

Üniversitesi	: İstanbul Teknik Üniversitesi
Enstitüsü	: Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	: Bilgisayar Mühendisliği
Programı	: Bilgisayar Mühendisliği
Tez Danışmanı	: Yrd.Doç.Dr.Feza BUZLUCA
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans – Ocak 2003

ÖZET

KABLOSUZ SİSTEMLERDE KAYIT SİNYAL TRAFİĞİNİ EN AZA İNDİRMEK İÇİN OPTİMUM BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ

Ümit ASLİHAK

Bu tez çalışmasında yeni bir statik bölge yönetimi tekniği olan Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım (TT-BAT v.2) tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik TT-BAT v.1 tekniği temel alınarak elde edilmiştir. TT-BAT v.2 tekniği, TT-BAT v.1 ve mevcut ve yaygın olarak kullanılan Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarım (YD-BAT) teknikleri ile ve gerçek veriler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Gezgin İstasyonların hücreler arası tahmini hareketleri izlenir ya da hesaplanır. Hücreler, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplaması tekniği uygulanarak Bölge Alanlarına bölünür. Bu bölünmede, aralarındaki tahmini trafik yüksek olan hücre çiftleri aynı Bölge Alanında gruplanır. Burada, her sabit bölge alanı için en uygun hücre grubunu seçmek amaçlanmıştır. Bölge Alanı-içi gezgin trafiği arttırarak Bölge Alanları arasındaki trafiği düşürmek mümkündür. Başlangıçta bütün hücrelerde oluşan trafik, bir grafik üzerinde çizilerek izlenir, ve yoğun, normal ve az yoğun olarak üç gruba ayrılır. BA' larına hücreler dahil edilirken, verilen üst değer (η_{max}) normal yoğunluktaki gruba dahil olan hücreler için kullanılır. Trafiğin yoğun olduğu grup için üst değerden iki fazla ($\eta_{max} + 2$), az yoğun olduğu grup için ise iki eksiği ($\eta_{max} - 2$) üst değer olarak alınır. Burada amaç, trafiğin yoğunluğuna göre, fakat farklı sayıda maksimum hücre olacak şekilde BA' larını oluşturmaktır. Bu, daha az sayıda bölge kaydı yapılması demektir. TT-BAT v.1 ve öngörülen TT-BAT v.2 tekniklerinin, ağ üzerinde oluşan toplam trafik yükü bakımından mevcut YD-BAT tekniğine göre ciddi oranda bir performans artışı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Statik bölge yönetimi tekniği, Bölge Kaydı

Bilim Dalı Sayısal Kodu : 619

University	: Istanbul Technical University
Institute	: Institute of Science and Technology
Science Programme	: Computer Engineering
Programme	: Computer Engineering
Supervisor	: Asst.Prof.Feza BUZLUCA
Degree Awarded and Date	: MsD – January 2003

ABSTRACT

OPTIMAL LOCATION AREA DESIGN TECHNIQUE TO MINIMIZE REGISTRATION SIGNALLING TRAFFIC IN WIRELESS SYSTEMS

Ümit ASLIHAK

In this thesis, a new static location management technique called Traffic Based Location Area Design Technique (TB-LAD) v.2 is developed. This technique was obtained on the base of TT-LAD v.1. TB-LAD v.2 is compared with TB-LAD v.1 and a present and widespread technique Proximity Based Location Area Design (PB-LAD) by using real data. The expected inter-cell movement patterns of mobiles are observed or calculated. The cells are partitioned into location areas by using inter-cell traffic prediction and traffic based cell grouping techniques. In this partitioning, the cell pairs with higher inter-cell mobile traffic are grouped into the same LA. Here we aimed at selecting the best set of cells for each static location area. By increasing the intra-LA mobile traffic, the inter-LA mobile traffic is decreased. At the beginning, the traffic in all cells are watched graphically and grouped into three, as the ones with high density, the ones with normal density and the ones with low density. While the cells are being assigned to the location areas, the η_{max} is used for the cells with normal traffic density. For the cells with high traffic density, $\eta_{max} + 2$ is used as the η_{max} . For the cells with low traffic density, $\eta_{max} - 2$ is used as the η_{max} . The purpose to do so is to design the location areas with different number of maximum cells. This means reduction in location registration. In our study, we saw that, the TB-LAD v.1 and proposed TB-LAD v.2 techniques have a serious performance gain from the point of network traffic.

Keywords : Static Location Management Technique, Location Registration

Science Code : 619

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, kablosuz ağlar ve özellikle GSM ağlarında Bölge Yönetim yöntemleri incelenmiş ve yeni bir statik bölge yönetimi tekniği olan Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi (**TT-BAT**) v.2 geliştirilmiştir. Bu teknik **TT-BAT v.1** tekniği temel alınarak elde edilmiştir. **TT-BAT v.2**, **TT-BAT v.1** ve Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi (**YD-BAT**), Sayısal Harita benzetim programı kullanılarak, 1000,1500,...5000 m yarıçaplı hücreler için ve izlenen 56 kişinin toplam 5622 hareketi modellenerek toplam maliyet açısından karşılaştırılmıştır. **TT-BAT v.2** tekniğinin, yaygın olarak kullanılan **YD-BAT** tekniğinden her zaman, **TT-BAT v.1** tekniğinden ise genellikle daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Tez çalışmalarım esnasında gösterdiği anlayış, yardım ve desteklerinden dolayı tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.Feza BUZLUCA' ya, çalışmamı, kendi geliştirmiş olduğu algoritmayı ve benzetim programını kullanmama müsaade eden ve her aşamada benden desteğini esirgemeyen Dr.Y.Müh.Yb.Erdal ÇAYIRCI' ya, gösterdiği anlayış ve yardımlarından dolayı Hv.Mu.Kd.Bnb.Uğur SOYLU ve tüm Otomatik Bilgi Sistemleri (OBS) Şube personeline ve özellikle sevgili eşim ve henüz bunların farkında olmayan biricik oğluma teşekkür ederim.

Ocak, 2003

Ümit ASLIHAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xv
1 GİRİŞ	1
2 BÖLGE YÖNETİMİ İŞLEMLERİ.....	5
2.1. Kişisel İletişim Ağı (KİA) Mimarisi.....	6
2.1.1. IS-41 (Interim Standart-41) ‘ de Bölge Kaydı	11
2.1.2. IS-41 (Interim Standart-41) ‘ de Çağrı Dağıtımı.....	12
2.2. GSM Ağı (Global System for Mobile communications) Mimarisi	13
2.2.1. Kimlik Parametreleri (Identification Parameters).....	15
2.2.2. GSM’ de Bölge Kaydı ve Çağrı Dağıtımı İşlemleri.....	16
3 MEVCUT BÖLGE GÜNCELLEME VE ARAMA STRATEJİLERİ.....	20
3.1. Bölge Güncelleme Stratejileri.....	21
3.1.1. Statik Bölge Güncelleme Stratejileri.....	21
3.1.2. Dinamik Bölge Güncelleme Stratejileri	25
3.2. Arama Stratejileri.....	35
4 TRAFİK TABANLI BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ V.1 VE ÖNGÖRÜLEN TRAFİK TABANLI BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ V.2	40
5 SİMÜLASYON MODELİ.....	44
5.1. Simülasyon Modeli ile İlgili Varsayımlar	44
5.2. Sayısal Sonuçlar ve Analiz	45
5.3. Toplam Bölge Yönetimi Maliyeti.....	52
6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	57
EK A HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE OLUŞAN TRAFİK DAĞILIMLARI	63
EK B HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE ARANAN HÜCRE SAYISI.....	68
EK C HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE BÖLGE GÜNCELLEME SAYISI..	73

EK D	HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=5).....	78
EK E	HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=10).....	83
EK F	HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=15).....	88
EK G	HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=20).....	93
	ÖZGEÇMİŞ.....	98

KISALTMALAR

KİS	: Kişisel İletişim Servisleri
PCS	: Personnel Communications Services
KİA	: Kişisel İletişim Ağları
PCN	: Personnel Communications Network
BİK	: Baz İstasyon Kontrolcüsü
GAM	: Gezgin Anahtarlama Merkezi
Gİ	: Gezgin İstasyon
BA	: Bölge Alanı
LA	: Location Area
GSM	: Global System for Mobile Communications
GSM MAP	: GSM Mobile Application Part
GUP	: Gezgin Uygulama Parçası
YD-BAT	: Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı
PB-LAD	: Proximity Based Static LA Design
TT-BAT	: Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarımı
BY	: Bölge Yönetimi
AA	: Arama Alanı
Bİ	: Baz İstasyonu
AYK	: Ana Yer Kayıtçısı
HLR	: Home Location Register
PSTN	: Public Switching Telephone Network
SS7	: Signalling System No.7
ZYK	: Ziyaretçi Yer Kayıtçısı
VLR	: Visitor Location Register
EIA / TIA	: Electronic / Telecommunications Industry Associations
IS-41	: Interim Standart 41
DCS	: Digital Cellular Service
GGTS	: Gelişmiş Gezgin Telefon Sistemleri
KA	: Kayıt Alanı
GBN	: Geçici Bölge Numarasını
TLDN	: Temporary Location Directory Number
BİS	: Baz İstasyon Sistemi
AAS	: Ağ Anahtarlama Sistemi
KKM	: Kullanıcı Kimlik Modülü
SIM	: Subscriber Identity Module
BİAS	: Baz İstasyonu Altsistemi
BSS	: Base Station Subsystem
AAAS	: Ağ Anahtarlama Altsistemi
NSS	: Network Switching Subsystem
GATA	: Genel Anahtarlama Telefon Ağı
PSTN	: Public Switched Telephone Network
YM	: Yetkilendirme Merkezi

AuC	: Authentication Centre	
CTK	: Cihaz Tanımlama Kayıtçısı	
EIR	: Equipment Identity Register	
ITU-T	: International Telecommunication Union's Telecommunication Sector	
UGKK	: Uluslararası Gezgin Kullanıcı Kimliği	
IMSI	: International Mobile Subscriber Identity	
GÜK	: Gezgin Ülke Kodu	
MCC	: Mobile Country Code	
GAK	: Gezgin Ağ Kodu	
MNC	: Mobile Network Code	
GKTN	: Gezgin Kullanıcı Tanımlama Numarası	
MSIN	: Mobile Subscriber Identification Number	
GGKK	: Geçici Gezgin Kullanıcı Kimliği	
TMSI	: Temporary Mobile Subscriber Identity	
ISDN	: Integrated Services Digital Network	
GİSDN	: Gezici İstasyon ISDN Numarası	
MSISDN	: Mobile Station ISDN Number	
GİDN	: Gezici İstasyon Dolanım Numarası	
MSRN	: Mobile Station Roaming Number	
BAT	: Bölge Alanı Tanıtıcısı	
LAI	: Location Area Identifier	
BAK	: Bölge Alanı Kodu	
LAC	: Location Area Code	
HK	: Hücre Kimliği	
CI	: Cell Identity	
BİKK	: Baz İstasyonu Kimlik Kodu	
BSIC	: Base Station Identity Code	
GÜGA	: Genel Ülke Gezgin Ağı	
GGİK	: Geçici Gezgin İstasyon Kimliği	
TMTI	: Temporary Mobile Terminal Identifier	
İAM	: İlk Adres Mesajı	
IAM	: Initial Address Message	
AS	: Alternatif Strateji	
YS	: Yol Sayacı	
YK	: Yığın Kayıtçısı	
BG	: Bölge Güncellemesi	
ÇHO	: Çağrı-Hareketlilik Oranı	
CMR	: Call to Mobility Ratio	
KHG	: Kullanıcı Hareketlilik Geçmişi	
UMH	: User Mobility History	
KHS	: Kullanıcı Hareketlilik Seyri	
UMP	: User Mobility Pattern	
TM	: Toplam Maliyet	

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1 Zaman – Gİ açık-kapalı olasılık tablosu.	45
Tablo 5.2 Yol ve yüzey tiplerine göre trafik yoğunluğu çarpan faktörleri.....	49
Tablo 5.3 Trafik Sınırları.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Kişisel İletişim Ağı (KİA) Mimarisi	7
Şekil 2.2 SS7 (Sinyal Gönderme Sistemi No:7) Ağı Mimarisi	8
Şekil 2.3 IS-41 (Interim Standart-41) de Bölge Kayıt yöntemi.	11
Şekil 2.4 IS-41 (Interim Standart-41) de Çağrı Dağıtımı.	12
Şekil 2.5 GSM Ağı Mimarisi.	13
Şekil 3.1 Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı (YD-BAT)	24
Şekil 3.2 Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarımı (TT-BAT).	24
Şekil 3.3 Geçmişe Dayalı BA Güncellemesi Yöntemi.	31
Şekil 3.4 Yön Tabanlı BA Güncellemesi Yöntemi.....	32
Şekil 3.5 Arama stratejileri	36
Şekil 5.1 Simulasyonu yapılan bölgenin haritası.	46
Şekil 5.2 Hücrelere bölünmüş olarak simülasyon bölgesi ($r=2500$ m)......	47
Şekil 5.3 YD-BAT tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$).	47
Şekil 5.4 TT-BAT v.1 tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$)...	48
Şekil 5.5 TT-BAT v.2 tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$)...	48
Şekil 5.6 Aranan toplam hücre sayısı ($r=3000$ m).	51
Şekil 5.7 Toplam Bölge güncelleme sayısı ($r=3000$ m)	52
Şekil 5.8 Toplam Maliyet ($r=3000$ m, $c=15$).	53
Şekil A.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=1000$ m).63	
Şekil A.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=1500$ m).63	
Şekil A.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=2000$ m).64	
Şekil A.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=2500$ m).64	
Şekil A.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=3000$ m).65	
Şekil A.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=3500$ m).65	
Şekil A.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=4000$ m).66	
Şekil A.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=4500$ m).66	
Şekil A.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=5000$ m).67	
Şekil B.1 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=1000$ m)...	68
Şekil B.2 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=1500$ m)...	68
Şekil B.3 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=2000$ m)...	69
Şekil B.4 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=2500$ m)...	69
Şekil B.5 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=3000$ m)...	70
Şekil B.6 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=3500$ m)...	70
Şekil B.7 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=4000$ m)...	71
Şekil B.8 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=4500$ m)...	71
Şekil B.9 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=5000$ m)...	72
Şekil C.1 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=1000$ m).	73
Şekil C.2 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=1500$ m).	73

[illegible]

Şekil G.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=5000$ m, $c=20$). 97

SEMBOL LİSTESİ

r	: Hücre yarıçapı.
c	: BG Maliyetinin Hücre Arama Maliyetine Oranı
N_{lu}	: BG Mesajlarının Sayısı
N_p	: Aranılan Hücre Sayısı
η_{max}	: Bir Bölge Alanı'ndaki maksimum hücre sayısı
TM	: Toplam Maliyet

KABLOSUZ SİSTEMLERDE KAYIT SİNYAL TRAFİĞİNİ EN AZA İNDİRMEK İÇİN OPTİMUM BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında önce, Kişisel İletişim Ağları (KİA), GSM Ağı (Global System for Mobile communications) ve SS7 Ağı (Signalling System No.7) yapıları hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Bu farklı ağ yapıları içinde bölge güncelleme ve çağrı dağıtma işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiği özetlenmiştir. Daha sonra detaylı olarak mevcut bölge güncelleme ve arama stratejileri tanıtılmış, bu çalışmanın ana konusu olan Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım tekniği v.1 (TT-BAT v.1) üzerinde özellikle durulmuş, ve bu teknik ile GSM ağlarında kullanılmakta olan Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarım (YD-BAT) tekniği, ağ üzerinde neden oldukları maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak TT-BAT v.1 tekniği geliştirilerek TT-BAT v.2 olarak açıklanmıştır.

Bu çalışmada, yeni bir statik bölge yönetimi tekniği olan Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi (**TT-BAT**) v.2 geliştirilmiştir. Bu teknik **TT-BAT v.1** tekniği temel alınarak elde edilmiştir. **TT-BAT v.2**, **TT-BAT v.1** ve Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi, Sayısal Harita benzetim programı kullanılarak, 1000,1500,...5000 m yarıçaplı hücreler için ve izlenen 56 kişinin toplam 5622 hareketi modellenerek toplam maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda adil olabilmek için, algoritmaların üçünde de blanket tarama algoritması (arama genel yayın veya tek aşamalı işlem ile yapılır) kullanılmıştır. Çalışmalar bir simülasyon programı ile simüle edilmiş ve **TT-BAT v.2** tekniğinin, yaygın olarak kullanılan **YD-BAT** tekniğinden her zaman, **TT-BAT v.1** tekniğinden ise genellikle daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Kablosuz bant-genişliği doğasından dolayı kısıtlı bir kaynaktır ve gezgin iletişim için kullanılabilecek kablosuz kanalların sayısı çok sınırlıdır. Oldukça az sayıdaki kablosuz kanalla, büyük sayıdaki abonelere hizmet verebilmek için, mevcut KİA ve GSM ağları hücresel bir mimari kullanırlar. Hizmet alanı coğrafi durumuna göre (her birine bir baz istasyonu ile hizmet verilen) hücrelere bölünür ve her hücreye bir miktar kablosuz kanal atanır. Her hücredeki etkin bağlantıların sayısı o hücreye atanmış kullanılabilecek kanalların sayısını geçemez. Gezgin kullanıcılar ve istasyonları ağı baz istasyonları üzerinden bağlanırlar. Hücreler değişik büyüklüklerde olabilirler: Pico-hücreler (birkaç yüz metre çapında) genellikle merkezi, kalabalık bölgelerde; Micro-hücreler (birkaç kilometre çapında) şehir içlerinde; Macro-hücreler (on kilometre ve daha büyük çaplı) ise kırsal kesimde ve otoyolları kapsamak için kullanılır. Küçük hücreler iletişim için daha az güç kullanırlar ve daha fazla frekans tekrar kullanımına izin verirler. Birkaç baz istasyonu bir Baz İstasyon Kontrolcü'süne (BİK) ve belli bir sayıdaki BİK'ler de bir Gezgin Anahtarlama Merkezine (GAM) bağlanırlar.

KİA, sabit bir kablolu ağ bileşeni ve birçok gezgin istasyondan oluşur. Kablosuz bant-genişliğini korumak için, gezgin istasyonlar kablolu ağa sürekli bağlı değillerdir. Gezgin istasyon meşgul olmadığı sürece ağdan tamamen ayrılır ve sadece gerektiğinde ona kanal tahsis edilir. Bu yüzden bir çağrı geldiği zaman gezgin istasyonun bölgesini belirleyecek bir yöntem ihtiyacı vardır.

Bölge yönetimi, çağrı aralarında ağın, kullanıcıların ve istasyonların bölgesini izlemesini sağlar. Kullanıcılar kapsama alanı içerisinde hareket edebileceklerinden, ağ, kullanıcının sadece yaklaşık bölgesini saptayabilir. Belli bir kullanıcı için bölge bilgisi gerektiğinde, ağ tarafından, kullanıcının hücre peteğindeki tam bölgesi saptanmalıdır. Gezgin bir kullanıcının belli bir andaki bölgesinin ağa bildirilme işlemine **bölge güncellemesi** (location update) veya **bölge kaydı** (location registration), gezgin kullanıcının bölgesinin saptanması işlemine de **paging** ya da **çağrı dağıtımı (arama)** denir.

Bölge güncellemeleri kablosuz bant-genişliği kullanıcılar ve kablosuz ağa ek yük getirirler. Bununla birlikte bölge güncellemesi sırasında alınan bilgiler ağın tarama alanının büyüklüğünü kısıtlayarak, ek tarama yükünü azaltır.

Bölge güncelleme algoritmaları iki ana gruba ayrılabilir: sabit ve değişken. Sabit algoritmalarda, bir Bölge Alanı (BA) kendisine sabit olarak atanmış olan bir grup hücreden oluşur ve bütün Gezgin İstasyonlar (Gİ) için aynıdır. Değişken algoritmalarda ise, bölge güncellemesi kullanıcının arama ve hareket alışkanlıklarına dayanır ve bölge güncelleme parametreleri değişken olarak seçilebildiği için bölge yönetiminden kaynaklanan sinyal trafiğini düşürür.

Bu çalışmada, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplamasına dayanan yeni bir bölge alanı tasarım tekniği üzerinde durulmuştur. Bu teknikte, bölge alanlarının tespitinde, en iyi hücre kümesinin seçilebilmesi için, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplaması yöntemi kullanılır. Gİ'lerin hücreler arası tahmini hareketleri izlenir ya da hesaplanır. Hücreler, trafik tabanlı hücre gruplaması tekniği uygulanarak BA'larına bölünür. Bu bölünmede, aralarındaki tahmini trafik yüksek olan hücre çiftleri aynı BA' nında gruplanır. Bu algoritmada, bir bölge alanında olması gereken en uygun hücre sayısını belirlemek yerine her sabit bölge alanı için en uygun hücre grubunu seçmek amaçlanmıştır. BA-içi gezgin trafiği arttırarak, daha az sayıda bölge kaydı yapılması anlamına gelen, BA'ları arasındaki trafiği düşürmek mümkündür.

Bu çalışmada, en iyi sayısal sonucun alındığı hücre yarıçapının veya BA'ndaki hücre sayısının kaç olması gerektiğinin tespit edilmesi üzerinde değil, fakat aynı şartlar altında mevcut ve kullanılan statik tekniğe göre daha iyi sonuç veren yeni bir statik teknik ve onun daha iyileştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

TT-BAT v.1 tekniğinde hücreler komşu hücreleriyle yarattıkları hücre sınırı geçiş sayısına göre büyükten küçüğe doğru sıralı olarak bir listede tutulmaktadır. BA'larına hücreler dahil edilirken dikkat edilen husus hücre sınırı geçiş sayısı ve önceden belirlenmiş olan ve bir BA'na dahil edilebilecek azami hücre sayısını ifade eden bir üst değerdir (η_{max}). BA'larına hücreler oluşturdukları hücre sınırı geçiş sayısına bakılarak ve η_{max} 'ı geçmeyecek şekilde dahil edilir.

TT-BAT v.2 tekniğinde ise, hücreler yine komşu hücreleriyle yarattıkları hücre sınırı geçiş sayısına göre büyükten küçüğe doğru sıralı olarak bir listede tutulmaktadır, fakat başlangıçta bütün hücrelerde oluşan trafik bir grafik üzerinde çizilerek izlenir, ve verilen hücre yarıçapı r' ye göre normal yoğunluklu trafik durumunun alt ve üst sınır değerleri tespit edilir. Bunu yapmaktaki amaç oluşan trafiği yoğun, normal ve az yoğun olarak üç gruba ayırmaktır. BA' larına hücreler dahil edilirken, verilen üst değer (η_{max}) normal yoğunluktaki gruba dahil olan hücreler için kullanılır. Trafik yoğun olduğu grup için üst değerden iki fazla ($\eta_{max} + 2$), az yoğun olduğu grup için ise iki eksiği ($\eta_{max} - 2$) üst değer olarak alınır. Bu çalışma açısından (η_{max}) ± 2 ya da başka bir sayı alınması önemli değildir, burada amaç, trafiğin yoğunluğuna göre, fakat farklı sayıda maksimum hücre olacak şekilde BA' larını oluşturmaktır. Buna ihtiyaç duyulmasının nedeni ise, trafiğin yoğun olduğu hücrelerde abonelerin daha fazla kalacağı ve bundan dolayı aranma olasılığının daha yüksek olacağıdır. Bu, sonuç olarak daha az sayıda bölge güncellemesi yapılması demektir.

TT-BAT v.1 ve öngörülen TT-BAT v.2 tekniklerinin, ağ üzerinde oluşan toplam trafik yükü (gönderilen toplam mesaj sayısı veya boyutu) bakımından mevcut YD-BAT tekniğine göre ciddi oranda bir performans artışı sağladığı görülmüştür. Ancak bu tekniğin uygulanabilmesi için bir takım verilere ihtiyaç vardır. Herşeyden önce tekniğin uygulanacağı bölgenin bütün yolları da kapsayacak şekilde sayısal olarak haritasına ihtiyaç vardır. Ayrıca tipi, yüzey tipi ve şerit sayısı vb. ayrıntılı yol bilgilerinin mevcut olması gereklidir. En önemli ve zaman alabilecek gereksinim ise bu yollar üzerindeki trafiğe ait bilgilerdir. Hangi yol üzerinde, araç sayısı / dakika olarak ne kadar trafik vardır? Bu uzun süreli bir gözlem gerektirebilir.

OPTIMAL LOCATION AREA DESIGN TECHNIQUE TO MINIMIZE REGISTRATION SIGNALING TRAFFIC IN WIRELESS SYSTEMS

SUMMARY

In this thesis, first, some knowledge about Personnel Communications Network (PCN), GSM Network (Global System for Mobile communications) and SS7 Network (Signalling System No.7) Architectures was given. How the location update and call paging processes are handled in these different network types, was summarized. Then detailed knowledge was given about present location tracking and paging strategies, focusing on the Traffic Based Location Area Design Technique v.1 (TB-LAD v.1) which is the main subject of this work, and this technique and the Proximity Based Location Area Design Technique (PB-LAD) which is used in the GSM Network were compared from the view of cost they caused on the network. And at the end the TB-LAD v.1 was optimized and presented as TB-LAD v.2.

In this thesis, we developed a new and static location management technique TB-LAD v.2. This technique was obtained on the base of TB-LAD v.1. TB-LAD v.2, TB-LAD v.1 and Proximity Based Location Area Design Technique (PB-LAD) were compared by using a Map Digitizer Simulation program and for the cell diameters of 1000,1500...5000 ms and by modeling totally 5622 moves of 56 people by the view of total cost they caused on the network. In order to be fair to the algorithms, we used blanket paging algorithm (paging is accomplished through a broadcast or one step procedure) in the three algorithms. We simulated our study by a simulation program and it was seen that, TB-LAD v.2 always gave better results than PB-LAD, and it gave at least the same results with TB-LAD v.1.

Wireless bandwidth is inherently a scarce resource and the number of wireless channels available for mobile communications is very limited. In order to support a large number of subscribers with a relatively small number of wireless channels, the current PCNs and GSMs use a cellular architecture. In this architecture, the geographical coverage area is partitioned into **cells**, each served by a base station and each cell is assigned a number of wireless channels. The number of active connections within each cell can not exceed the number of channels available. Mobile users and their terminals are connected to the network via the base stations. Cells can have varying sizes : picocells (a few hundred meters in diameter) are commonly used in indoor environments; microcells (a few kilometers in diameter) are used within cities; macrocells (ten kilometers or more in diameter) are used in rural areas and to cover highways. Smaller cells use less power for transmission and allow greater frequency reuse. Several base stations are connected to a Base Station Controller (BSC) , and a number of BSCs are then connected to a Mobile Switching Center (MSC).

A Personal Communications Network (PCN) consists of a fixed wireline network component and a number of mobile terminals. To conserve wireless bandwidth, mobile terminals are not permanently connected to the wireline network. A mobile terminal is completely detached from the network when it is idle and it is assigned a channel only if necessary. Therefore a method is needed for locating the mobile terminal when an incoming call arrives.

Location management enables the network to track the locations of users and their terminals between call arrivals. Since the users are free to move within the coverage area, the network can only maintain the approximate location of each user. When a location needs to be established for a particular user, the network has to determine the user's exact location within the cell granularity. The operation of informing the network about the current location of the mobile user is known as **location update** or **location registration**, and the operation of determining the location of the mobile user is called **terminal paging** or **searching**.

Location updates consume wireless bandwidth and impose additional overhead to the wireless network. However the information obtained during location update allows the network to limit the size of paging area and thus reduces the paging overhead.

Location update algorithms can be divided into two main groups : **static** and **dynamic**. In a static algorithm, a Location Area (LA) consists of a group of cells that are permanently assigned to that LA, and is fixed for all Mobile Terminals (MT). In a dynamic algorithm, location update is based on the user's call and mobility patterns, and it allows dynamic selection of the location update parameters and reduces the signalling traffic due to location management.

In this study, we focused on a new location area design technique based on inter-cell traffic prediction and traffic based cell grouping. Inter-cell traffic prediction and traffic based cell grouping are used consecutively to select the best set of cells for location areas. The expected inter-cell movement patterns of mobiles are determined. The cells are partitioned into LAs by applying the traffic-based cell grouping technique. In this partitioning, the cell pairs with higher inter-cell mobile traffic are grouped into the same LA. In this algorithm we aimed selecting the best set of cells for each static location area instead of determining the optimum number of cells in an LA. By increasing the intra-LA mobile traffic, the inter-LA mobile traffic is decreased and this means a reduction in location registration.

In this study, we focused on a new static technique which gets better results, under the same conditions than the technique that is in use, instead of focusing on what the cell diameter would be in order to get the best numerical results or determining what the optimal number of cells would be in a location area.

In TB-LAD v.1 technique, the cells are stored in an ordered list according to the number of cell border crossings. While the cells are being assigned to the location areas, the important points are the number of cell border crossings and a predefined number representing the maximum number (η_{max}) of cells which can be assigned to the same location area. The cells are assigned to the location areas according to the number of cell border crossings as long as not exceeding the η_{max} .

In TB-LAD v.2 technique, the cells are again stored in an ordered list according to the number of cell border crossings, but at the beginning, the cell border crossings in all cells are watched graphically and the lower and upper bounds of the cells having approximately average traffic density according to the cell diameter r , are determined. The goal for doing such a thing is to group the cells into three categories according to the traffic density. These categories are the ones which have high density, the ones which have normal (approximately average) density and the ones which have low density. In this technique, while the cells are being assigned to the location areas, the η_{max} is used for the cells with normal traffic density. For the cells with high traffic density, $\eta_{max} + 2$ is used as the η_{max} . For the cells with low traffic density, $\eta_{max} - 2$ is used as the η_{max} . In this technique, using $(\eta_{max}) \pm 2$ or another number (added / subtracted) has no importance, here the purpose is to design the location areas with different number of maximum cells according to their traffic density. The reason for doing so is the fact that the subscribers will spend much more time in the cells having high traffic density and thus the probability of taking a call will be much higher in these cells, than it is in the others.

In our study, we saw that, the TB-LAD v.1 and proposed TB-LAD v.2 techniques have a serious performance gain from the point of network traffic (by means of the number or size of the messages sent / received). However in order to use these techniques we need some extra data. First of all, a digitized map of the region which also includes all types of the roads (highways, carriageways, footpaths etc.) is needed. In addition, some detailed information such as the type, the surface type and the number of lanes of the road about each road is needed. The most important and time consuming requirement is the knowledge about the traffic on these roads. On which roads and how much traffic is there? To obtain this information may require a long period of observation.

1 GİRİŞ

Hücreli iletişim son yıllarda hızlı bir büyüme içerisinde. 1980'lerin başlarında ortaya çıkmasından bu yana, kısıtlı kullanımı olan pahalı bir servis olmaktan, kablolu telefon servisine iyi bir alternatif olmak yolunda bir gelişim gösteriyor. Hücreli iletişimin geniş ölçüde kabul görmesi, Kişisel İletişim Servisleri (KİS) (Personnel Communications Services - PCS) adı verilen, klasik hücreli sistemlerinin sağlayamadığı birçok değişik hizmet türlerini sağlayarak daha geniş gezgin abone topluluklarını destekleyebilen, yeni nesil bir gezgin iletişim ağına gelişmesine öncülük etmiştir.

Kablosuz bant-genişliği doğasından dolayı kısıtlı bir kaynaktır ve gezgin iletişim için kullanılabilecek kablosuz kanalların sayısı çok sınırlıdır. Oldukça az sayıdaki kablosuz kanalla, büyük sayıdaki abonelere hizmet verebilmek için, mevcut KİS'leri -ABD nin dışında KİS, Kişisel İletişim Ağları -KİA (Personnel Communications Network - PCN) olarak isimlendirilir- hücreli bir mimari kullanılır. Hizmet alanı coğrafi durumuna göre (her birine bir baz istasyonu ile hizmet verilen) hücrelere bölünür ve her hücreye bir miktar kablosuz kanal atanır. Her hücredeki etkin bağlantıların sayısı o hücreye atanmış kullanılabilir kanalların sayısını geçemez. Gezgin kullanıcılar ve istasyonları ağı baz istasyonları üzerinden bağlanırlar. Hücreler değişik büyüklüklerde olabilirler: Pico-hücreler (birkaç yüz metre çapında) genellikle merkezi, kalabalık bölgelerde; Micro-hücreler (birkaç kilometre çapında) şehir içlerinde; Macro-hücreler (on kilometre ve daha büyük çaplı) ise kırsal kesimde ve otoyolları kapsamak için kullanılır. Küçük hücreli iletişim için daha az güç kullanılır ve daha fazla frekans tekrar kullanımına izin verirler. Birkaç baz istasyonu bir Baz İstasyon Kontrolcü'süne (BİK) ve belli bir sayıdaki BİK'ler de bir Gezgin Anahtarlama Merkezine (GAM) bağlanırlar. Daha ayrıntılı KİA mimarisi ikinci bölümde açıklanacaktır.

Sıradan kablolu ağlarda, örneğin telefon ağı, istasyon ve yeri arasında sabit bir ilişki vardır. İstasyonun yerini değiştirmek genellikle ağ yönetiminin devreye

girmesini gerektirir ve kullanıcı tarafından kolaylıkla yapılamaz. İstasyon ve yeri arasında bir ayırım olmadığı için, belli bir istasyon için gelen çağrılar her zaman belirlenmiş yerine yönlendirilir. Tam tersine, KİA seyahat edebilen gezgin istasyonlara (Gİ) hizmet verir ve gezgin ağ kapsama alanı içinde hareket ettikçe Gİ' nin ağa giriş noktası değişir. Sonuç olarak Gİ' nin kimliği o Gİ' nin bölgesi ile ilgili kesin bilgi sağlamaz. Gelen çağrıların sağlıklı bir şekilde yönlendirilebilmesi için bir bölge-izleme (location tracking) mekanizmasına ihtiyaç vardır. Bölge yönetimi (location management) için mevcut yöntemler (IS-141, GSM MAP) [1,2] her Gİ' nin bölgesini ağa belli aralıklarla bildirmesini gerektirir. Her Gİ' nin bölge bilgisi ağ tarafından bölge veritabanlarında saklanır ve bu bilgi çağrı yönlendirilmesi sırasında kullanılır. Gİ' lerin izlenmesi ve aranması sinyal ağının değişik bileşenleri arasında sinyal mesajlarının taşınmasını gerektirirken, mevcut yöntemler bölge yönetimi için merkezi veritabanı mimarisini kullanırlar. Gezgin abonelerin sayısı arttıkça bu yöntem verimsiz hale gelecek ve sürekli artan abone topluluğuna verimli hizmet verebilecek yeni ve gelişmiş yöntemlere ihtiyaç olacaktır.

KİA, sabit bir kablolu ağ bileşeni ve birçok gezgin istasyondan oluşur. Kablosuz bant-genişliğini korumak için, gezgin istasyonlar kablolu ağa sürekli bağlı değildirler. Gezgin istasyon meşgul olmadığı sürece ağdan tamamen ayrılır ve sadece gerektiğinde ona kanal tahsis edilir. Bu yüzden bir çağrı geldiği zaman gezgin istasyonun bölgesini belirleyecek bir yöntem ihtiyacı vardır.

Bölge yönetimi, çağrı aralarında ağın, kullanıcıların ve istasyonların bölgesini izlemesini sağlar. Kullanıcılar kapsama alanı içerisinde hareket edebileceklerinden, ağ, kullanıcının sadece yaklaşık bölgesini saptayabilir. Belli bir kullanıcı için bölge bilgisi gerektiğinde, ağ tarafından, kullanıcının hücre peteğindeki tam bölgesi saptanmalıdır. Gezgin bir kullanıcının belli bir andaki bölgesinin ağa bildirilme işlemine **bölge güncellemesi** (location update) veya **bölge kaydı** (location registration), gezgin kullanıcının bölgesinin saptanması işlemine de **paging** ya da **çağrı dağıtımı (arama)** denir [3].

Kesintisiz iletişim için en önemli ve uğraştırıcı problemlerden biri bölge yönetimidir. Bölge yönetimi, ağların çağrı göndermek için, yer değiştiren

istasyonların yerinin belirlenebilmesi ve istasyon hareket ederek yeni bir hizmet alanına girdiğinde bağlantı kurabilmesini sağlar.

Mevcut gezgin iletişim sistemlerinin çoğunda, örneğin GSM [4]' de olduğu gibi bölge izleme [5] şu şekilde yapılır: Ağ 'bölge alanları' (BA) denilen coğrafik alanlara bölünür ve bölge izleme sistemi Gİ' nin o andaki BA' nın izini sürer. Bir BA, bir veya birden fazla hücreden oluşabilir. Bölge yönetimi için bölge bilgisi ağ veritabanında saklanır. Bölge bilgisinin tutarlılığını sağlamak için, Gİ' nin her BA sınırını geçişinde bir güncelleme işlemi yapılır. Çağrı geldiği anda, aranan Gİ' nin bölge bilgisini almak için bölge veritabanına sorgulama yapılır. O zaman bölge yönetim sistemi ilgili BA' ndaki bütün hücreleri aynı anda tarar. Eğer hizmet alanı sadece bir BA' ndan oluşuyorsa, aramanın maliyeti maksimumdur, fakat kayıt işlemine ihtiyaç duyulmaz. Diğer taraftan, eğer her hücre bir BA ise, o zaman tarama maliyeti çok küçük, fakat kayıt maliyeti olabildiğince yüksektir. Toplam tarama ve kayıt maliyetini en düşük seviyede tutan hizmet alanı, bu iki uç durum arasında bulunur.

