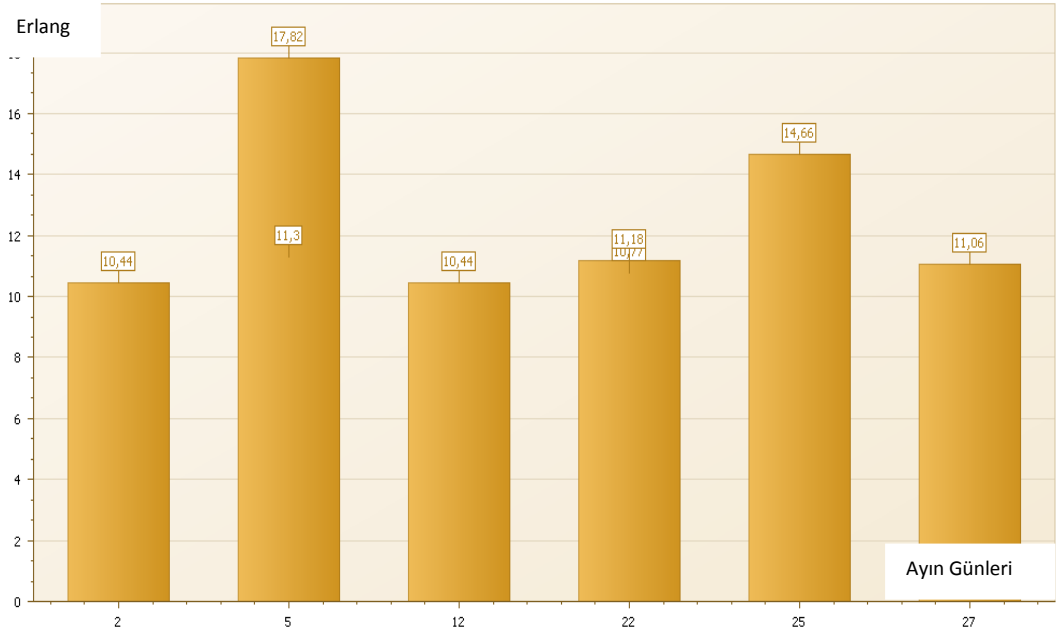
Şekil 35. Samsun yarı-kent haziran ayı trafik



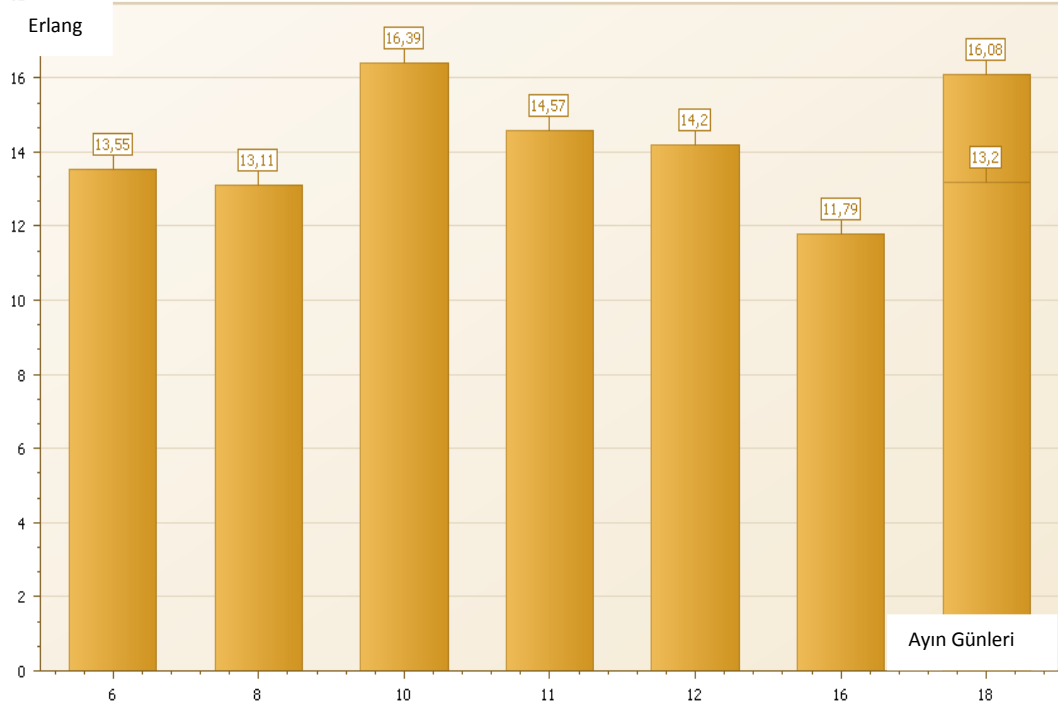
Şekil 36. Samsun yarı-kent temmuz ayı trafik



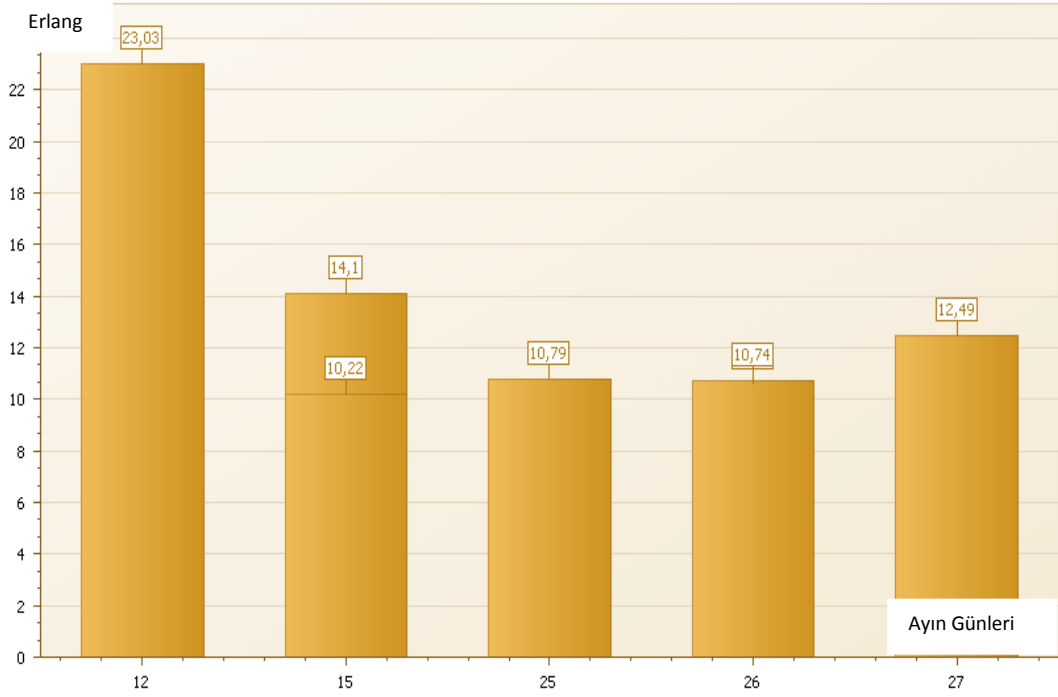
Şekil 37. Samsun yarı-kent ağustos ayı trafik



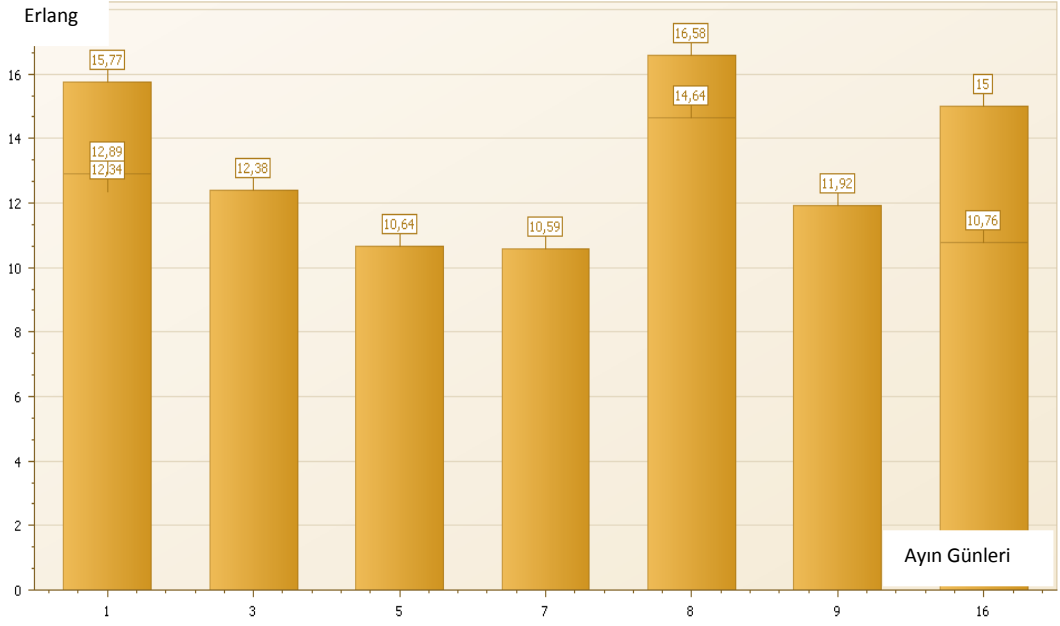
Şekil 38. Samsun yarı-kent eylül ayı trafik



Şekil 39. Samsun yarı-kent ekim ayı trafik



Şekil 40. Samsun yarı-kent kasım ayı trafik

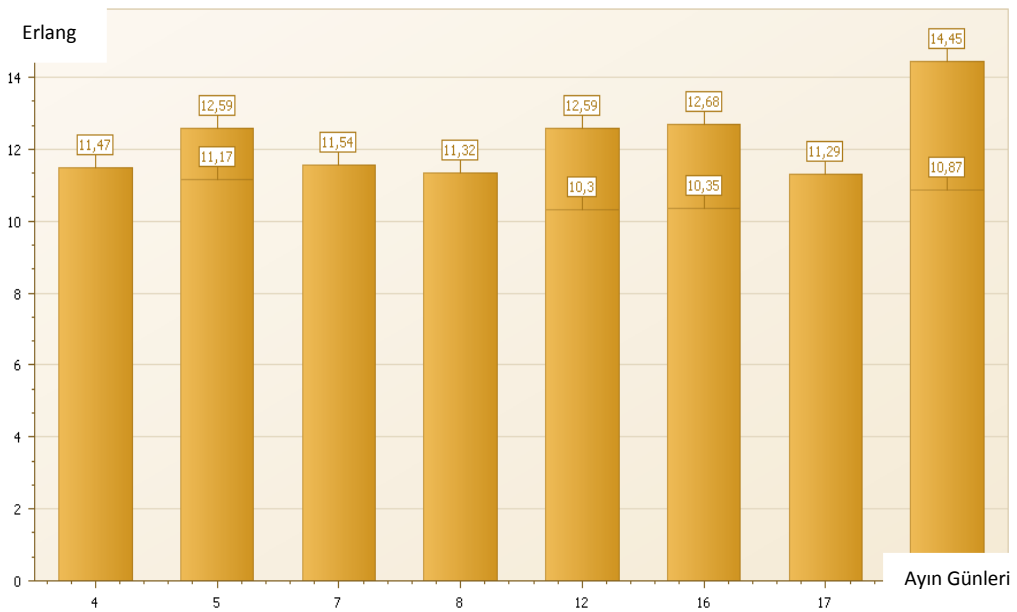


Şekil 41. Samsun yarı-kent aralık ayı trafik

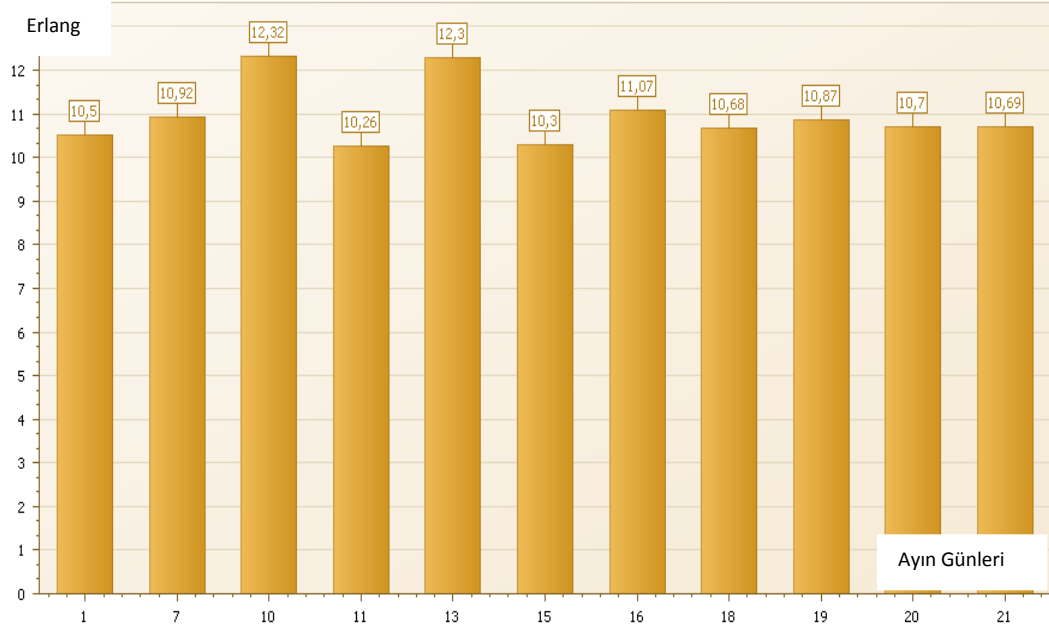
Samsun ili kırsal kesimlerinde kurulu baz istasyonlarına ait trafik bilgileri doğrultusunda oluşturulan grafikler aşağıdaki gibidir. Bu grafikler incelendiğinde en yoğun trafiğin olduğu dönemlerin ilkbahar ve yaz olduğu görülebilir.