Bölge güncellemeleri kablosuz bant-genişliği kullanıcılar ve kablosuz ağa ek yük getirirler. Bununla birlikte bölge güncellemesi sırasında alınan bilgiler ağın tarama alanının büyüklüğünü kısıtlayarak, ek tarama yükünü azaltır.

Bölge güncelleme algoritmaları iki ana gruba ayrılabilir: sabit ve değişken. Sabit algoritmalarda, bir BA kendisine sabit olarak atanmış olan bir grup hücreden oluşur ve bütün Gİ' ler için aynıdır. Değişken algoritmalarda ise, bölge güncellemesi kullanıcının arama ve hareket alışkanlıklarına dayanır ve bölge güncelleme parametreleri değişken olarak seçilebildiği için bölge yönetiminden kaynaklanan sinyal trafiğini düşürür.

Bu çalışmada, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplamasına dayanan yeni bir bölge alanı tasarım tekniği üzerinde durulmuştur. Bu teknikte, bölge alanlarının tespitinde, en iyi hücre kümesinin seçilebilmesi için, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplaması yöntemi kullanılır. Gİ' lerin hücreler arası tahmini hareketleri izlenir ya da hesaplanır. Hücreler, trafik tabanlı hücre gruplaması tekniği uygulanarak BA' larına bölünür. Bu bölünmede, aralarındaki tahmini trafik yüksek olan hücre çiftleri aynı BA' nında gruplanır.

[6]' da yazarlar tarafından belirtildiği gibi, bu algoritmada, bir bölge alanında olması gereken en uygun hücre sayısını belirlemek yerine her sabit bölge alanı için en uygun hücre grubunu seçmek amaçlanmıştır. BA-içi gezgin trafiği arttırarak, BA' ları arasındaki trafiğin düşürüldüğü [6]' da kanıtlanmıştır. [3]' de bir BA' ndaki en uygun hücre sayısını bulmak ve tek boyutlu hücresel ağlar tasarlamak için diğer bir formülasyon önerilmiştir [7].

Bu tez çalışmasında yeni bir statik bölge yönetimi tekniği olan TT-BAT v.2 tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik [6]' da açıklanan TT-BAT v.1 tekniği temel alınarak elde edilmiştir. Açıklanan algoritma, Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı (YD-BAT) (Proximity based static LA design PB-LAD) ve Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarımı (TT-BAT) v.1 algoritmalarıyla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda adil olabilmek için, [8]' de seçici tarama algoritması kullanılmış olmasına rağmen, algoritmaların üçünde de blanket tarama algoritması (arama genel yayın veya tek aşamalı işlem ile yapılır) [9,10,11] kullanılmıştır. Çalışmamız beşinci bölümde açıklanacak olan bir simülasyon programı ile simüle edilmiştir.

Bu çalışmada, önce bir sonraki bölümde KİA ve Global System for Mobile communications (GSM) ile ilgili kısa bir bilgi verilmiş, ve bu sistemlerde bölge yönetimi ve tarama işlemlerinin nasıl yapıldığı özetlenmiştir. Üçüncü bölümde son zamanlarda yayınlanmış değişik bölge güncelleme ve tarama algoritmaları tartışılmıştır. Dördüncü bölümde, Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım Algoritması v.1 ve v.2 açıklanmıştır. Beşinci bölümde simülasyon modelimizle ilgili bilgi verilmiş, ve sayısal sonuçlar sunulmuştur. Altıncı bölümde çalışmamızın sonuçları yorumlanmıştır.

2 BÖLGE YÖNETİMİ İŞLEMLERİ

Bölge yönetimi (BY) işlemleri, bir çağrı geldiği zaman başlatılanlar ve çağrı ile ilgisi olmadan başlatılanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Aralarındaki temel fark adlarından da anlaşılacağı gibi, birincisinin sadece bir çağrı geldiği zaman, ikincisinin ise bir çağrı ile ilgisi olmadan gezgin istasyonun (mobile terminal – Gİ) etkin (açık) olduğu herhangi bir zamanda başlatılmasıdır.

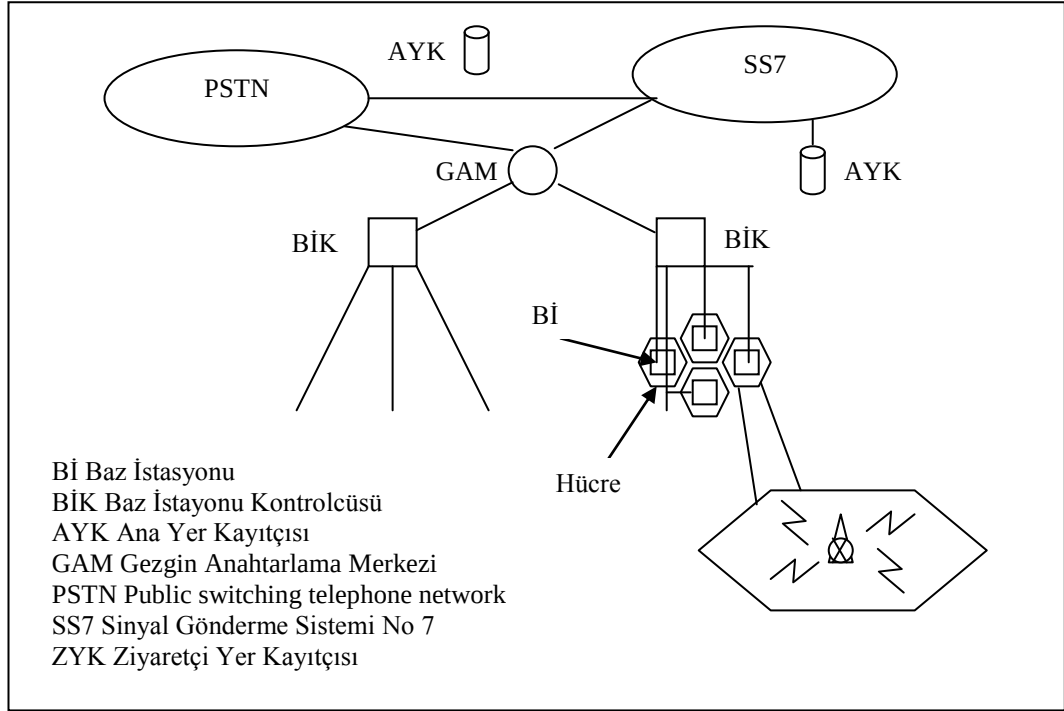
Bir çağrı geldiği zaman başlatılan işlemler, ağ tarafından, gezgin bir kullanıcı için bir çağrı aldığı zaman başlatılır. Gelen çağrı aynı veya başka bir gezgin ağ ya da herhangi bir sabit ağ kullanıcısı tarafından başlatılmış olabilir. Bu işlemlerin amacı, çağrı gelen kişinin yerinin belirlenerek çağrının bu kişiye yönlendirilmesi ve ilgili veritabanlarının sorgulanarak sorgulama sonucu elde edilen kullanıcı bilgilerinin arama alanındaki (paging area -AA) herbir hücreye yayımlanmasıdır. Sorgu aşamasında, yer bilgilerinin bulunduğu veritabanına erişim yetkisi olan gezgin veya sabit ağdaki bir ara anahtar, veritabanını sorgulayarak aranan kullanıcının arama alanındaki yer bilgisini sorgular. Bu sorguya olası cevaplardan biri, istenilen bilgilerin bulunduğu başka bir veritabanının adresidir (ya da üçüncü bir veritabanına işaretçilerdir). Diğer bir cevap olasılığı ise, ITU-T E.64 standardı ile uyumlu yerel bir telefon numarasıdır.

Arama (paging), aranan kişinin, arandığını bildirmek üzere telsiz arabirimler üzerinden ilgili mesajların gönderilmesini kapsar. Eğer aranan gezgin istasyon yanıt verirse, gezginin gerçek baz istasyonu ağ tarafından bilinir ve bağlantı kurulur. Gezgin istasyonun Bölge Alanı (Location Area LA–BA) olarak yeri ağ tarafından sürekli bilinmektedir. Telsiz kaynakları sınırlı olduğu için, bu arama işlemleri asgari sayıda hücreyi kapsayacak şekilde yapılmalıdır. Aranan hücre sayısını asgaride tutmak için BA' ndaki hücre sayısını düşük tutmak gerekir, fakat bu da daha sık bölge güncellemesini gerektirir. Bu durumda, bölgelerdeki hücre sayısı, toplam maliyeti (bölge güncellemesi + arama maliyeti) asgaride tutacak şekilde oluşturulmalıdır.

Bir çağrı geldiği zaman başlatılan işlemlerin aksine, çağrı ile ilgisi olmadan başlatılan işlemler, Gİ' nin açık olduğu sürece herhangi bir zamanda gerçekleştirilebilir. Bu gruptaki işlemlerin amacı, Gİ' nin yer bilgilerinin güncellenebilmesi için, Gİ' den ağa bildirilmesidir. Gİ kapatılıp açıldığında ya da farklı bir BA' ya girdiğinde değişen yer bilgileri ağa gönderilir. Hücresel ağlar, aynı ya da farklı sayıdaki hücrelerin oluşturduğu BA' larından oluşur. Her hücrede bir baz istasyonu vardır. Baz istasyonu BA numarasıyla birlikte hücre numarasını da yayınlamaktadır. Eğer bir Gİ, bir önceki BA' ndan farklı bir BA' ya girdiğini anlarsa bölge güncellemesi yapılır. Detaylı bilgi aşağıda verilecektir.

2.1. Kişisel İletişim Ağı (KİA) Mimarisi

Telsiz bant-genişliği doğasından dolayı yetersiz bir kaynaktır ve gezgin iletişim için kullanılabilecek telsiz kanalların sayısı çok sınırlıdır. Mevcut Kişisel İletişim Ağları (Personnel Communications Network PCN), az sayıdaki telsiz kanalla, büyük sayıdaki abonelere hizmet sağlayabilmek için, hücresel bir mimari kullanırlar. Bu mimaride, coğrafi alan, herbirine bir baz istasyonu tarafından hizmet verilen hücrelere ayrılır ve her hücreye belli bir sayıda telsiz kanal tahsis edilir. Her hücredeki etkin bağlantıların sayısı o hücrenin mevcut kanal sayısını geçemez. Bununla birlikte, hücreler arasında, etkileşimi, düşük seviyelerde tutacak kadar yeterli mesafe olması koşuluyla, bazı kanallar her iki hücrede de kullanılabilir. Gezgin kullanıcılar ve terminaller telsiz bağlantılarla baz istasyonları üzerinden ağa bağlanırlar. Bir hücrenin sınırı baz istasyonunun iletim menziliyle belirlenir ve komşu hücreler sınırlarında birbirlerinin alanlarının üzerine binebilirler. Bu çalışmada hücrelerin şekil olarak altıgen olduğunu kabul edeceğiz. Hücreler değişik büyüklüklerde olabilir: pico-hücreler (birkaç yüz metre çapında) genellikle merkezi, kalabalık bölgelerde; mikro-hücreler (birkaç kilometre çapında) şehir içlerinde; ve makro-hücreler (on kilometre ve daha büyük çaplı) ise kırsal kesimde ve otoyolları kapsamak için kullanılır. Küçük hücreler iletim için daha az güç kullanırlar ve daha fazla frekans tekrar kullanımına izin verirler. Birkaç baz istasyonu bir Baz İstasyon Kontrolcüsüne (BİK) ve belli sayıdaki BİK leri de bir Gezgin Anahtarlama Merkezine (GAM) bağlanırlar.



Şekil 2.1 Kişisel İletişim Ağı (KİA) Mimarisi

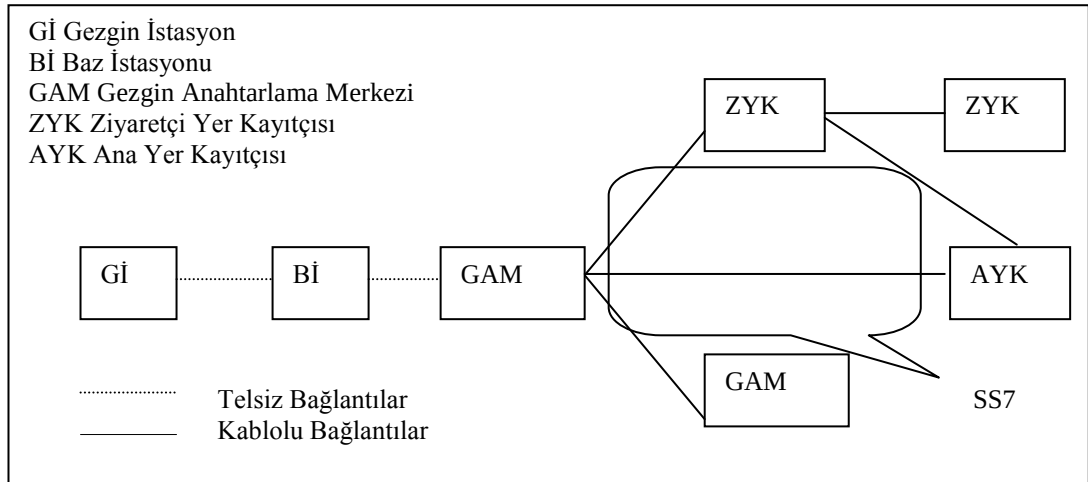
KİA' nın genel mimarisi Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Belli sayıdaki baz istasyonunun bir baz istasyonu kontrolcüsüne (BİK) bağlı olduğu Şekil 2.1' de görülebilir. BİK' nün asıl işlevi, kendisine bağlı baz istasyonlarını, onlara telsiz kanalı tahsis ederek ve eldeştirmeleri gerçekleyerek, telsiz kaynaklarını yönetmektir. BİK olağan anahtarlama işlevlerini, yer koordinat kayıtlarını yapan ve çağrıları yönlendiren bir gezgin anahtarlama merkezine (GAM) bağlıdır. BİK, hem kablolu omurga ağı (örneğin PSTN) ve hem de sinyal gönderme ağına (örneğin Signalling System No.7-SS7 ağı (Sinyal Gönderme Sistemi No:7)) bağlıdır.

KİA' larında sistem, ağı kapsama alanı içerisinde hareket eden kullanıcılara iletişim hizmeti sağlar. Çağrı geldiğinde gezgin terminalin yerini doğru olarak saptayabilmek için, her gezgin terminalin sürekli güncellenen yer bilgisini izleyecek planlar devreye sokulur. KİA' larında, bölge yönetimi için iki standart vardır : Electronic / Telecommunications Industry Associations (EIA / TIA) Interim Standart 41 (IS-41) [2] ve the Global System for Mobile Communications (GSM) mobile application part (MAP) [12]. GSM MAP yaygın olarak GSM ve 1800 Mhz Digital Cellular Service (DCS-1800) ağları için Avrupa'da kullanılırken, IS-41 planı

genellikle Kuzey Amerika’da Gelişmiş Gezgin Telefon Sistemleri için kullanılır (GGTS). Her iki standart da iki seviyeli veritabanı hiyerarşisine dayanır.

“Bölge” ile, bir ya da birkaç telsiz çıkışı kapsama alanından oluşan bir kayıt (KA) alanı kastedilir. Her KA’ya bir Ziyaretçi Yer Kayıtçısı (ZYK) atanmıştır. Bir ZYK bir veya birden fazla alana hizmet verebilir. Her gezgin terminale Ana (Esas) Yer Kayıtçısı (AYK) denilen ve terminalin, o andaki yerini (ZYK’nın adresi) tutan bir veritabanı atanır. Hem ZYK, hem de AYK gezgin terminallerin yer bilgisini tutmak için kullanılır. Bu veritabanlarında iki farklı işlem gerçekleşir: **bölge güncelleme** ve **bölge sorgulama**. Çağrı geldiğinde gezgin terminalin yer bilgisinin verimli bir şekilde elde edilebilmesi için her gezgin terminalin yer bilgisinin, her yeni bölge alanına giriş yaptığında güncellenmesi gerekir. Bu işleme bölge güncellemesi denir. Çağrı geldiğinde gezgin terminali bulmak için, aranan gezgin terminale hizmet sağlayan ZYK’ yı belirlemek amacıyla AYK sorgulanır. Buna bölge sorgulaması denir. AYK, ZYK’ na cevabında, kendisine bağlı bölge alanındaki tüm hücreleri tarayarak öğrendiği gezgin terminale hizmet veren baz istasyonunu da bulacağı, bölge sorgulama mesajını gönderir [12,13,14].

Mevcut standartlar, gezgin terminalin bölge alan sınırından her geçişinde, AYK, eski ve yeni ZYK arasında sinyal haberleşmesini gerektirir [15,16]. Bu yöntemler, kullanıcı komşu bölge alanına her geçtiğinde AYK nı günceller ve SS7 ağında sinyal trafiğini arttırarak bölge güncelleme ve sorgulama işlemlerinin gecikmesine sebep olabilirler.



Şekil 2.2 SS7 (Sinyal Gönderme Sistemi No:7) Ağ Mimarisi

Kullanıcı rahatça hareket edebilme olanağını kullanırken, elinde taşıdığı kayıtlı gezgin terminalin gerçek yeri hakkında da bir belirsizlik yaratır. Hizmet sağlayıcının kurduğu bu toplayıcı ağ başarılı bir çağrı iletimi için bu belirsizliği yenmek zorundadır. Üstelik bu işlemin her KİA abonesi için hızlı ve verimli bir şekilde yapılması gerekir. Bağlantının kopmasını önlemek için, çağrı, mümkün olduğunca az veri aktarımı yaparak çok kısıtlı bir zaman dilimi içerisinde hedefine yönlendirilmelidir. Gerektiğinden fazla mesaj transferi, kısıtlı telsiz bantgenişliği ve gezgin terminal teçhizat gücü gibi değerli kaynakların boşa harcanmasına sebep olur. Sonuçta kullanıcının katlanmak zorunda olduğu işletme masrafları artar.

Şekil 2.2’ de gösterilen Bİ’ ler ve gezgin terminaller arasındaki telsiz bağlantılarla beraber, GAM, BİK ve Bİ’ lerin hiyerarşik kablolu bağlantıları toplayıcı ağı oluşturur. KİA’ nın omurgasını toplayıcı ağları birbirine bağlayan mevcut kablolu ağlar (örneğin PSTN, ISDN ve İnternet) oluşturur. GAM’ lar, toplayıcı ağlar ve omurga arasında bir geçit gibi davranırlar.

Bölge yönetimi iki farklı işlevden oluşur – biri sistem tarafında, diğeri ise Gİ tarafındadır. Mevcut KİA’ ları, BA tabanlı güncelleme algoritması ve blanket polling tarama stratejisi kullanırlar. Aynı BA içerisindeki bütün baz istasyonları BA’ larının kimlik numarasını düzenli bir biçimde yayınlarlar. Her Gİ kendisinde kayıtlı olan BA numarasını yeni yayınlanan BA numarası ile karşılaştırır. Eğer bu iki numara farklı ise o zaman bölge güncellemesi yapılır. Bölge güncelleme mekanizması Gİ tarafından ters kanaldan güncelleme mesajının gönderilmesiyle başlar ve veritabanı işlemleriyle ilgili trafikle devam eder. Çağrı geldiğinde, sistem, aranan Gİ’ nin olası yerlerini aynı anda tarayan bir arama başlatır. GAM, Gİ’ nin olabileceği hücrelerde Bİ aracılığı ile tarama mesajı yayınlar. Bütün Gİ’ ler tarama mesajını dinlerler ve sadece aranan istasyon mesaja ters kanaldan cevap gönderir. Bu arama mekanizmasına paging denir. Cevap alınamaması durumunda sistem hizmet alanındaki tüm hücreleri taramak zorunda kalabilir.

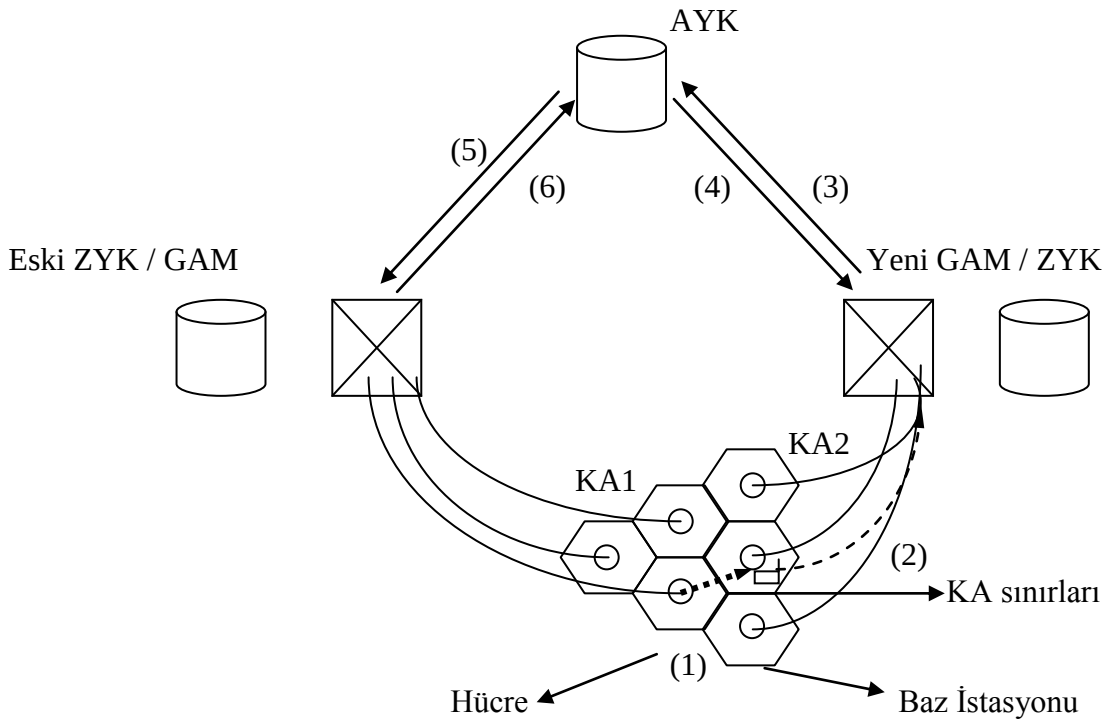
BA tabanlı güncelleme planının mevcut hücresel sistemlere geniş çapta uyarlanması ve gelecek kuşak büyük telsiz ağlara temel oluşturmaya rağmen, bazı verimsiz yönleri bulunmaktadır. İlk olarak, çok sayıda hücreden oluşan bir BA, her çağrı geldiğinde tarama için önemli miktarda telsiz bantgenişliği harcamaktadır. Bu,

gelecekteki çok sayıda gezgin kullanıcılı büyük telsiz ağılar için kullanışlı olmayabilir. İkinci olarak, BA sınırına yakın bir yerde yerleşmiş gezgin terminaller, BA' ları arasında ileri-geri hareket ederek haddinden fazla bölge güncellemesine sebep olup, ağ veritabanında aşırı sinyal gönderme ve işlem yüküne yol açabilirler. Ayrıca, herkesin kendine özgü hareketlilik davranışı olduğundan, herkese uygun olabilecek BA şeklini seçmek çok zordur.

2.1.1. IS-41 (Interim Standart-41) ‘ de Bölge Kaydı

IS-41 de Bölge Kayıt yöntemi şu şekildedir :

1. Gİ yeni bir KA’ na girer ve bölge güncelleme mesajını yeni Bİ’ ye gönderir.
2. Bİ güncelleme mesajını yeni GAM’ a yönlendirir.
3. İlgili ZYK, Gİ’ nin bölgesiyle ilgili kaydını günceller ve bölge kayıt mesajını AYK’ ya gönderir.
4. AYK, Gİ’ ye hizmet veren yeni ZYK’ nın numarasını kaydeder ve kaydın doğru bittiğini belirten mesajı, abonenin kullanıcı profiliyle beraber yeni GAM / ZYK ikilisine gönderir.
5. AYK kayıt iptal mesajını eski GAM / ZYK ya gönderir.
6. Eski ZYK, Gİ’ nin kaydını siler ve silme işleminin bittiğini bildiren mesajı AYK’ ya gönderir.

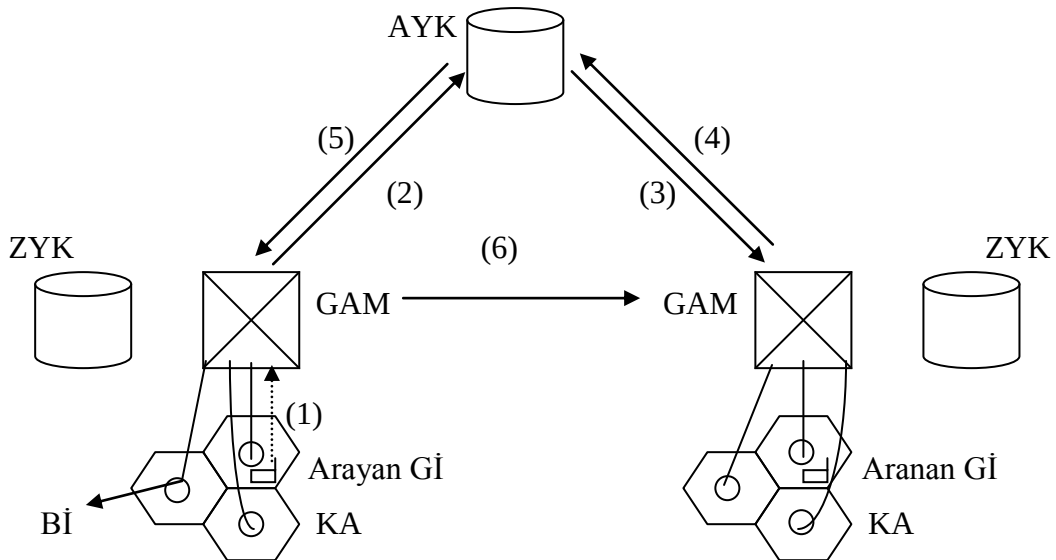


Şekil 2.3 IS-41 (Interim Standart-41) de Bölge Kayıt yöntemi.

2.1.2. IS-41 (Interim Standart-41) ‘ de Çağrı Dağıtımı

Çağrı dağıtımında iki ana aşama vardır: aranan Gİ’ ye hizmet veren ZYK’ nın saptanması ve aranan Gİ’ nin bulunduğu hücrenin belirlenmesi. IS-41 çağrı dağıtımı yöntemi aşağıda açıklanmıştır :

1. Arayan Gİ, Bİ vasıtasıyla kendisine hizmet veren GAM’ a çağrı başlatma sinyali gönderir.
2. Arayan Gİ’ nin GAM’ ı aranan Gİ’ nin AYK’ na bölge sorgusunu gönderir.
3. Aranan Gİ’ nin AYK aranan Gİ’ ye o anda hizmet veren ZYK’ yı belirler ve yön bilgisi sorgu mesajını ilgili GAM’ a gönderir.
4. Aranan GAM, aranan Gİ’ nin bölgesini belirler ve aranan Gİ’ ye geçici bölge numarasını (TLDN) atar. Aranan GAM bu yön bilgisini (TLDN) AYK’ ya yollar.
5. AYK, TLDN bilgisini arayan GAM’ a yönlendirir.
6. Arayan GAM, SS7 ağı vasıtasıyla aranan GAM’ a çağrı kurulması isteğini bildirir.

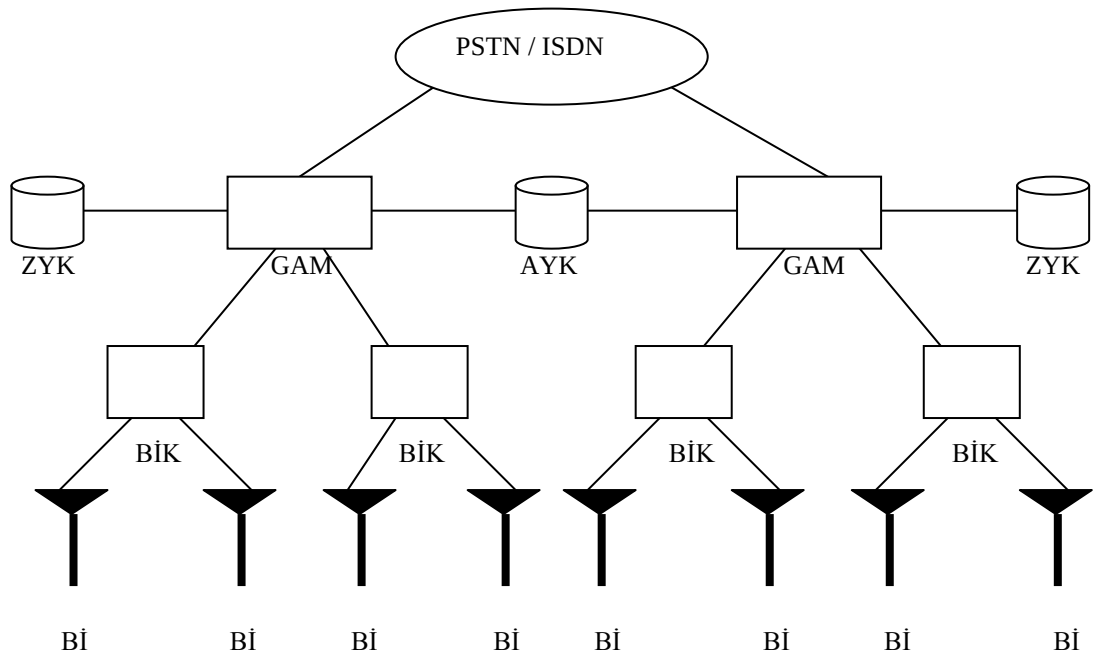


Şekil 2.4 IS-41 (Interim Standart-41) de Çağrı Dağıtımı.

2.2. GSM Ağı (Global System for Mobile communications) Mimarisi

GSM Avrupa'nın ikinci jenerasyon sayısal hücresel standartıdır. GSM' in temel amaçlarından birisi yaygın ve geniş alan dolanımını desteklemektir. GSM hem değişik ağ elemanları arasında hem de telsiz arayüzleri üzerinde sayısal sinyaller gönderir. Kullanıcılara sağlanan hizmetler ve genel olarak protokol yapısı bakımından ISDN ile uyumludur, fakat telsiz kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı veri aktarım hızı bakımından uyumlu değildir.

GSM ağı mimarisi işlevsel bakımdan, gezgin istasyon (Gİ), baz istasyon sistemi (BİS) ve ağ anahtarlama sistemi (AAS) olarak üç gruba ayrılabilir. Şekil 2.5.



Şekil 2.5 GSM Ağı Mimarisi.

Bir GSM Gİ, iki ana parçadan oluşur : gezgin cihazın kendisi ve Kullanıcı Kimlik Modülü (Subscriber Identity Module –KKM) denilen kart. Kişisel hareketliliği sağlayan KKM kartıdır. Kullanıcı cihazına KKM kartını takınca uygun yönlendirme ve ödemelerle çağrı yapabilir ve kendisine gelen çağrıları alabilir. KKM kartı kullanıcının kimlik ve yer bilgilerini tuttuğu için hareketliliği yönetim işlemleri açısından da önemlidir.

Hücresel ağlar daha önce de belirtildiği gibi, coğrafi bölgeyi herbirinde bir baz istasyon (Bİ) bulunan hücrelere böler. Herbir Bİ' ne, diğerleri ile aynı frekansı kullandığı zaman etkileşimi en az olacak, fakat aynı zamanda istenilen kullanıcı yoğunluğunu karşılayabilecek kadar telsiz kanalı sağlayabilecek şekilde frekans ataması yapılır.

Altyapı maliyetlerini asgaride tutmak ve yeterli kapsama alanı sağlamak amacıyla, birkaç Bİ için, telsiz kanallarının tahsisi ve geri alınması, frekans atlaması ve Bİ' ler arası eldeğiştirme işlemleri gibi telsiz kaynaklarının yönetimi işlemleri, bir Baz İstasyonu Kontrolcüsü (base station controller –BİK) tarafından yapılır. BİK ve Bİ birlikte GSM' in Baz İstasyonu Altsistemi' ni (base station subsystem –BİAS) oluştururlar ve hemen hemen bütün telsiz kaynaklarını yönetirler.

GAM, ağ anahtarlama altyapısının (network switching subsystem –AAAS) ana bölümüdür. GAM, işlevsel açıdan Genel Anahtarlama Telefon Ağı (Public Switched Telephone Network PSTN –GATA) anahtarına benzer, fakat ilave olarak bölge yönetimi, çağrı tesis etme ve yönlendirme ve güvenlik gibi kullanıcının hareketliliği ile ilgili işlemleri de kapsar. GAM bir ya da birkaç BİK ile bağlantılıdır. GAM' ın işlevselliği hep birlikte AAAS' ni oluşturduğu, aşağıdaki dört veritabanı ile sağlanır :

- Ana Yer Kayıtcısı (Home Location Register HLR –AYK)
- Ziyaretçi Yer Kayıtcısı (Visitor Location Register VLR –ZYK)
- Yetkilendirme Merkezi (Authentication Centre AuC –YM)
- Cihaz Tanımlama Kayıtcısı (Equipment Identity Register EIR –CTK)

GAM ve veritabanları, Sinyal Gönderme Sistemi No.7 (Signalling System No.7 SS7) hizmetlerini kullanan Gezgin Uygulama Parçası (Mobile Application Part MAP – GUP) protokolünü kullanarak haberleşirler. SS7, eskiden CCITT olarak bilinen International Telecommunication Union's Telecommunication Sector (ITU-T) tarafından standart hale getirilmiş bir iletişim sinyal gönderme protokolüdür.

Bölge yönetimi ve çağrı yönlendirme bakımından ana veritabanları, AYK ve ZYK' dır. AYK, bütün kullanıcılar için o anki yer bilgilerini ve yönetsel bilgileri bulundurur. Yer bilgisi gelen çağrıları yönlendirmek için kullanılır ve SS7 adres formatında ZYK' nın adresidir. ZYK, belirli bir coğrafi alanla ilgilidir ve bu, genellikle bir GAM tarafından kaplanan alandır. ZYK, kontrol ettiğı bölgede bulunan bütün kullanıcıların çağrılarının kontrolü ve abone hizmetlerini sağlayabilmek için, AYK' dan aldığı kullanıcının bir kısım yönetsel bilgilerini bulundurur.

2.2.1. Kimlik Parametreleri (Identification Parameters)

Uluslararası Gezgin Kullanıcı Kimliği (International Mobile Subscriber Identity IMSI-UGKK) : UGKK, kullanıcıyı tek (unique) olarak tanımlamada kullanılır. En fazla 15 rakamdan oluşur ;

- 3 rakam Gezgin Ülke Kodu (Mobile Country Code MCC-GÜK),
- 2 rakam Gezgin Ağ Kodu (Mobile Network Code MNC-GAK),
- 10 rakama kadar Gezgin Kullanıcı Tanımlama Numarası (Mobile Subscriber Identification Number MSIN-GKTN).

Geçici Gezgin Kullanıcı Kimliği (Temporary Mobile Subscriber Identity TMSI-GGKK) : GGKK, ZYK tarafından kullanıcıya tahsis edilir ve sadece kullanıcı bu ZYK' da kayıtlı olduğu sürece geçerlidir. GGKK, hem UGKK' dan daha kısa olduğu için kullanıcıyı arama anında bandgenişliğinden tasarruf sağlar, hem de tek başına kullanıcıyı tanımlamaya yeterli olmadığı için gizlilik sağlar. GGKK, kullanıcıya sadece şifreli olarak tahsis edilir.

Gezici İstasyon ISDN Numarası (Mobile Station ISDN Number MSISDN-GİSDN) : GİSDN, arayan kişinin gezgin kullanıcıya ulaşmak için çevirdiğı numaradır. ITU-T E.164 numaralandırma planına uygundur ve :

- Ülke Kodu,
- Milli Hedef Kodu (National Destination Code) ve,
- Kullanıcı Numarası' ndan oluşur.

Gezici İstasyon Dolanım Numarası (Mobile Station Roaming Number MSRN-GİDN) : GİDN, GAM ve ZYK tarafından gelen çağrıları Gİ' ye yönlendirebilmek amacıyla kullanılan ve yerel telefon numaralandırma planına uygun olarak verilen bir yerel telefon numarasıdır. ZYK tarafından, kendi numara havuzundan ya kullanıcı ilk kez kayıt olduğunda ya da gelen bir çağrı üzerine tahsis edilir. Kullanıcıya hiç çağrı gelmeyebileceği düşünülürse, ilk kayıt anında GİDN tahsisi yapmak verimli bir teknik değildir.

Bölge Alanı Tanıtıcısı (Location Area Identifier LAI-BAT) : BAT, her Bİ tarafından, ait olduğu BA' yı tanıtmak amacıyla yayınlanır. Üç bölümden oluşur :

- Gezgin Ülke Kodu (Mobile Country Code MCC-GÜK),
- Gezgin Ağ Kodu (Mobile Network Code MNC-GAK),
- 2-sekizliden oluşan Bölge Alanı Kodu (Location Area Code LAC-BAK).