En yoğun trafiğin olduğu ay ise mayıs ayıdır. Mayıs ayından sonra en yoğun trafiğin olduğu ay ağustostur.

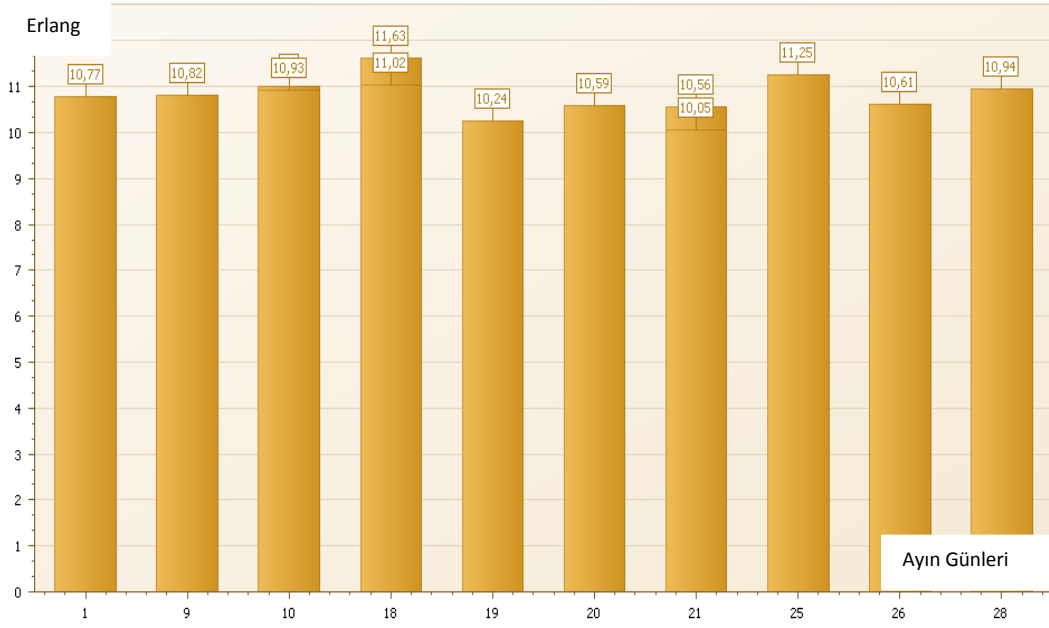
Dini bayramlara ilişkin durum şehir merkezindeki trafikle paralellik göstermektedir.



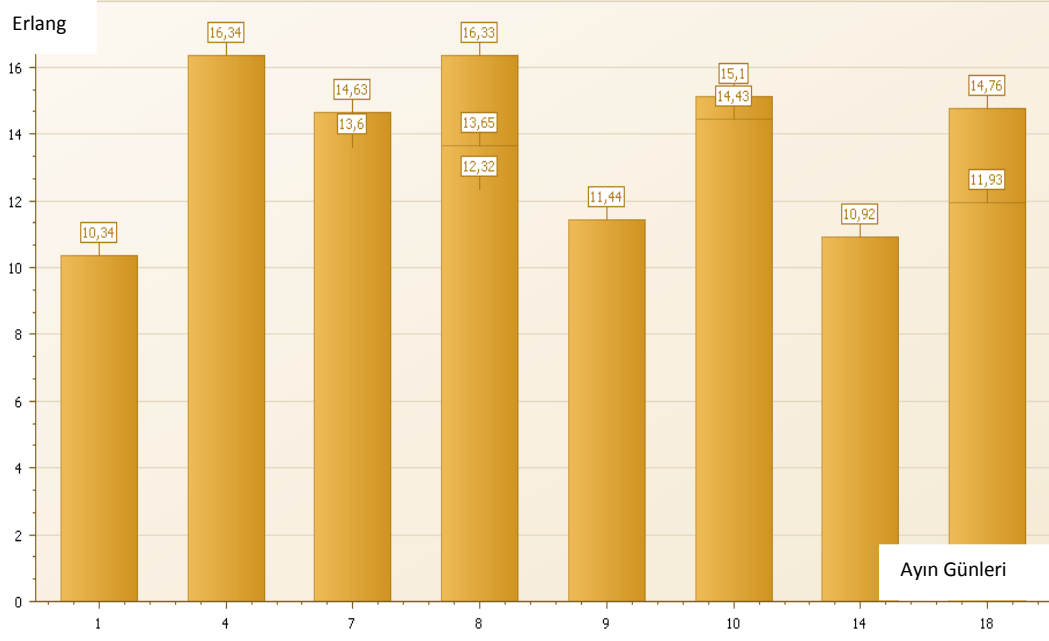
Şekil 42. Samsun kırsal ocak ayı trafik



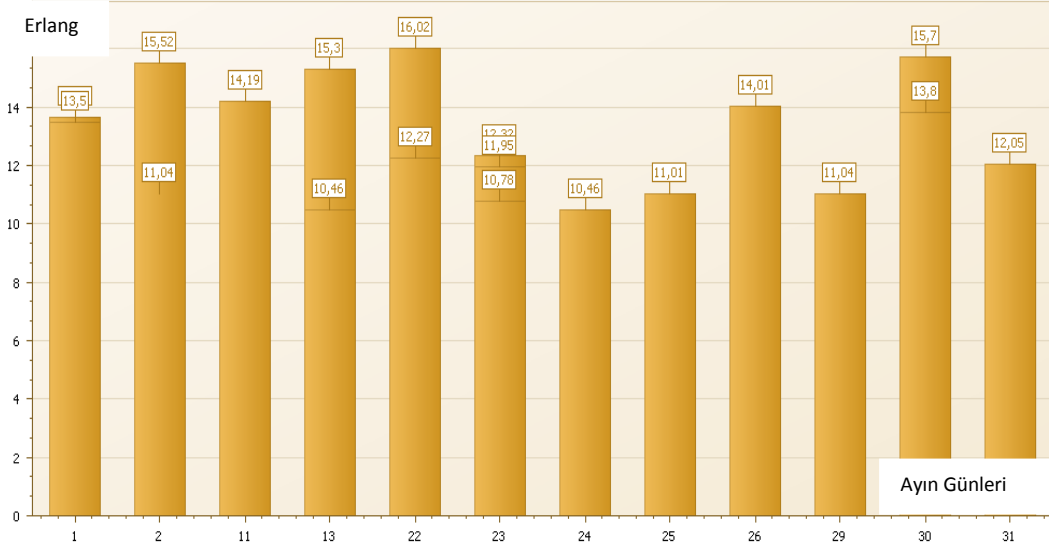
Şekil 43. Samsun kırsal şubat ayı trafik



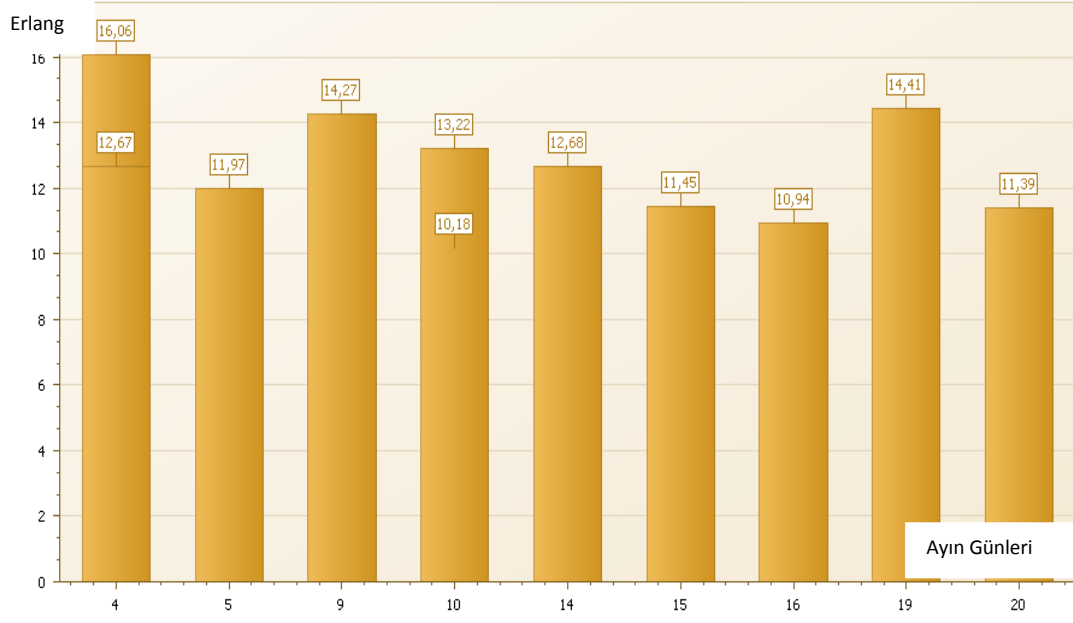
Şekil 44. Samsun kırsal mart ayı trafik



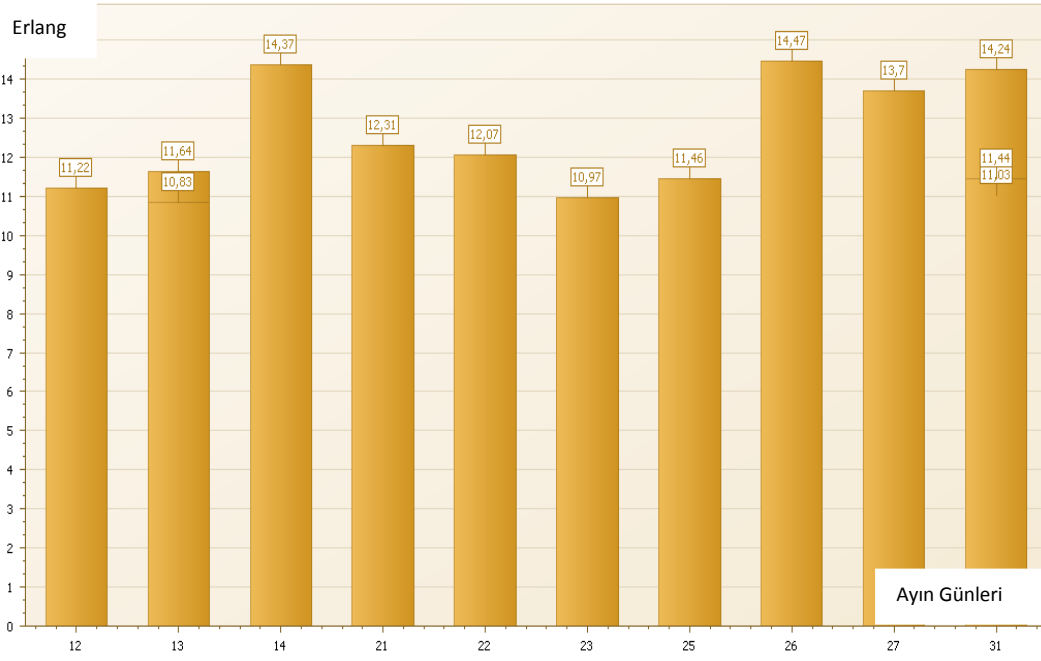
Şekil 45. Samsun kırsal nisan ayı trafik