Hücre Kimliği (Cell Identity CI-HK) : HK, sabit 2-sekizliden oluşan, bir BA' ndaki herhangi bir hücreyi tek olarak (unique) tanıtmaya yarayan koddur. HK, hücreyi kendi BA içinde yerel olarak tanıtır, global olduğunda ise önüne BAT eklenir.

Baz İstasyonu Kimlik Kodu (Base Station Identity Code BSIC-BİKK) : BİKK bazen HK ile karıştırılır, fakat farklı bir amacı vardır. BİKK, iki adet 3 tekli (bit) alandan oluşur, Genel Ülke Gezgin Ağı (GÜGA) Renk Kodu (Public Land Mobile Network (PLMN) Colour Code), ve Baz İstasyonu Renk Kodu (Base Station Colour Code). BİKK eğer, bir Gİ aynı frekansı kullanarak yayın yapan iki farklı Bİ' nin yayın kanallarını alabiliyorsa, oluşabilecek karışıklığı önlemek için kullanılır.

2.2.2. GSM' de Bölge Kaydı ve Çağrı Dağıtım İşlemleri

Şekil 2.2' de GSM ana işlevsel elemanları ve bağlantıları görülmektedir. Bu elemanlar SS7 hatları ile birbirlerine bağlıdır ve düz çizgilerle gösterilmiştir :

1. Gİ, otomobil ya da el ile taşınan, çağrı başlatmak ve almak için kullanılan cihazlardır.
2. Bİ, Gİ ile iletişim için kullanılan telsiz protokolünü sonlandırır. Bİ' nin GAM ile de bağlantısı vardır.
3. GAM, Bİ vasıtasıyla Gİ ile çağrıları oluşturur ve diğer GAM' larla ve GATA ile irtibatları sağlar.
4. AYK, kullanıcı parametreleri ve bilgilerini tutar ve çağrıları yönlendirebilmek için ZYK' na bir işaretçi (pointer) bulundurur.
5. ZYK, yukarıda açıklanan ve kayıtları kullanıcının hareketleri ile birlikte değişen bilgileri bulunduran dinamik bir veritabanıdır. ZYK, kullanıcı bilgilerini AYK' dan alır ve gerektiği takdirde destekleyici hizmetlerle ilgili olarak AYK' nı günceller. ZYK, Gİ kendi bölgesine girdiği zaman AYK' nı günceller, kullanıcı bilgilerinin doğruluğunu kontrol eder ve Gİ' ye geçici, bölgeye ait telefon numarası tahsis eder.

GSM' de gezgin iletişim tarafından üretilen toplam sinyal yükü aşağıdaki dört sistem faaliyetleri neticesinde oluşur :

1. Gezgin Kullanıcılar tarafından Başlatılan Çağrılar : Yapılan işlemler sabit ağdaki ISDN çağrı başlangıcında yapılanlara benzer. Gİ' ye o anda hizmet veren GAM, ilk önce Gİ' nin tanıtım ve yetki bilgilerini ZYK vasıtasıyla kontrol eder. Eğer bilgi mevcut değilse ZYK, Gİ' nin AYK' dan bu bilgilerini alır. Gİ' ye geçici bir telefon numarası tahsis edilir (Temporary Mobile Terminal Identifier -TMTI). GAM, çağrıyı başlatmak üzere ilk adres mesajını (initial address message -IAM) anahtarlama noktalarına gönderir.
2. Gezgin Kullanıcılara Gelen Çağrıların İletilmesi : Sabit ağdaki bir ISDN çağrısının temel işlemlerine ilave bir takım işlemler yapılır :
 - a. İlk olarak sistem, Gİ' nin o anda kayıtlı olduğu BA' yı tespit eder.

- b. Ağ, gezgin kullanıcının bulunduğu hücreyi bulmak için çağrı yapar.
- c. Sistem, Gİ' nin ağa erişim yetkisinin doğruluğunu kontrol eder.
- d. Ağ, telsiz hattına bir şifre anahtar ve Gİ' ye geçici yerel bir telefon numarası tahsis eder.
- e. GAM, ZYK' dan kullanıcının özelliklerini ve abone olduğu hizmetleri içeren profilini alır.

Bu ilave işlemlerden dolayı oluşan sinyal gönderme trafiği sabit ağıdakinden çok daha fazladır.

3. Kullanıcının Hareketlerine Göre Yer Bilgilerinin Güncellenmesi :
Birkaç değişik durum olabilir :

- a. Eğer sadece aynı GAM' ın hizmet bölgesindeki bir hücre sınırı geçilmişse, kullanılan Bölge Yönetim stratejisine bağlı olarak, yerel bir güncelleme yapılabilir.
- b. Eğer Gİ, aynı ZYK' nın kontrolündeki farklı bir GAM' ın hizmet verdiği hücreye geçmişse, yine kullanılan Bölge Yönetim stratejisine bağlı olarak, kayıt bölgesi içinde bir güncelleme yapılabilir.
- c. Eğer Gİ, farklı ZYK' nın kontrolündeki bir hücreye geçmişse, yeni ZYK, eski ZYK' dan kullanıcının yetki parametrelerini almalıdır. Yeni ZYK, kullanıcının yetki kontrolünü yapar ve yeni bir geçici telefon numarası tahsis eder. Daha sonra kullanıcının AYK, yeni ZYK hakkında güncellenir ve AYK, eski ZYK' nı kullanıcının artık onun kontrol bölgesinde olmadığına dair bilgilendirir.

4. Eldeşiştirme (Handovers - Handoffs) : Eğer Gİ, bağlantı halinde iken hücre değiştirirse, yeni Bİ, Gİ ile sistem arasındaki telsiz hattının oluşturulması işini üstlenir.

3 MEVCUT BÖLGE GÜNCELLEME VE ARAMA STRATEJİLERİ

Bölge izleme için doğal iki yaklaşım, Gİ' yi, ya bütün ağda veya en son güncellemeyi yaptığı bölgede aramaktır. [17]' de belirtildiği gibi bütün ağda arama yaklaşımı, gerektirdiğinden çok daha fazla iş yapmak anlamına gelebilir. Gerçekte arama kabul edilebilir bir gecikme kısıtlaması içerisinde bitirilmelidir ve bu işlemi sıraya koyma olanağı vardır. Alternatif bir yöntem olarak hizmet alanı, bölge alanlarına (BA) bölünür ve BA' ndaki hücreler eş zamanlı olarak taranır. Çağrı geldiği zaman, BA' lar, Gİ'yi bulmak için arama stratejisi adı verilen belli bir sırayı takip ederek aranır. [17]' de elde edilen doğal sonuca göre, gezgin kullanıcının sabit-durum bölge olasılığı dağılımında gecikme kısıtlaması olmadan en uygun arama yöntemi, bölge alanlarının azalan olasılık değeri sırasında aranmasıdır. Açıkça, eşit dağılım en kötü olasılıktır, çünkü bu durumda arama stratejisini değiştirerek ilave gelişmeler elde edilemez. [17]' de, verilen bir gecikme zamanı sınırlamasına göre en uygun arama sırasını bulan bir algoritma anlatılmıştır. Fakat, bu algoritma, en kötü durumda sistemin tamamının aranmasına ve yüksek maliyete sebep olmaktadır.

Saf aramaya dayalı stratejilerdeki en kötü durum karmaşıklığıyla başa çıkabilmek için birçok bölge yönetimi yöntemi, Gİ tarafından zaman zaman yapılan bölge güncellemelerine güvenir. Temel fikir, arama alanını en son bilinen bölgenin etrafında bir bölgeyle kısıtlayarak belirsizliği belirli bir sınırdan tutmaktır. Fakat bölge güncellemesinin maliyeti de bölge yönetimi maliyetine yeni bir kalem olarak eklenir. Arama maliyeti gelen çağrılarının sayısına ve yönlendirilecek bölgeye ulaşmak için aranan hücrelerin sayısına bağlıyken, güncelleme maliyeti Gİ' nin yaptığı güncelleme sayısı ile orantılıdır. Gİ, ne kadar sıklıkta güncelleme yaparsa izleme sırasında o kadar az aramaya ihtiyaç olacağı gerçeğine bağlı olarak, bu iki bileşen arasında toplam maliyeti asgari seviyede tutan bir denge kurulmalıdır.

İşlevsel açıdan bakıldığında, hücresel bir sistemde aramanın güncellemeden daha temel bir iş olduğu görülür. Fakat bölge yönetimi araştırmalarının çoğu, belli

bir takım arama algoritmalarını kullanarak güncelleme yöntemleri üzerinde odaklanmıştır.

Bölge güncellemesinin en önemli amacı arama maliyetini düşürmektir ve arama stratejilerinin performansı bölge güncelleme yöntemleriyle yakından ilişkilidir. Verilen belirli bir gecikme zamanına göre arama maliyetinin düşürülebilmesi için bölge güncelleme yöntemleri ağa gerekli bilgileri bildirmelidirler. Arama maliyeti ile güncelleme maliyeti arasında bir denge vardır. Güncellenmiş bölge bilgilerinin yoğunluğu arttıkça, aranması gereken hücrelerin sayısı azalır.

3.1. Bölge Güncelleme Stratejileri

Çalışmamızın giriş bölümünde de belirtildiği gibi bölge yönetimi algoritmaları iki gruba ayrılabilir: statik ve dinamik. Statik algoritmalarda, BA, sürekli olarak atanmış bir grup hücreden oluşur ve bu bütün Gİ' ler için sabittir. Dinamik algoritmalarda ise, bölge güncellemesi kullanıcının çağrısına ve hareket durumuna bağlıdır, ve bölge güncelleme parametrelerinin dinamik seçimine imkan vererek bölge yönetiminden oluşan sinyal trafiğini azaltır.

3.1.1. Statik Bölge Güncelleme Stratejileri

Aşağıdaki, bölge alanı bölmelemesine veya raporlayıcı hücre seçimine dayanan bölge güncelleme yöntemleri statik veya genel olarak adlandırılabilirler [18]. Güncellemeler sadece tasarım sırasında sabitlenmiş hücrelerin bir alt kümesinde olduğundan dolayı bu yöntemler statiktir. Bütün Gİ' ler güncelleme mesajlarını aynı hücre kümesinde oluşturdıkları için bu yöntemler aynı zamanda geneldir.

BA Bölmelemesi : Bu güncelleme yönteminin mevcut hücresel sistemlerde geniş bir kullanım alanı vardır (örneğin GSM [3]). GAM' ın altındaki hizmet alanı, birbirinin üzerine binmeyen komşu hücrelerden oluşan BA' larına bölünmüştür. Gİ, BA sınırını geçtiğinde güncelleme yapmalıdır. Arama uzayı, BA' nın altındaki bir grup hücreyle sınırlandığından dolayı, bölge belirsizliği azaltılmıştır. Çağrı

geldiğinde BA' nın altındaki tüm hücreler tarandığı için tek aşamada başarılı olmak garantilenmiştir. Bİ' ler, Gİ' lerin güncelleme protokolünü takip etmelerine yardımcı olmak için BA kimlik numaralarını (hücre numaralarıyla birlikte) yayınlamak zorundadırlar. Sonuç olarak, bütün aboneler için geçerli genel bir BA atanır. Bu yöntemin açıkça görülen dezavantajı, diğer aramalara verilebilecek bantgenişliğini azaltan ve sadece BA' nın sınır hücrelerinde ortaya çıkan güncelleme trafiğidir.

Xie, Tabbane ve Goodman [19], hücrelerin en uygun BA' larına nasıl bölünebileceğini göstermişlerdir. Güncelleme maliyetine göre tarama maliyeti ve BA' nın büyüklüğüne göre tarama maliyetinin nasıl değiştiği biliniyor kabul edilerek, çağrı geliş oranı ve kullanıcının hareketliliğine göre bir çözüm üretmişlerdir. Metodun iki değişik şeklini önermişlerdir. Statik versiyonda çağrı geliş oranı ve hareketlilik indisinin tüm kullanıcılar için eşit olduğu kabul edilmiştir. Tam tersine dinamik versiyonda ise, farklı Gİ' ler için kendi çağrı geliş oranlarına ve hareketlilik durumlarına bağlı olarak değişik BA atamaları yapılır.

Madhavappedy, Basu ve Roberts tarafından hücre bölmelemesi için daha pratik bir yaklaşım tanımlanmıştır [20]. Bir kez daha, tipik bir kullanıcı için, hücreden hücreye hareket ve çağrı gelme olasılıkları açısından genel modeller kabul edilmiştir. Kullanıcı hareketliliği, son hücre numarası verilen hücredeki Gİ' nin koşullu bölge olasılığıyla simgelenmiştir. Bu, bölge kesinlik matrisi adı verilen bir veri yapısı kullanılarak hesaplanmaktadır. Abonelerin gidiş-geliş alışkanlıklarındaki geniş çeşitliliği yok saymanın karşısındaki düşünce burada da optimizasyonun güncelleme bedellerini de hariç tutarak devam etmektedir.

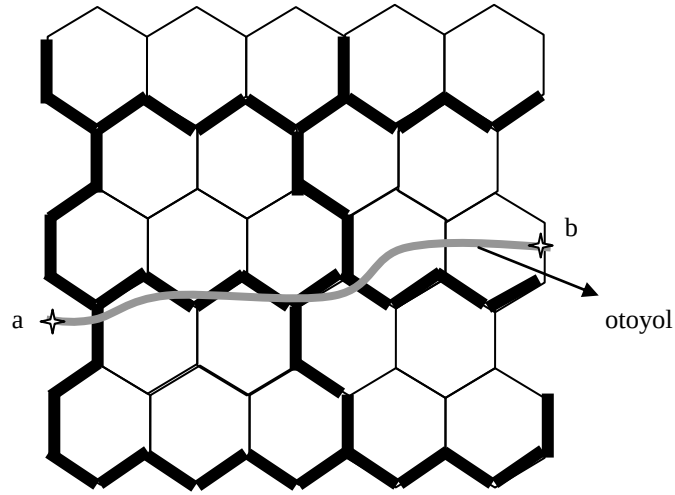
Trafik Tabanlı BA Güncellemesi : [6]' da, iki yeni teknik olan, hücreler arası trafik tahmini ve trafik tabanlı hücre gruplaması teknikleri BA' lar için en iyi hücre gruplarını seçebilmek açısından ard arda kullanılmışlardır. BA' ndaki hücrelerin sayısı yüksek olduğunda kayıt trafiği azalır fakat arama trafiği [21] artar. Diğer taraftan hücre sayısı az olan BA' larında kayıt trafiği artarken, arama trafiği azalır. Eğer BA' ları hücre içi gezgin trafik düşünülmeden hücrelere bölünmüş ise, BA' ndaki hücrelerin sayısını arttırmak kayıt trafiğini arttırdığı gibi arama trafiğini de arttırabilir. Çünkü hücre bölme tekniğinin büyük önemi vardır. Eğer BA' ları,

BA' lar içi gezici trafiği azamileştirecek şekilde tasarlanırsa, aynı BA için kayıt trafiği de azalacaktır.

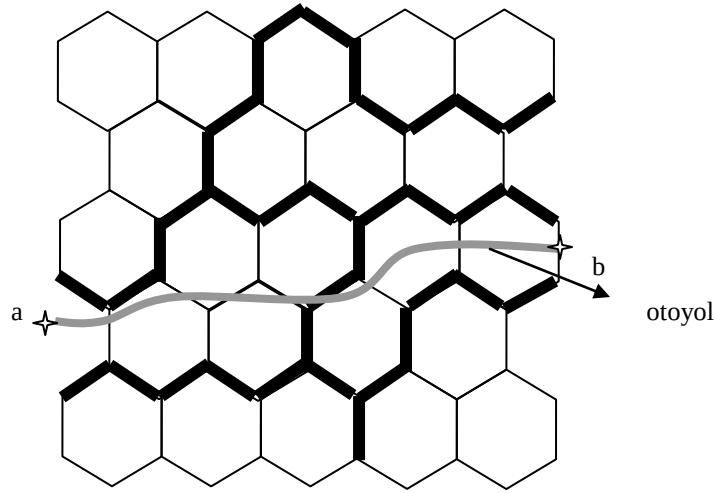
[6]' da, yazarlar her sabit BA için en iyi hücre gruplarının seçilmesine odaklanmışlardır. Gİ' lerin hücreler arası hareket durumlarını belirleyebilmek için hücreler arası trafik tahmin tekniği uygulanmıştır. Gİ' lerin hücreler arası hareketlerinin sayısını tahmin edebilmek için komşu hücreler arasındaki yollar (otoyollar, nakliye yolları, yayayolları) incelenmiştir. Bu tahminler trafik tabanlı hücre gruplama tekniği tarafından hücreleri BA' larına gruplamak için kullanılır. Hücreler arası trafiği yüksek olan komşu hücreler aynı BA' ya atanır. Böylece, BA' lar içi trafik arttırılarak, BA' lar arası trafik azaltılmış olur. Gİ' lerin BA' lar arası hareketleri kayıt trafiği yaratırlar. Bu yüzden BA-içi trafiği arttırmak, sinyalleme trafiğini azaltabilir.

Şekil 3.1' de, beş hücreli sabit bölge alanları Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı (YD-BAT) tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Bu şekilde, her altıgen bir hücreyi ve hücre sınırlarındaki koyu çizgiler de BA' ları ayıran sınırları göstermektedir. Şekil 3.1' de görüldüğü gibi, eğer bir Gİ a noktasından b noktasına otoyolu takip ederek giderse, BA sınırlarından altı kez geçer. Böylece, Şekil 3.1' deki gibi YD-BAT tekniği kullanılarak yapılan BA gruplamasında bu gezgin altı defa kayıt yaptırmak zorundadır.

Şekil 3.1' deki senaryodan, Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım (TT-BAT) tekniğinin BA' lar arası hareketlerin sayısını azaltmak için nasıl kullanılması gerektiğini açıklamakta faydalanılmıştır. TT-BAT tekniği kullanılarak BA sınırları belirlenmiş, değiştirilen bu BA sınırları Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Yeni sınırlar kullanıldığında a dan b ye aynı yolu takip ederek giden Gİ, BA sınırını sadece bir kez geçecektir. Bu teknikle, YD-BAT tekniği kullanılması durumundan altı kat daha az sınır geçilmektedir. Otoyollar birçok Gİ' yi taşıyacağından dolayı, Şekil 3.2' deki gibi BA sınırlarının değiştirilmesinin, BA' lar arası hareketleri çok etkili bir şekilde azaltacağını bekleyebiliriz. Deneysel sonuçlar, TT-BAT tekniğinin YD-BAT tekniğine göre ortalama olarak %27 ila %36 arasında BA' lar arası trafiği azalttığını göstermektedir.



Şekil 3.1 Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı (YD-BAT)



Şekil 3.2 Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarımı (TT-BAT).

Raporlama Merkezi : Bar-Noy ve Kessler [22], alternatif yaklaşımlarında, hücresel yapılanmada bir yenilik yapmadan, bazı hücreleri Gİ girdiğinde güncellemek zorunda olduğu raporlama hücreleri olarak tanımlamışlardır. Çağrı geldiğinde, Gİ en son güncelleme yaptığı raporlama hücresinin çevresinde aranır. Genel bir hücresel ağ için en uygun raporlama hücresi kümesinin seçiminin NP-complete bir problem olduğu gösterilmiştir. Özel hücresel topolojiler (örneğin tree, ring, grid) için en uygun veya en uyguna yakın çözümler ve genel grafik çözümlerine yaklaşım teknikleri sunulmuştur. Fakat yöntem, hücrelerin kare şeklinde olması ve kullanıcı hareketlerinin akışkanların akış modelleriyle modellenmesi gibi basitleştirici kabullerin üzerine inşa edilmiştir.

3.1.2. Dinamik Bölge Güncelleme Stratejileri

Bu yöntemlerde, bölge güncellemeleri sadece kullanıcının hareket aktivitelerine dayanmakta olup güncelleme için önceden özellikle belirlenmiş herhangi bir hücre yoktur. Bu stratejiler hücre planlama hakkında genel veya tasarıma özel bilgiye ihtiyaç duymadan, güncellemeyi yapıp yapmama kararını Gİ' ler kendileri verdiklerinden dolayı yerel olarak nitelendirilebilirler. Bu kategorideki en fazla bilinen üç ana yöntem aşağıdaki gibidir;

- (i) Mesafe tabanlı,
- (ii) Hareket tabanlı, ve
- (iii) Zaman tabanlı.

Mesafe Tabanlı BA Güncelleme Yöntemi: Mesafe tabanlı yöntemde [18,23,24,25] , Gİ bir önceki güncelleme noktasına olan Euclid mesafesini sürekli izlemek ve bu mesafe belli bir değeri aştığında yeni güncellemeyi yapmak zorundadır. İdealde bu mesafeler mil yada kilometre birimlerinde olmasına rağmen, iki konum arasında kalan hücrelerin sayısı türünden de ifade edilebilir. Böylece, arama uzayı en son bilinen hücrenin etrafında yarı çapı D olan dairesel bir alana indirgenmiş olur. Bu hücrelerin kullanıcıya ve zamana göre bir KA oluşturduğu düşünülebilir. Bununla birlikte, travers mesafe araçtan alınabilmesine rağmen, iki bölge arasındaki Euclid mesafesini ölçmek zordur. Yerel planlar içinde karakteristik özelliklerine dikkat etmeksizin, mesafe tabanlı planı uygulamak için, hücre haritası hakkında genel bilgilere ihtiyaç vardır. Gİ' nin mesafe eşiği içindeki hücreleri tanımlayabilmesi için sistem güncelleme mesajlarının cevaplarına hücre numaralarını yükleyebilir. **Madhow, Honig ve Steiglitz [25]** bir sonraki çağrıya kadar toplam güncelleme tahminlerini ve tarama maliyetini en düşük hale getirebilecek en uygun D mesafesinin nasıl bulunacağını açıklamışlardır. Çağrılar arasında hafızasız hareket modeliyle sistemin geliştiği düşünülerek, en uygun eşik mesafesini hesaplamak için dinamik programlamaya dayanan iteratif bir algoritma kullanılır. En uygun eşik mesafesini, D , bulmak için benzer bir yaklaşım **Ho ve Akyıldız [24]** tarafından altıgen hücre şekilleri üzerinde iki boyutlu rastgele kullanıcı hareket modeliyle kullanılmıştır. Rastgele hareket ayrık-zaman Markow zinciri ile modellenmiş ve bu modelde durum (state) Gİ' nin o anki ve daha önceden bilinen hücresi arasındaki

mesafe olarak tanımlanmıştır. Kullanıcının etrafındaki alan en son bilinen hücresinin çevresindeki D hücre katmanını kapsar ve bu alan verilen gecikme kısıtlamalarına göre tarama alanlarına bölünür.

Tahmini Mesafe Tabanlı BA Güncelleme Yöntemi: Tahmini mesafe tabanlı güncelleme yönteminde [26], Gİ güncelleme işlemi sırasında hem bölgesini hem de hızını bildirir. Bu bilgilere dayanarak, ağ Gİ' nin bölgesinin olasılık yoğunluk fonksiyonunu bulur ve bunu Gİ' nin gelecekteki bölgesini tahmin edebilmek için kullanır. Bu tahmin bilgisine hem ağ hem de Gİ tarafından ulaşılabilir. Gİ belli aralıklarla bölgesini kontrol eder ve eğer mesafesi, tahmin edilen bölgeden ölçülen eşik mesafeyi geçmiş ise bölge güncelleme işlemini yapar. Çağrı geldiğinde, ağ, tahmin edilen bölgeden başlayarak, dışarıya doğru en kısa mesafe ilk sırasıyla Gİ' yi bulana kadar arar.

Performans analizinde, kullanıcının hareketlilik biçimini modellemek için Gauss-Markov işlemi kullanılır. Gauss-Markov modeli Gİ' nin zamandaki hızının koralasyonunu yakalar ve gelişigüzel hareket ve sabit hız akışkan hareketleri modellerini de içeren değişik kullanıcı hareket desenlerini açıklayabilir. Sayısal sonuçlar, sonsuz tek-boyutlu lineer model ve Poisson çağrı geliş şekli varsayımlarıyla, tahmini mesafe tabanlı yöntemin diğer tahminsiz yöntemden daha iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Hareket Tabanlı BA Güncelleme Yöntemi : Hareket tabanlı yöntemde [3,18] özellikle Euclid mesafesi sadece hücre sayısı cinsinden tahmin edilir. Gİ her geçtiği hücre sınırı sayısını sayar ve bu sayı belli bir eşik değerine, M, ulaştığında güncelleme işlemini yapar. Bu yöntem kullanıcı bazında hareket eşığının dinamik seçilebilmesini sağlar. Komşu hücrelerle ilgili bilgilere de gerek duyulmadığı için, bu yöntem lokal bir yöntem olarak sınıflandırılabilir. Zayıf tarafı ise, mesafe eşiği aşılmamış olmasına rağmen, farklı hücreler arasındaki lokal hareketleri sayarak güncelleme sayısının artmasıdır.

Uygulama için, Gİ' nin sadece her hücre sınırını geçtiğinde hücre sayısını sayabileceği bir sayaca ihtiyacı vardır. Sayaç hareket eşik sayısına gelince sıfırlanır. [3]' de en uygun hareket eşik sayısını bulabilmek için analitik bir model anlatılmıştır. En yüksek tarama gecikmesi dikkate alınmış ve arama için en kısa mesafe ilk

yöntemi kullanılmıştır. Genel hücrede kalış zaman dağılımı ve simetrik gelişigüzel hareket modeli kabul edildiğinde dörtgen ve altıgen hücre kombinasyonları için bu model uygulanabilir.

[27]' de, yöntemde kullanılan bölge güncellemesinin ve aramasının maliyetini formüle edebilmek için analitik bir yöntem kullanılmıştır. Toplam maliyeti düşürme problemi en uygun eşik değerini bulan bir optimizasyon problemi olarak formüle edilmiştir. Bölge güncelleme maliyetinin eşik değeri M 'ye göre konveks ve azalan ve tarama maliyetinin de eşik değeri M 'ye göre konveks ve artan bir fonksiyon olduğu, ve toplam maliyetin de eşik değeri M 'ye göre konveks olarak değiştiği ispatlanmıştır.

Zaman Tabanlı BA Güncelleme Yöntemi : Zaman tabanlı yöntemde [18,28], Gİ sisteme periyodik güncellemeler gönderir. Bu yöntem Gİ' nin güncellemeler arasında kalan zamandaki bölge bilgisini saklamasını veya işlemesini gerektirmez. Periyot veya zaman eşiği, T bilgisi, donanım veya yazılımda bir sayaç kullanılarak Gİ' de programlanabilir. Bu tamamen lokal ve etkileyici bir çözüm olmakla beraber, sabit bir Gİ' nin gereksiz yere yapacağı güncellemelerin de maliyetini düşünmek gerekir. Çağrı geldiğinde Gİ en son bilinen hücresinden itibaren o kadar zaman içerisinde ulaşabileceği tüm hücrelerde aranır. Böylece arama uzayı, geçen zaman, kullanıcı hareketi ve son bilinen hücrenin bölgesinden oluşan bir fonksiyonla oluşturulur.

Bar-Noy, Kessler ve Sidi [18] zaman, hareket ve mesafe tabanlı güncelleme yöntemlerini değişen güncelleme oranlarıyla arama maliyetleri açısından karşılaştırmışlardır. Halka (ring) hücresel topolojide iki tip hareket modeli vardır: Bağımsız ve Markovian. Mesafe tabanlı yöntemin sürekli olarak en iyi performansı gösterdiği gözlemlenmiştir. Zaman ve hareket tabanlı yöntemlerde belirsizlik kullanıcının hareketleriyle çok yakından ilgiliyken, mesafe tabanlı yöntem bölge belirsizliğine bir üst limit koyar.

[28]' de zaman tabanlı yöntemi çalışmak için analitik bir model anlatılmıştır. Kullanıcının bölge olasılığını Gaussian dağılımı, gelen çağrılar ise Poisson dağılımı olarak düşünerek, bölge güncelleme ve arama maliyetini en düşük seviyede tutan bir zaman periyodu bulunmuştur. Sonuçlar zaman tabanlı yöntemin BA tabanlı yöntemden yeterince daha iyi olduğunu göstermiştir.

Zaman tabanlı yöntemin değişik bir türü olan uyarlanabilir eşik yöntemi [29]' da incelenmiştir. Gİ sabit olmayan ve Bİ' nin yukarı kanalının yük yoğunluğuna göre değişen her T zaman biriminde güncelleme mesajı yayınlar. Sayısal sonuçlar tek-boyutlu lineer model ve gelişigüzel hareketlilik varsayımlarıyla, uyarlanabilir eşik yönteminin sabit zaman tabanlı yöntemden daha iyi performansta olduğunu göstermektedir.

Durum Tabanlı BA Güncelleme Yöntemi : Durum tabanlı güncelleme yönteminde, Gİ bölge güncellemesini yapıp yapmayacağına durumuna bakarak karar verir. Durum bilgisinde, en son güncellemeden sonra geçen zaman veya geçilen hücre sınırları sayısı, en son kaydedilen bölge ile bulunulan hücre arasındaki hücre mesafesi, ve benzeri diğer kriterler bulunabilir. Bundan dolayı değişen durum bilgileri değişik bölge güncelleme yöntemleri gerektirir.

[11]' de, yazar, Gİ' nin şu andaki bölgesini ve en son güncellemeden bu yana geçen süreyi kapsayan durumuyla, durum tabanlı yöntemi incelemiştir. Kullanıcının hareketlerini modellemek için, zamana göre değişen Gaussian işlemi kullanılmıştır. Arama gecikmesi sınırlaması olmadan bölge güncelleme ve aramanın ortalama maliyetleri için uygun bir çözüm, hızlı bir metotla bulunmuştur. Sonuçlar, ortalama maliyetlerde durum-tabanlı güncelleme yönteminin, zaman tabanlı yöntemle göre yüzde 10' luk bir gelişme elde ettiğini göstermiştir.

Seçici BA Güncellemesi Yöntemi : Seçici BA güncellemesi yönteminin arkasındaki mantık sıradan bir kullanıcının işine giderken veya gelirken yolda birçok BA' ndan geçeceğidir. Bunun sonucunda bazı BA' larında çok kısa bir süre kalacaktır. Her yeni BA sınırını geçerken güncelleme yapmak yerine, bazı BA' larında bu güncelleme işlemi atlanabilir.

[30]' da, BA' lar arasındaki bağlantıların grafik modeliyle modellendiği analitik bir yöntem anlatılmıştır. Bu yöntemde, Markov hareket modeli kullanılmıştır. Her BA' nda geçirilen zaman geometrik bir dağılım izler. Yaklaşık en iyi çözümü bulmak için genetik bir algoritma kullanılmıştır. Gİ' nin bulunma olasılığının düşük olduğu hücreler ve yüksek güncelleme maliyeti için, sonuçlar, klasik BA tabanlı yöntemden daha düşük bir bölge yönetim maliyetli yöntem olduğunu göstermiştir.

Uygulama için, geçiş olasılıkları ve kalma süreleri ile ilgili bilgi gereklidir. Belli bir kullanıcının BA' lar arasında geçiş olasılıklarını tahmin edebilmek için, uzun bir zaman süresince gün boyu yaptığı hareketler izlenmelidir. Mevcut KİA' larında, BA tabanlı güncelleme yöntemi kullanıldığından, BA' lar arasındaki geçiş frekansları veritabanından elde edilebilir.

Profil Tabanlı BA Güncellemesi Yöntemi : Profil Tabanlı BA Güncellemesi [31] (alternatif bölge stratejisi olarak ta bilinir [32]) yönteminin amacı, kullanıcının hareket alışkanlığının avantajını kullanarak güncelleme maliyetini düşürmektir. Ağ, her kullanıcı için, değişik zamanlarda genellikle hangi BA' larında bulunduğu listesini de içeren profiller oluşturur. Bu liste kişinin olabileceği olası BA' larına göre sıralanır. Çağrı geldiğinde listedeki BA' lar sırasıyla taranır. Kullanıcı listedeki BA' lar arasında hareket ettiği sürece bölge güncellemesi yapılmaz. Bölge güncellemesi ancak kullanıcının listede olmayan bir BA' ya girdiği zaman yapılır. Bu liste kullanıcının hareket geçmişinden çıkarılabilir. Alternatif stratejilerin değişik tipleri açıklanmıştır :

- Uzun vadeli olaylar için temel tip (örneğin, gelen çağrılar ve kayıt).
- Kısa ve orta vadeli olaylar için arttırılmış bellekli tipler.

Her kullanıcının profili AYK' da saklanır ve aynı zamanda bir kopyası da ağ tarafında tutulur. Bu işlem alternatif stratejinin normal işleyişi için çok önemlidir. Ağ kısmında bir değişiklik olursa profilin kopyası da güncellenir.

Sistemde iki çeşit bilgi bulundurulmalıdır:

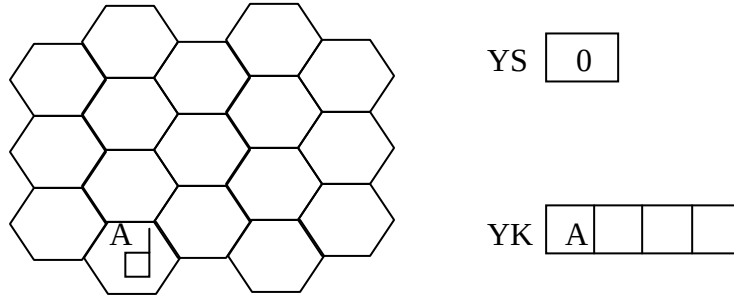
1. Sadece çok uzun zaman dilimleriyle ilgili olarak uzun vadeli ve yavaş değişen bilgiler (haftalar, aylar),
2. Kullanıcının yakın zamandaki hareketlerini yansıtan, kısa ve orta vadeli bilgiler (saatler, günler).

[32]' de yazar, alternatif stratejinin (AS) en önemli avantajının bölge güncellemelerinin kullanıcının hareket bilgisi profil formlarıyla saklanması olduğunu belirtmiştir. Dezavantajları ise, artan arama gecikmeleri (farklı bir

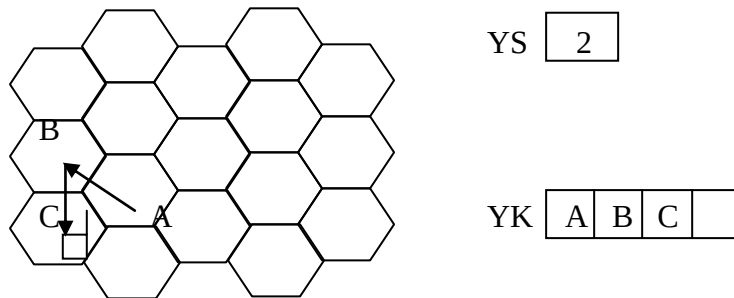
bölgedeki kullanıcıyı sırayla listeden ararken) , artan bellek ihtiyacı, ve son olarak, uzun vadede düzenli hareket rotaları olmayan kullanıcıların profil güncelleme maliyetleridir.

Geçmişe Dayalı BA Güncellemesi Yöntemi : [33]' de, yazarlar, Gİ' nin yakın geçmişini hesaba katarak gereksiz bölge güncellemelerinin sayısını azaltmak için Geçmişe Dayalı Bölge İzleme yöntemini sunmuşlardır.

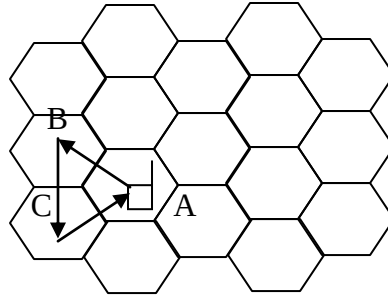
Her Gİ, bir yol uzunluğu sayacı (YS) ve hareket geçmişi yığın kayıtcısı (YK) ile donatılmıştır. YS, kullanıcının en son bölge güncellemesi yaptığı bölgeden itibaren tekrarlanan hareketleri çıkartılmış olarak tüm hareketlerini saklar. Kapasitesi K olan YK ise Gİ' nin tekrarlanmış hareketleri çıkartılmış halde en son uğradığı K tane hücrenin numaralarını saklar. YS' nin değeri daha önceden belirlenmiş eşik değeri olan T' ye ulaştığında Gİ yeni bölgesini ağa raporlar. Geçmişe dayalı bölge güncellemesi işlemi Şekil 3.3 (a-d)' de gösterilmiştir.



(a) Gİ açılır.



(b) Gİ, A hücresinden C'ye geçer



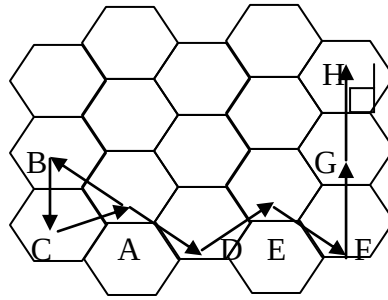
YS

0

YK

A			
---	--	--	--

(c) Gİ, A'ya geri döner



BG den önce

YS

5

YK

E	F	G	H
---	---	---	---

BG den sonra

YS

0

YK

H			
---	--	--	--

(d) H'de güncellemeden önceki ve sonraki durum

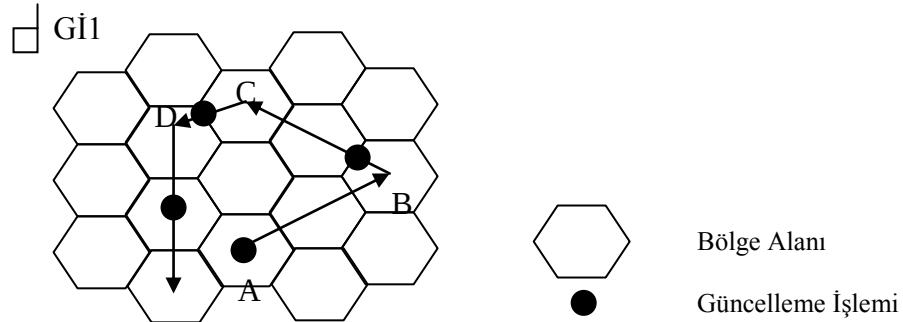
Şekil 3.3 Geçmişe Dayalı BA Güncellemesi Yöntemi.

Şekil 3.3 (a-d)' de, $K=4$, $T=5$ olduğu, ve Gİ' nin ilk bölge güncellemesini yaptığı bölge olan A' da ilk olarak açıldığı kabul edilmiştir. Şekil 3.3 (a) Gİ' nin başlangıç durumunu göstermektedir. YS' nin ilk değeri 0 verilmiş ve o andaki hücre numarası olan A değeri YK' ye kaydedilmiştir. Şekil 3.3 (b) yeni konum C olacak şekilde iki yeni hareketten sonra YS' nin ve YK' nin yeni değerlerini göstermektedir. Şekil 3.3 (c) Gİ' nin C hücresinden geri A hücresine geldiğinde oluşturduğu halkayı göstermektedir. A' nın hücre numarası YK' de kayıtlı olduğundan dolayı, Gİ bunun tekrarlanmış hareket olduğunu anlar ve tekrarlanmış hareketi çıkarma işlemini başlatır. A hücre numarasını YK' ye koymak yerine, YK' nin en üst değerinde A değeri kalana kadar diğer değerleri YK' dan çıkarır. YS' nin değeri de yığından çıkarılan hücre sayısı kadar azaltılır. Bu işlem Gİ' nin hareket yolundaki tekrarları yok eder ve böylece yerel hareketlerin bölge güncellemesine olan etkilerini azaltır.

Şekil 3.3 (d)' de gösterildiği gibi Gİ, A hücresinden H hücresine doğru beş ilave hareket yaptığında, YS' nin değeri eşik değerine eşitlenerek 5 olur ve bölge güncelleme işlemi başlatılır. YS değeri sıfırlanır ve YK' daki yeni H hücresinin numarasının dışındaki değerler silinir. YK' nin büyüklüğü kısıtlı olduğundan, K değerinden büyük sayıda hareketten oluşan tekrarlar bu anlatılan algoritmayla tespit edilemez.

Çağrı geldiğinde, Gİ' nin en son bölge güncellemesi yaptığı hücreden başlayarak T hareketle uğrayabileceği tüm hücreler taranır. Tarama alanının alt gruplara bölünerek ve sırayla Gİ bulunana kadar yapılmasıyla tarama maliyeti düşürülebilir. Ancak bu yöntem tarama gecikmesini artırır.

Yön Tabanlı BA Güncellemesi Yöntemi : [34]' de yazarlar tarafından, Gİ' nin sadece hareket doğrultusu değiştiği zaman güncelleme yaptığı yön tabanlı bölge güncellemesi (YTBG) yöntemi önerilmiştir. Bir Gİ' nin yerini belirlemek için arama sadece onun hareketi doğrultusunda yapılır ve böylece arama maliyeti düşürülür.



Şekil 3.4 Yön Tabanlı BA Güncellemesi Yöntemi

Örneğin Şekil 3.4' de , Gİ1 hareket etmekte ve hareketinin yönü B, C ve D noktalarında değişmektedir. Her yön değiştirme noktasından geçtikten sonra, Gİ1 bölge güncellemesini yapar ve yeni hareket yönünü ağa bildirir. Böylece ağ Gİ1' nin hareket yönünü sürekli olarak izler. Belli bir Gİ' ye çağrı geldiğinde, sistem sadece Gİ' nin hareket doğrultusundaki BA' ları tarar.

Fakat, çok nadir de olsa, bir Gİ hareket yönünü değiştirdiğinde güncelleme işlemi başarısızlıkla sonuçlanmış olabilir. Bu durumda, ağ Gİ' nin yerini normal taramayla belirleyemez. Bu yüzden yazarlar [34]' de mesafe tabanlı yöntemi bu kısma uygulayarak, Gİ' nin güncelleme yapmadan düz bir doğrultuda gidebileceği

mesafeyi sınırlandırmışlardır. Çağrı geldiğinde ağ, Gİ' yi düz doğrultusu içerisinde bulamazsa, yerini halka halka tarayarak bulmaya çalışır.

Önbellek Tabanlı BA Güncellemesi Yöntemi : GAM / ZYK önbelleğinde tutulan yer bilgileri kullanılarak çağrı dağıtımının maliyetinin düşürülebilmesi için bir çok önbellekleme yöntemi önerilmiştir.

[35]' de, kullanıcı başına bölge önbellekleme yöntemi tanıtılmıştır. Bir Gİ' den çağrı başlatıldığı zaman, o Gİ' nin numarası ve ondan tespit edilen, ona hizmet sağlayan GAM / ZYK bilgisi önbelleğe kaydedilir. Gİ için başka bir çağrı geldiğinde, Gİ' nin önbellekte bilgisi yoksa, daha önce anlatılan IS-41 çağrı dağıtım yöntemi kullanılır. Eğer önbellek bilgisi varsa, önbellekte belirtilen ZYK aranır. Eğer Gİ hala aynı ZYK da ise, hedef bulunmuştur. Tam tersi durumda, hedef bulunamamıştır ve IS-41 yöntemi kullanılacaktır. Bu durumda, bu yöntemin maliyeti IS-41' dekinden daha fazla olacaktır.

Hata sayısının azaltılması için, [36]' da, önbellek girişlerinin belli aralıklarla doğrulanması önerilmiştir. Fakat, T-eşiği de önbellek hatasını önleyemez. T-eşiği veya kullanıcı bazında önbellekleme yöntemindeki çağrı gecikmeleri IS-41' dekinden daha kısa değildir ve dahası, düşük Çağrı-Hareketlilik Oranı (CHO) değerlerinde toplam maliyet daha yüksek olabilir.

[37]' de bir Gİ, bir KA' dan diğerine hareket ettiğinde bölge bilgisinin tüm bölge veritabanlarına dağıtılması önerilmiştir. Bu yöntemler önbellek hatalarını düşürerek çağrı dağıtım maliyetinin ve çağrı gecikmelerinin IS-41 yönteminden daha düşük olmasını sağlarlar. Buna rağmen bu durum bölge kaydı için daha fazla sinyal göndermeye sebep olur ve sonuçta toplam maliyet daha yüksek çıkabilir.

[38]' de kullanıcı profili kopyalama yöntemi anlatılmıştır. Bu yönteme göre, kullanıcı profilleri seçilen bir yerel veritabanına kopyalanır. Gİ' nin hareketlilik oranına ve her yerden gelen çağrı oranına bağlı olarak her Gİ' nin kopyalamasına karar verilir. Kullanıcı profili kopyalama yöntemi daha önce anlatılan dezavantajlardan hiçbirine sahip değildir. Fakat kopyalama kararı, Gİ' lerin hareketlilik oranlarını, gelen çağrı oranlarını toplayan merkezi bir sistem (AYK)

tarafından alınmaktadır. Bu mevcut KİA' larda mantıklı olmayabilir çünkü kullanıcı sayısı arttıkça sisteme daha fazla yük binecektir.

BA Güncellemesi için Kullanıcı Hareketlilik Seyri Yöntemi : [39]' da, bölge güncellemesi ve telsiz sistemlerde tarama için Gİ' lerin geçmişlerinin tutulduğu kullanıcı hareketlilik geçmişi (KHG) adı verilen veritabanı kullanılarak kullanıcı hareketlilik seyri (KHS) yöntemi anlatılmıştır. Bölge güncellemesi sırasında, KHS, KHG den türetilir ve ağa kaydedilir. Kaydedilmiş KHS' de, uğranması beklenen hücreler ve KHS' deki her hücre için tahmin edilen hücreye giriş zamanları bulunmaktadır. Kaydedilmiş KHS' de olmayan bir hareket saptanmadığı sürece, herhangi bir bölge güncellemesi yapılmaz. Diğer taraftan, Gİ için çağrı geldiğinde, hücreler, kayıtlı KHG' deki hücre giriş zamanlarına göre seçilerek taranır. KHG, Gİ' nin hareketlilik geçmişinin tutulduğu bir veri yapısıdır. Her Gİ, belli sayıda kayıttan oluşan kendi KHG' ni oluşturur. Örneğin bir kişi, işine sabah saat 07:00 ve 08:00 arasında bir hücreyi geçerek gidiyor ve akşam saat 18:00 ve 19:00 arasında aynı hücreyi geçerek geri geliyor olabilir. Aynı şekilde, aynı kişi hafta sonları aynı hücreyi geçerek farklı bir yere gidiyor olabilir. Her senaryoda hedef hücre farklı olduğundan dolayı, her durum için farklı bir kayıt oluşur ve hücre giriş zamanları o an içindeki KHS' nin iyi bir göstergesidir. Bu yüzden aynı hücre bilgilerini taşıyan birden fazla KHG kaydı bulunabilir. Bu tip kayıtlardaki fark hücre giriş zaman aralıklarıdır. KHS yapısı ile ilgili detaylar [39]' da bulunabilir.

Gİ yeni bir hücreye girdiğinde, KHG' sinde büyük olasılıkla o hücre ile ilgili kayıt bulunabilir. Bu yüzden, ilk olarak yeni hücre KHG kayıtlarında aranır. Eğer aynı hücre tanımında bir kayıt bulunursa ve hücre giriş zamanı değişikliği daha önceden belirtilmiş maksimum bir değeri geçmiyor ise, tek yapılması gereken şey, yeni durumu yansıtmak için veritabanında bazı alanları güncellemektir. Eğer yeni hücre giriş zamanı kaydedilmiş hücre giriş zaman aralığı içinde değilse, hücre giriş zaman aralığı ve birkaç ek alan güncellenmelidir. Eğer yeni hücre için KHG' de kayıt bulunamamış ise, ve KHG veri yapısı dolu değilse yeni hücre ile ilgili bilgiler kullanılmamış ilk boş yere kaydedilir.

Gİ açıldığında, veya ağına kapsama alanına geri döndüğünde veya KHS' de kayıtlı olmayan yeni bir bölgeye girildiğinde, Gİ kayıt işlemine başlar. Kayıt

sırasında, Gİ ilk olarak izlediği KHS' yi bulur. O anda içinde bulunduğu hücre ve zaman KHS' yi tespit etmek için yeterlidir. KHG' yi tarayarak, o anki hücre ve zamanına göre ilgili kaydı bulur. Bu aramanın sonunda, Gİ bir KHS bulamazsa varolan bir KHS' ye girene kadar yeni bir KHS yaratır. O anki KHS' ni bulmasından sonra, Gİ bir KHS kayıt mesajı oluşturur ve ağa gönderir. Ağ kayıtlı KHS' leri saklar ve Gİ' lerden gelen mesajlara göre kayıtlarını günceller. Bu yüzden, Gİ, KHS kayıtlarında sadece en son kayıttan bu yana olan değişiklikleri raporlar. Eğer Gİ daha önce bulunmadığı bir bölgeye girerse, o zaman KHG' sinde KHS' yi bulamaz. Gİ o anki yeri için KHS bulamazsa, başka bir bölge güncelleme tekniği kullanır [4,18,40].

LeZi BA Güncellemesi Yöntemi : LeZi güncelleme yönteminde [41] amaç, kullanıcı hareketliliğinin en uygun mesajlaşma ile öğrenilmesidir. Gİ' nin hareket geçmişi ağa gönderilmiştir. Ağ kayıtlı geçmiş verileri kullanarak bir arama ağacı oluşturur. Çağrı geldiğinde Gİ' nin kesin yerini bulmak için, bu arama ağacına dayalı bir seçici tarama yapılır.

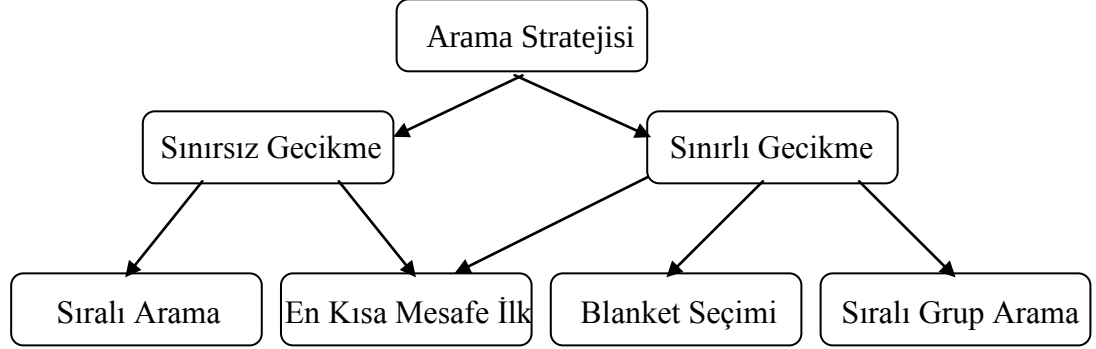
3.2. Arama Stratejileri

Terminal Arama, ağın belli bir Gİ' nin tam yerini belirlemek için yaptığı işlemdir. Her seçim safhasında ve arama işleminde, seçim sinyalleri aşağı bağlantı kontrol kanalları vasıtasıyla Gİ' nin bulunabileceği bütün hücrelere gönderilir. Bütün Gİ' ler bu arama mesajını dinlerler ve sadece aranan Gİ yukarı bağlantı kontrol kanalıyla cevap gönderir. Her seçim safhasında bir süre aşım zamanı vardır. Eğer Gİ süre aşım zamanından önce cevap verirse, arama işlemi durdurulur, cevap alınamazsa, bir sonraki seçim safhasında başka bir hücre grubu seçilir.

Hat düşmesini önlemek için, Gİ' nin yerinin makul bir zaman sınırı içinde belirlenmesi gerekir. Maksimum arama gecikmesinin karşılığı, bir Gİ' yi bulmak için izin verilen maksimum seçim safha sayısıdır. Örneğin, maksimum arama gecikmesi değeri 1 ise, Gİ sadece bir arama döngüsünde bulunmalıdır.

Arama işlemi sırasında telsiz bant genişliği kullanıldığından dolayı, arama maliyeti seçim safhalarının sayısı ve her safhada aranan hücre sayısı ile orantılıdır. Arama alanı bölge güncelleme fonksiyonu tarafından sağlanan bilgilere bağlıdır.

Arama maliyeti Gİ' nin o andaki yeri tahmin edilerek düşürülebilir. Bu bölümde literatürde geçen değişik arama stratejilerini özetleyeceğiz. Arama stratejileri Şekil 3.5' de sınıflandırılmıştır [4].



Şekil 3.5 Arama stratejileri

Blanket Seçimi : Blanket seçiminde, çağrı geldiğinde Gİ' nin içinde bulunduğu BA' ndaki tüm hücreler aynı zamanda sorgulanır. Gİ, BA' nın içinde bulunduğundan, yeri tek seçim safhasında belirlenebilir. Bu arama stratejisi varolan KIA' larındaki BA tabanlı güncelleme yöntemine dayanarak geliştirilmiştir. BA' ndaki bütün hücreler aynı anda arandığı için, en düşük arama gecikmesi garantilenmiştir [4]. Blanket seçiminin ana dezavantajı, tipik bir BA' nda hücre sayısı çok olduğundan dolayı arama maliyetinin yüksek olmasıdır.

En Kısa Mesafe İlk : Bu arama stratejisinde, ağ, Gİ' yi en son güncellemenin yapıldığı bölgeden başlayarak dışarıya doğru en kısa mesafedeki hücrelere ilk önce bakarak arama işlemini gerçekleştirir. Mesafe en son güncelleme yapılan bölgeden itibaren hücre sayısı ile ölçülür. Eğer eşik tabanlı bir güncelleme kullanılırsa (mesafe ya da hareket), Gİ' nin arama alanı sınırlandırılmış olur. Gİ' nin yeri birkaç seçim safhasında belirlenir. Her seçim safhası için değişik mesafelerde hücreler gruplanarak arama gecikme kısıtlaması da işleme dahil edilebilir.

Kullanıcının Yer Olasılığına Bağlı Sıralı Arama : Bu arama stratejisinde, Gİ' nin yeri, bölge olasılığı dağılımına göre tahmin edilir. Seçim sinyalleri sadece kullanıcının olabileceği hücrelere gönderilir. [17]' de elde edilen sonuçlar, arama gecikmesi sınırlaması olmadan, kullanıcının bölge olasılık dağılımı verildiğinde, azalan sıralı olasılıklı hücrelerde arama maliyetinin sıralı arama yöntemi ile en düşük

seviyeye indirildiğini ortaya koymuştur. Açıkça, sabit bölge dağılımı en yüksek arama ve maliyet değerini verir.

Maksimum arama gecikmesi sınırlaması olduğunda, her seçim safhasında beraber seçilebilecek bir hücre grubu vardır. Arama maliyetini düşürmek için gruplarda bulunacak en uygun hücre sayısı dinamik programlama [42] ile bulunabilir. [17]' de , yazarlar ortalama arama gecikme sınırlaması ile en düşük arama maliyetini veren en uygun arama sıralamasını elde etmişlerdir. Sıralı arama stratejisi sayaç ve durum tabanlı güncelleme yöntemlerinin performans analizlerinde kullanılmaktadır. Sıralı arama stratejisinin geliştirilmesinde önemli bazı açık noktalar vardır :

- Ölçümlere dayanan zamana göre değişen bölge olasılıklarını nasıl tahmin edebiliriz?
- Hangi durumlarda bölge olasılıklarının güncellenmesi gerekir?
- Bu bölge olasılıklarını ağ veritabanında verimli bir şekilde nasıl tutabiliriz?

Hız Araması : Hız arama yöntemi [43], arama alanının boyutlarını daraltarak arama maliyetini düşürmeyi amaçlar. Bu amaca ulaşmak için kullanıcıları bölge güncellemesi sırasındaki hızlarına göre hız gruplarına ayırır. Çağrı geldiğinde, kullanıcının en son kayıt zamanına ve hız sınıfı indisine göre arama alanı dinamik olarak oluşturulur. Hız arama yöntemi diğer bölge güncelleme algoritmalarının üzerine kurulabilir. Bu arama stratejisini uygulayabilmek için, Gİ' nin en son bilinen bölgesi, hız sınıf indisi ve son kayıt zamanının kullanıcının veritabanı profilinde bulunması gerekir. Sistem Gİ' nin ortalama hızına ve en son kayıt zamanına göre gidebileceği mesafeyi hesaplayarak, en son kayıtlı olduğu hücreden itibaren sadece bu mesafeleri arar.

Sayısal sonuçlar [43], hız arama yöntemi hareket tabanlı güncelleme algoritmasıyla birleştiğinde, bu birleşmiş yöntemin BA tabanlı güncelleme yöntemi ile blanket seçimi birleşmesinden maliyet olarak her zaman daha düşük bir maliyet çıkarmadığını göstermektedir. Yazarlar sistem parametrelerine dayanarak bu birleşimde kullanılması gereken hücre grubu yarıçapını belirlemişlerdir.

Grup Seçimi : Eğer çok sayıda arama isteği (gelen çağrı sayısı) varsa, arama gecikmesi artabilir ve arama kanallarına fazla yük binebilir. [44]' de, yazarlar, Gİ' ler için grup seçimi yöntemini Markov sıra problemi olarak formüllemişlerdir. Ağa gelen arama istekleri Poisson dağılımını izlerler. Hizmet oranının üssel dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Kullanıcı bölge olasılık dağılımı kullanılarak, içinde blanket seçimi, sıralı arama ve sıralı grup araması yöntemlerinin bulunduğu değişik arama stratejileri incelenmiştir. Arama isteğinin gelmesi ve kullanıcının yerinin tespit edilmesi arasındaki ortalama geçen zaman hesaplanmıştır. Sonuçlar, düşük yük oranlarında blanket seçimi yönteminin en düşük gecikmeyi, fakat daha yüksek arama isteğinin geldiği durumlarda sıralı arama yönteminin daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

[45]' de grup seçimi yöntemi de araştırılmıştır. Her Bİ' de sabit sayıda arama kanalı bulunmaktadır. Arama istekleri Poisson dağılımını izlerler. En uygun arama teorisine dayanan sıralı arama yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar bu sıralı arama stratejisinin blanket seçimi yaklaşımından daha düşük sinyal yüküne sebep olduğunu göstermiştir.

Kullanıcı Hareketlilik Seyri Tekniği, [39]' da belirtildiği gibi, bir Gİ için çağrı geldiğinde, Gİ tarafından KHS' ye kaydedilmiş hücreler, Gİ' nin bulunma olasılığı olan hücreden başlanarak aranır. Bu hücre aranan Gİ tarafından, KHS' ye kaydedilmiş kayıtlar arasında, olası giriş zamanı o andaki zamandan düşük veya eşit bir kayıt bulunana kadar aranarak tespit edilir. Eğer Gİ ilk aranan hücrede bulunamazsa, o hücreye en yakın olan hücre aranır. Gİ' den cevap gelene veya zaman aşımına uğrayana kadar her zaman diliminde bir hücre aranmasına devam edilir. Gİ zaman aşımına kadar aranan hücrelerin hiçbirinde bulunamazsa, KHS' deki tüm hücreler aynı anda aranmaya başlanır. Gİ bu durumda da bulunamamış ise, bu Gİ' nin kapsama alanını terk ettiği veya kayıt silmeden kendini (ani güç kaynağı kesilmesi gibi) kapattığı anlaşılır, çünkü Gİ' ler kayıtlı olduğu KHS' leri terk ederken yeni girdikleri KHS' yi kaydetmek zorundadırlar. Bu durumda, aranan Gİ' nin kaydı silinir ve yeni bir KHS kaydı yapana kadar da kapalı olarak kayıtlara geçilir. Bir önceki bölümde bölge güncelleme işleminde anlatıldığı gibi, Gİ kapsama alanına geri döner ya da açılırsa bölge güncelleme işlemini yapar.

Seçici Arama : Birçok izleme yöntemi, Gİ' nin hareketlerine dayanarak bulunduğu hücrenin yerini ve bir sonraki olası yerini doğru olarak tahmin edebilmek için tasarlanmıştır. Seçici arama yöntemi, BA' ndaki hücreleri belli bir olasılık çizgisine atar [46]. Bu yöntemde, BA' lar hücre kümelerinden oluşan alt alanlara bölünmüştür. [47]' de, arama alanları (AA) Gİ' lerin yarı gerçek zamanlı hareket desenlerine göre oluşturulmuş ve bölge olasılığının düzenli olarak dağıldığı kabul edilmiştir. [10]' da alternatif bir yol olarak, arama alanları Gİ' lerin hareketlilik desenleri ve bölge olasılıklarına dayanan bir yöntemle belirlenmiştir. Bu yönteme göre, Gİ' lerin bireysel hareketlilik desenleri BA' ların bölünmesi için kaydedilir. En uygun arama maliyetini elde edebilmek için, BA genetik bir algoritmayla daha alt arama alanlarına bölünür.

Ayrıca, çok aşamalı arama planlarının, arama maliyetini düşürürken zaman gecikmesi sınırını da sağladığı gösterilmiştir [9,17,46,48]. Her aşamada, bir seçim döngüsünde, AA denilen BA' nın bir alt kümesi seçilir. Bu durumda gecikme zamanı, aranan Gİ bulununcaya kadar gereken seçim döngü sayısı ya da başka bir deyişle arama yapılması gereken hücre sayısı olarak ifade edilebilir. Gecikme zamanı düşünüldüğünde, arama maliyetinin en aza indirilmesi, BA' larının AA' larına nasıl bölüneceği problemiyle ilgilidir. Bununla beraber, gecikme zamanı sınırlamasına konu olan AA' larının bölümlenmesinin, BA çok geniş olduğu zaman [17,46], NP-complete bir problem olduğu ve karmaşık ve zaman alıcı hesaplamalar gerektirdiği ispatlanmıştır. [49]' da, Gİ' lerin, bölge güncelleme mesajlarını sadece raporlama hücreleri adı verilen belirli hücrelerde başlatabileceği varsayılmıştır. Böylece, arama gecikmesi, raporlama hücrelerinin komşu hücreleriyle sınırlandırılarak garanti edilmiştir. Arama maliyetinin en aza indirilmesi, bütün sistemin geometrik özelliklerine dayalı olarak raporlama hücrelerinin en uygun planlanmasına bağlıdır.

4 TRAFİK TABANLI BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ V.1 VE ÖNGÖRÜLEN TRAFİK TABANLI BÖLGE ALANI TASARIM TEKNİĞİ V.2

Trafik Tabanlı BA Güncellemesi v.1, bölüm 3.1.1 Statik Bölge Güncelleme Stratejileri bölümünde açıklanmıştır. Bu bölümde, TT-BAT v.1 ve güncellenen TT-BAT v.2 tekniklerinin algoritmaları verilerek, aradaki fark açıklanmıştır.

TT-BAT v.1 tekniğinin algoritması [6]' da aşağıdaki gibi verilmiştir :

1. Her hücre için, $t_{i,m}$ hücre i ' den komşusu hücre m ' ye olan trafik miktarını göstermek üzere, $t_{i,m} < t_{i,m+1}$ koşulunu sağlayacak şekilde komşu hücrelerin listesini yarat.
2. $t_{i,1}$ hücre i ' den komşular listesindeki ilk hücreye olan trafik miktarını göstermek üzere, $t_{i,1} < t_{i+1,1}$ koşulunu sağlayacak şekilde sıralı hücre listesini yarat.
3. Bütün hücreleri 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretle.
4. Bulunulan BA' nı i olarak işaretle.

$$i \leftarrow 1$$

5. 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretlenmiş hücre kalmayıncaya kadar tekrar et.

5.1. Yeni bir BA a_i oluştur.

5.2. a_i için l_{ai} sayısını başlangıç durumuna getir.

$$l_{ai} \leftarrow 1$$

5.3. Sıralı listeden en üstteki 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretli c_{lai} hücresini al.

5.4. c_{lai} hücrelerini 'DAHİL EDİLMİŞTİR' olarak işaretle.

5.5. a_i için dahil edilmiş olan herhangi bir hücrenin komşu hücreler listesinde 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' işaretli hücre kalmayıncaya veya $l_{ai} > \eta_{\max}$ oluncaya kadar tekrar et.

5.5.1. a_i için dahil edilmiş olan hücrelerin komşu hücreler listesinde, 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretli en yüksek trafiğe sahip $t_{m, \text{cnew}}$, c_{new} hücrelerini bul.

5.5.2. c_{new} hücrelerini a_i BA' na dahil et.

5.5.3. c_{new} hücrelerini 'DAHİL EDİLMİŞTİR' olarak işaretle.

5.5.4. l_{ai} 'yi bir artır.

$$l_{ai} \leftarrow l_{ai} + 1$$

5.5.5. i 'yi bir artır.

$$i \leftarrow i + 1$$

TT-BAT v.2 tekniğinin algoritması aşağıdaki gibi öngörülmüştür :

1. Her hücre için, $t_{i,m}$ hücre i ' den komşusu hücre m ' ye olan trafik miktarını göstermek üzere, $t_{i,m} < t_{i,m+1}$ koşulunu sağlayacak şekilde komşu hücrelerin listesini yarat.
2. $t_{i,1}$ hücre i ' den komşular listesindeki ilk hücreye olan trafik miktarını göstermek üzere, $t_{i,1} < t_{i+1,1}$ koşulunu sağlayacak şekilde sıralı hücre listesini yarat.
3. Bütün hücreleri 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretle.
4. Verilen hücre yarıçapı r ' ye göre, hücreler arasında oluşan trafik değerlerini kullanarak bu r için trafiğin normal yoğunlukta olduğu durum için alt ve üst sınır değerlerini bul. Eğer $t_{i,m} < \text{alt sınır}$ ise, hücre i ' den m ' ye olan trafik az yoğun, $t_{i,m} > \text{üst sınır}$ ise, çok yoğun, $\text{alt sınır} < t_{i,m} < \text{üst sınır}$ ise, normal yoğunlukta olarak kabul edilir.

5. *Bulunulan BA' nı i olarak işaretle.*

$$i \leftarrow 1$$

6. *'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretlenmiş hücre kalmayıncaya kadar tekrar et.*

6.1. *Yeni bir BA a_i oluştur.*

6.2. *a_i için l_{ai} sayısını başlangıç durumuna getir.*

$$l_{ai} \leftarrow 1$$

6.3. *Sıralı listeden en üstteki 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretli c_{lai} hücrelerini al.*

6.4. *c_{lai} hücrelerini 'DAHİL EDİLMİŞTİR' olarak işaretle.*

6.5. *a_i için dahil edilmiş olan herhangi bir hücrenin komşu hücreler listesinde 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' işaretli hücre kalmayıncaya veya ;*

$$\text{Eğer } t_{c,i} < \text{alt sınır ise} \quad l_{ai} > \eta_{\max} - 2,$$

$$\text{Eğer alt sınır} < t_{c,i} < \text{üst sınır ise} \quad l_{ai} > \eta_{\max},$$

$$\text{Eğer } t_{c,i} > \text{üst sınır ise} \quad l_{ai} > \eta_{\max} + 2,$$

oluncaya kadar tekrar et.

6.5.1. *a_i için dahil edilmiş olan hücrelerin komşu hücreler listesinden, 'DAHİL EDİLMEMİŞTİR' olarak işaretli en yüksek trafiğe sahip $t_{m, \text{cnew}}$, c_{new} hücrelerini bul.*

6.5.2. *c_{new} hücrelerini a_i BA' na dahil et.*

6.5.3. *c_{new} hücrelerini 'DAHİL EDİLMİŞTİR' olarak işaretle.*

6.5.4. *l_{ai} 'yi bir artır.*

$$l_{ai} \leftarrow l_{ai} + 1$$

6.5.5. *i 'yi bir artır.*

$$i \leftarrow i + 1$$

Yukarıdaki iki algoritma arasındaki temel fark şudur : TT-BAT v.1 tekniğinde hücreler komşu hücreleriyle yarattıkları hücre sınırı geçiş sayısına göre büyükten küçüğe doğru sıralı olarak bir listede tutulmaktadır. BA' larına hücreler dahil edilirken dikkat edilen husus hücre sınırı geçiş sayısı ve önceden belirlenmiş olan ve bir BA' na dahil edilebilecek azami hücre sayısını ifade eden bir üst değerdir (η_{max}). BA' larına hücreler oluşturdukları hücre sınırı geçiş sayısına bakılarak ve η_{max} 'ı geçmeyecek şekilde dahil edilir.

TT-BAT v.2 tekniğinde ise, hücreler yine komşu hücreleriyle yarattıkları hücre sınırı geçiş sayısına göre büyükten küçüğe doğru sıralı olarak bir listede tutulmaktadır, fakat başlangıçta bütün hücrelerde oluşan trafik bir grafik üzerinde çizilerek izlenir, ve verilen hücre yarıçapı r ' ye göre normal yoğunluklu trafik durumunun alt ve üst sınır değerleri tespit edilir. Bunu yapmaktaki amaç oluşan trafiği yoğun, normal ve az yoğun olarak üç gruba ayırmaktır. BA' larına hücreler dahil edilirken, verilen üst değer (η_{max}) normal yoğunluktaki gruba dahil olan hücreler için kullanılmıştır. Trafik yoğun olduğu grup için üst değerden iki fazla ($\eta_{max} + 2$), az yoğun olduğu grup için ise iki eksiği ($\eta_{max} - 2$) üst değer olarak alınmıştır. Bu çalışma açısından (η_{max}) ± 2 ya da başka bir sayı alınması önemli değildir, burada amaç, trafiğin yoğunluğuna göre, fakat farklı sayıda maksimum hücre olacak şekilde BA' larını oluşturmaktır. Buna ihtiyaç duyulmasının nedeni ise, trafiğin yoğun olduğu hücrelerde abonelerin daha fazla kalacağı ve bundan dolayı aranma olasılığının daha yüksek olacağıdır. Bu, sonuç olarak daha az sayıda bölge güncellemesi yapılması demektir.

5 SİMÜLASYON MODELİ

Simülasyon modeli olarak Dr.Y.Müh.Yb.Erdal ÇAYIRCI tarafından geliştirilmiş olan Cellular Network Simulator and Optimizer Programı gerekli modüller eklenerek kullanılmıştır. Programa girdi olarak coğrafi bölgedeki mevcut bütün yollar ve kullanıcı hareketleri bir metin dosyası içinde verilir. Program çalıştırıldığında coğrafi alan verilen hücre yarıçapına göre eşit büyüklükteki hücrelere bölünür ve bu hücreler kullanılan algoritmaya göre gruplanarak BA' ları oluşturulur.

5.1. Simülasyon Modeli ile İlgili Varsayımlar

- i. Bütün hücreler altıgen (hexagonal) şeklindedir.
- ii. Gİ' nin, son kayıt olduğu BA (ZYK'nın adresini) ağ (AYK) tarafından her an bilinmektedir.
- iii. Farklı BA yönetim yöntemlerini adilce karşılaştırabilmek için, blanket tarama algoritması ve Gİ' lerin aynı hareketler kümesi kullanılmıştır.
- iv. Gİ' lerin aldığı çağrılar Poisson Dağılımı' na uyar ve $\lambda = 1 / 60$ Çağrı / dakika olarak alınmıştır. Genel olarak benzetim çalışmalarında girdi analizleri varışlar arası zamanların üssel dağılıma uyduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu çalışmada çağrı gelişleri arasında geçen zamanın üssel dağılıma uyduğu kabul edilmiştir. Ayrıca kullanıcılar çağrı alma olasılıklarına göre gruplanmamış ve bütün kullanıcıların ortalama 1 / 60 çağrı / dakika çağrı aldıkları varsayılmıştır.
- v. Bu çalışmada Gİ'lerin sürekli açık olduğu varsayımı yerine gerçeğe daha yakın olduğu düşüncesiyle gün, belirli zaman dilimlerine bölünmüş ve her zaman dilimi için Gİ'nin açık olup olmaması durumu ve kapalı olması halinde kaydının silinmiş olup olmaması durumları için olasılıklar tespit edilmiş ve böylece bu durumların da modellenmesi sağlanmıştır. Gün (24 saat) gündüz, akşam ve gece

zamanı olmak üzere üç zaman dilimine ayrılmıştır. Her zaman diliminde Gİ' nin açık olma olasılığı olarak Tablo 5.1' de görülen farklı değerler alınmıştır. Bu değerler sezgisel olarak tespit edilmiş değerler olup bu oranları tespit etmek için daha detaylı bir çalışma bu konuda gerçek veri toplanarak yapılabilir.

Tablo 5.1 Zaman – Gİ açık-kapalı olasılık tablosu.

Zaman	Başlangıç	Bitiş	Açık(%)	Kapalı(%)
Gündüz	08:30	22:30	90	10
Akşam	22:30	24:00	70	30
Gece	00:00	08:30	20	80

Ayrıca eğer Gİ' nin;

Gündüz süresinde kapalı ise, %10 olasılıkla,

Akşam süresinde kapalı ise, %90 olasılıkla,

Gece süresinde kapalı ise, %95 olasılıkla

kaydının silinmiş (deregister) olduğu varsayılmıştır.

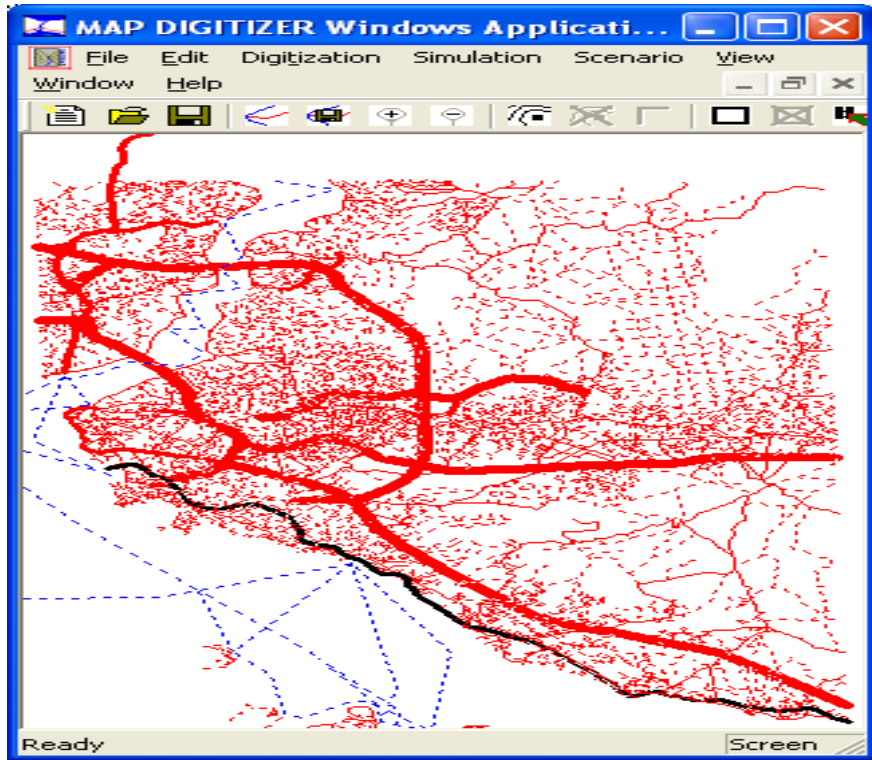
vi. Eğer Gİ, kaydını silerek ağdan ayrılmış ise, çağrı gelme durumunda arama yapılmaz, kaydını silmeden (batarya bitmesi vb.sebeplerle) ağdan ayrılmış ise, çağrı gelme durumunda bütün BA' larına çağrı yapılır.

vii. Gİ'nin çağrı geliş zamanında açık olup olmadığını ve kapalı ise kaydının silinmiş olup olmadığını tespit etmek için Bernoulli Dağılımı kullanılmıştır. Çünkü Bernoulli Dağılımı olası iki sonuç olduğu zaman ve deney bir kez yapıldığında kullanılan bir kesikli olasılık dağılımıdır.