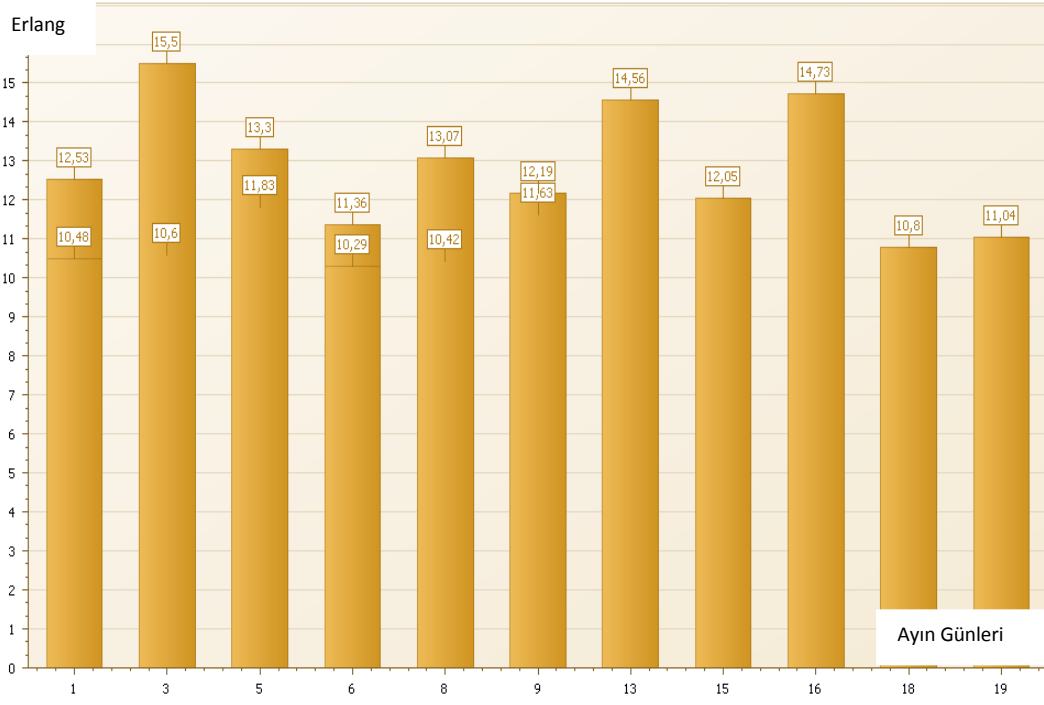
Şekil 46. Samsun kırsal mayıs ayı trafik



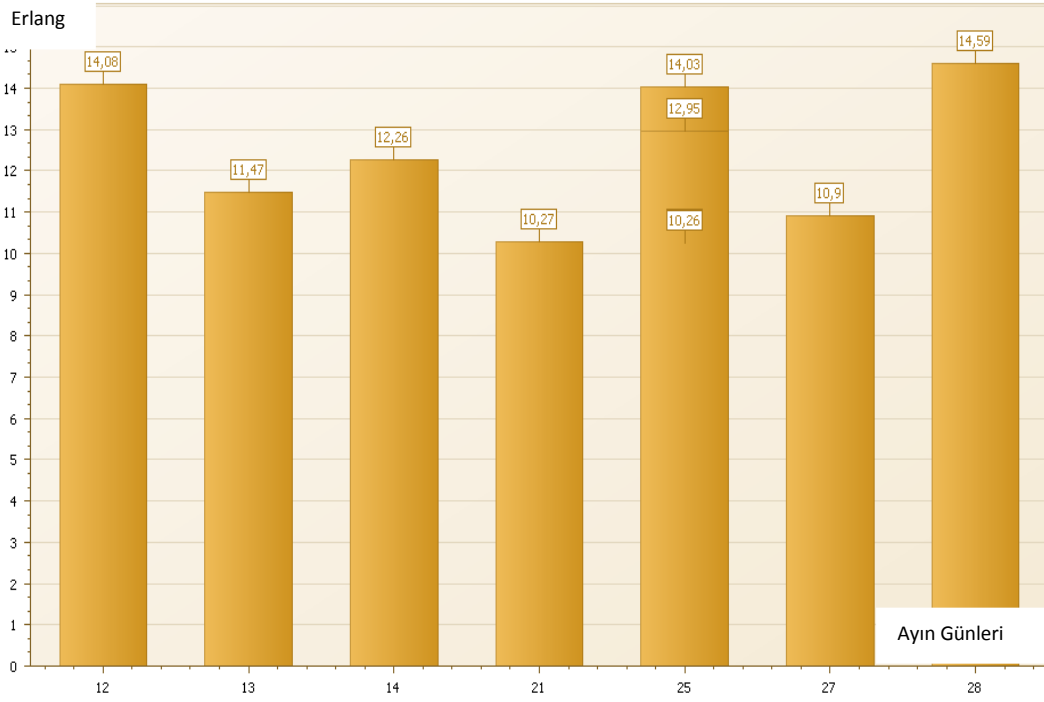
Şekil 47. Samsun kırsal haziran ayı trafik



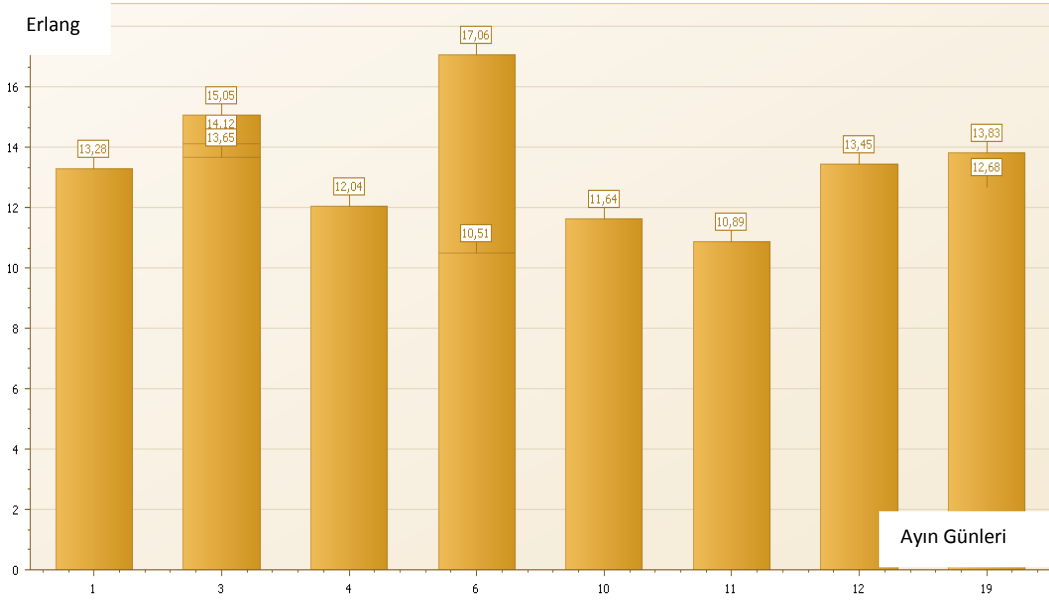
Şekil 48. Samsun kırsal temmuz ayı trafik



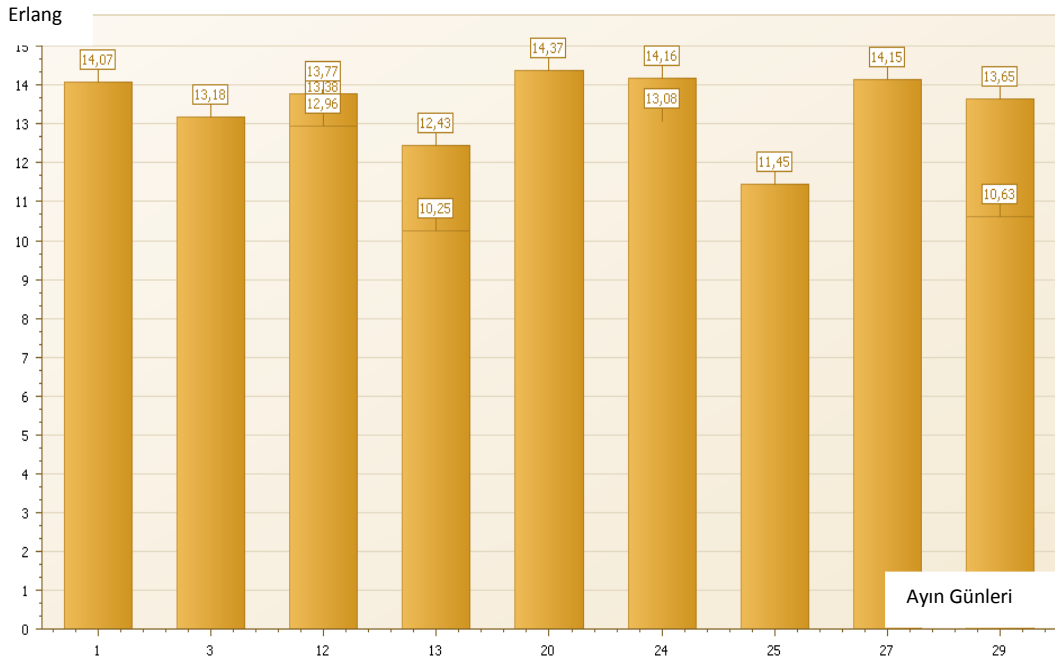
Şekil 49. Samsun kırsal ağustos ayı trafik



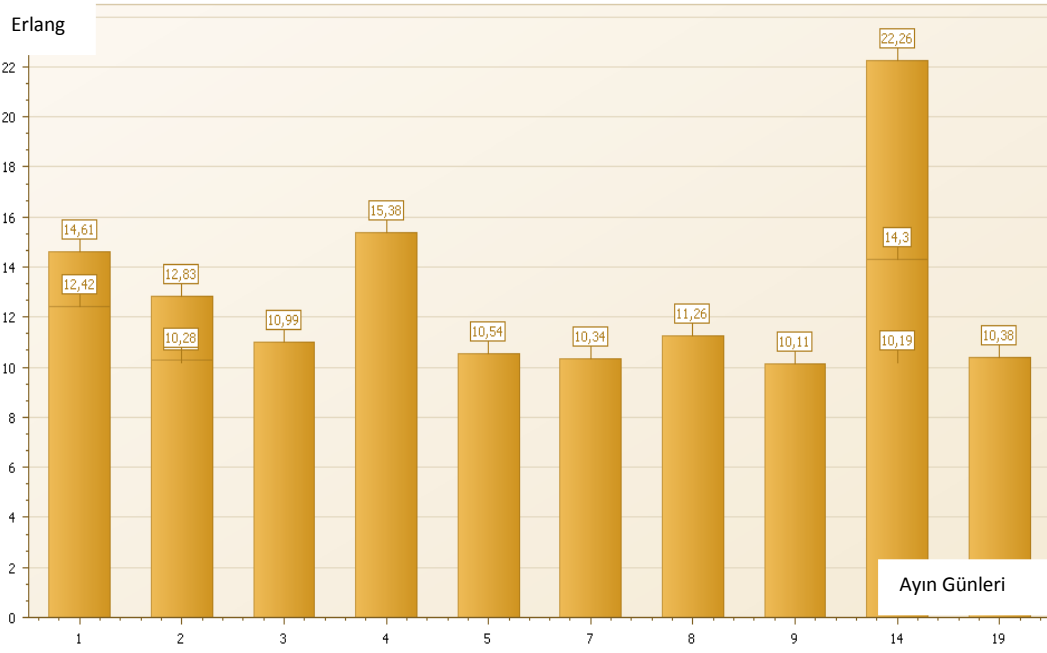
Şekil 50. Samsun kırsal eylül ayı trafik



Şekil 51. Samsun kırsal ekim ayı trafik



Şekil 52. Samsun kırsal kasım ayı trafik



Şekil 53. Samsun kırsal aralık ayı trafik

Bu kısma kadar baz istasyonlarındaki veriler kullanılarak trafik datasının elde edilmesi ve bu elde edilen veriler üzerinden analiz çalışması yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda trafiğin hangi tip coğrafi bölgelerde yoğunlaştığı ve özellikle hangi bölgelerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Bu tespitler doğrultusunda trafiğin yoğun olduğu baz istasyonu ile ilgili akışta da belirtildiği üzere aşağıdaki işlemler yapılır:

1. Yöntem: Trafiğin yoğun olduğu baz istasyonuna diğer hücrelerden kanalların atanması. Bu doğrultuda elde edilecek trafik artışı Tablo 2’de bulunan Erlang B tablosunda verilmiş değerler doğrultusunda bulunabilir. Bu çözüm herhangi bir donanımsal gereksinim duymamaktadır. Akışta da belirtildiği üzere ilk etapta yapılması gereken optimizasyon işlemi ile ilgili hücredeki kanal sayısının değiştirilmesidir.

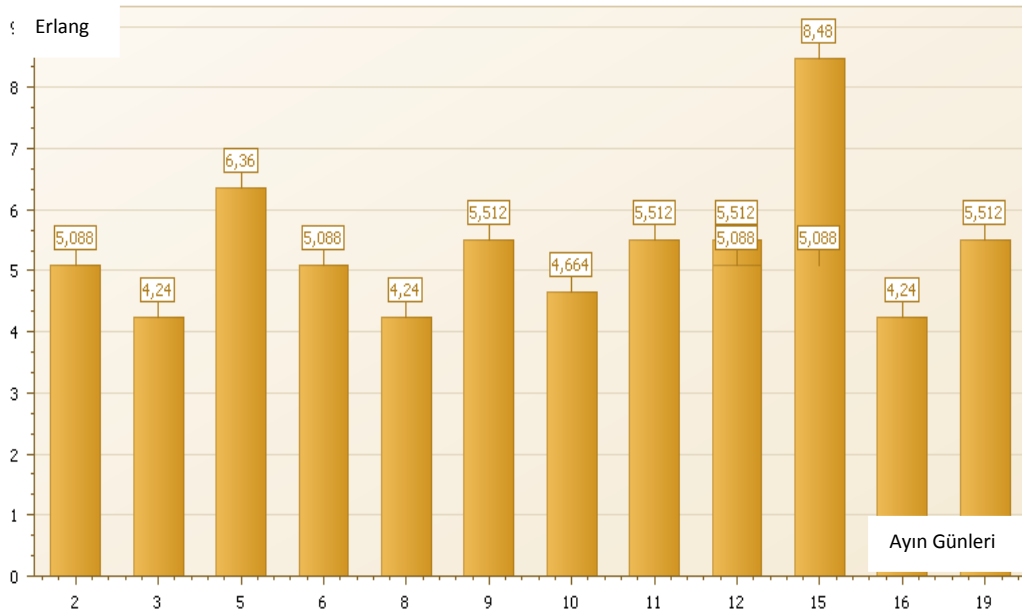
2. Yöntem: Kanal sayısının değiştirilmesi, gereken trafik rahatlamasını sağlamaması durumunda akışta belirtildiği gibi mevcut GSM ağ yapısında kullanılan frekans yeniden kullanım oranı ve antenin sektörel açısının değiştirilmesidir. Bu yöntemle GSM ağının trafik yükünü kaldıracak duruma gelmesi sağlanır. Bu kısımda aynı anda hem frekans yeniden kullanım oranı hem de antenin sektörel açısı değiştirilebilir. Bu iki unsur birbirinden bağımsız olarak da değiştirilebilir.

Bu kısımda dikkat edilmesi gereken nokta antenin sektörlere daha fazla bölündüğünde spektral verimin arttığıdır. İlgili hücrede sektör sayısının artması SIR oranı artışına neden olmakta bu durum da GSM ağının spektral verimliliğini artırmaktadır. Sistemin kaldırabileceği trafik yükünü artırabilmek için anteni mümkün olduğunca az sektörlere ayırmak gerekmektedir. Bu durumda ise ilgili hücrenin SIR oranı düşerek spektral verimlilik azalmaktadır.

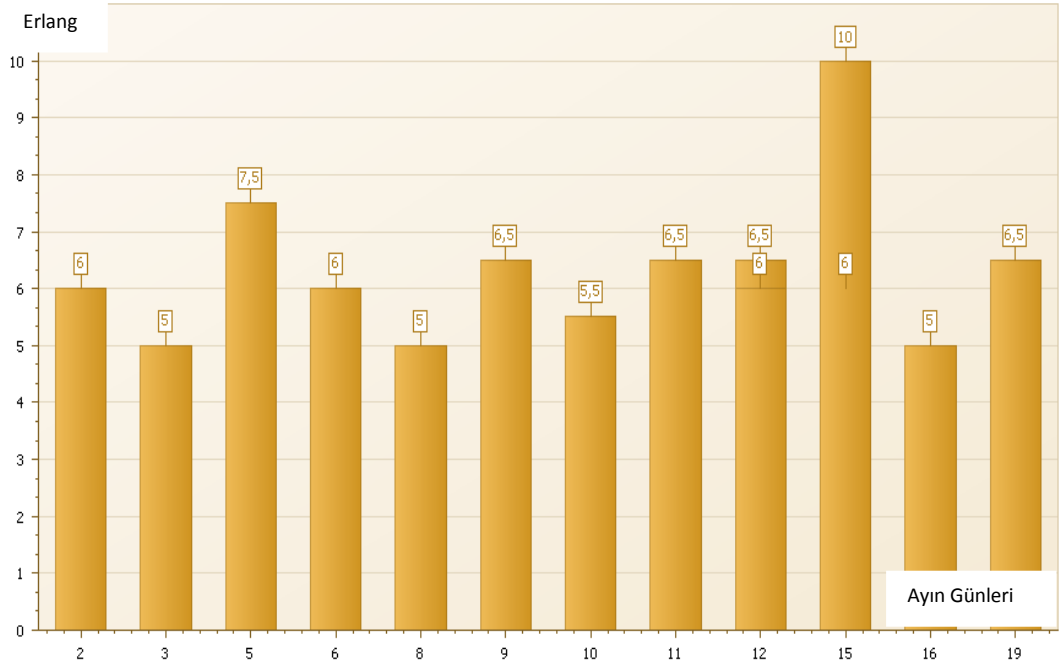
Aynı durum frekans yeniden kullanım oranında da geçerlidir. Frekans yeniden kullanım oranı artırıldığında sistemin SIR oranı artmakta ancak trafik kapasitesi azalmaktadır.

3. Yöntem: Her iki aşamada da istenilen sonuca ulaşılamazsa akışta son aşamada belirtilen şekilde istenilen bölgede gereken parametreler programa giriş yapılarak istenilen bölgedeki gereken optimizasyon sonuçlarını çıkarmaktadır.

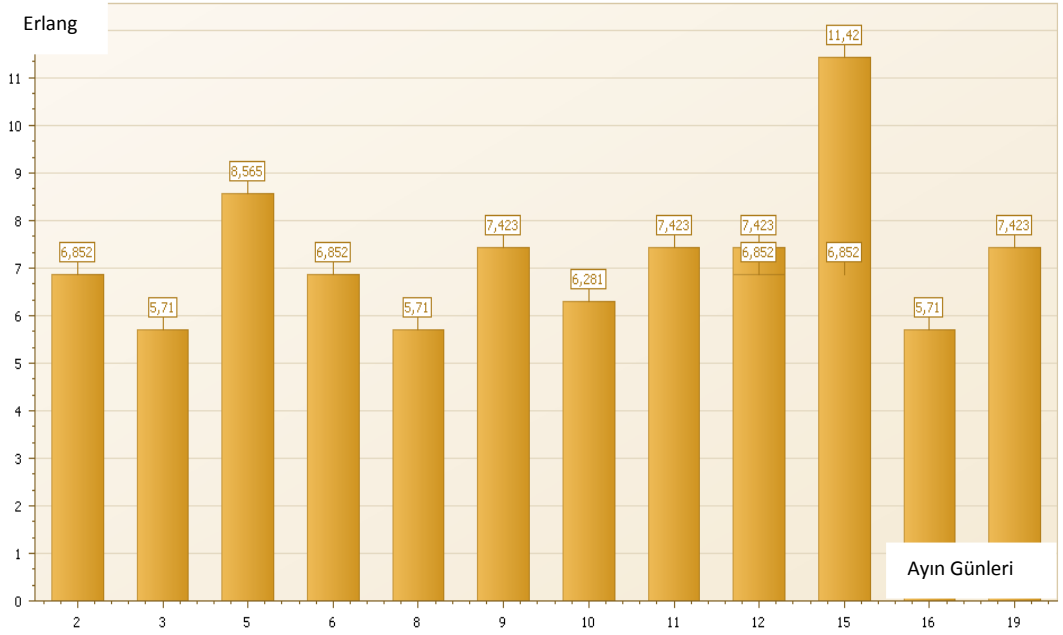
2. yöntemde belirtildiği üzere programda farklı frekans yeniden kullanım oranı ve sektörel antenlerin kullanılmasıyla oluşacak trafiğin ve SIR oranının belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu doğrultuda Samsun şehrine ait farklı frekans yeniden kullanım oranı ve sektörel antenlerin kullanımları sonucu oluşacak trafiğin grafiksel görüntüsü bulunmaktadır. Örnek olması açısından Samsun şehir merkezi için trafiğin en yoğun olduğu haziran ayı için çalışma yapılmıştır.



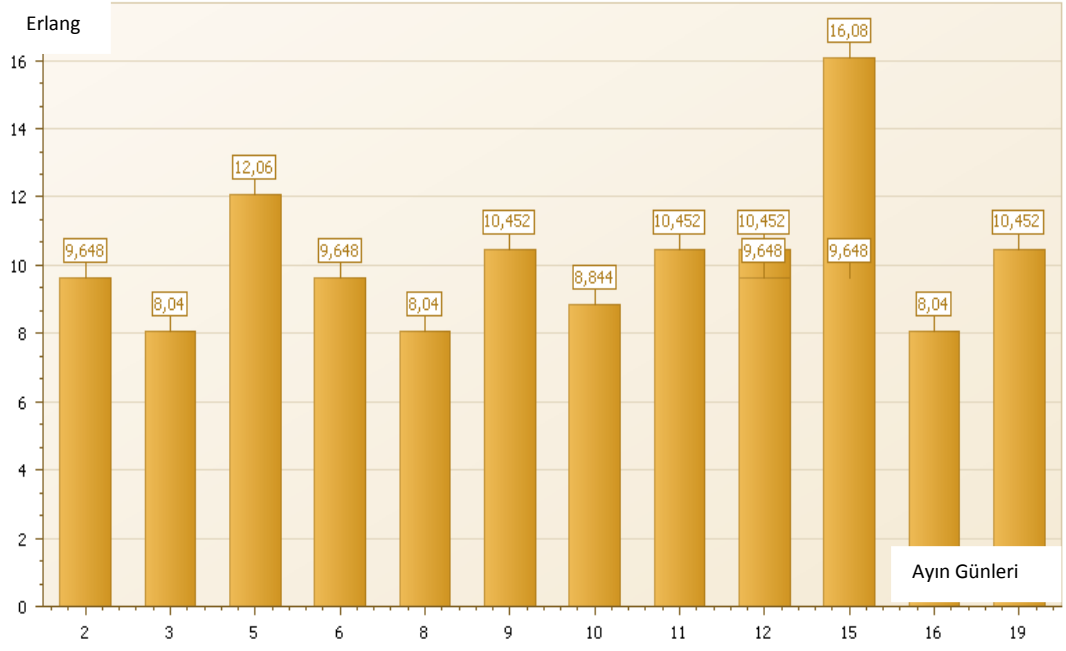
Şekil 54. N=4 ve yönsemez anten kullanımı durumundaki trafik