5.2. Sayısal Sonuçlar ve Analiz

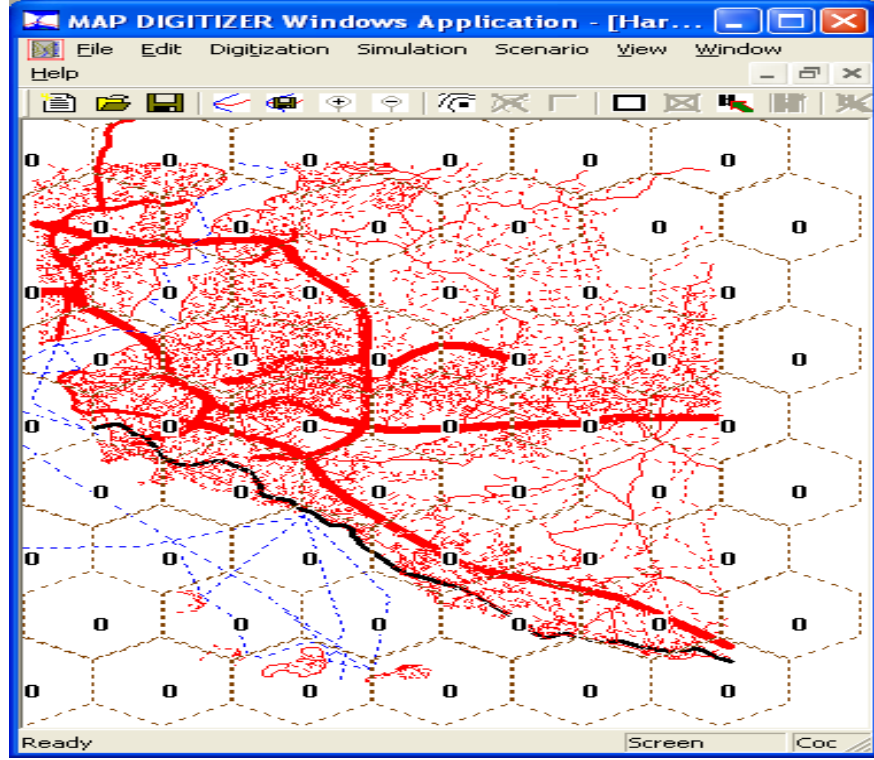
Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarımı (YD-BAT) ve Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarımı (TT-BAT) v.1, ve v.2 tekniklerini toplam maliyet açısından karşılaştırmak için iki değişik deney seti kullandık. Birinci deney setimizde,

tarayıcıdan taranmış bir büyükşehir haritasını kullanarak bu şehirdeki mevcut bütün yolları (otoyollar, nakliye yolları, yayayolları, demiryolları, denizyolları) sayısallaştırdık (Şekil 5.1). Her yolun grid koordinatları dizileri olarak gösterilen yol bilgilerini saklamak için vektör formatı kullandık. Bu veri yapımızda, aynı zamanda yol ile ilgili olarak tipi, yüzey tipi ve şerit sayısı gibi ilave bazı bilgileri de sakladık. Yol ve yüzey tipleri için çarpan faktörleri olarak Tablo 5.2' [6] deki ölçüleri kullandık. Bütün yolları sayısallaştırdıktan sonra, bu şehir için sabit yarıçaplı ve altıgen (hexagonal) görünümlü hücreleri yarattık (Şekil 5.2). Daha sonra, BA' larını oluşturmak için YD-BAT, TT-BAT v.1, ve TT-BAT v.2 tekniklerini sırayla çalıştırdık. Bu çalışmalarda, herbir teknik için hücre çapını 1000, 1500, 2000, ... 5000 m olarak ve BA' ndaki hücre sayısını 1'den başlayarak azamiye kadar (azami sayı hücre çapına bağlı olarak değişmektedir) almak suretiyle olası bütün durumlar için çalışma yaptık.

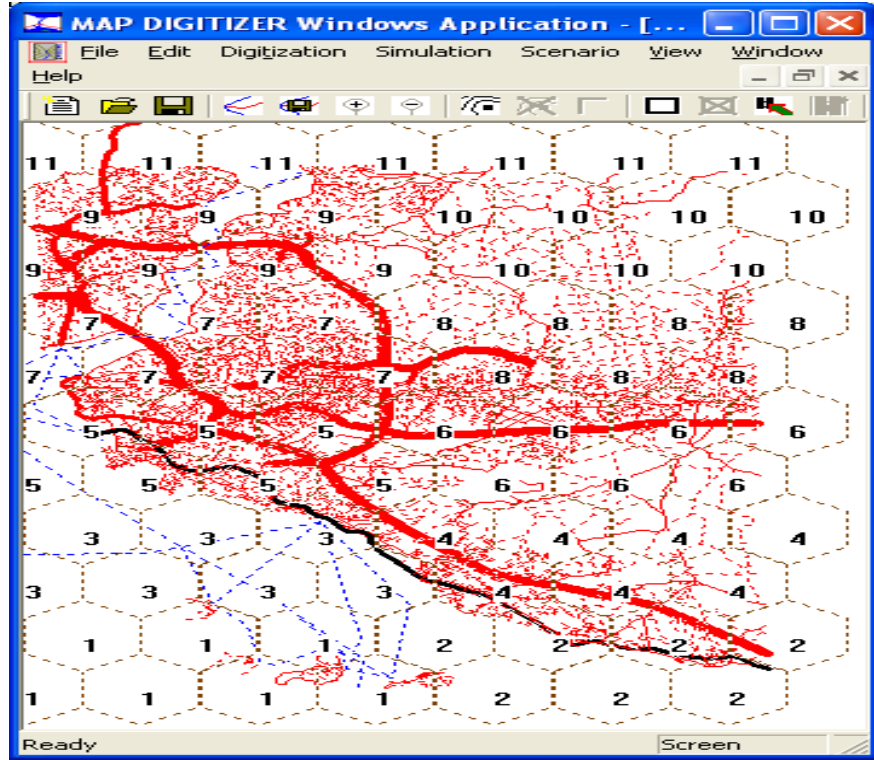


Şekil 5.1 Simulasyonu yapılan bölgenin haritası.

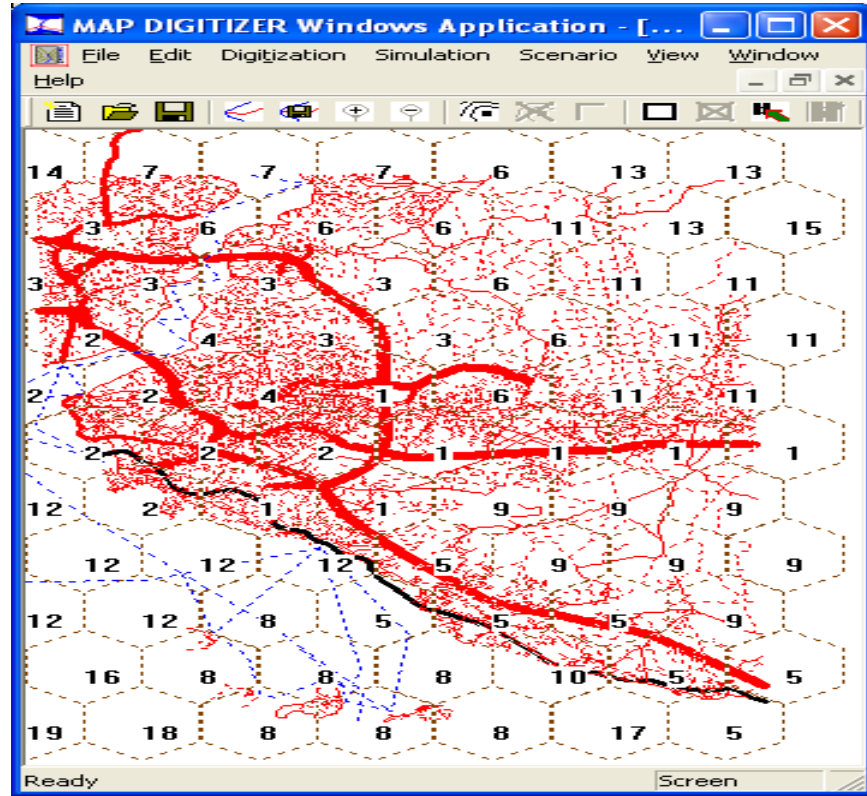
Şekil 5.3-5' de $r=2000$ m ve $\eta_{max}=7$ alınarak, sırasıyla YD-BAT, TT-BAT v.1 ve TT-BAT v.2 teknikleri ile oluşturulmuş BA' ları gösterilmiştir. Şekillerde numaralar BA' larını göstermektedir ve aynı numaralı hücreler aynı BA' ndadır.



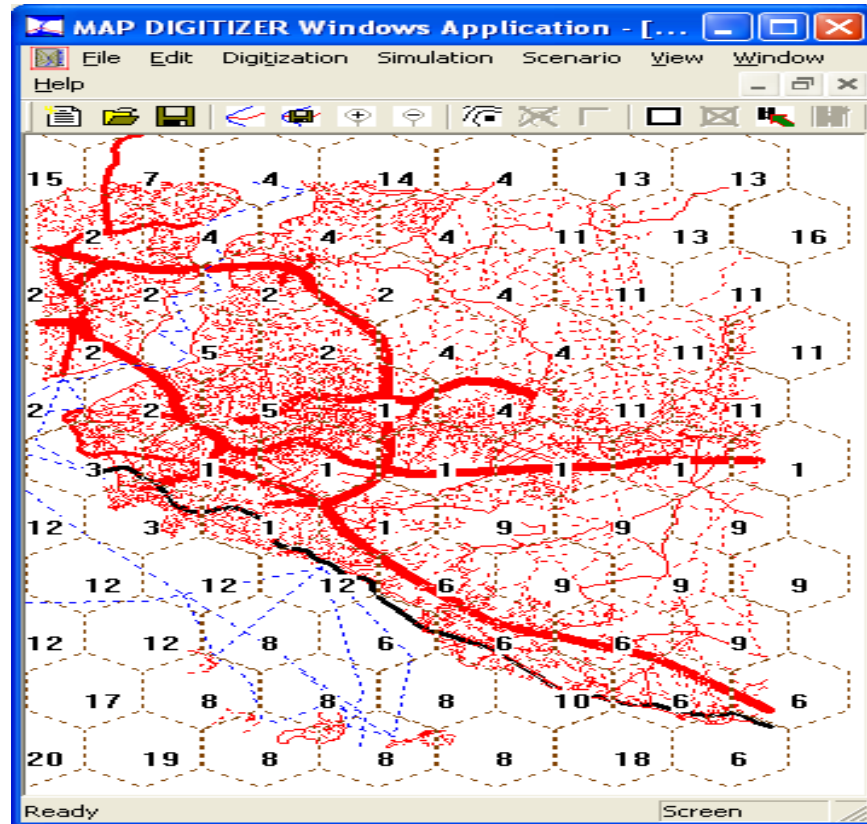
Şekil 5.2 Hücelere bölünmüş olarak simülasyon bölgesi ($r=2500$ m).



Şekil 5.3 YD-BAT tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$).



Şekil 5.4 TT-BAT v.1 tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$).



Şekil 5.5 TT-BAT v.2 tekniği ile BA' larının oluşturulması ($r=2000$ m, $\eta_{max}=7$).

Şekil 5.4 ve 5.5' i incelersek TT-BAT v.2 tekniğinin test verilerine göre trafiğin yoğun olduğu 1,2 ve 4 numaralı BA' larını 9 hücreden, normal yoğunluklu BA' larını 7 hücreden oluşturduğunu görüyoruz. Az yoğunluklu BA' larını ise maksimum 5 hücreden oluşturmaya çalışmış, ancak test verilerine göre az yoğunluklu ve birbirlerine komşu 5 hücre kalmadığından daha az sayıda hücre ile oluşturmuştur. BA' larını oluşturacak hücrelerde ilk aranan koşul komşuluk ilişkisidir. TT-BAT v.1 tekniği ise bütün BA' larını maksimum 7 hücreden oluşturmaktadır.

Tablo 5.2 Yol ve yüzey tiplerine göre trafik yoğunluğu çarpan faktörleri.

Yüzey Tip	Gevşek Yüzey	Dört Mevsim	Asfalt	Beton Yüzey
Yaya Kaldırımı	-	0.016	-	-
Deniz Yolu	-	0.2	-	-
Demiryolu	-	5	-	-
Tek Şeritli Yol	0.033	0.2	6	6
Çift Şeritli Yol	5	20	20	20
Otoyol	5	30	30	30

İkinci deney setimizde, bu şehirde yaşayan 56 kişiyi izledik. İzlenen kişiler, 26 kişi satış elemanı, 22 kişi ofis çalışanı (akademisyen, yönetici, subay vb.) ve 8 kişi de evhanımı olmak üzere değişik meslek gruplarındandır. Bu kişiler meslekleri gereği farklı hareketlilik özelliklerine sahiptirler. Örneğin, satış elemanları sıkça yollarda iken, ofis çalışanları mesai günleri çalışma saatlerinde genellikle ofislerinde kalmaktadırlar. Gözlemlerimiz esnasında, bu kişilerin bir hafta süresince bulundukları yerleri ve zamanları belirledik (Toplam olarak 5622 hareket). Daha sonra bu bilgileri, grid koordinatları olarak, ve yol bilgilerini tuttuğumuz veri yapısına benzer bir veri yapısında depoladık. Daha sonra, gözlemlenen kişilerin hareketlerini, kaydedilen hareket verilerini kullanarak, YD-BAT, TT-BAT v.1, ve TT-BAT v.2 teknikleri ile oluşturulan BA' ları üzerinde tatbik ettik, ve herbir teknik ile meydana gelen bölge güncellemelerinin ve aranan hücrelerin sayısını, ve

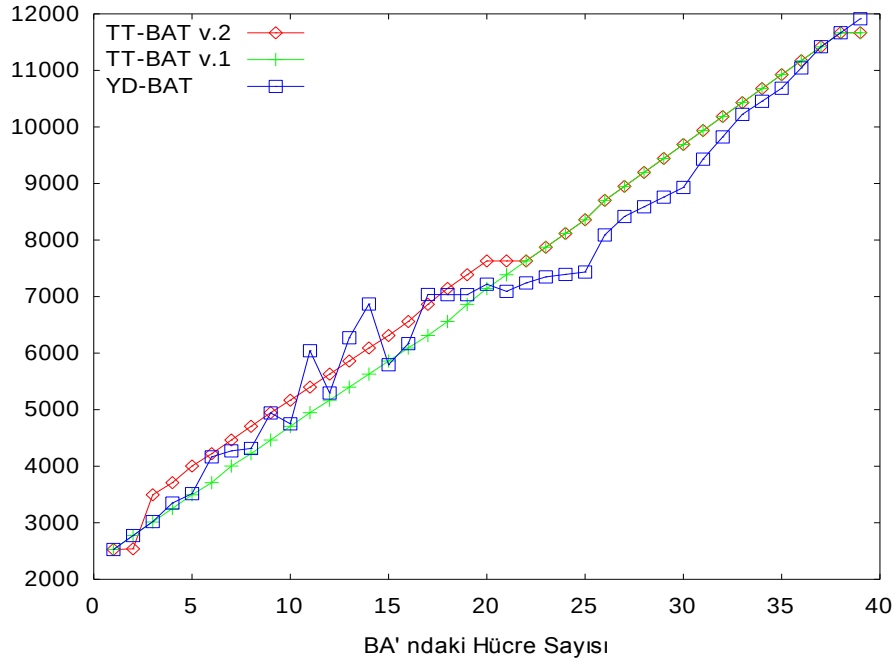
aşağıdaki formülle hesapladığımız toplam maliyetlerini bulduk, ve elde ettiğimiz sonuçları karşılaştırdık.

Şekil A.1-9’ da, test verileri çalıştırıldığı zaman, sırasıyla 1000,1500...5000 m yarıçaplı hücrelerde oluşan trafik durumu gösterilmektedir. TT-BAT v.2 tekniği kullanılırken grafiklerde görülen yoğunluklara göre, her bir hücre çapı için ayrı ayrı olmak üzere oluşan trafik, yoğun, normal ve az yoğun olarak üç gruba ayrılmış ve verilen bir BA’ ndaki maksimum hücre sayısı normal yoğunluktaki gruba dahil olan hücreler için kullanılmıştır. Tablo 5.3’ de, Şekil A.1-9 ‘dan elde edilen trafik sınırları hücre yarıçaplarına göre görülmektedir. Trafik yoğun olduğu grup için maksimum hücre sayısından iki fazla, az yoğun olduğu grup için ise iki eksiği maksimum olarak alınmıştır. Burada amaç, trafik yoğunluğuna göre, fakat farklı sayıda maksimum hücre olacak şekilde BA’ larını oluşturmaktır. Buna ihtiyaç duyulmasının nedeni ise, trafik yoğun olduğu hücrelerde abonelerin daha fazla kalacağı ve bundan dolayı aranma olasılığının daha yüksek olmasıdır. Bu, sonuç olarak daha az sayıda bölge güncellemesi yapılması demektir.

Tablo 5.3 Trafik Sınırları

Hücre Yarıçapı (m)	Az Yoğun	Normal	Yoğun
1000	<50	50-220	>220
1500	<50	50-200	>200
2000	<50	50-200	>200
2500	<100	100-275	>275
3000	<50	50-200	>200
3500	<50	50-300	>300
4000	<100	100-300	>300
4500	<100	100-300	>300
5000	<100	100-300	>300

Şekil 5.6' da, test verilerini yarıçapı 3000 m olan hücrelerde çalıştırdığımız zaman oluşan toplam aranan hücre sayıları gösterilmiştir.

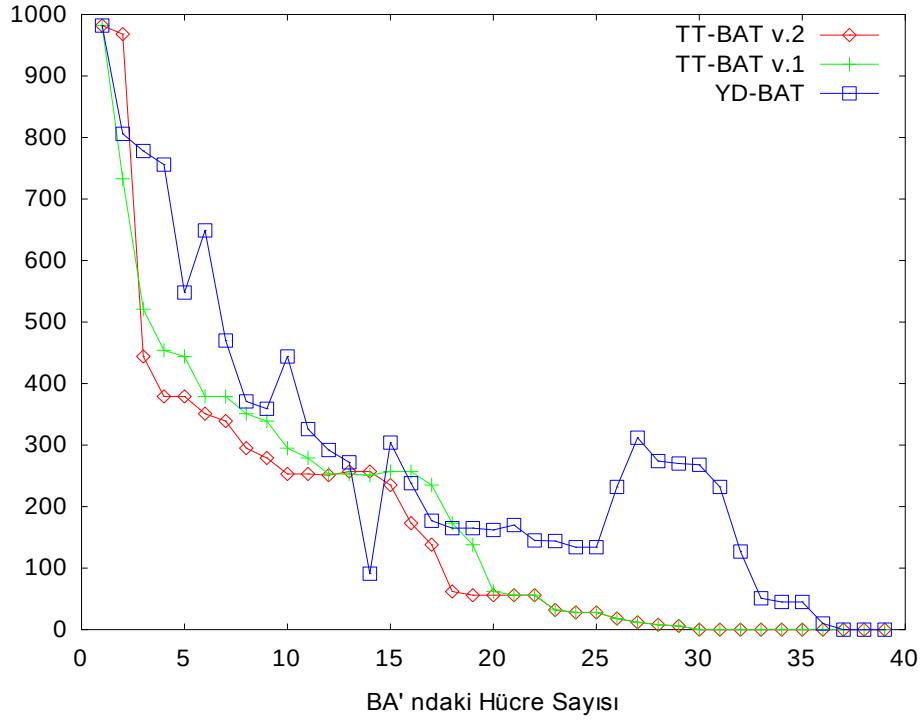


Şekil 5.6 Aranan toplam hücre sayısı (r=3000 m).

Şekli incelediğimiz zaman genel olarak öngörülen TT-BAT v.2 tekniğinin, YD-BAT, TT-BAT v.1 teknikleriyle karşılaştırıldığında daha fazla sayıda hücrenin aranmasına yol açtığını görüyoruz. Bu zaten başlangıçtan itibaren beklenen bir sonuçtur. Çünkü biz TT-BAT v.2 tekniğinde, trafiğin yoğun olduğu ve bundan dolayı Gİ' lerin buralarda daha fazla zaman harcadıkları ve dolayısıyla çağrı alma olasılıklarının yüksek olduğu BA' larında hücre sayısını artırmıştık. Hücre araması yöntemi olarak da Blanket tarama yöntemini kullandığımız için bu teknikte toplam aranan hücre sayısı diğer iki tekniğe göre daha yüksek olmuştur. Bizim bu teknikte beklediğimiz kazanç, daha düşük sayıda bölge güncellemesi yapılması ve bölge güncellemesi de hücre aramasına göre daha yüksek maliyetli bir işlem olduğu için toplam maliyetin daha düşük olmasıdır. BA' larını 1000,1500...5000 m yarıçaplı hücrelerden oluşturduğumuz taktirde toplam aranan hücre sayıları Şekil B.1-9' da gösterilmektedir.

Şekil 5.7' de, test verilerini yarıçapı 3000 m olan hücrelerde çalıştırdığımız zaman oluşan toplam bölge güncelleme sayıları gösterilmiştir. Şekli incelediğimiz zaman genel olarak öngörülen TT-BAT v.2 tekniğinin, YD-BAT, TT-BAT v.1

teknikleriyle karşılaştırıldığında daha az sayıda bölge güncellemesine yolaçtığını görüyoruz. Bu da bizim bu teknikte ulaşmak istediğimiz sonuçtur. BA' larını 1000,1500...5000 m yarıçaplı hücrelerden oluşturduğumuz taktirde oluşan bölge güncelleme sayıları Şekil C.1-9 da gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Toplam Bölge güncelleme sayısı ($r=3000$ m) .

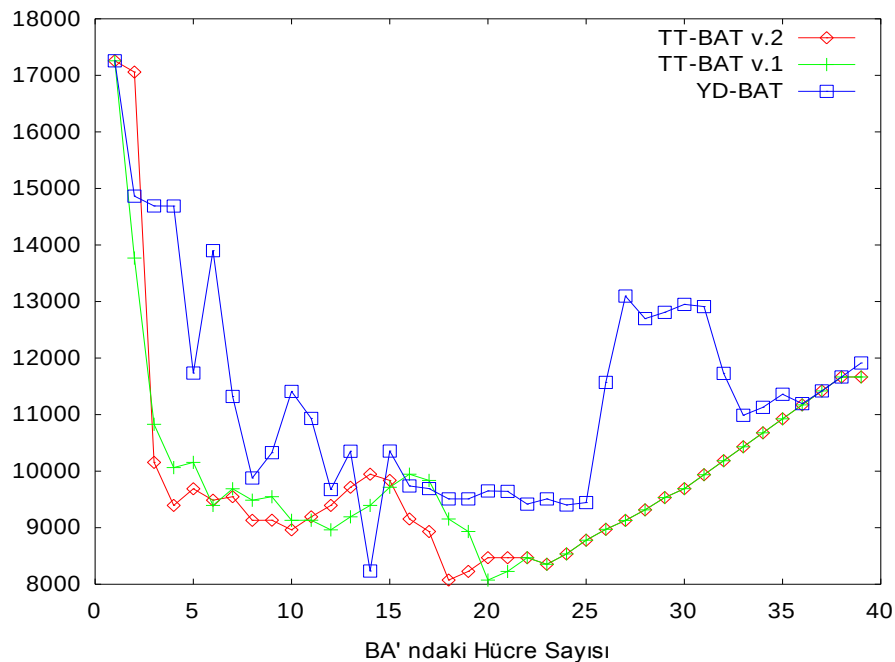
5.3. Toplam Bölge Yönetimi Maliyeti

Toplam maliyet, ağ üzerinde oluşan toplam bölge güncelleme ve arama sayılarının kombinasyonu olarak ifade edilebilir. Farklı güncelleme ve arama stratejileri, değişen hücre çapı ve bölgedeki hücre sayısına göre birbirlerine göre daha az sayıda güncelleme ve aranan hücre sayısı verebilirler. Bu sebeple, farklı güncelleme ve arama stratejilerini karşılaştırırken toplam maliyetin hesaplanması doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir. Toplam maliyet, belirli bir arayüzde oluşan toplam sinyal mesajlarının sayısı veya ağ üzerinde oluşan sinyal mesajlarının ikili (byte) olarak toplam büyüklüğü şeklinde ifade edilebilir. Hatta bazı yazarlar toplam maliyeti soyut bir sabit olarak da kabul ederler. Bu çalışmada, belirli bir yöntemle bağlı kalınmaksızın ortalama sayısal bir değer olarak ele alınmıştır ve şu şekilde hesaplanmaktadır :

$$\text{Toplam Maliyet} = cN_{lu} + N_p \quad (5.1)$$

Burada, N_{lu} bölge güncelleme mesajlarının sayısı, N_p aranan hücre sayısı ve c de bölge güncelleme maliyetinin hücre arama maliyetine oranını gösteren sabit sayıdır. Bölge güncellemesinin maliyeti, hücre aramasına göre daha yüksek olduğu için bu çalışmada c , 5, 10, 15, 20 olarak alınmış ve toplam maliyetler hesaplanmıştır. Bu değerler rastgele seçilmiş olup, değişik yazarlar tarafından ortalama olarak kabul edilen değerlerdir.

Şekil 5.8’ de BA’ larını 3000 m yarıçaplı hücrelerden oluşturduğumuz taktirde ve $c = 15$ alındığında oluşan toplam maliyetler gösterilmektedir. Şekli incelediğimiz zaman genel olarak öngörülen TT-BAT v.2 tekniğinin, YD-BAT, TT-BAT v.1 teknikleriyle karşılaştırıldığında daha düşük toplam maliyete yolaçtığını görüyoruz. BA’ larını 1000,1500...5000 m yarıçaplı hücrelerden oluşturduğumuz taktirde ve c , 5, 10, 15, 20 olarak alındığında oluşan toplam maliyetler Şekil D.1-9, E.1-9, F.1-9, G.1-9’ da gösterilmektedir. Özellikle c ’nin büyük değerlerinde aradaki farkın TT-BAT v.2 tekniği lehine büyüdüğünü görüyoruz, c ’nin daha büyük değerlerinde farkın daha da büyümesi beklenilebilir.



Şekil 5.8 Toplam Maliyet ($r=3000$ m, $c=15$).

Bölüm 3.1.1’ de TT-BAT tekniğini anlatırken, “BA’ ndaki hücrelerin sayısı yüksek olduğunda kayıt trafiği azalır fakat arama trafiği artar. Hücre sayısı az olan BA’ larında kayıt trafiği artarken, arama trafiği azalır. Eğer BA’ ları hücre içi gezgin trafik düşünülmeden hücrelere bölünmüş ise, BA’ ndaki hücrelerin sayısını arttırmak kayıt trafiğini arttırdığı gibi arama trafiğini de arttırabilir. Çünkü hücre bölme tekniğinin büyük önemi vardır” demiştik. Şekil 5.7 – 5.8’ i incelediğimiz zaman, YD-BAT tekniğinde BA’ ndaki hücre sayısını artırmanın, her zaman bölge güncelleme sayısını ve toplam maliyeti azaltmadığını hatta bazen artırdığını ve TT-BAT tekniğinin doğruluğunu ispatladığını görüyoruz. Eğer BA’ ları, BA’ lar içi gezici trafiği azamileştirecek şekilde tasarlanırsa, aynı BA için kayıt trafiği de azalacaktır.

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yeni bir statik bölge yönetimi tekniği olan Trafik Tabanlı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi (**TT-BAT**) v.2 geliştirilmiştir. Bu teknik **TT-BAT v.1** tekniği temel alınarak elde edilmiştir. **TT-BAT v.2**, **TT-BAT v.1** ve Yakınlığa Dayalı Bölge Alanı Tasarım Yöntemi, Sayısal Harita benzetim programı kullanılarak, 1000,1500,...5000 m yarıçaplı hücreler için ve izlenen 56 kişinin toplam 5622 hareketi modellenerek toplam maliyet açısından karşılaştırılmıştır. **TT-BAT v.2** tekniğinin, yaygın olarak kullanılan **YD-BAT** tekniğinden her zaman daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. **TT-BAT v.1** tekniği ile ise ya aynı sonucu ya da daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu çalışmada yeni ve statik bir yer yönetimi tekniği olan TT-BAT v.2 tekniğinin, TT-BAT v.1 ve mevcut ve yaygın olarak kullanılan diğer bir statik teknik olan YD-BAT teknikleri ile ve gerçek veriler kullanılarak karşılaştırılması ve TT-BAT tekniğinin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Bu tez çalışmasında, en iyi sayısal sonucun alındığı hücre yarıçapının veya BA' ndaki hücre sayısının kaç olması gerektiğinin tespit edilmesi üzerinde değil, fakat aynı şartlar altında mevcut ve kullanılan statik tekniğe göre daha iyi sonuç veren yeni bir statik teknik ve onun geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. İdeal hücre yarıçapının tespiti veya BA' ndaki optimum hücre sayısının tespiti başka bir çalışmanın konusu olabilir.

5.2 Sayısal Sonuçlar ve Analiz bölümünde açıklandığı gibi TT-BAT v.1 ve öngörülen TT-BAT v.2 tekniklerinin, ağ üzerinde oluşan toplam trafik yükü (gönderilen toplam mesaj sayısı veya boyutu) bakımından mevcut YD-BAT tekniğine göre ciddi oranda bir performans artışı sağladığı görülmüştür. Ancak bu tekniğin uygulanabilmesi için bir takım verilere ihtiyaç vardır. Herşeyden önce tekniğin uygulanacağı bölgenin bütün yolları da kapsayacak şekilde sayısal olarak haritasına ihtiyaç vardır. Ayrıca tipi, yüzey tipi ve şerit sayısı vb. ayrıntılı yol

bilgilerinin mevcut olması gereklidir. En önemli ve zaman alabilecek gereksinim ise bu yollar üzerindeki trafiğe ait bilgilerdir. Hangi yol üzerinde, araç sayısı / dakika olarak ne kadar trafik vardır? Bu uzun süreli bir gözlem gerektirebilir. Sonra bu çalışmada üzerinde durulmayan, bu trafik yoğunluğu sürekli midir? Yoksa haftanın belirli günlerinde veya günün belirli saatlerinde farklılık arz ediyor mu? Yeni veya ilave yollar yapıldığında ya da uzun zaman içinde kullanıcıların genel olarak seyahatları esnasında kullandıkları yollarla ilgili alışkanlıkları değişirse ne olacak? Sonra bu çalışmaların ne sıklıkta yenilenmesi gereklidir? Bütün bunlar ve belki ilave olabilecek başka soruların yanıtlarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Fakat bu çalışmaların çok sık tekrarlanmasının gerekmeyeceği ve uzun süreli olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada zaman ve kapsam bakımından 5.1 Simülasyon Modeli ile İlgili Varsayımlar bölümünde açıklanan bir takım varsayımlar kabul edilmiştir. Kullanıcıların çağrı alma verileri toplanamamış ve her kullanıcının 60 dakikada bir çağrı aldığı varsayılmıştır. Bu yüksek bir oran olarak düşünülebilir ve gerçek verilerle yeni bir çalışma yapılabilir.

Çalışmamızda, bütün hücrelerin altıgen ve aynı büyüklükte (yarıçapları aynı) oldukları kabul edilmiştir. Daha sonraki bir çalışmada, hücre yarıçapları da trafik yoğunluklarına göre farklı büyüklükte alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **EIA / TIA**, “Cellular Radio-Telecommunications Intersystem Operations, ” Tech. Rep. IS-41 Revision C, 1995.
- [2] **M. Mouly and M. B. Pautet**, The GSM System for Mobile Communications, M.Mouly, 49 rue Louise Bruneau, Palaiseau, France, 1992.
- [3] **Vincent W. -S. Wong and Victor C.M. Leung**, ”Location Management for Next-Generation Personel Communications Networks”, IEEE Network Magazine, pp. 18-24, Sep. / Oct. 2000.
- [4] **Reilly P. L. ,** “Signal traffic in the Pan European digital cellular radio (GSM) system”. Proceedings of IEEE Vehicular Technology Society 42nd VTS conference, May 1992, Vol. 2, pp. 721-726.
- [5] **BAR-NOY A. , Kessler I., and Sidi M.,** “Tracking strategies in wireless networks”. Proceedings of IEEE 8th Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel conference , 1995, pp. 5. 3. 4. / 1-3
- [6] **Erdal Çayırıcı and Ian F.Akyıldız**, ”Optimal Location Area Design to Minimize Registration Signalling Traffic in Wireless Systems”, IEEE Trans. On Mobile Computing, to appear.
- [7] **Cem U. Saraydar , O. E. Kelly and C. Rose**, “One Dimensional Location Area Design”, IEEE / ACM Trans.Networking, vol.49, No. 5, pp. 1626-1632, Sep. 2000.

- [8] **Ian F. Akyildiz, J. Ho. and Y. Lin**, “Movement-based location update and selective paging for PCS Networks,” IEEE / ACM Trans.Networking, vol.4, pp. 629-638, Aug. 1996.
- [9] **H. Lee and J. Sun**, “Mobile Location Tracking by Optimal Paging Zone Partitioning”, Proc. Of IEEE ICUP’ 97, Vol. 1 (Oct. 1997) pp. 168-172.
- [10] **C. Rose**, “State-based paging / registration : a greedy technique,” IEEE Transactions on Vehicular Technology 48(1) (Jan. 1999) pp. 166-173.
- [11] **H. Xie, S. Tabbane and D. Goodman**, “Dynamic Location Area Management and performance analysis”, Proc. Of IEEE VTC’ 92 (May. 1992) pp. 536-539.
- [12] **S. Mohan and R. Jain**, “Two User Location Strategies for Personnel Communications Services”, IEEE Pers.Comm., 1st Qtr. 1994, pp. 42-50.
- [13] **K. S. Meier-Hellstem and E. Alonso**, “The use of SS7 and GSM to support high density personnel communication services”, presented at the IEEE ICC, 1992.
- [14] **J. Z. Wang**, “A Fully Distributed Location Registration Strategy for Universal Personnel Communication Systems,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11, August 1993.
- [15] **R. Jain, Y. B. Lin**, “An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impact of PCS,” ACM-Baltzer Journal of Wireless Network, July 1995.
- [16] **R. Jain, Y. B. Lin and S. Mohan**, “A Forwarding Strategy to Reduce Network Impacts of PCS,” IEEE INFOCOM 1995.

- [17] **C. Rose and R. Yates**, “Minimizing the average cost of paging under delay constraints,” *ACM / Baltzer J. Wireless Networks*, Vol. 1, No. 2, July 1995, pp. 211-219.
- [18] **BAR-NOY, A. ,Kessler, I. , Sidi M. ,** “Mobile Users : To update or not to update?”, *Wireless Networks*, Vol. 1, no 2, pp. 175-185, July 1995.
- [19] **H. Xie, S. Tabbane and D. Goodman**, “Dynamic Location Area Management and Performance Analysis,” *Proc.43rd IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 533-539 May 1993.
- [20] **S. Madhavappedy, K. Basu and A. Roberts**, “ Adaptive paging algorithms for cellular systems,” *Wireless Information Networks: Architecture, Resource Management and Mobile Data*, J.M.Holtzmann ed. , pp. 83-101, Kluwer Academic, 1996.
- [21] **W. Wang, I. F. Akyildiz and G. Stuber**, “An Optimal Partition Algorithm for Minimization of Paging Costs”, *IEEE Communications Letters*, Vol. 5, No. 2, pp. 42-45, Feb. 2001
- [22] **BAR-NOY, A. ,Kessler, I. ,** “Tracking mobile users in wireless communication networks”. *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 39, no 6, pp. 1877-1886, Nov. 1993.
- [23] **I. F. Akyildiz and Joseph S. M. Ho**, ”Dynamic mobile user location update for wireless PCS networks”, *Wireless Networks*, Vol. 1, no 2, pp. 187-196, July 1995.
- [24] **Joseph S. M. Ho and I. F. Akyildiz**, ”Mobile user location update and paging under delay constraints”, *Wireless Networks*, Vol. 1, no 4, pp. 413-425, December 1995.