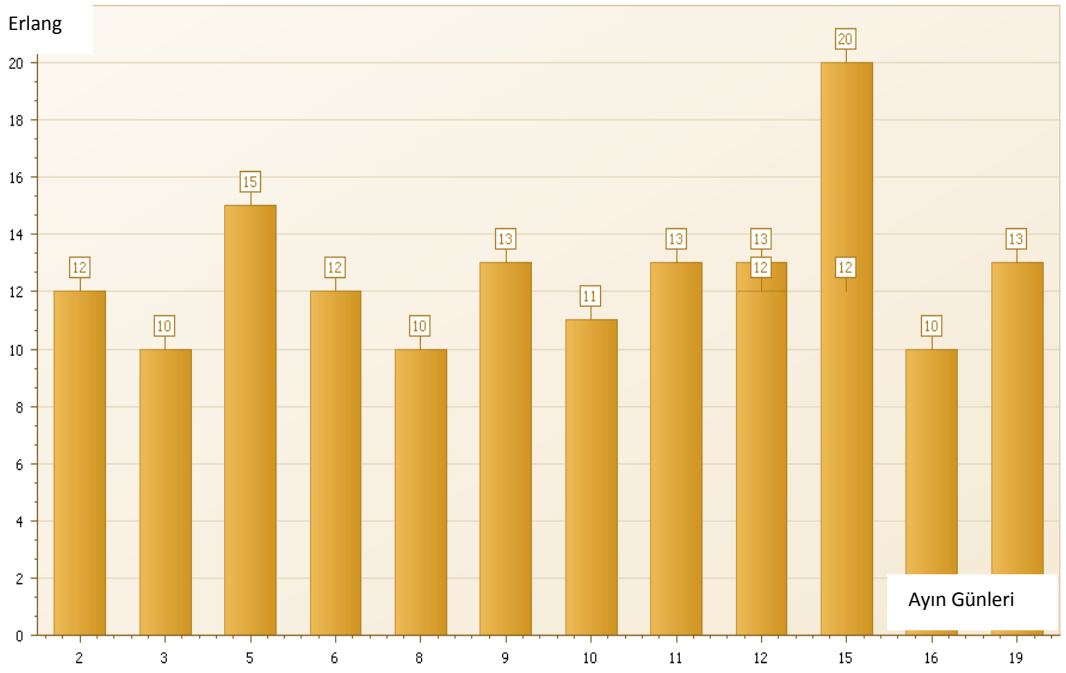
Şekil 55. N=4 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik



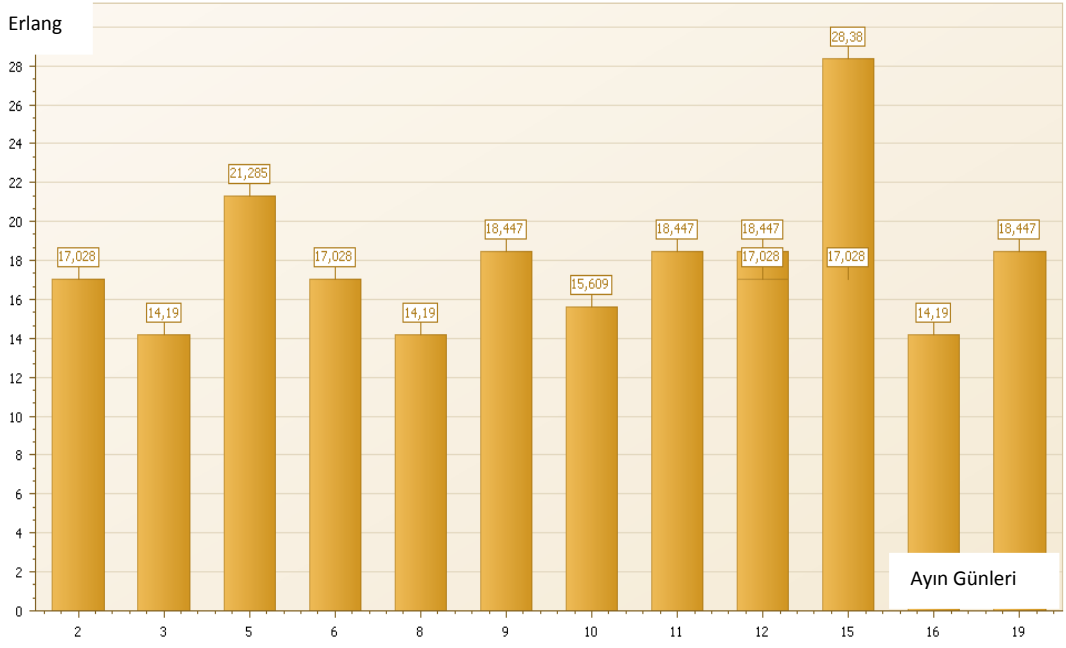
Şekil 56. N=4 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik



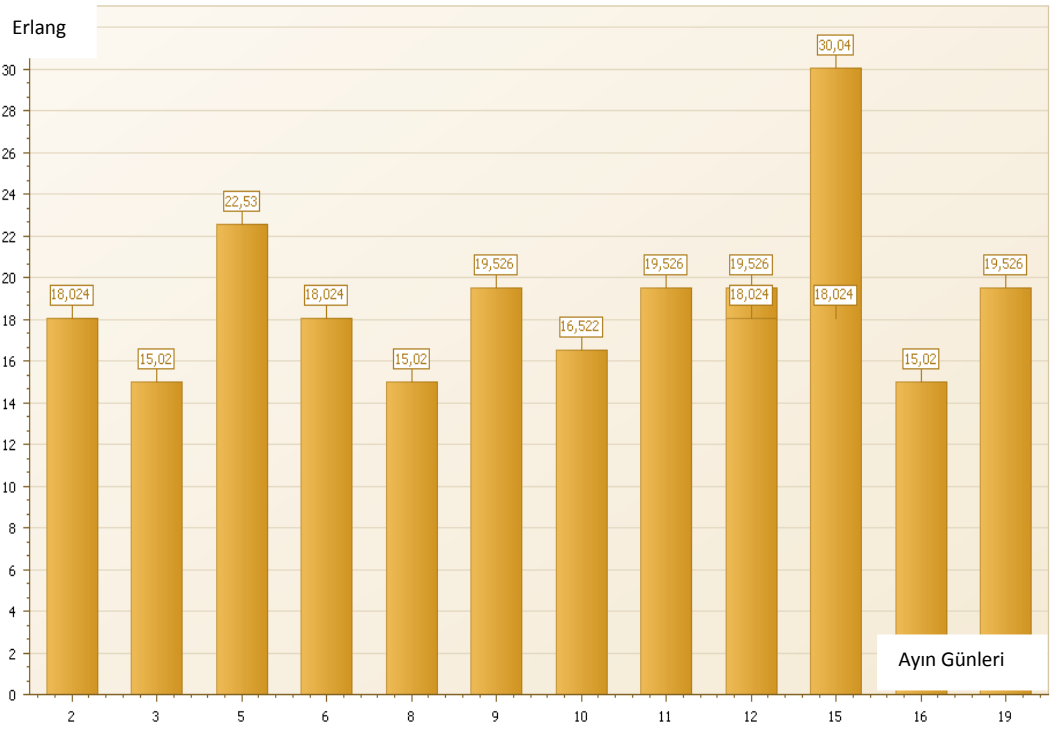
Şekil 57. N=7 ve yönsemez anten kullanımı durumundaki trafik



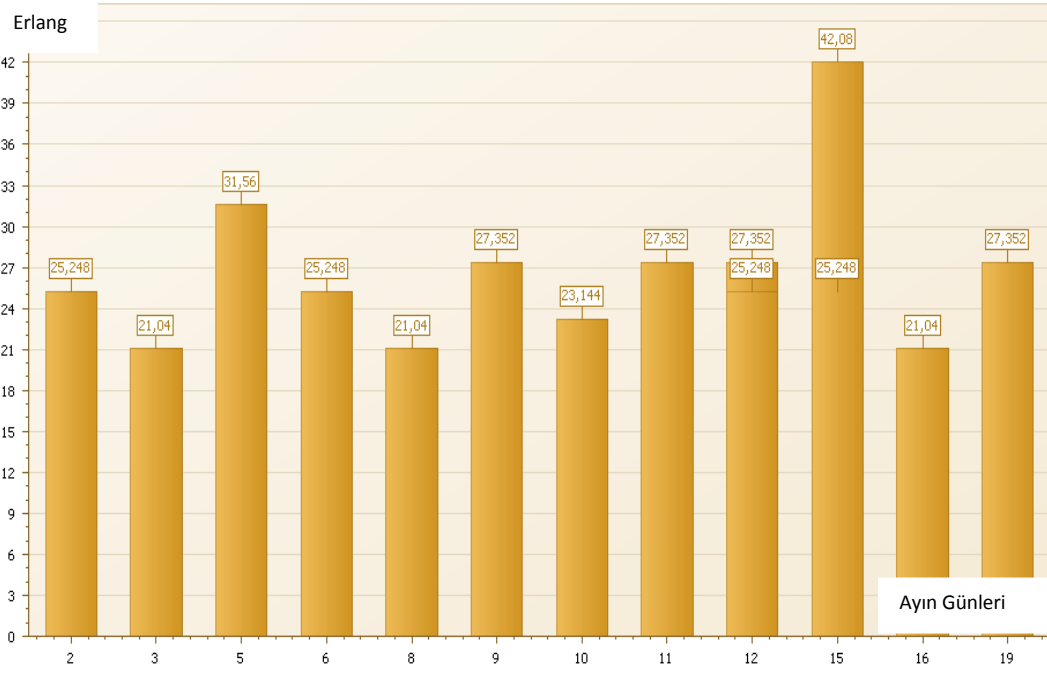
Şekil 58. N=7 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik



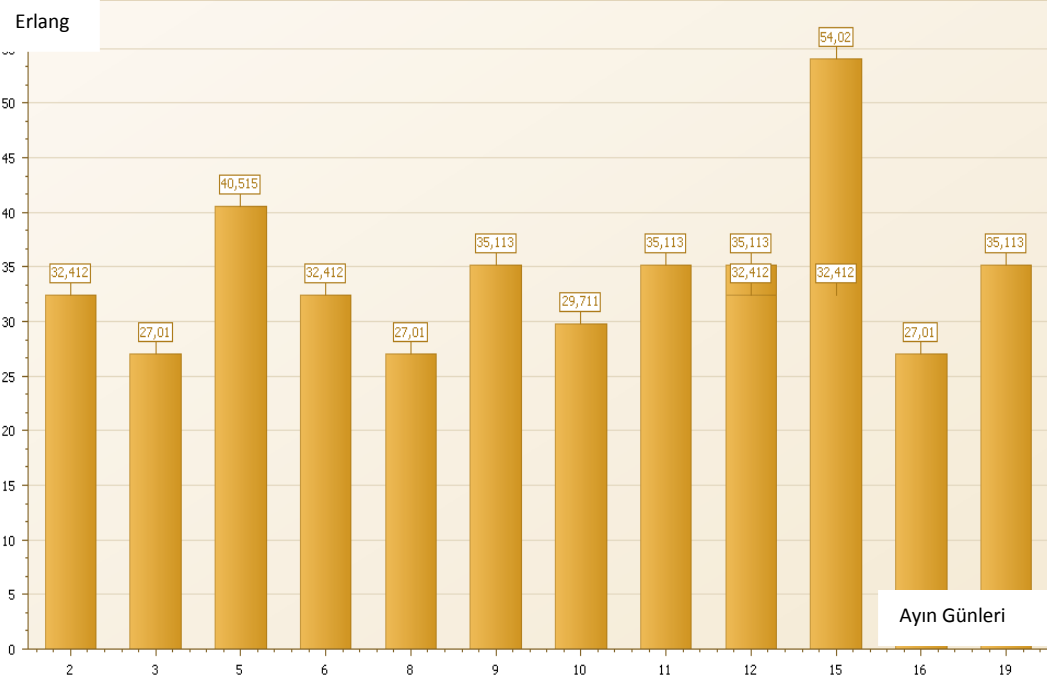
Şekil 59. N=7 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik



Şekil 60. N=12 ve yönsesiz anten kullanımı durumundaki trafik



Şekil 61. N=12 ve 120 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik

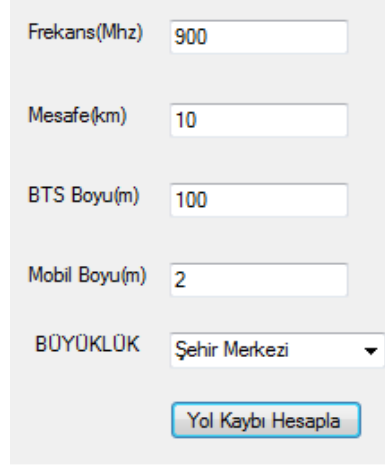


Şekil 62. N=12 ve 60 derecelik sektörel anten kullanımı durumundaki trafik

İlgili grafikler incelendiğinde frekans yeniden kullanım oranı en düşük ve yönsesiz anten kullanımı durumunda trafiğin en düşük seviyede olduğudur. Ancak bu

durumda SIR oranı en düşük hale gelmekte ve sinyal kalitesi kötüleşmektedir.