- [25] **U. Madhow, M. L. Honig and K. Steiglitz**, "Optimization of wireless resources for personnel communications mobility tracking", IEEE / ACM Transactions on Networking, Vol. 3, no 6, pp. 698-707, Dec. 1995.
- [26] **B. Liang and Z. Haas**, "Predictive Distance-Based Mobility Management for PCS Networks," Proc. IEEE INFOCOM' 99, New York, NY, Mar. 1999.
- [27] **Jie Li, Hisao Kameda, and Keqin Li**, "Optimal Dynamic Mobility Management for PCS Networks," IEEE / ACM TRANS. ON NETWORKING, Vol. 8, No. 3, June 2000, pp. 880-892.
- [28] **C. Rose**, "Minimizing the average cost of paging and registration : A timer-based method," Wireless Networks, Vol. 2, no 2, pp. 109-116, June 1996.
- [29] **Z. Naor and H. Levy**, "Minimizing the Wireless Cost of Tracking Mobile Users : An Adaptive Threshold Scheme, " Proc. IEEE INFOCOM' 98, San Francisco, CA, Mar. / Apr. 1998, pp. 720-727.
- [30] **S. K. Sen, A. Bhattacharya and S. K. Das**, "A Selective Location Update Strategy for PCS Users, " ACM / Baltzer J. Wireless Networks, Vol. 5, No. 5, Sept. 1999, pp. 313-326.
- [31] **G. P. Pollini and C. L. I.**, "A Profile-Based Location Strategy and its Performance, " IEEE JSAC, Vol. 15, No. 8, Oct. 1997, pp. 1415-1424.
- [32] **S. Tabbane**, "An Alternative Strategy for Location Tracking, " IEEE JSAC, Vol. 13, No. 5, June 1995, pp. 880-892.
- [33] **Joseph S. M. Ho and Jim Xu**, "History-Based Location Tracking for Personnel Communications Networks," IEEE VTC' 98, Vol. 1, pp. 244-248.

- [34] **Hang-Wen Hwang, Ming-Feng Chang, and Chien-Chao Tseng**, “A Direction-Based Location Update Scheme with a Line-Paging Strategy for PCS Networks,” *IEEE Communications Letters*, Vol. 4, No. 5, May. 2000, pp. 149-151.

- [35] **R. Jain, Y. B. Lin and S. Mohan**, “A Caching Strategy to Reduce Network Impacts of PCS, ” *IEEE JSAC*, Vol. 12, No. 8, Oct. 1994, pp. 1434-1444.

- [36] **Y. B. Lin**, “Determining The User Locations for Personnel Communications Services Networks,” *IEEE Trans. Vehicular Tech.* , Vol. 43, No. 3, Aug. 1994, pp. 466-473.

- [37] **K. Ratnam, S. Rangarajan and A. Dahbura**, “An efficient fault-tolerant location management protocol for personnel communication networks, ” *IEEE Trans. Vehicular Tech.*, To appear.

- [38] **Shivakumar and J. Widom**, “User Profile Replication for Faster Location Lookup in Mobile Environments, ” *Proc. ACM MOBICOM’ 95*, Nov. 1995, pp. 161-169

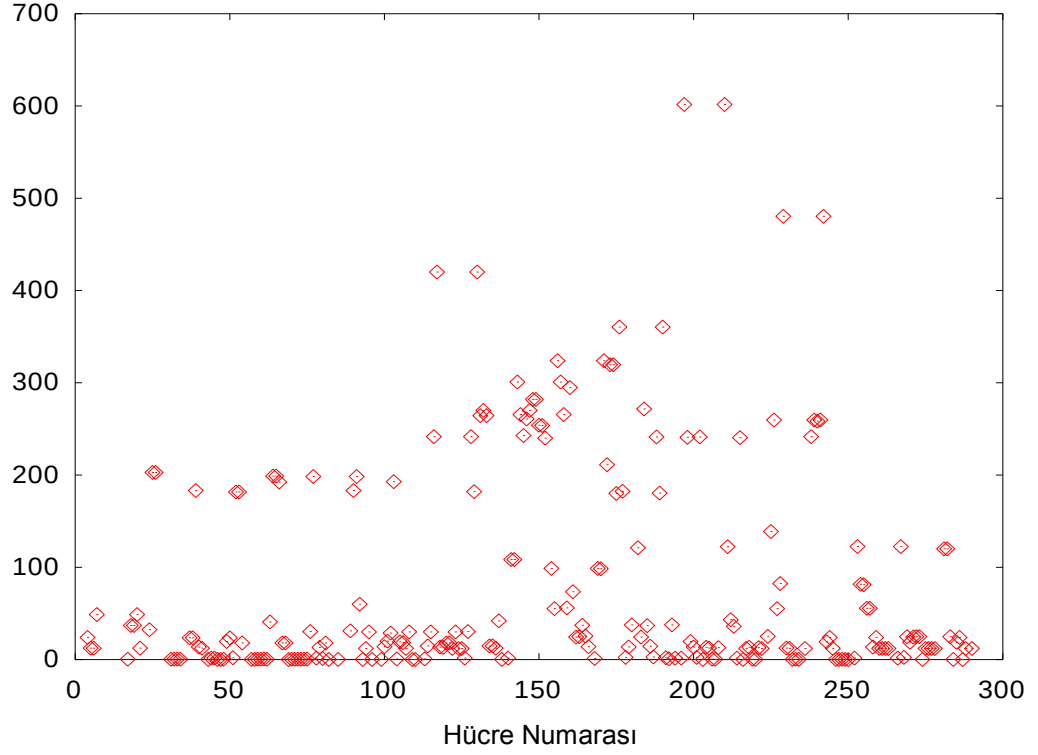
- [39] **Erdal Çayırıcı and Ian F. Akyıldız**, ”User Mobility Pattern Scheme for Location Update and Paging in Wireless Systems”, *IEEE Trans. On Mobile Computing*, to appear.

- [40] **I. F. Akyıldız, J. Mc Nair, Joseph S. M. Ho, H. Uzunalioglu, and W. Wang**, ”Mobility Management in Next Generation Wireless Systems”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 87, No. 8, pp. 1347-1384, Aug. 1999.

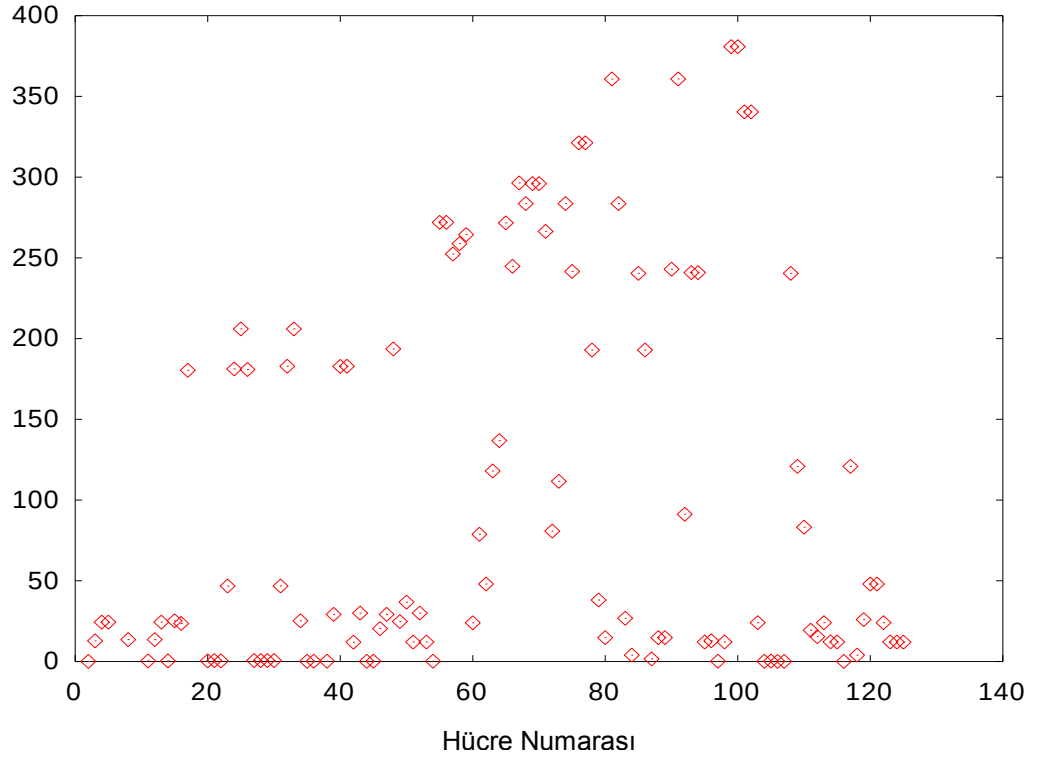
- [41] **A. Bhattacharya and S. K. Das**, “LeZi Update : An Information-Theoretic Approach to Track Mobile Users in PCS Networks, ” *ACM / Baltzer J. Wireless Networks*, Vol. 5, No. 5, Sept. 1999, pp. 313-326.

- [42] **M. L. Puterman**, Markov Decision Process : Discrete Stochastic Dynamic Programming, Wiley, 1994.
- [43] **G. Wan and E. Lin**, "A Dynamic Paging Scheme for Wireless Communication Systems, " Proc. ACM / IEEE MobiCom' 97, Budapest, Hungary, 1997 , pp. 195-203.
- [44] **C. Rose and R. Yates**, "Ensemble Polling Strategies for Increased Paging Capacity in Mobile Communications Network, " ACM / Baltzer J. Wireless Networks, Vol. 3, No. 2, May 1997, pp. 159-167.
- [45] **R. Rezaiifar and A. Makowski**, "From Optimal Search Theory To Sequential Paging in Cellular Networks, " IEEE JSAC, Vol. 15, No. 7. Sept. 1997, pp. 1253-1264.
- [46] **A. Abutaleb and V. O. K. Li**, " Paging Strategy Optimization in Personnel Communication System", Wireless Networks, 3, pp. 195-204, Aug. 1997.
- [47] **G. Wan and E. Lin**, "Cost reduction in management using semi-realtime movement information, " Wireless Networks, 5(4), pp. 245-256, Aug. 1999.
- [48] **Joseph S. M. Ho , I. F. Akyıldız**, " Mobile User Location Update and Paging under Delay Constraints", Wireless Networks, Vol. 1, No. 4, pp. 413-425, Dec. 1995.
- [49] **BAR-NOY, A. ,Kessler, I. ,** "Tracking mobile users in wireless communication networks". Proc. Of IEEE INFOCOM' 93 , pp. 1232-1239, Mar.1993.

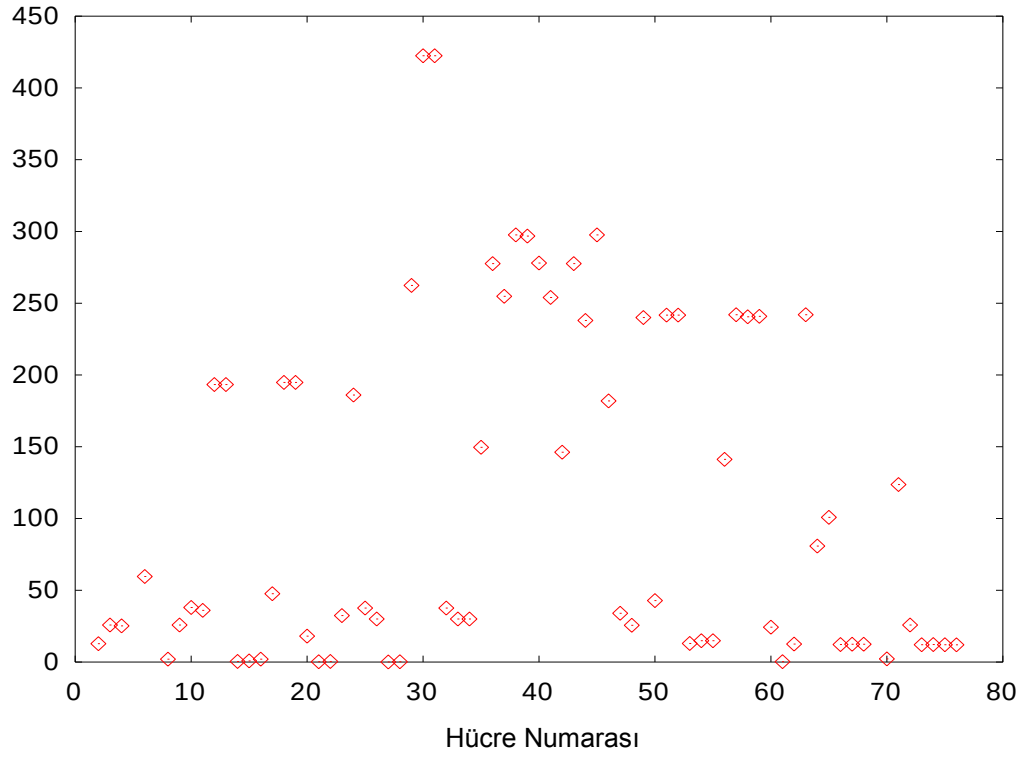
EK A HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE OLUŞAN TRAFİK DAĞILIMLARI



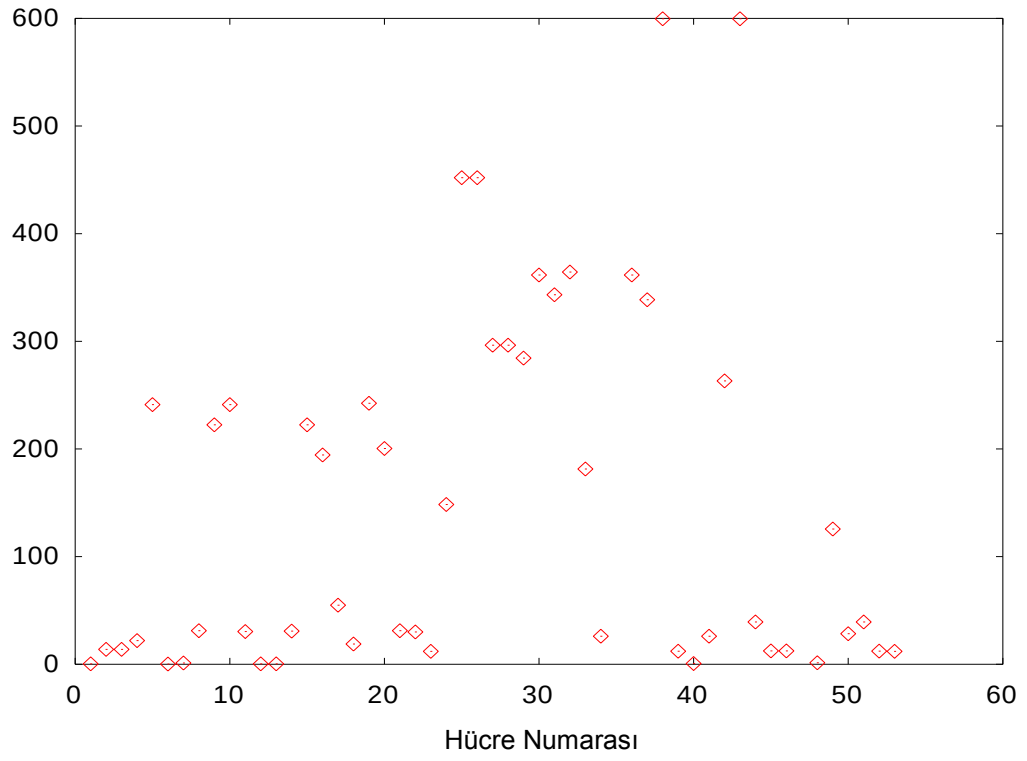
Şekil A.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=1000$ m).



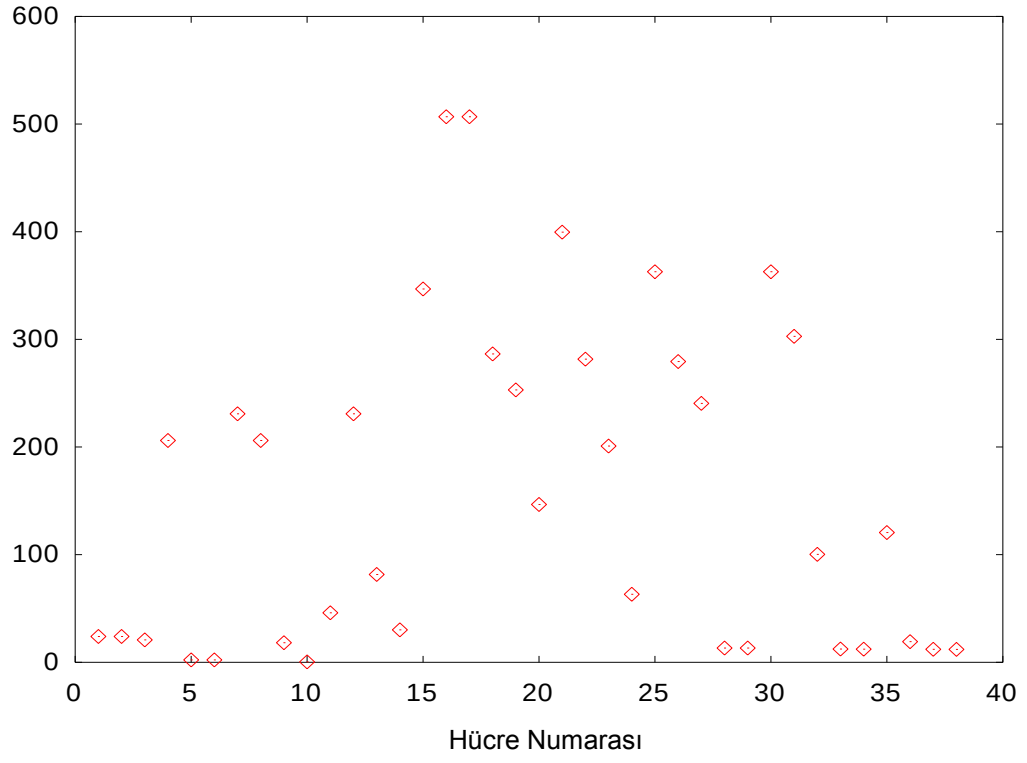
Şekil A.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=1500$ m).



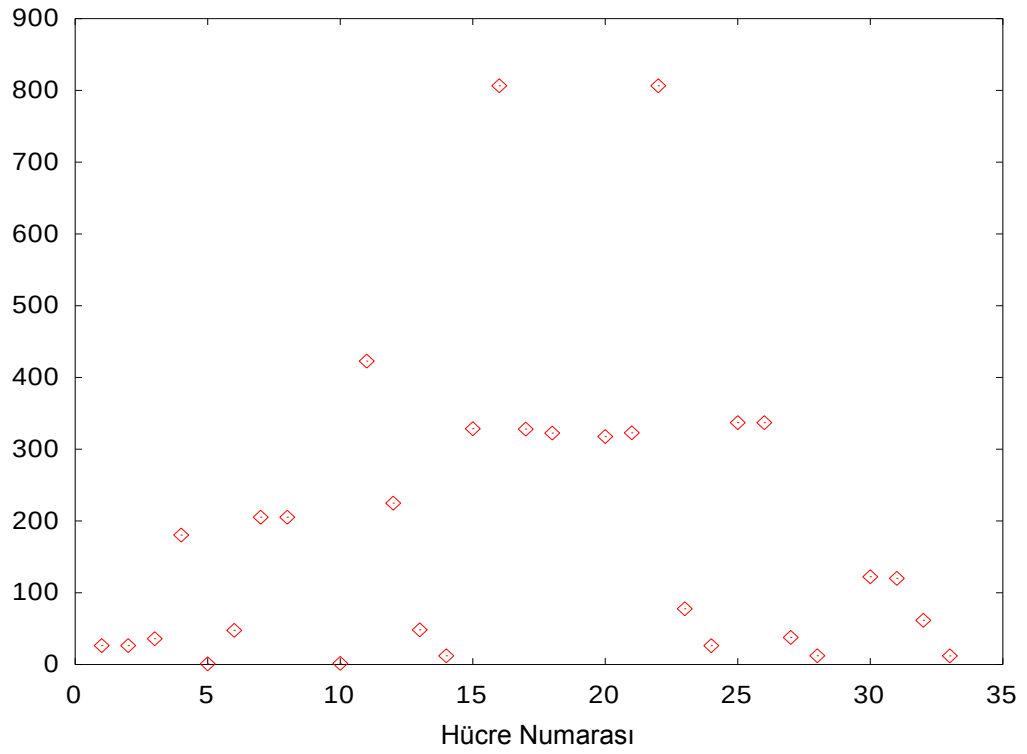
Şekil A.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=2000$ m).



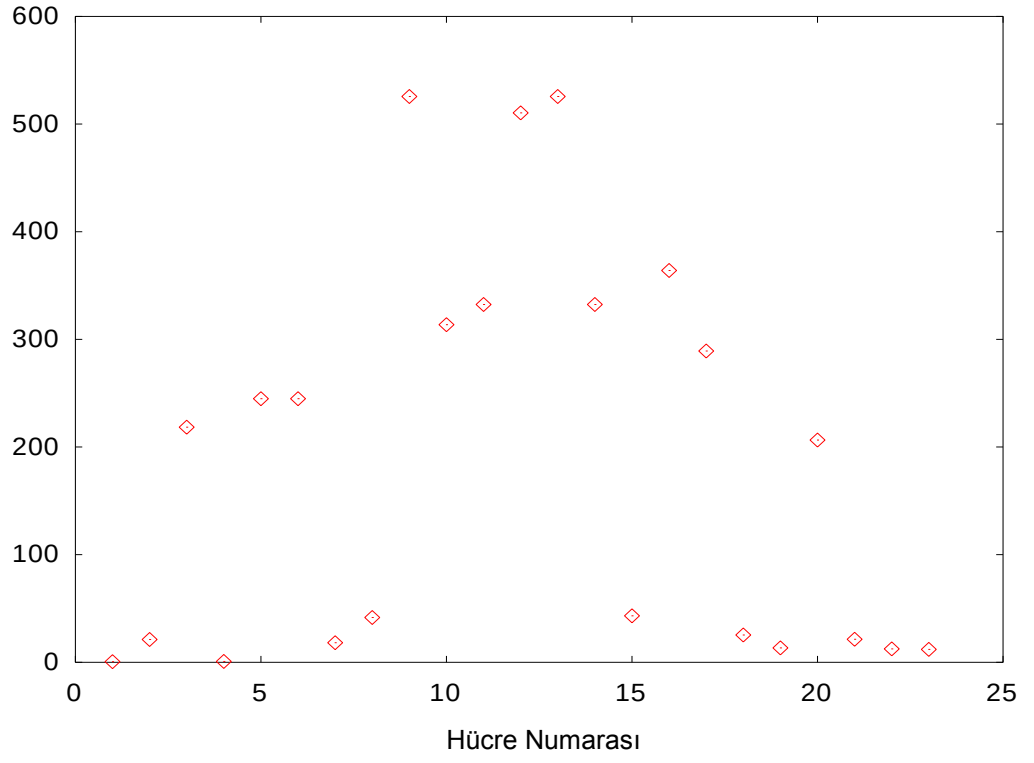
Şekil A.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=2500$ m).



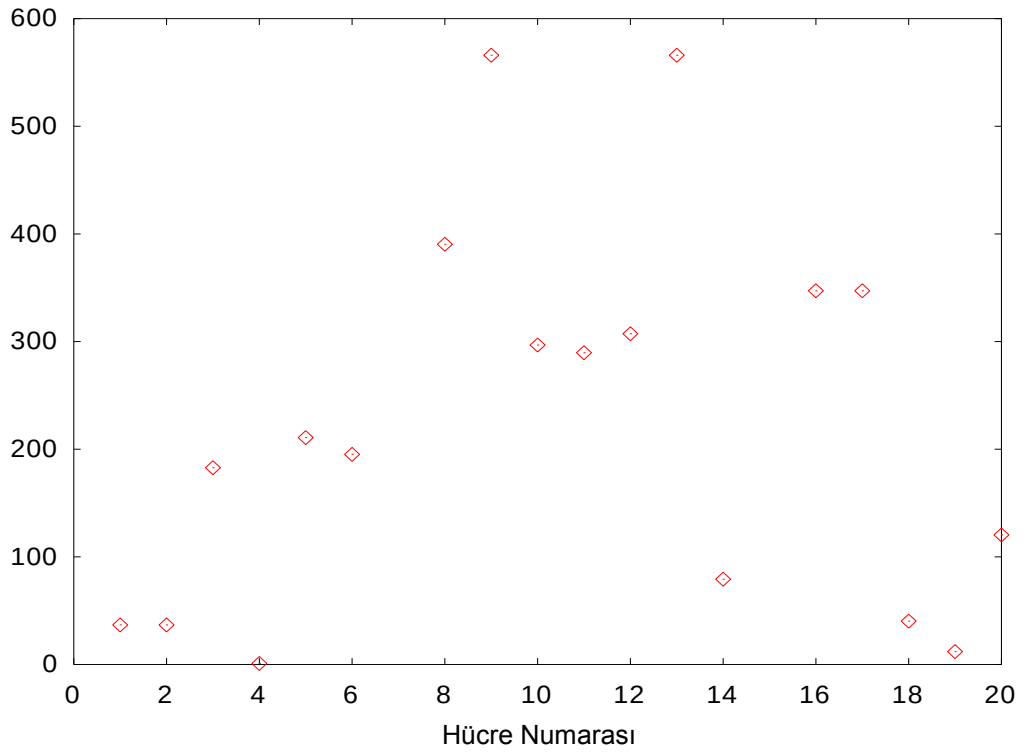
Şekil A.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=3000$ m).



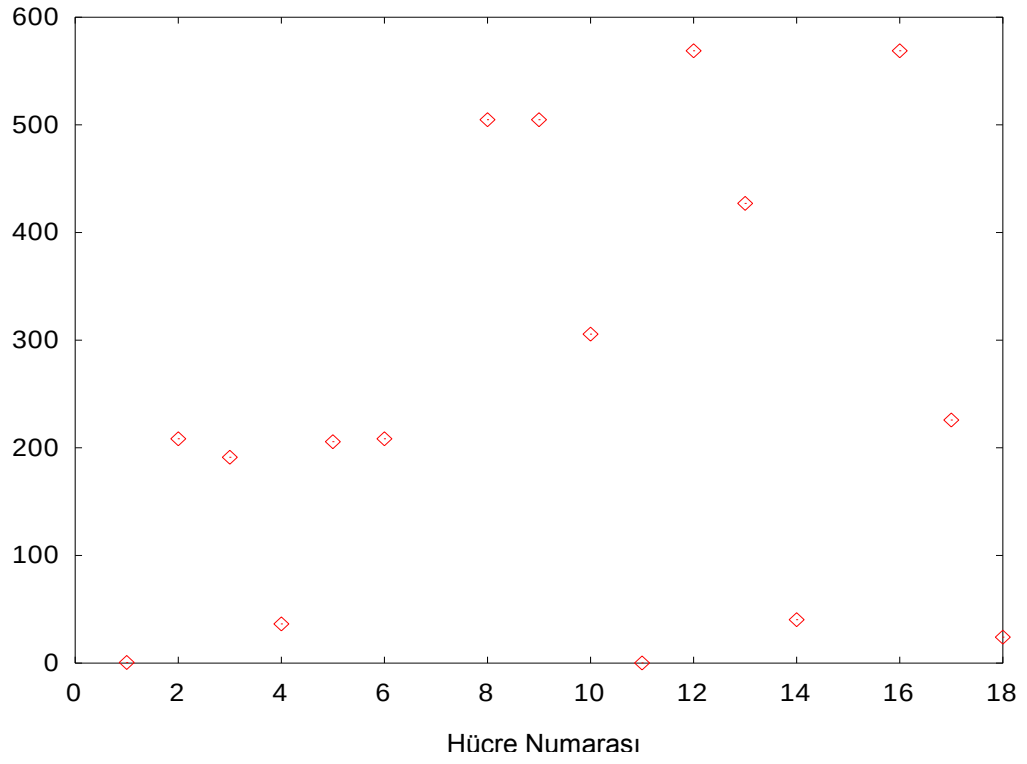
Şekil A.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=3500$ m).



Şekil A.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=4000$ m).

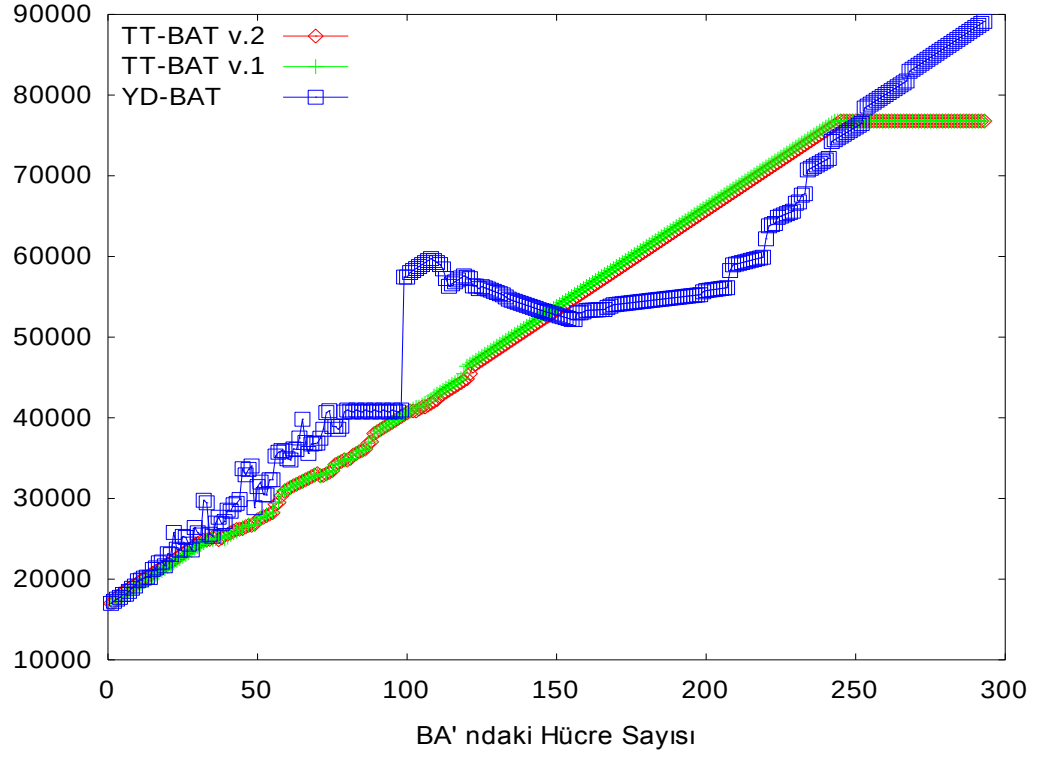


Şekil A.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=4500$ m).

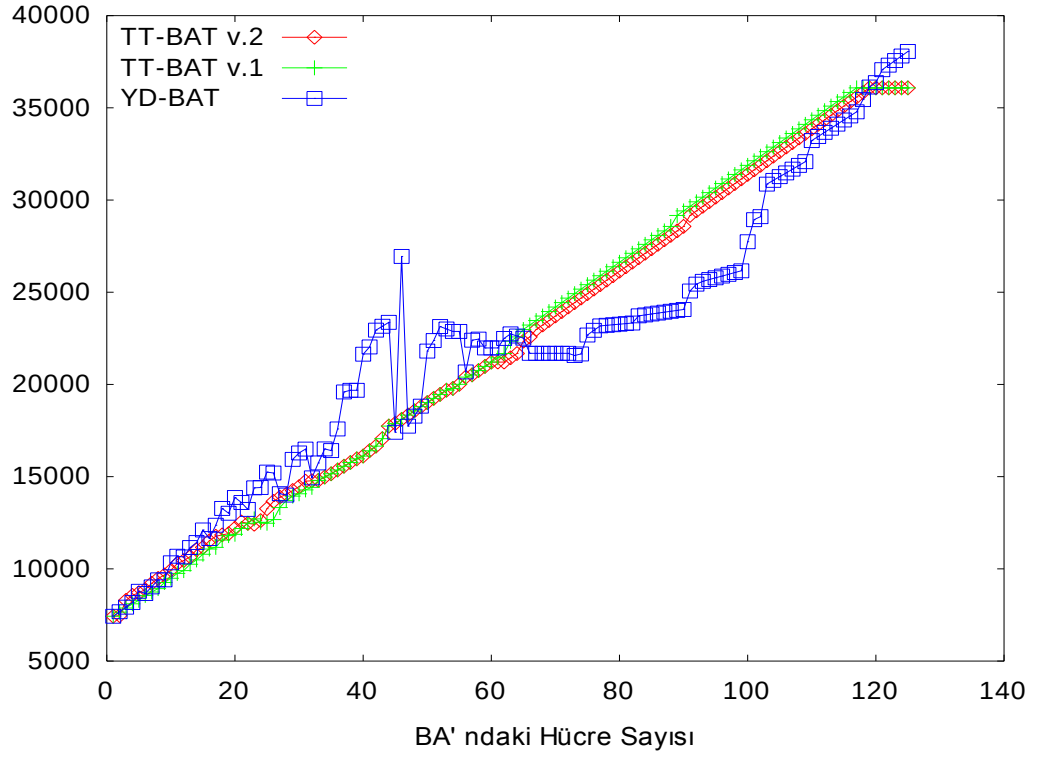


Şekil A.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam trafik dağılımı ($r=5000$ m).

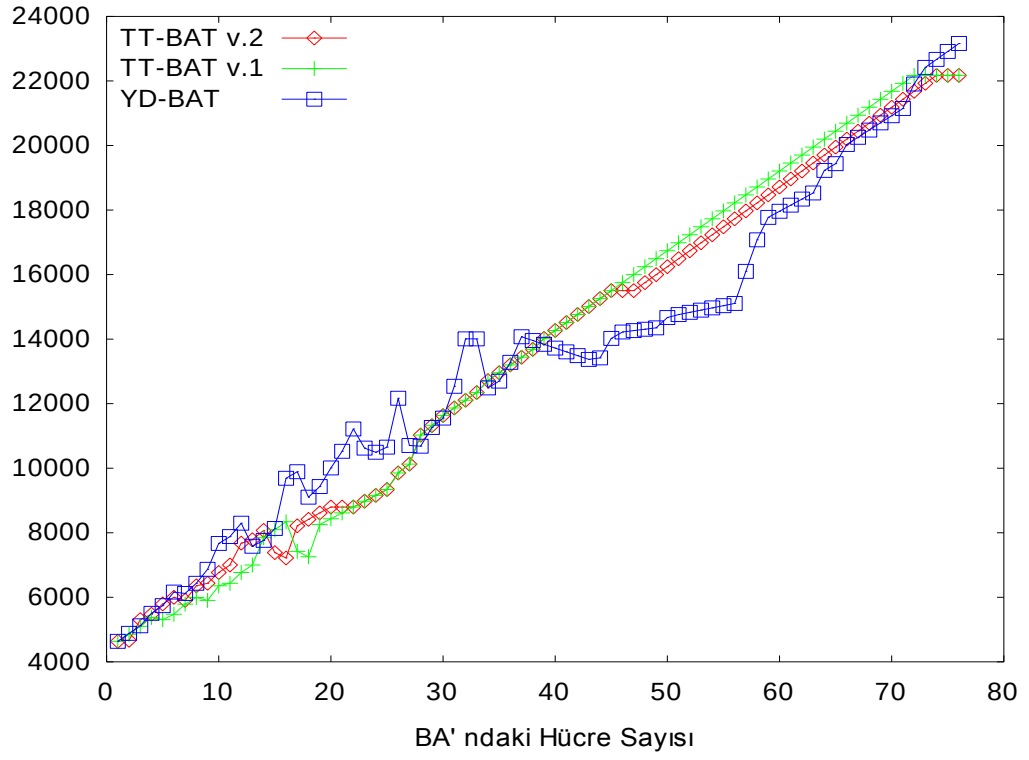
EK B HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE ARANAN HÜCRE SAYISI



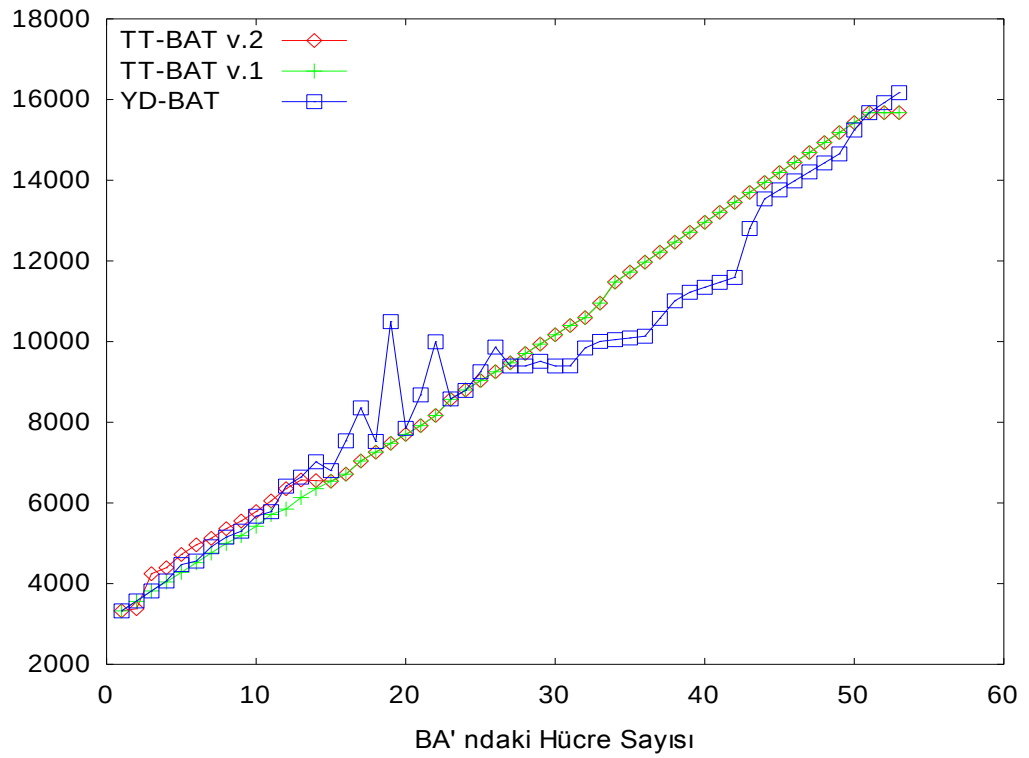
Şekil B.1 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=1000 m).