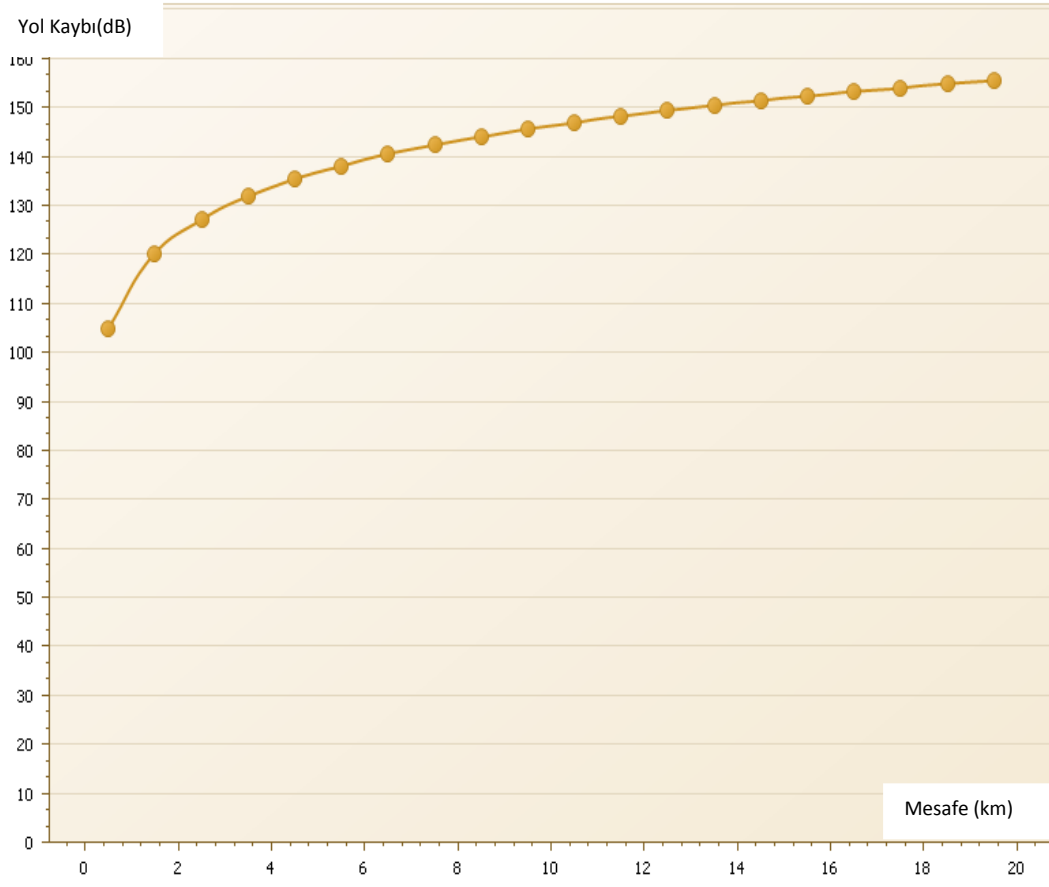
Programın yol kaybı hesabında BTS ve mobil cihaz yükseklikleri, aralarındaki mesafe ve coğrafi bölgenin büyüklüğü bilgileri girilerek yol kaybı hesabı yapılmaktadır. Aşağıdaki şekillerde programın yol kaybı hesabıyla ilgili kısmının ekran görüntüsü ve sonuç grafiği bulunmaktadır.



Frekans(Mhz)	900
Mesafe(km)	10
BTS Boyu(m)	100
Mobil Boyu(m)	2
BÜYÜKLÜK	Şehir Merkezi
<input type="button" value="Yol Kaybı Hesapla"/>	

Şekil 63. Yol kaybı hesabı, şehir merkezi için program ekran görüntüsü

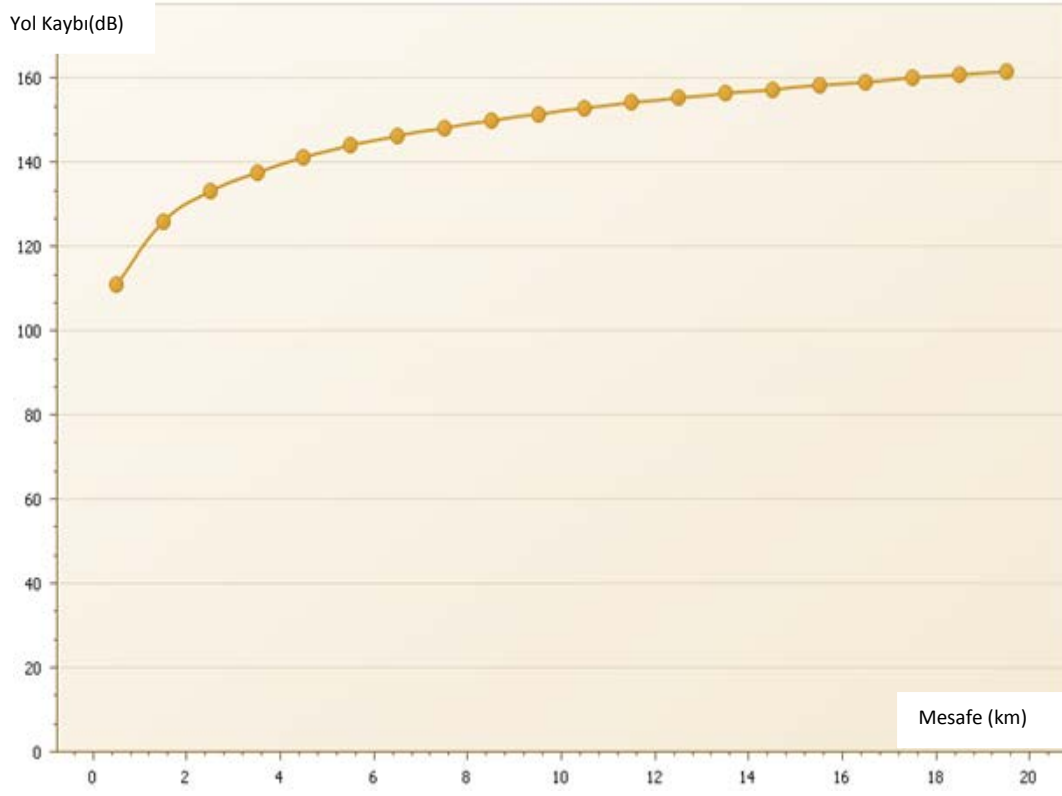
Aşağıdaki grafikte X eksenini kilometre cinsinden mobil cihaz ile BTS arasındaki mesafeyi verirken, Y eksenini dB cinsinden yol kaybını vermektedir.



Şekil 64. Şehir merkezi için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi

Frekans(Mhz)	<input type="text" value="900"/>
Mesafe(km)	<input type="text" value="10"/>
BTS Boyu(m)	<input type="text" value="100"/>
Mobil Boyu(m)	<input type="text" value="2"/>
BOYÜKLÜK	<input type="text" value="Yarı-Kent"/>
<input type="button" value="Yol Kaybı Hesapla"/>	

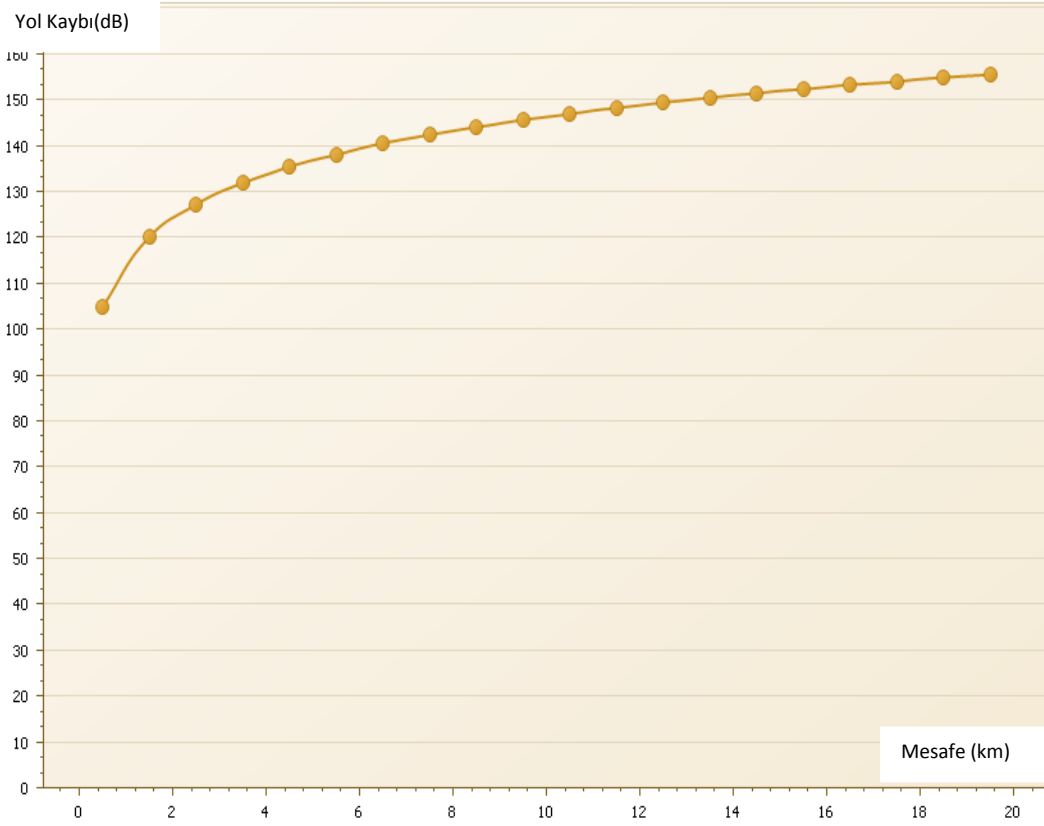
Şekil 65. Yol kaybı hesabı, yarı-kent için program ekran görüntüsü



Şekil 66. Yarı-kent için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi

Frekans(Mhz)	<input type="text" value="900"/>
Mesafe(km)	<input type="text" value="10"/>
BTS Boyu(m)	<input type="text" value="100"/>
Mobil Boyu(m)	<input type="text" value="2"/>
BÜYÜKLÜK	<input type="text" value="Köy"/>
<input type="button" value="Yol Kaybı Hesapla"/>	

Şekil 67. Yol kaybı hesabı, kırsal kesim için program ekran görüntüsü



Şekil 68. Kırsal bölge için yol kaybı hesabının grafiksel gösterimi

3. Yöntem olarak belirtilen programın bir diğer özelliği olan sıfırdan hücre planlamasının yapılmasıdır. Bu kısımda girdi olarak ilgili bölgenin büyüklüğü, nüfusu, pazar yaygınlık oranı, nüfus büyüme oranı ve hizmet edilecek alanın büyüklüğü kullanılmaktadır.

Çıktı olarak ise ilgili bölge için gerekli hücre sayısı, antenin sektör sayısı, SIR oranı, kilometrekareye trafik yoğunluğu, ses kanal sayısı miktarı, hücrenin alanı ve hücre yarıçapı bilgileri oluşmaktadır.