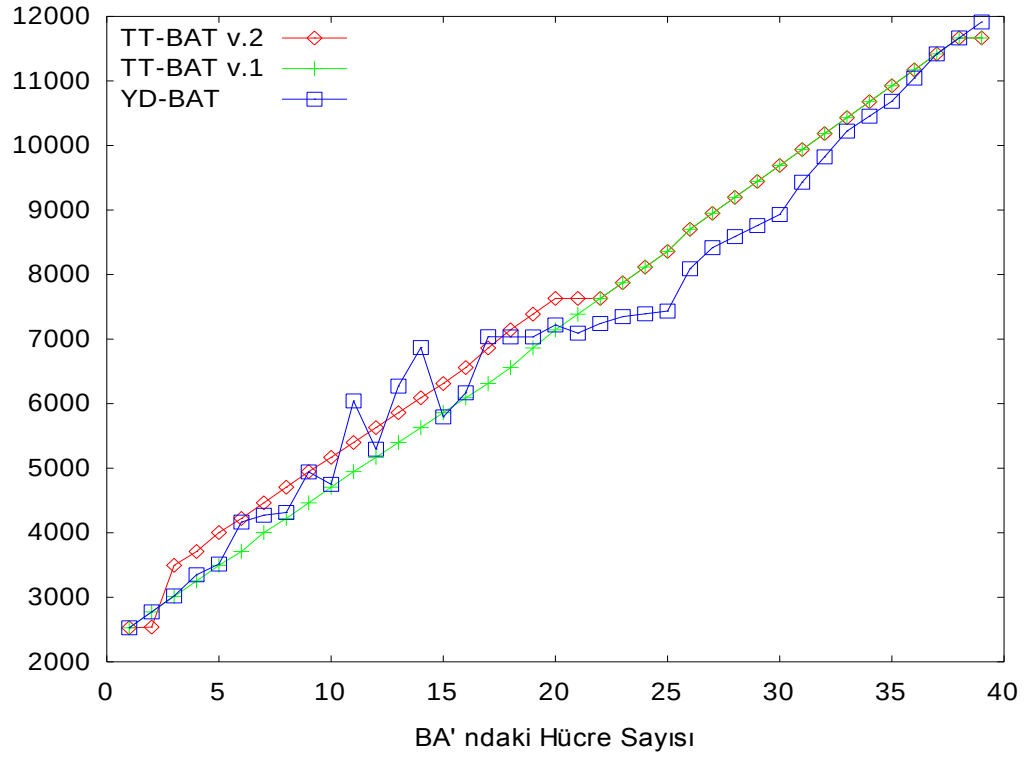
Şekil B.2 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=1500 m).



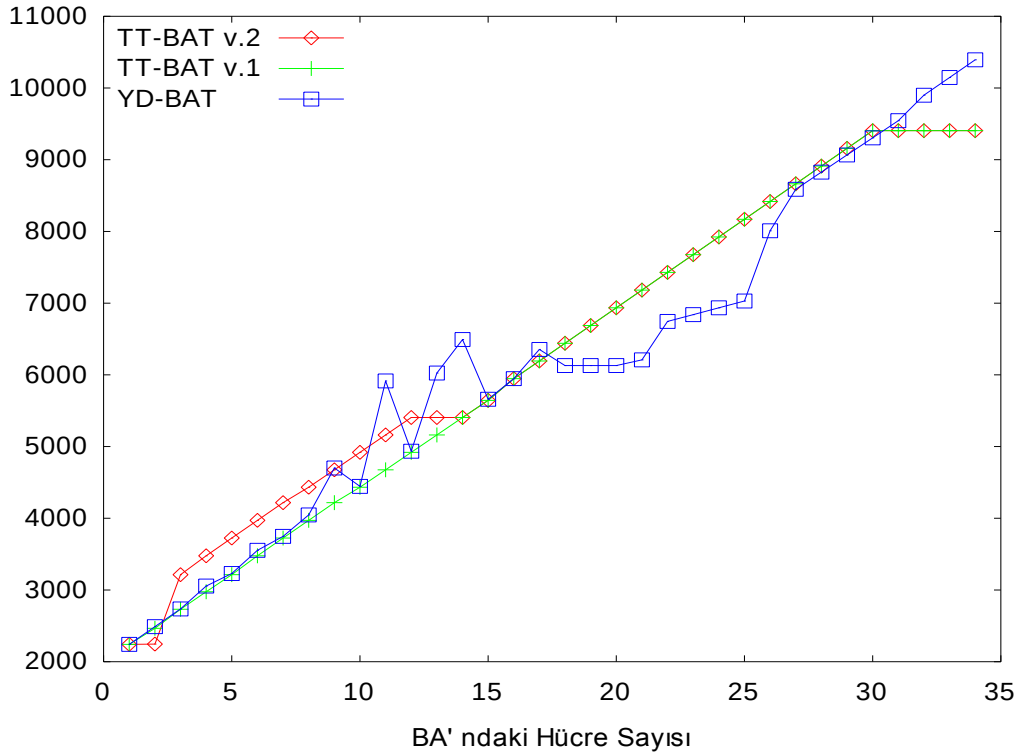
Şekil B.3 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=2000 m).



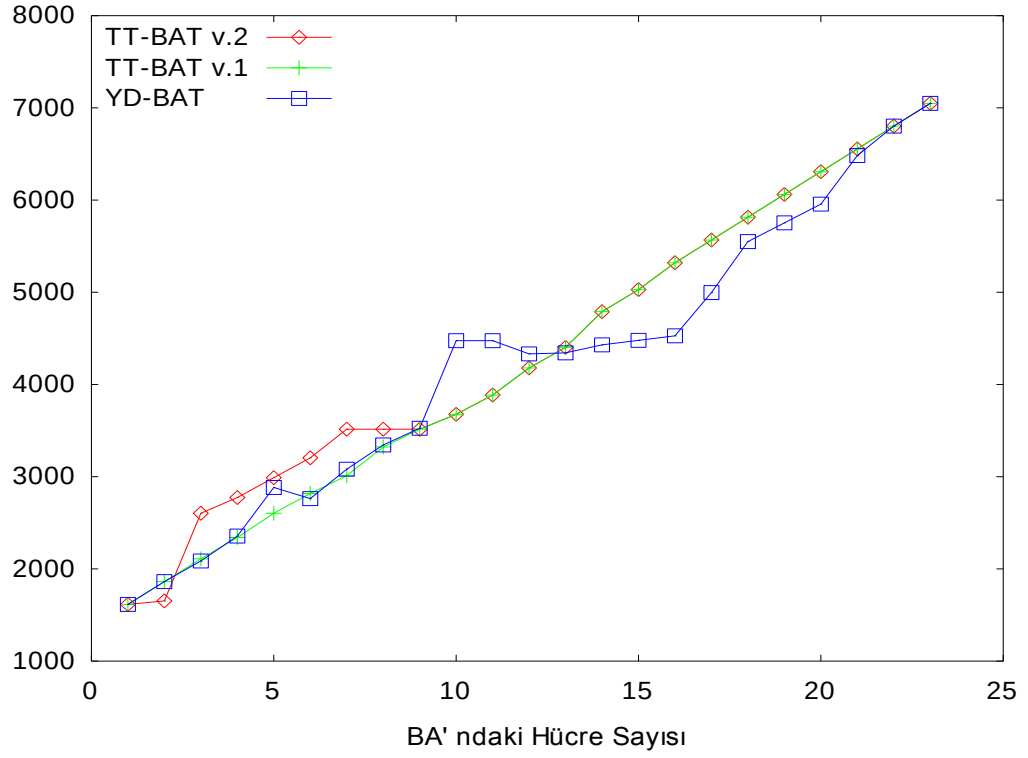
Şekil B.4 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=2500 m).



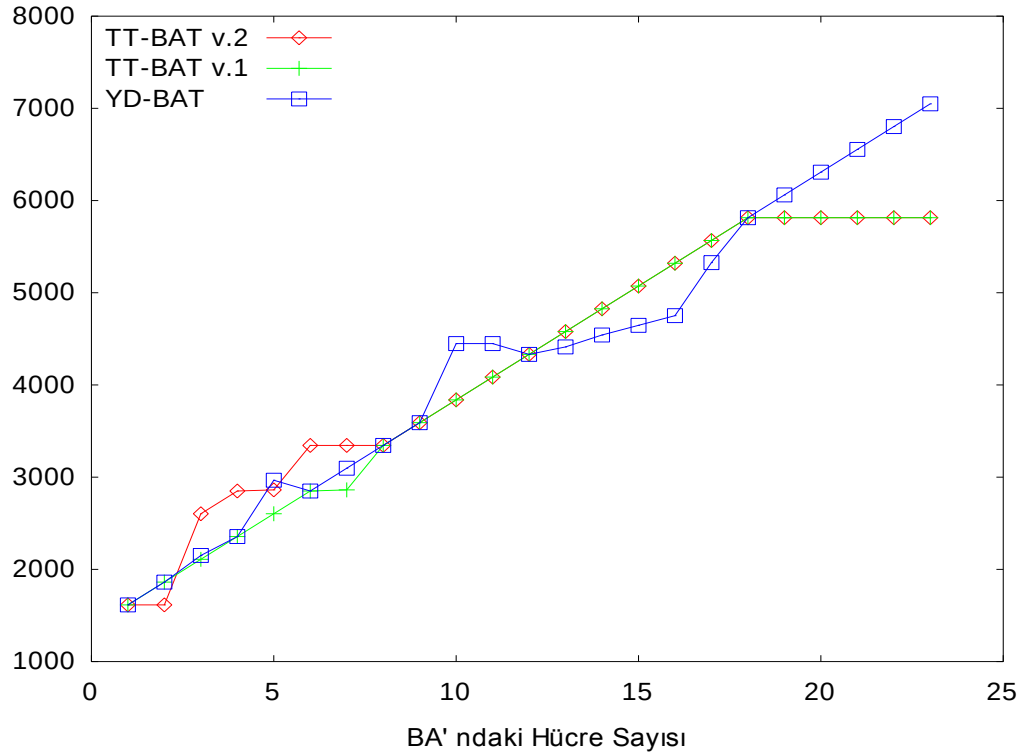
Şekil B.5 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=3000$ m).



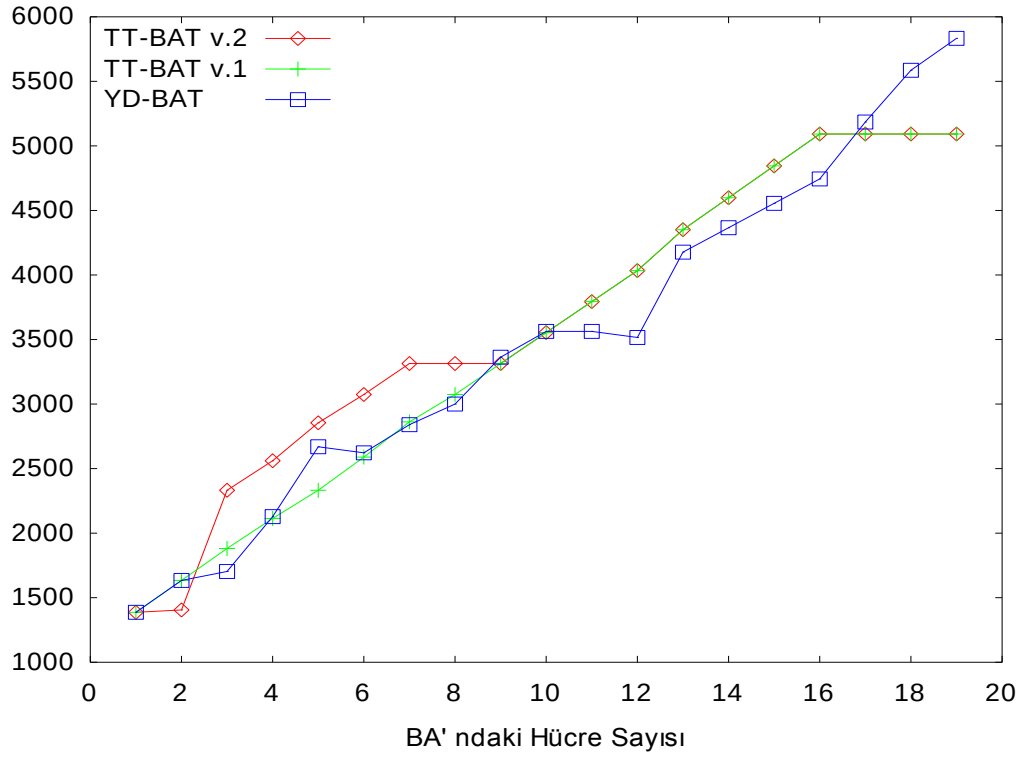
Şekil B.6 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı ($r=3500$ m).



Şekil B.7 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=4000 m).

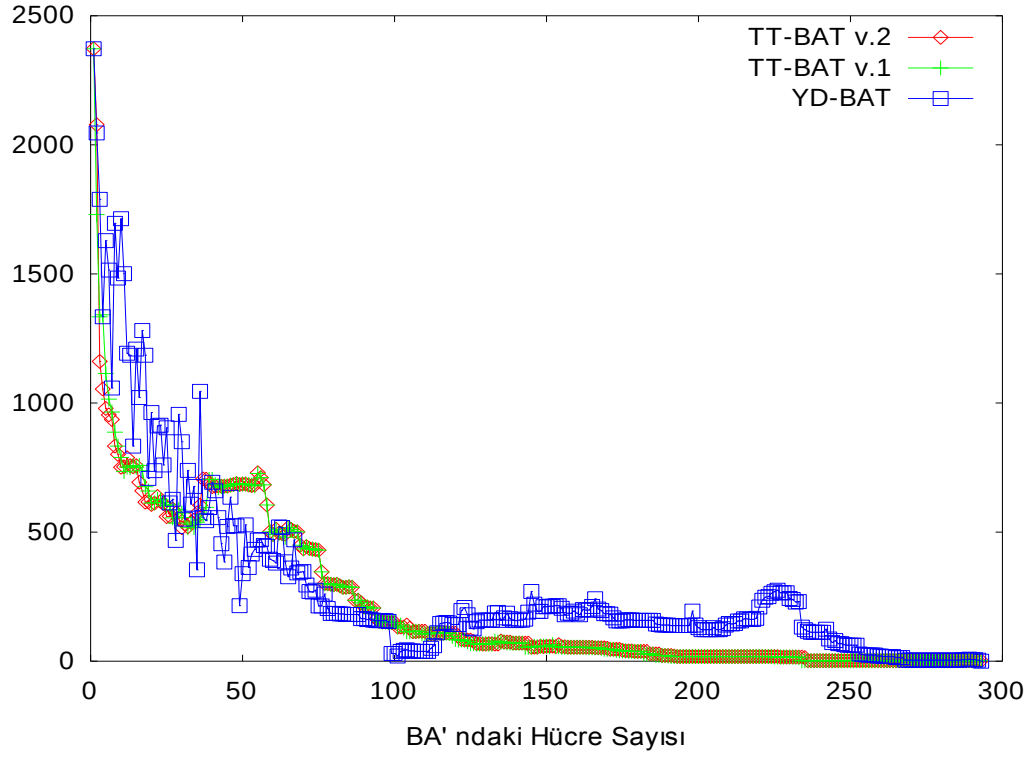


Şekil B.8 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=4500 m).

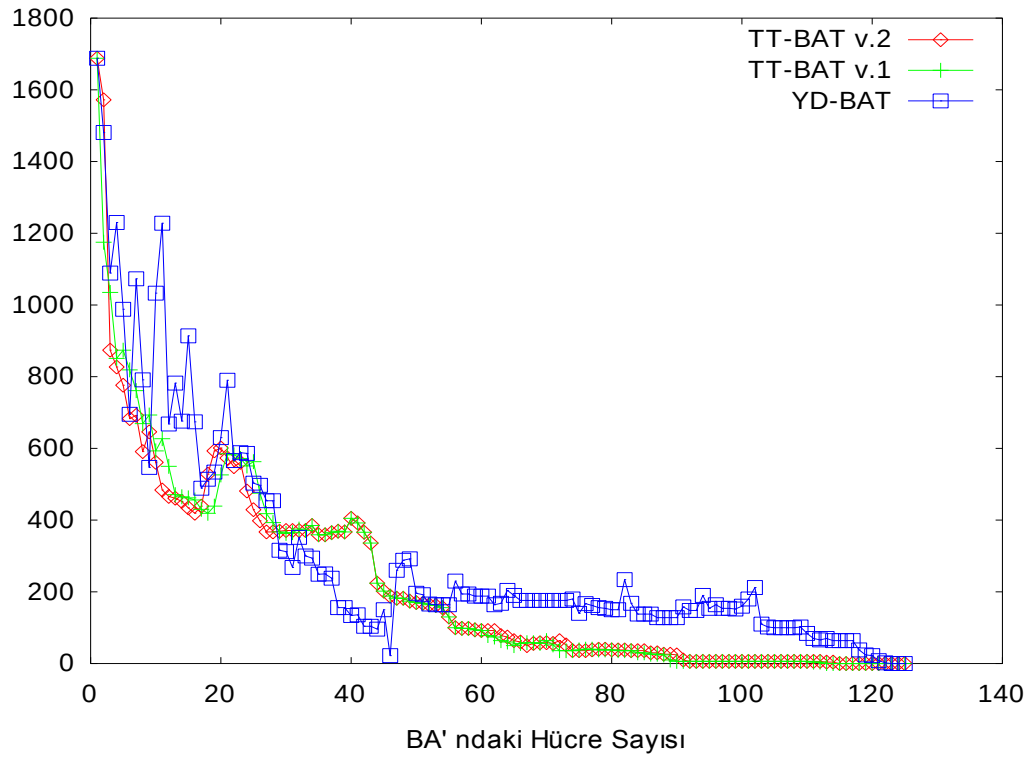


Şekil B.9 BA' ndaki hücre sayısına göre aranan toplam hücre sayısı (r=5000 m).

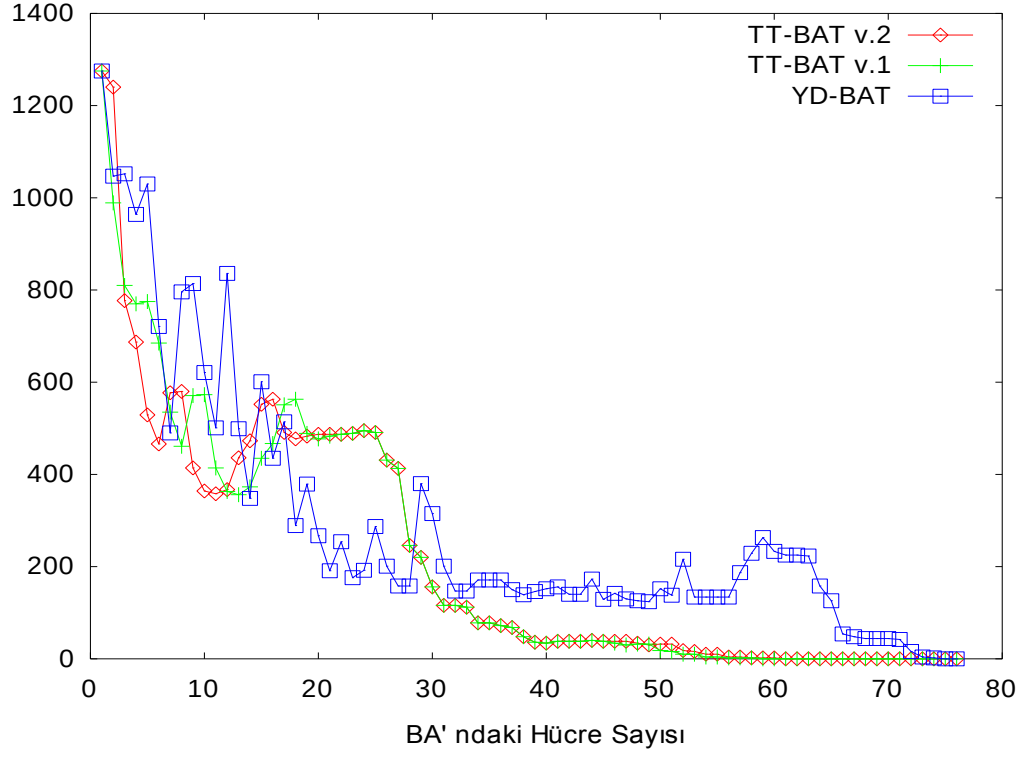
EK C HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE BÖLGE GÜNCELLEME SAYISI



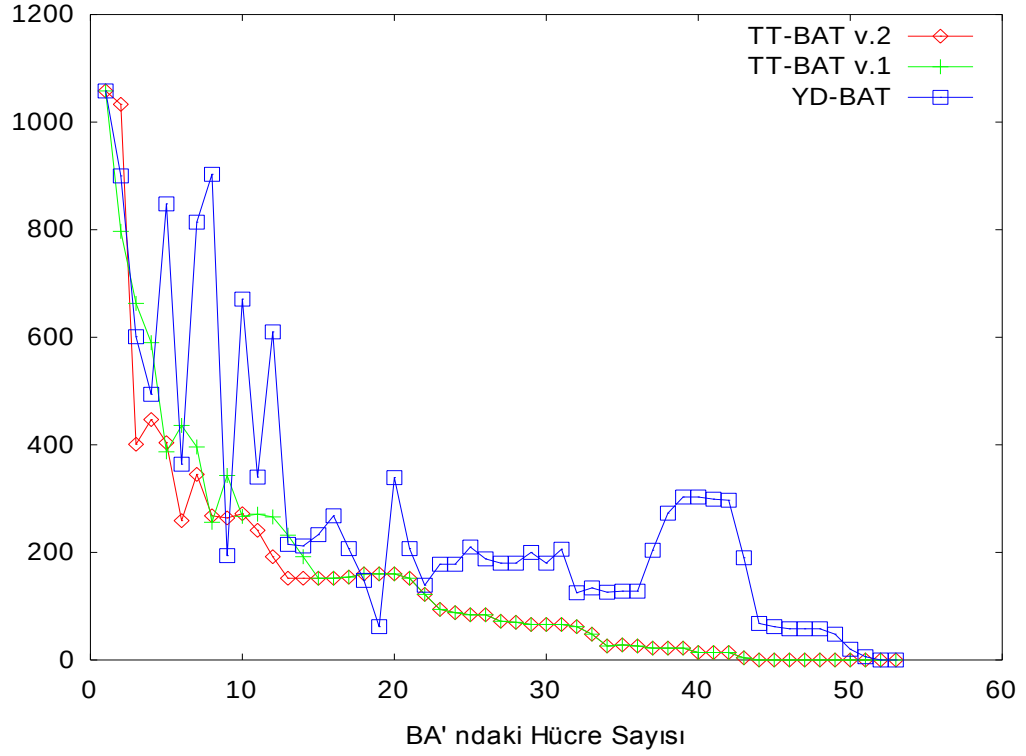
Şekil C.1 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=1000$ m).



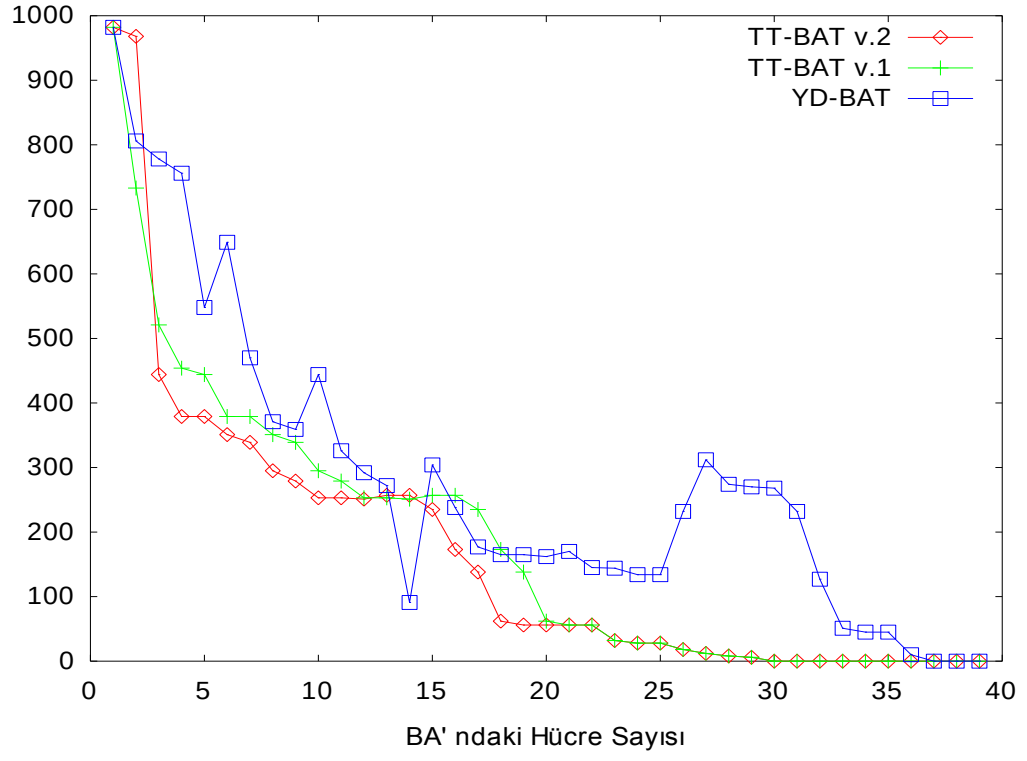
Şekil C.2 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=1500$ m).



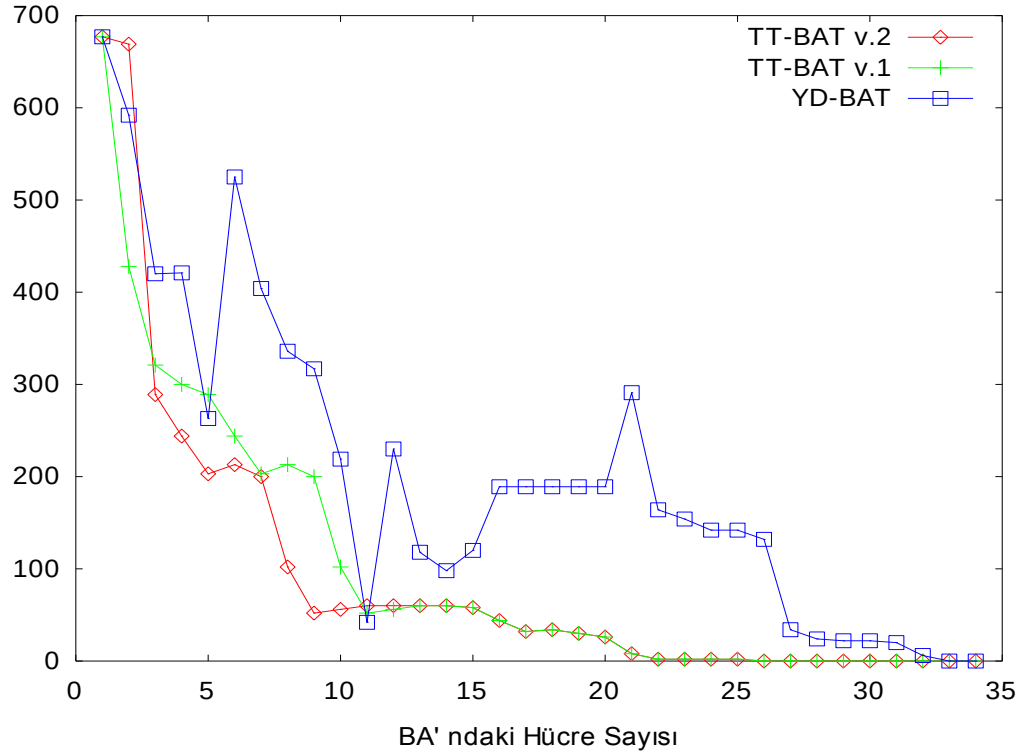
Şekil C.3 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=2000$ m).



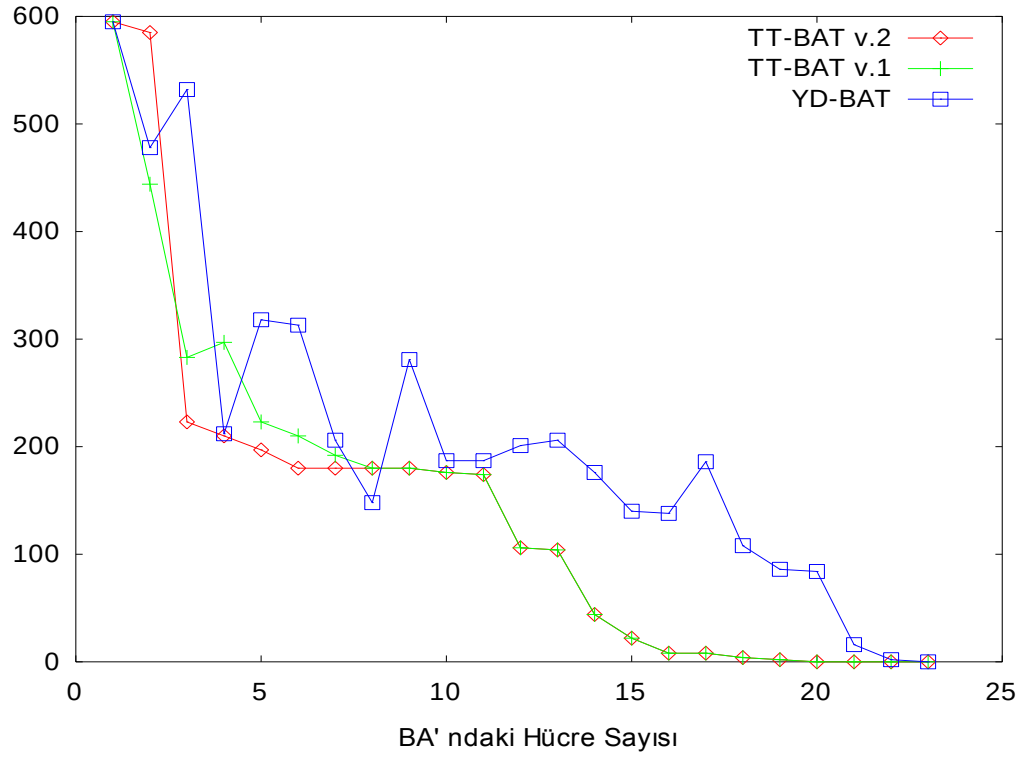
Şekil C.4 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=2500$ m).



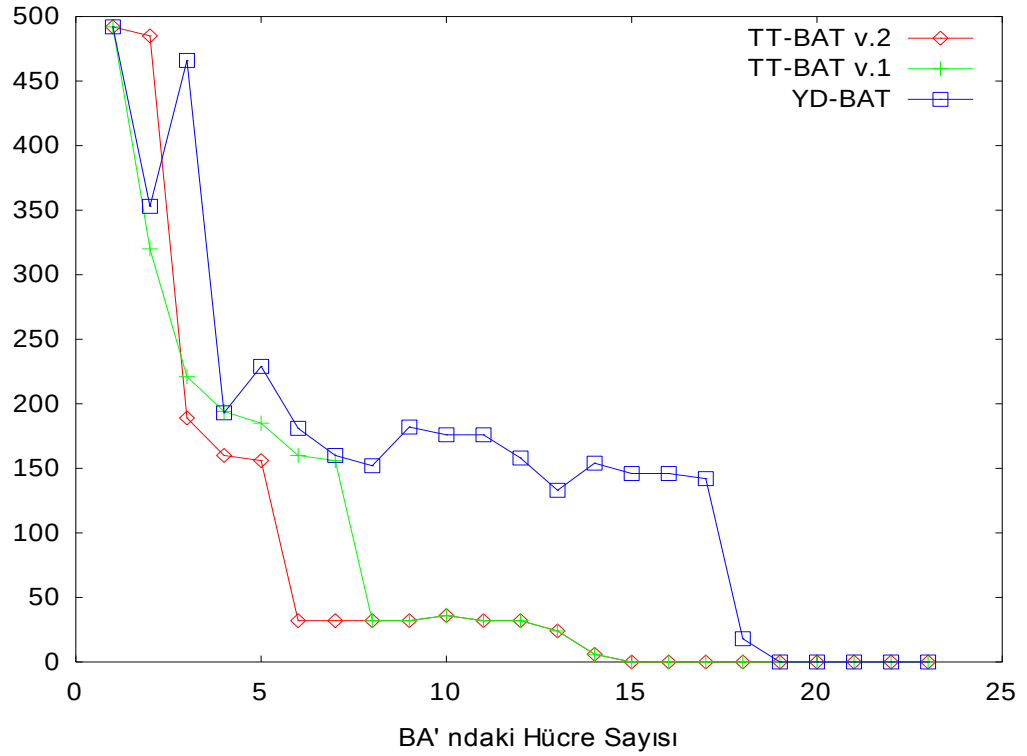
Şekil C.5 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=3000$ m).



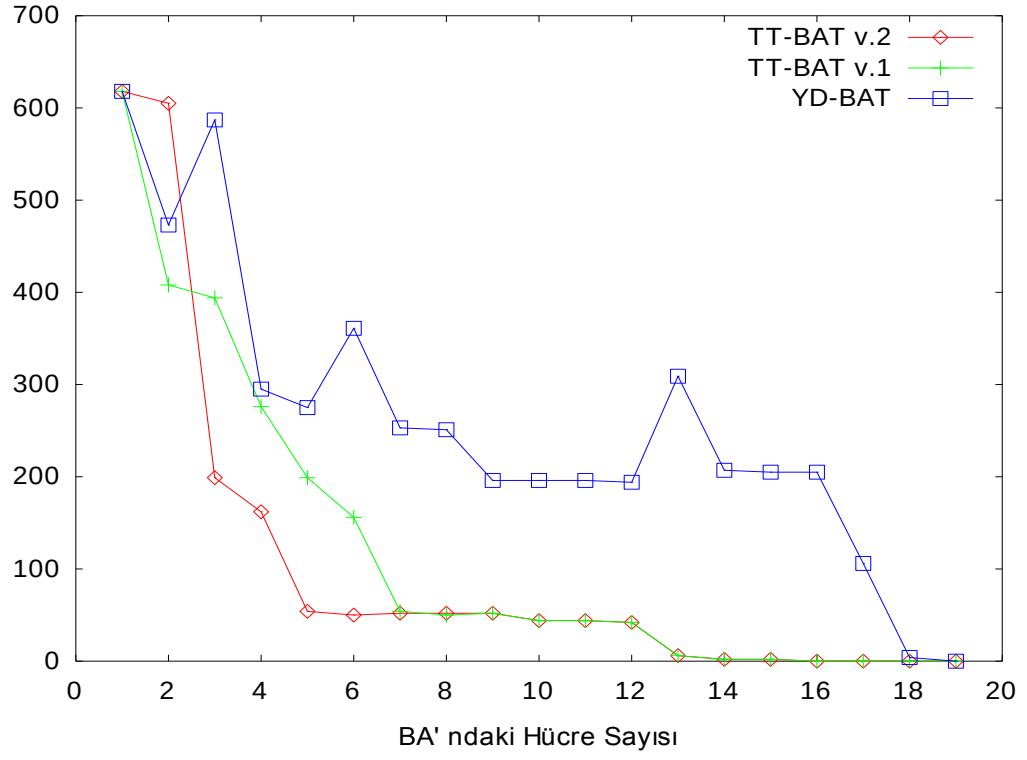
Şekil C.6 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı ($r=3500$ m).



Şekil C.7 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı (r=4000 m).