Coğrafi bölgenin tipi: Şehir

Nüfus: 10.000.000

Pazar yaygınlık oranı: 0,25

Nüfus büyüme oranı: 0,03

Alan: 10000 kilometrekare

Sektör = 3
 SIR Oranı = 17,7896513487054
 Kilometrekareye trafik yoğunluğu = 0,0200300180054008
 Ses kanal sayısı = 27
 Sektör başına trafik miktar = 19,26478
 Hücre alanı(km²) = 2885,3863228888
 Hücre yarıçapı(km) = 33,3131200931682
 Gereklı olan hücre sayısı = 3,46574041772963

Şekil 69. Şehir merkezi için sıfırdan kurulması gereken hücre parametreleri

Coğrafi bölgenin tipi: Yarı-Kent

Nüfus: 4000000

Pazar yaygınlık oranı: 0.15

Nüfus büyüme oranı: 0.03

Alan : 200000 kilometrekare

Sektör = 3
 SIR Oranı = 18,9789578811856
 Kilometrekareye trafik yoğunluğu = 0,00024036021606481
 Ses kanal sayısı = 13
 Sektör başına trafik miktar = 7,4015154
 Hücre alanı(km²) = 92380,2888994444
 Hücre yarıçapı(km) = 188,496366930347
 Gereklı olan hücre sayısı = 2,16496400241505

Şekil 70. Yarı-kent için sıfırdan kurulması gereken hücre parametreleri

4. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında mevcutta GSM ağında oluşan veriler yardımıyla farklı yerleşim bölgelerine ilişkin trafik analizi yapılmıştır. Yapılan analiz doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Samsun şehir merkezinde trafik yoğunluğu mevsim bazında en çok ilkbahar ve sonbahar aylarında olmaktadır.
2. Samsun şehir merkezinde trafik yoğunluğu ay bazında en çok haziran ayında olmaktadır. Haziran ayından sonra en yoğun trafiğin olduğu ay ekim ayıdır.
3. Samsun şehir merkezinde dini bayramların arefe günlerinde trafik artışı olmaktadır.
4. Samsun şehir merkezinde haftanın son gününde trafik artışı olmaktadır.
5. Samsun yarı-kent bölgelerinde trafik yoğunluğu mevsim bazında en çok ilkbahar ve yaz aylarında olmaktadır.
6. Samsun yarı-kent bölgelerinde trafik yoğunluğu ay bazında en çok ağustos ayında olmaktadır. Ağustos ayından sonra en yoğun trafiğin olduğu ay nisan ayıdır.
7. Samsun yarı-kent bölgelerinde dini bayramların arefe günlerinde trafik artışı olmaktadır.
8. Samsun kırsal bölgelerinde trafik yoğunluğu mevsim bazında en çok ilkbahar ve yaz aylarında olmaktadır.
9. Samsun kırsal bölgelerinde trafik yoğunluğu ay bazında en çok mayıs ayında olmaktadır. Mayıs ayından sonra en yoğun trafiğin olduğu ay ağustos ayıdır.
10. Samsun kırsal bölgelerinde dini bayramların arefe günlerinde trafik artışı

olmaktadır.

Bu analiz doğrultusunda ses trafik yoğunluğunu azaltmak için farklı yerleşim bölgeleri için çözüm önerisinde bulunulmuştur. Bu yöntemler:

1. Kullanılan kanalların bir hücreden diğerine aktarılması.
2. Farklı frekans yeniden kullanım oranı ve sektörel anten kullanılması.
3. Trafik kanallarının tam oranlı ve yarı oranlı olarak ayarlanmasıdır.

Hata-Okumura yol kaybı hesabı ile farklı yerleşim birimlerine için baz istasyonu mobil cihaz arasındaki mesafeye bağlı olarak yol kaybı hesaplanmaktadır. Tez için geliştirilen program yardımıyla parametrik olarak bu hesaplamalar yapıp grafiksel olarak gösterilmektedir. Bu hesaplamalardan çıkan sonuca göre baz istasyonu boyu değiştirilerek kayıpların azaltılacağı görülebilmektedir.

Son olarak bir bölgeye ilk kez baz istasyonu kurulmak istenirse fizibilite amaçlı olarak gereken donanımsal gereksinimler ortaya çıkarılmaktadır.

Tüm bu hesaplamalar ve grafik gösterimleri geliştirilen yazılım çıktıları kullanılarak yapılmaktadır.

5. ÖNERİLER

Bu kapsamda yapılan çalışma anlık değildir. Veriler oluşup işlenmesi arasında bir süre geçmektedir. Bu nedenle oluşan çözüm gecikmeli olarak uygulanmaktadır. Yapılan programda trafik hesaplaması anlık olarak hesaplanıp çözüm bulunabilirse, optimizasyon çok etkili bir şekilde gerçekleşecektir.

Tez kapsamında incelenen veriler Samsun iline aittir. Bu çalışma için farklı büyüklükteki şehirler için veriler kullanılarak yapıp kıyaslama yapılabilir. Bu doğrultuda çıkacak olan sonuçlardan farklı büyüklükteki şehirlere ait trafik karakteristiği çıkarılabilir.

Tez için kullandığımız verilerin bulunduğu baz istasyonlarının konum bilgilerini alamadık. Veri kaynağı olan baz istasyonlarına ilişkin konum bilgisi alınabilirse bir harita üzerinde gösterimle trafik yoğunluk haritası çıkarılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Kayacan S., GSM'de Frekans Planlama Yöntemleri ve Hücelere Frekans Ataması Yapacak Planlama Yazılımı Gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2007.
2. Ericsson Radio Systems AB, GSM System Survey, EN/LZT 123 3321 R2A, 1998a.
3. Ericsson Radio Systems AB, GSM System Introduction, EN/LZT 123 3641 R2A, 1998c.
4. Mishra, A., R., Cellular Network Planning and Optimisation, First Edition, John Wiley and Sons Ltd., Sussex, 2004 .
5. Black B. A., DiPiazza P. S., Ferguson B. A., Voltmer D. R. and Berry F. C., "Introduction to Wireless Systems", First Edition, Pearson Education, Indianapolis, 2008.
6. Balston M. D., The Pan-European Cellular Technology. In R.C.V. Macario, Personal and Mobile Radio Systems. Peter Peregrinus, London, 1991.
7. Okumura Y., Ohmori E., Kawano T., and Fukua K., Field strength and its variability in UHF and VHF land-mobile radio service, Rev. Elec. Commun. Lab., 16,9 (1968) 825 - 873.
8. Hata M., Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services, IEEE Trans. Veh. Technol., 29 (1980) 317 – 325.
9. Ariyavisitakul S., SIR-based power control in a CDMA system, In IEEE Global Telecommunications Conference, Aralık 1992, Orlando, GLOBECOM'92 Conference: 868 - 873.
10. Walke B., "Mobile Radio Networks", Second Edition, John Wiley & Sons, Chichester, 2002.
11. Garg K. V., "Principles and Applications of GSM", First Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1999.
12. Yu – Huei T., Wen – Shyang, H., and Ce – Kuen S., The influence of propagation in a live GSM network, Journal of Electrical Engineering, 7,1 (2009) 1 - 7
13. Nadir Z., Elfadhil N. and Touati, F., Path loss determination using Okumura – Hata model and spline interpolation for missing data for Oman , Proceeding of the world congress on engineering, Temmuz 2008, London, The World Congress on Engineering 2008 (WCE 2008): 1 – 6.

14. Medeisis A. and Kajackas A., On the Use of the Universal Okumura-Hata Propagation Prediction Model in Rural Areas, Vehicular Technology Conference, Mayıs 2000, Tokyo, Vehicular Technology Conference Proceedings Vol.3: 1815 - 1818.
15. Wilson R. D., and R. A. Scholtz, Comparison of CDMA and Modulation Schemes for UWB Radio in a Multipath Environment, Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference, Aralık 2003, San Francisco, GLOBECOM '03 Vol. 2: 754 - 758.

7. EKLER

Tez kapsamında yazılan kod aşağıdaki gibidir:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Data.SqlClient;
using DevExpress.XtraCharts;

namespace WinTez_20110118
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void comboBox2_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void btnShow_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form yeniform = new Form();
        }
    }
}
```

```
yeniform.Show();
```

```
SqlConnection con = new SqlConnection();
```

```
con.ConnectionString = "Server=.;Database=Tez_son;Trusted_connection=true";
```

```
con.Open();
```

```
SqlCommand cmd = new SqlCommand();
```

```
if (cmbSize.SelectedIndex==0)
```

```
{
```

```
    //Samsun şehir merkezi aylık
```

```
    cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM  
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik]" +
```

```
    "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN  
( 'A1','A2','C1','C2','D1','D2','D3','E1','E2') order by [DATE]";
```

```
    cmd.Connection = con;
```

```
}
```

```
else if (cmbSize.SelectedIndex == 1)
```

```
{
```

```
    //Samsun ilçeleri aylık
```

```
    cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM  
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik]" +
```

```
    "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN  
( 'F1','F2','G1','G2','G3','G4','H1') order by [DATE]";
```

```
    cmd.Connection = con;
```

```
}
```

```
else if (cmbSize.SelectedIndex == 2)
```

```
{
```

```
    //Samsun köyleri aylık
```

```
    cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM  
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik]" +
```

```
    "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN  
( 'K1','K2','K3','L1','L2','L3','M1','M2','M3','N1','N2','N3') order by [DATE]";
```



```

    cmd.Connection = con;
}
SqlDataReader dr = cmd.ExecuteReader();

ChartControl BarChart3D = new ChartControl();

// Add a bar series to it.
Series series1 = new Series("Series 1", ViewType.Bar);
Series series2 = new Series("Series 2", ViewType.Bar);
// series1.ArgumentScaleType = ScaleType.DateTime;

while (dr.Read())
{

    series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"], dr["TOT_TRAF_ERG"]));
    series1.Label.LineVisible = true;
    series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

}
dr.Close();

// Add both series to the chart.
BarChart3D.Series.AddRange(new Series[] { series1, series2 });

// Access labels of the first series.
((BarSeriesLabel)series1.Label).Visible = true;
// ((BarSeriesLabel)series1.Label).ResolveOverlappingMode =
ResolveOverlappingMode.Default;

// Access the series options.
series1.PointOptions.PointView = PointView.Values;

ChartTitle chartTitle1 = new ChartTitle();

```

```

chartTitle1.Text = "3D Side-by-Side Bar Chart";
BarChart3D.Titles.Add(chartTitle1);
BarChart3D.Legend.Visible = false;

// Add the chart to the form.
BarChart3D.Dock = DockStyle.Fill;
yeniform.Controls.Add(BarChart3D);

}

private void btnOkumura_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form yeniform = new Form();
    yeniform.Show();
    double L = 0;
    double A = 69.55;
    double B = 26.16;
    double Hbts=Convert.ToDouble(txtBTS.Text.ToString());
    double f=Convert.ToDouble(txtFrequency.Text);
    double ahm=0;
    double Hm=Convert.ToDouble(txtMobile.Text);
    double d = Convert.ToDouble(txtDistance.Text);

    double[] K = new double[40];

    //ahm=(1.1*Math.Log10(f)-0.7)*hm - (1.56*Math.Log10(f)-0.8);

    if (cmbSizeHata.SelectedIndex == 1 || cmbSizeHata.SelectedIndex == 2)
    {

        //yarı-kent ve köy için
        ahm = (8.25 * Math.Sqrt(Math.Log10(1.54 * Hm))) - 1.1;
    }
}

```

```

else if (cmbSizeHata.SelectedIndex == 0)
{
    //kent için
    ahm = (3.2 * Math.Sqrt(Math.Log10(11.75 * Hm))) - 4.97;
}

L = A + (B * Math.Log10(900)) - (13.82 * Math.Log10(Hbts)) - ahm + (44.9 - 6.55
* (Math.Log10(Hbts))) * Math.Log10(d);
//Hata Okumura modeline göre yol kaybının hesaplanması
for (int i = 0; i < 20; i++)
{

    double dist = 0.5 + i;

    K[i] = A + (B * Math.Log10(900)) - (13.82 * Math.Log10(Hbts)) -
        ahm + (44.9 - (6.55 * (Math.Log10(Hbts)))) * Math.Log10(dist);

}
ChartControl splineChart = new ChartControl();

// Create a spline series.
Series series1 = new Series("Series 1", ViewType.Spline);

// Add points to it.
for (int i = 0; i < 20; i++)
{
    double dist = 0.5 + i;

    series1.Points.Add(new SeriesPoint(dist, K[i]));
}
// Add the series to the chart.
splineChart.Series.Add(series1);

```

```
// Set the numerical argument scale types for the series,  
// as it is qualitative, by default.  
series1.ArgumentScaleType = ScaleType.Numerical;  
series1.Label.Visible = false;  
// Access the view-type-specific options of the series.  
((SplineSeriesView)series1.View).LineTensionPercent = 90;  
  
// Access the type-specific options of the diagram.  
// ((XYDiagram)splineChart.Diagram).EnableAxisXZooming = true;  
  
// Hide the legend (if necessary).  
splineChart.Legend.Visible = false;  
// splineChart.Visible = false;  
  
// Add a title to the chart (if necessary).  
splineChart.Titles.Add(new ChartTitle());  
splineChart.Titles[0].Text = "A Spline Chart";  
  
// Add the chart to the form.  
splineChart.Dock = DockStyle.Fill;  
  
yeniform.Controls.Add(splineChart);  
  
}  
  
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)  
{  
  
}
```

```

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //yeniden kullanım oranı
    int N= Convert.ToInt32(txtFrequencyReuse.Text);
    double q = Math.Sqrt(3 * N);
    int sector=1;

    //omnidirectional anten için SIR oranı(urban ve suburban için)
    double gama = 0;
    if (cmbCitySize.SelectedIndex==0)
    {
        gama = 3.63;
    }
    else if (cmbCitySize.SelectedIndex==1)
    {
        gama = 3.84;
    }
    else if (cmbCitySize.SelectedIndex==2)
    {
        gama = 3;
    }
    double SIRenv=0;
    if (cmbCitySize.SelectedIndex==0 || cmbCitySize.SelectedIndex==1)
    {

        SIRenv=10* Math.Log10(1/(6*Math.Pow((q-1),-gama)));

        //çıkan sonuç 14 dB'den düşükse 3 yönlü anten kullanılır.SIR yeniden hesaplanır
        if (SIRenv<14)
        {
            SIRenv = 10 * Math.Log10(1 / (Math.Pow(q, -gama) + Math.Pow((q + 0.7), -

```

```
gama));
```

```
sector=3;//RF kanal sayısı hesaplanırken kullanılacak
```

```
//hangi tür anten kullanıldığı yazılacak
```

```
}
```

```
}
```

```
//omnidirectional anten için SIR oranı(rural için)
```

```
if (cmbCitySize.SelectedIndex==2)
```

```
{
```

```
SIRenv = 10 * Math.Log10(1 / ((Math.Pow(((2 * N) + 1), -gama)) + (Math.Pow(((2 * N) - 1), -gama))));
```

```
}
```

```
//kilometre kareye düşen trafik yoğunluğu
```

```
double E = 0.02; //abone başına düşen trafik Erlang/subscriber
```

```
double popul = Convert.ToDouble(txtPopulation.Text);
```

```
double penet = Convert.ToDouble(txtPenetration.Text)/100;//market yaygınlığı
```

```
double growth = Convert.ToDouble(txtGrowth.Text)/100;
```

```
double ROT = 5; //rollout time in years
```

```
double share = 0.4; //market oranı
```

```
double area = Convert.ToDouble(txtArea.Text);
```

```
//Çıkan sonuç Erlang/km2
```

```
double Traffic_density = (E * popul * penet * Math.Pow((1 + growth), ROT) * share) / (area);
```

//Voice kanalları için gerekli hesaplamalar

```

int voice_channel=0;
double BW=0;
double channel=200000;//RF channel bandwidth genellikle 200 kHz
double speechperRF=8;//her taşıyıcı için 8 RF taşıyıcı bulunmaktadır.
//RF kanal sayısı ((BW/channel)-1)

if (cmbCitySize.SelectedIndex == 0 )
{
    BW = 8330000;

}
else if (cmbCitySize.SelectedIndex == 1 || cmbCitySize.SelectedIndex == 2)
{
    BW = 4160000;
}
voice_channel = Convert.ToInt32(((BW / channel) - 1) * (speechperRF / (N *
sector)));

/*****
*****/

//çıkan voice channel ile GoS karşılaştırması yapılarak sektör başına trafik bulunur
//trafficpersector bulunur

/*****
*****/

SqlConnection con = new SqlConnection();
con.ConnectionString = "Server=.;Database=Tez_yeni;Trusted_connection=true";
con.Open();

```

```

SqlCommand cmd = new SqlCommand();
cmd.CommandText = "SELECT ERLANG FROM [Tez_yeni].[dbo].[Erlang] " +
    "WHERE TRUNCK=" + voice_channel + " and BLOCK=0.02";
cmd.Connection = con;

double trafficpersector = (double) cmd.ExecuteScalar();

//Hücre alanının hesaplanması kilometrekare olarak sonuç çıkar

double cellarea = 0;
cellarea = (trafficpersector * sector) / Traffic_density;

//hücre çapı kilometre olarak

double cell_radius = 0;

cell_radius = Math.Sqrt((cellarea / 2.6));

//Gürültünün hesaplanması

double noise = 0;
double k = 1.38 * Math.Pow(10, (-23)); //Boltzman sabiti
double Nf = 7; //Kablo kaybı

noise = 10 * (Math.Log10(k * channel * Math.Pow(10, (Nf / 10))));

//Minimum alıcı gücünü elde etmek için %90==> SNR=14 ve %95 ==>SNR=5

double SNR = Convert.ToDouble(txtDoksanbes.Text);
double Pr = 0;

//Minimum alıcı gücü

```



```
Pr = SNR + noise - 10*Math.Log10(1 - (Math.Pow(10,((SNR-SIRenv)/10)))));
```

```
//%90 ve %95 coverage için yarıçap hesabı
```

```
double yuzde=0.95;//yüzde olarak coverage'ın %90-95 olması beklenebilir.
```

```
double hucre_alan = 2.6 * Math.Pow(cell_radius, 2);
```

```
double yaricap = Math.Sqrt((hucre_alan*yuzde)/Math.PI);
```

```
//ihtiyaç duyulan hücre sayısı miktarı
```

```
//double yerlesim_alan = 0; //urban suburban alanı
```

```
double hucre_sayisi = area / cellarea;
```

```
//toplam BSC sayısı
```

```
// double bsc_sayisi =
```

```
//yeni form yaratılır.Listboxta sonuçlar görüntülenir
```

```
Form yenikurulumform = new Form();
```

```
ListBox sonuclar = new ListBox();
```

```
sonuclar.Height = yenikurulumform.Height;
```

```
sonuclar.Width = yenikurulumform.Width;
```

```
sonuclar.Items.Add("Sektör = " + sector);
```

```
sonuclar.Items.Add("SIR Oranı = " + SIRenv);
```

```
sonuclar.Items.Add("Kilometrekareye trafik yoğunluğu = " + Traffic_density);
```

```
sonuclar.Items.Add("Ses kanal sayısı = " + voice_channel);
```

```
sonuclar.Items.Add("Sektör başına trafik miktarı = " + trafficpersector);
```

```
sonuclar.Items.Add("Hücre alanı(km2) = " + cellarea);
```

```
sonuclar.Items.Add("Hücre yarıçapı(km) = " + cell_radius);
```

```

//sonuclar.Items.Add("Gürültü = " + noise);
// sonuclar.Items.Add("Minimum alıcı gücü = " + Pr);
// sonuclar.Items.Add("%95 Kapsama için hücre alanı = " + hucre_alan);
//sonuclar.Items.Add("%95 Kapsama için yarıçap = " + yaricap);
sonuclar.Items.Add("Gerekli olan hücre sayısı = " + hucre_sayısı);
// sonuclar.Items.Add("Gerekli olan hücre sayısı = " + hucre_sayısı);

yenikurulumform.Controls.Add(sonuclar);

yenikurulumform.Show();

}

private void btnResolve_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form yeniform = new Form();
    yeniform.Show();

    SqlConnection con = new SqlConnection();
    con.ConnectionString = "Server=.;Database=Tez_yeni;Trusted_connection=true";
    con.Open();

    SqlCommand cmd = new SqlCommand();

    if (cmbSize.SelectedIndex == 0)
    {
        //Samsun şehir merkezi aylık
        cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik" +
        "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN
('A1','A2','C1','C2','D1','D2','D3','E1','E2') order by [DATE]";
        cmd.Connection = con;

```

```

}
else if (cmbSize.SelectedIndex == 1)
{
    //Samsun ilçeleri aylık
    cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik]" +
    "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN
('F1','F2','G1','G2','G3','G4','H1') order by [DATE]";
    cmd.Connection = con;
}
else if (cmbSize.SelectedIndex == 2)
{
    //Samsun köyleri aylık
    cmd.CommandText = "SELECT [DATE],TOT_TRAF_ERG FROM
[Tez_son].[dbo].[" + cmbMonth.Text.ToString() + "_trafik]" +
    "WHERE TOT_TRAF_ERG>10 AND CELL IN
('K1','K2','K3','L1','L2','L3','M1','M2','M3','N1','N2','N3') order by [DATE]";
    cmd.Connection = con;
}

SqlDataReader dr = cmd.ExecuteReader();

ChartControl BarChart3D = new ChartControl();

// Add a bar series to it.
Series series1 = new Series("Series 1", ViewType.Bar);
Series series2 = new Series("Series 2", ViewType.Bar);
// series1.ArgumentScaleType = ScaleType.DateTime;

//N=4 ve omnianten seçimi durumu

if (cmbN.SelectedIndex==0 && cmbSector.SelectedIndex==0)
{

```

```

while (dr.Read())
{

    series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 0.424));
    series1.Label.LineVisible = true;
    series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

}
dr.Close();
}

```

//N=4 ve 120 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 0 && cmbSector.SelectedIndex == 1)
{
    while (dr.Read())
    {

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 0.5));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=4 ve 60 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 0 && cmbSector.SelectedIndex == 2)
{
    while (dr.Read())

```

```

{

    series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 0.571));
    series1.Label.LineVisible = true;
    series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

}
dr.Close();
}

```

//N=7 ve omnianten seçimi durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 1 && cmbSector.SelectedIndex == 0)
{
    while (dr.Read())
    {

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 0.804));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=7 ve 120 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 1 && cmbSector.SelectedIndex == 1)
{
    while (dr.Read())
    {

```

```

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 1));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=7 ve 60 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 1 && cmbSector.SelectedIndex == 2)
{
    while (dr.Read())
    {

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 1.419));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=12 ve omnianten seçimi durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 2 && cmbSector.SelectedIndex == 0)
{
    while (dr.Read())
    {

```

```

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 1.502));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=12 ve 120 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 2 && cmbSector.SelectedIndex == 1)
{
    while (dr.Read())
    {

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],
Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 2.104));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

```

//N=12 ve 60 derece sektör durumu

```

if (cmbN.SelectedIndex == 2 && cmbSector.SelectedIndex == 2)
{
    while (dr.Read())
    {

        series1.Points.Add(new SeriesPoint(dr["DATE"],

```

```

Convert.ToInt32(dr["TOT_TRAF_ERG"]) * 2.701));
        series1.Label.LineVisible = true;
        series1.PointOptions.ArgumentDateTimeOptions.FormatString = "MMMM";

    }
    dr.Close();
}

// Add both series to the chart.
BarChart3D.Series.AddRange(new Series[] { series1, series2 });

// Access labels of the first series.
((BarSeriesLabel)series1.Label).Visible = true;
// ((BarSeriesLabel)series1.Label).ResolveOverlappingMode =
ResolveOverlappingMode.Default;

// Access the series options.
series1.PointOptions.PointView = PointView.Values;

ChartTitle chartTitle1 = new ChartTitle();
chartTitle1.Text = "3D Side-by-Side Bar Chart";
BarChart3D.Titles.Add(chartTitle1);
BarChart3D.Legend.Visible = false;

// Add the chart to the form.
BarChart3D.Dock = DockStyle.Fill;
yeniform.Controls.Add(BarChart3D);

}

private void lblDistance_Click(object sender, EventArgs e)

```


ÖZGEÇMİŞ

13.03.1982 tarihinde Trabzon'da doğdu. Liseyi Trabzon Yunus Emre Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2006 yılı güz döneminde Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2006-2007 Eğitim Öğretim Dönemi'nde Erasmus programı ile Viyana Teknik Üniversitesi'ne yüksek lisans çalışması yapmak üzere gitti. İş hayatına Atos Origin firmasında danışman olarak başladı. Turkcell ve Vodafone'da çeşitli projelerde çalıştı. Şu an da Vodafone firmasında İş Analisti olarak çalışmaktadır. Yabancı dil olarak çok iyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.

Başlıca yayınları:

Beşli, O., Çavdar, İ.H., “Veri Ambarı Yazılım Geliştirme Sürecinde Test”, Akademik Bilişim 2010 Sempozyumu, 10-12 Şubat 2010.