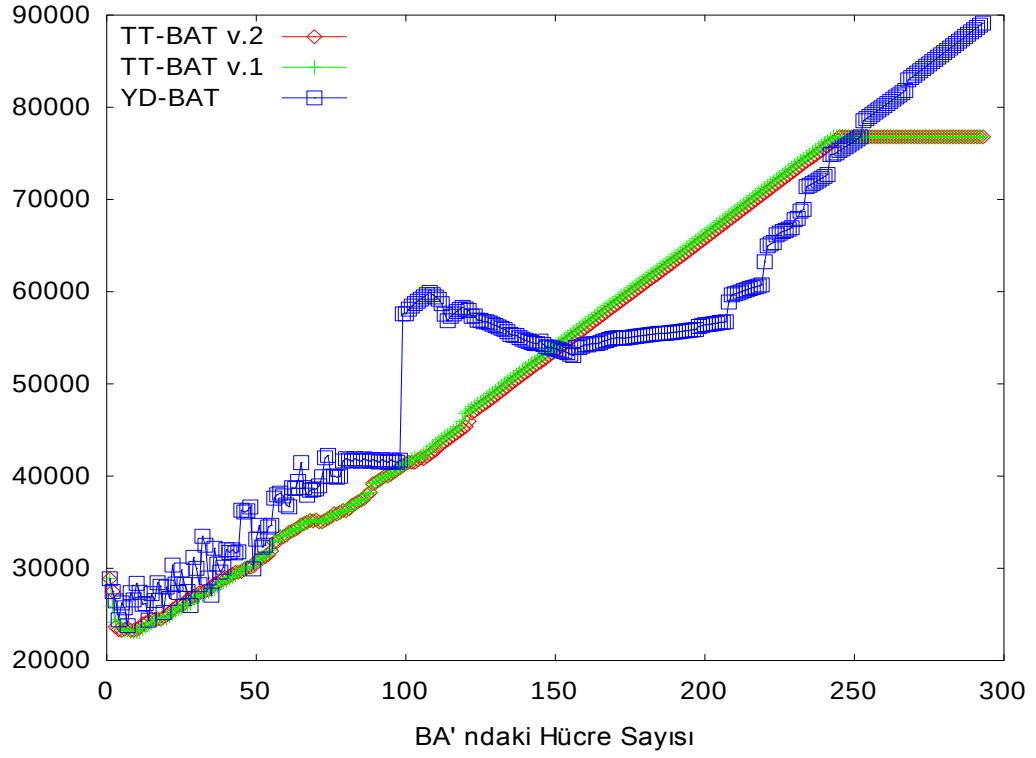


Şekil C.8 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı (r=4500 m).

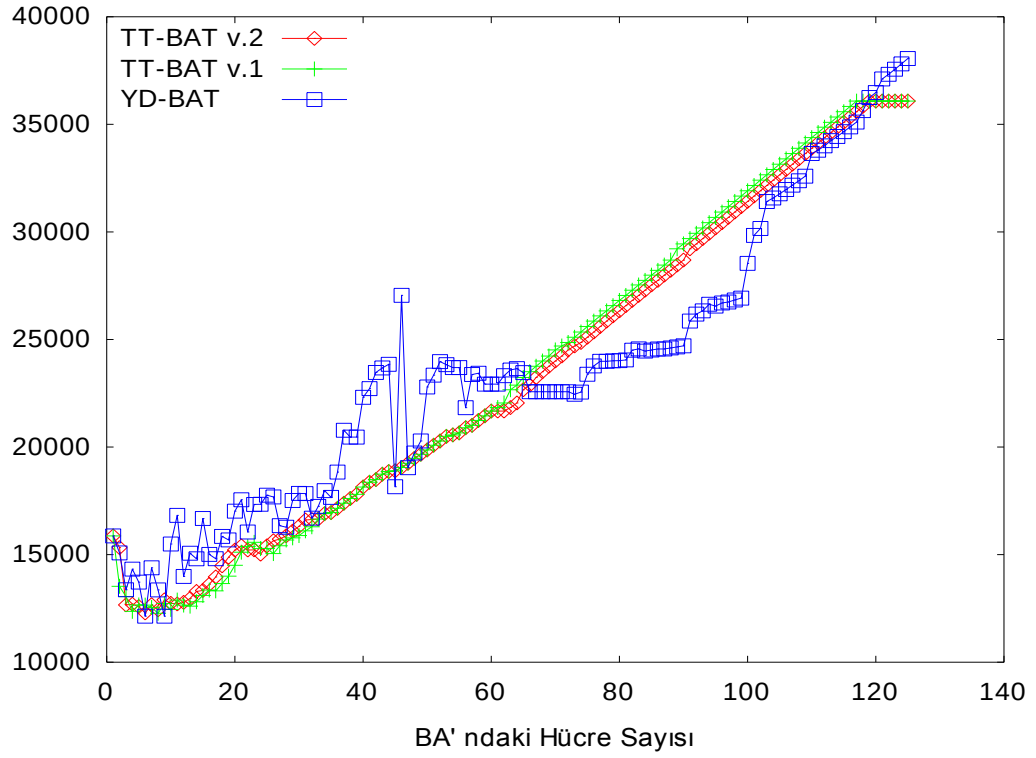


Şekil C.9 BA' ndaki hücre sayısına göre toplam bölge güncelleme sayısı (r=5000 m).

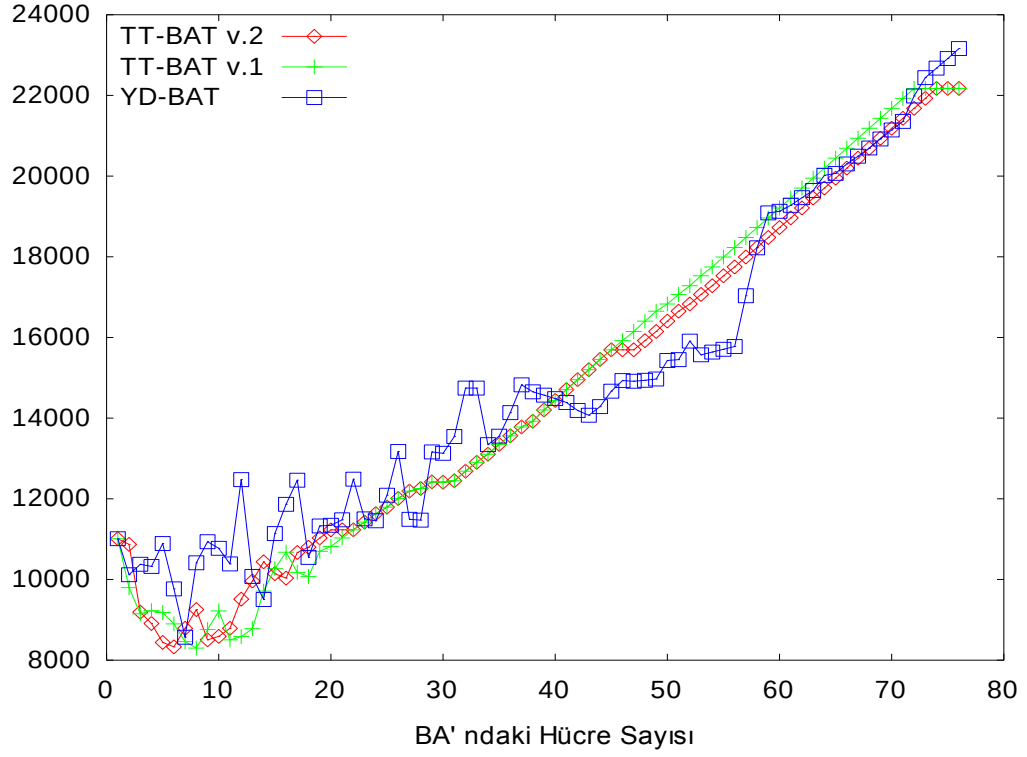
EK D HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=5)



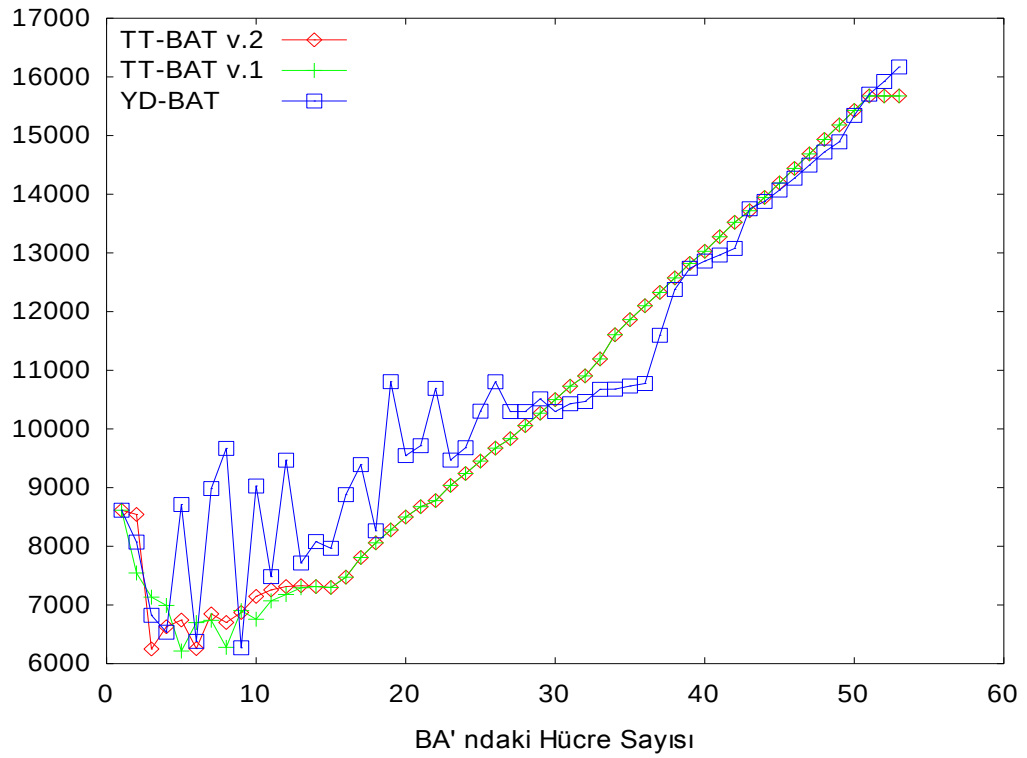
Şekil D.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=1000$ m, $c=5$).



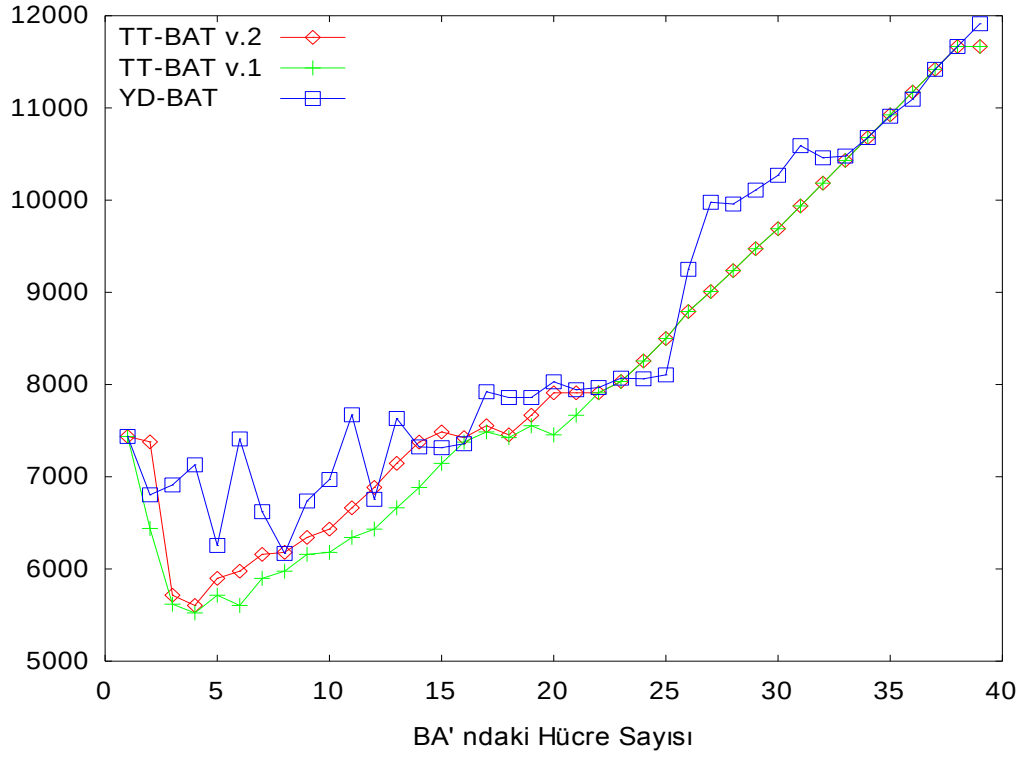
Şekil D.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=1500$ m, $c=5$).



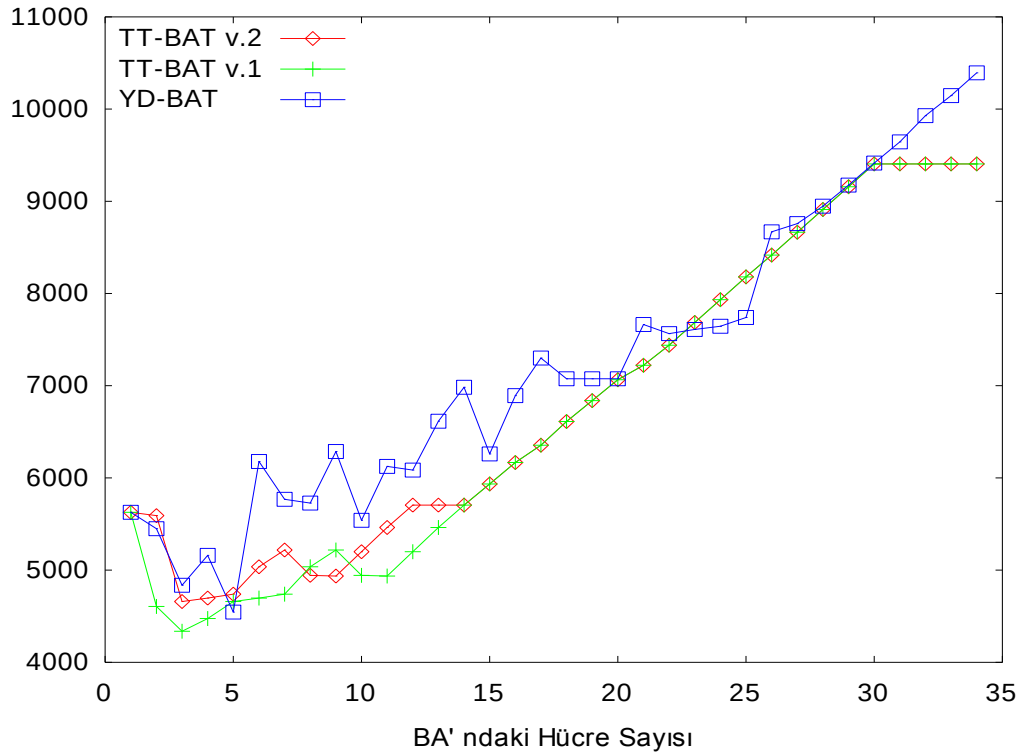
Şekil D.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2000$ m, $c=5$).



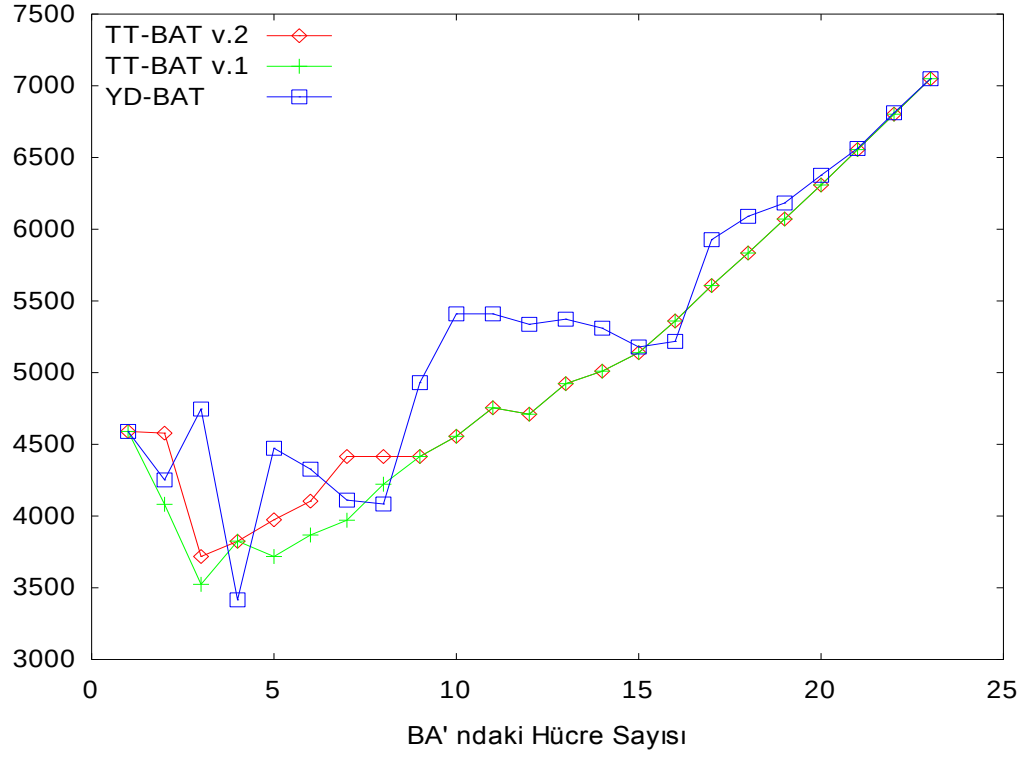
Şekil D.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2500$ m, $c=5$).



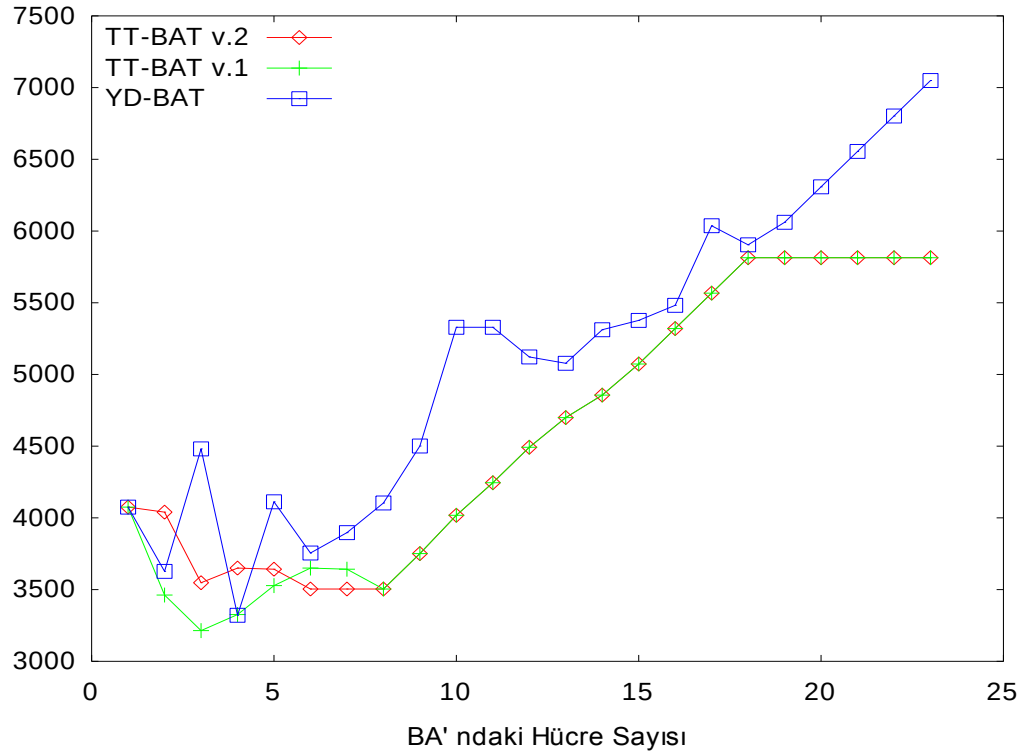
Şekil D.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=3000 m, c=5).



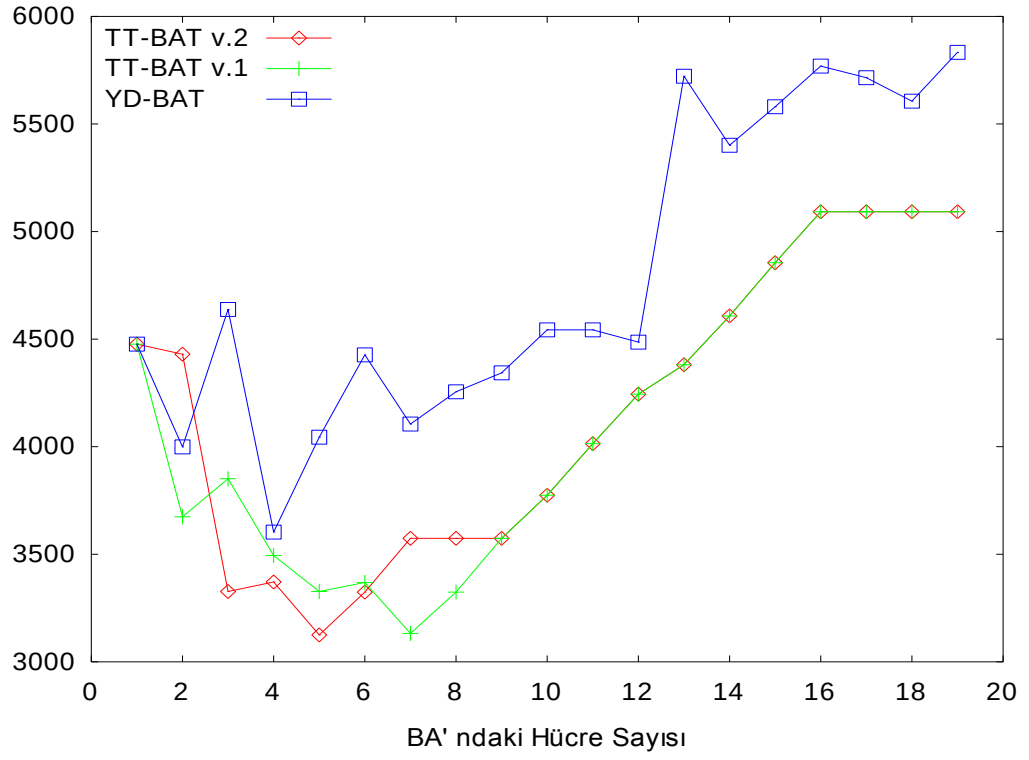
Şekil D.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=3500 m, c=5).



Şekil D.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4000$ m, $c=5$).

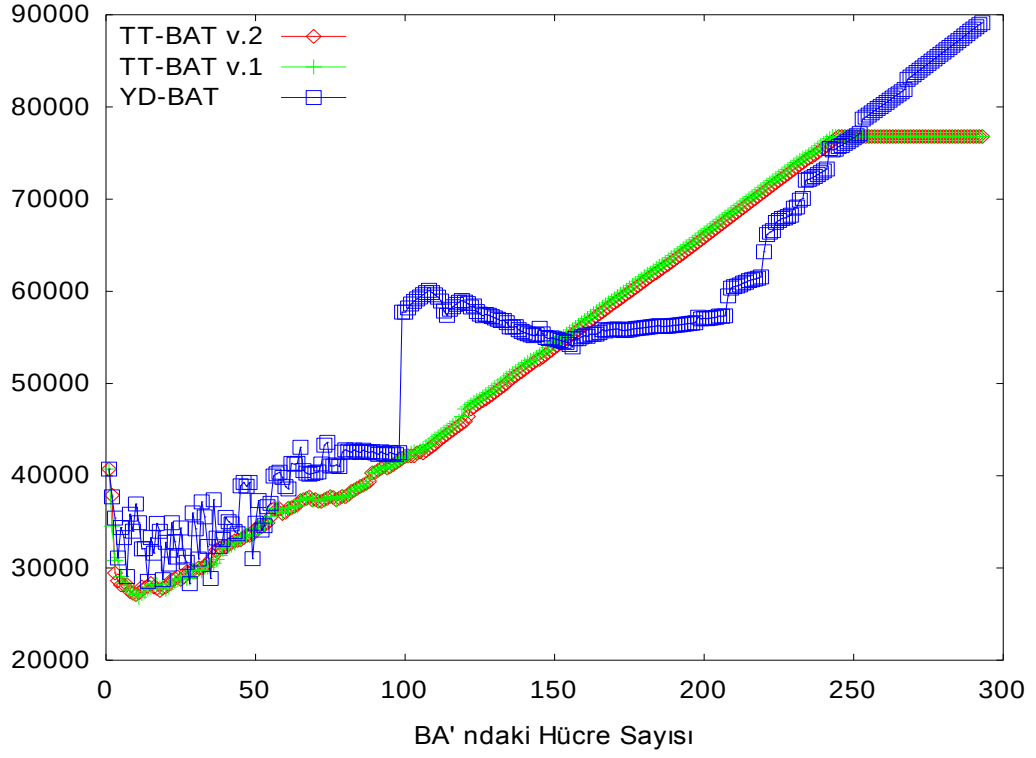


Şekil D.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4500$ m, $c=5$).

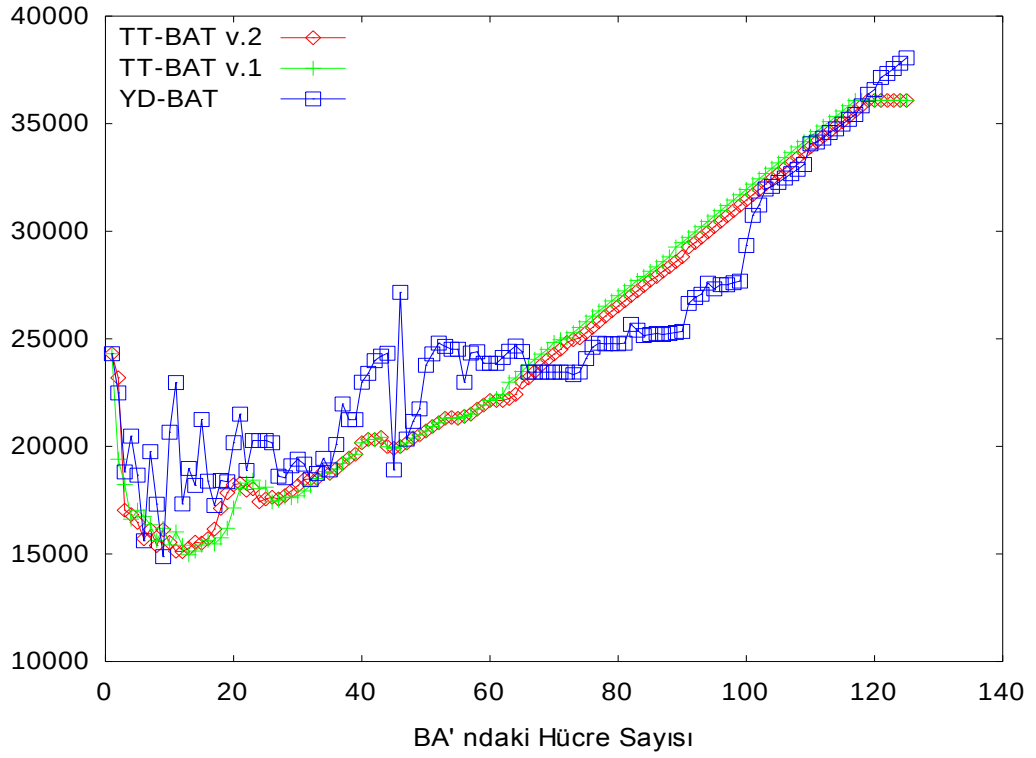


Şekil D.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=5000 m, c=5).

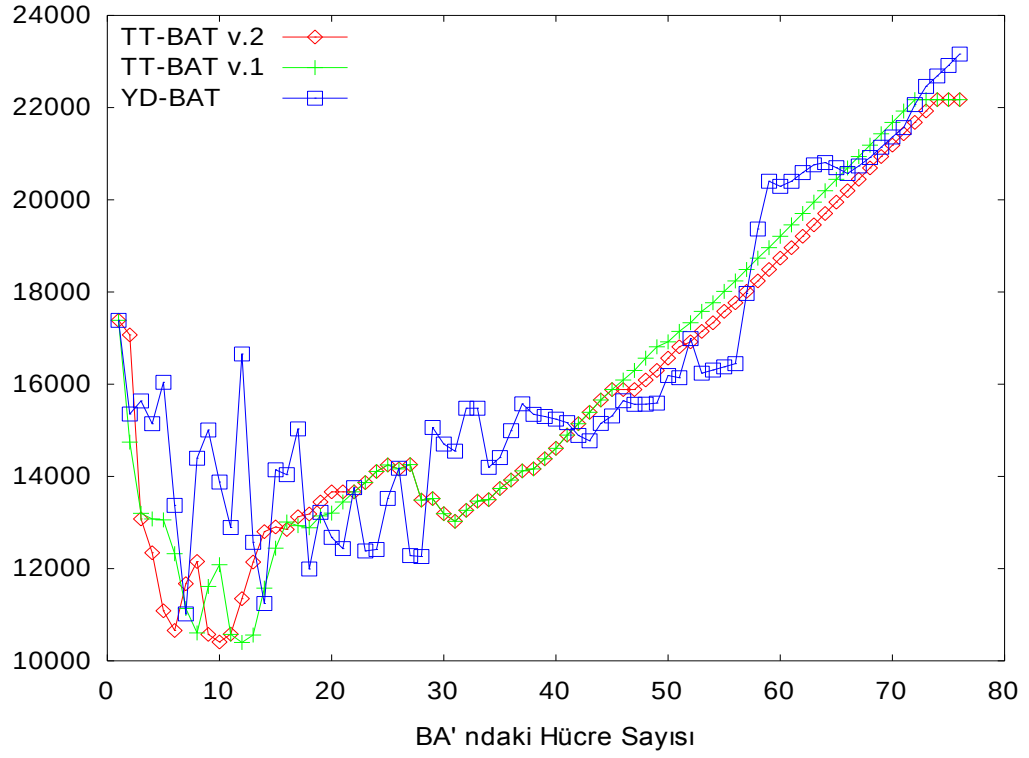
EK E HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=10)



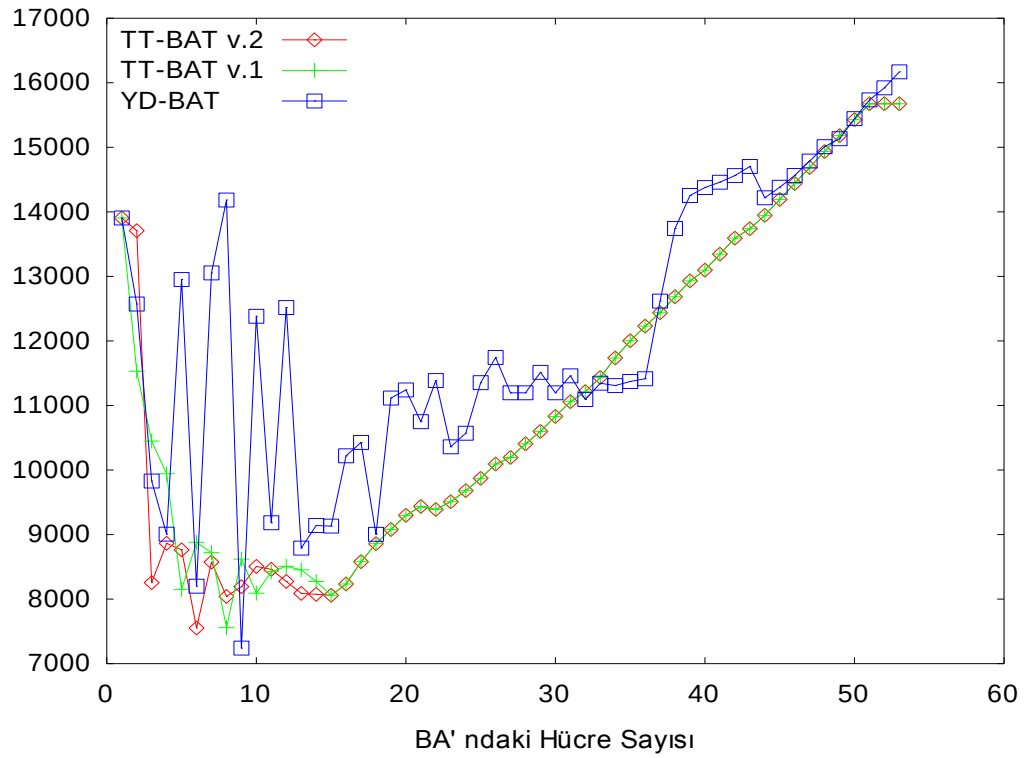
Şekil E.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1000 m, c=10).



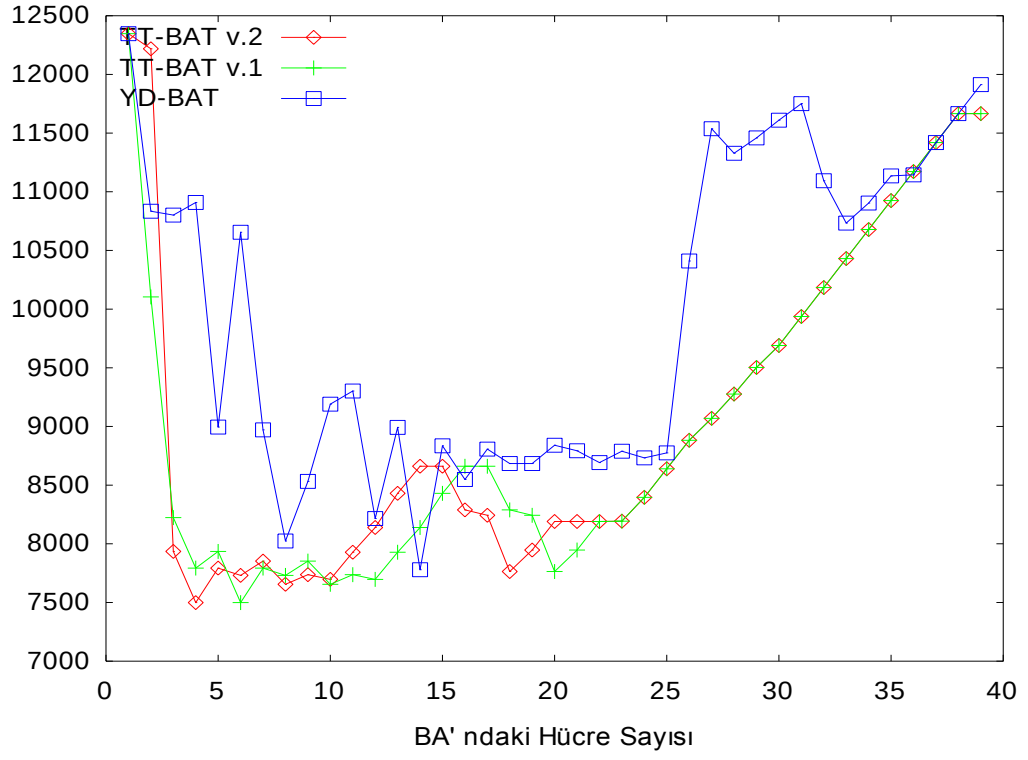
Şekil E.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1500 m, c=10).



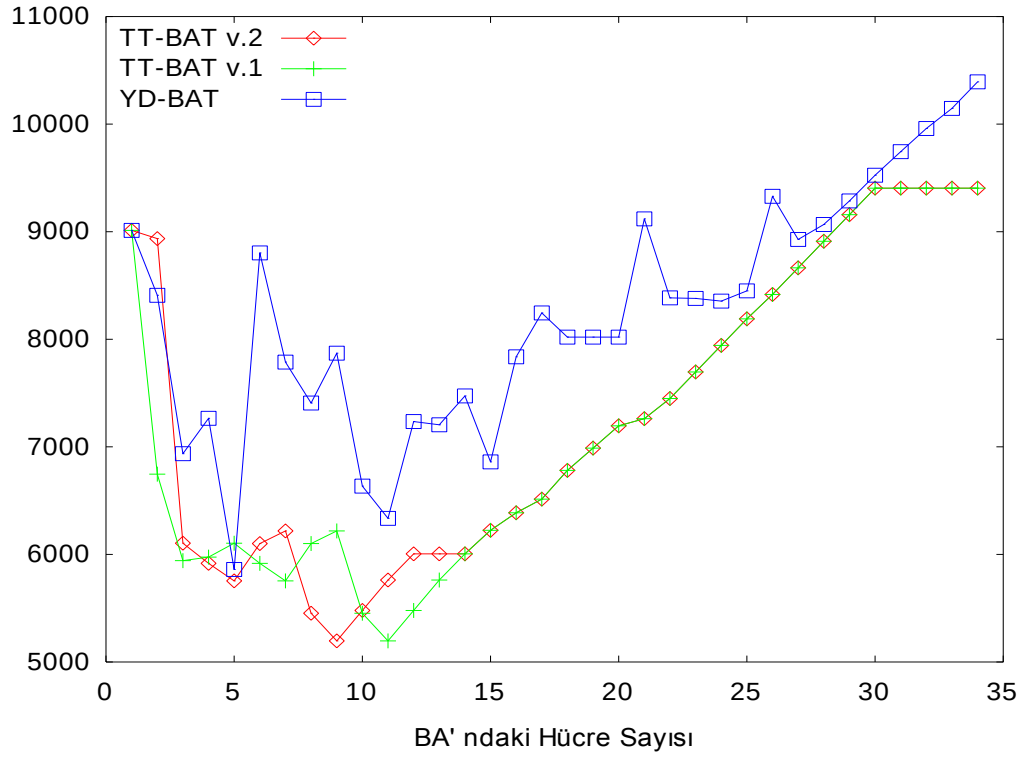
Şekil E.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2000$ m, $c=10$).



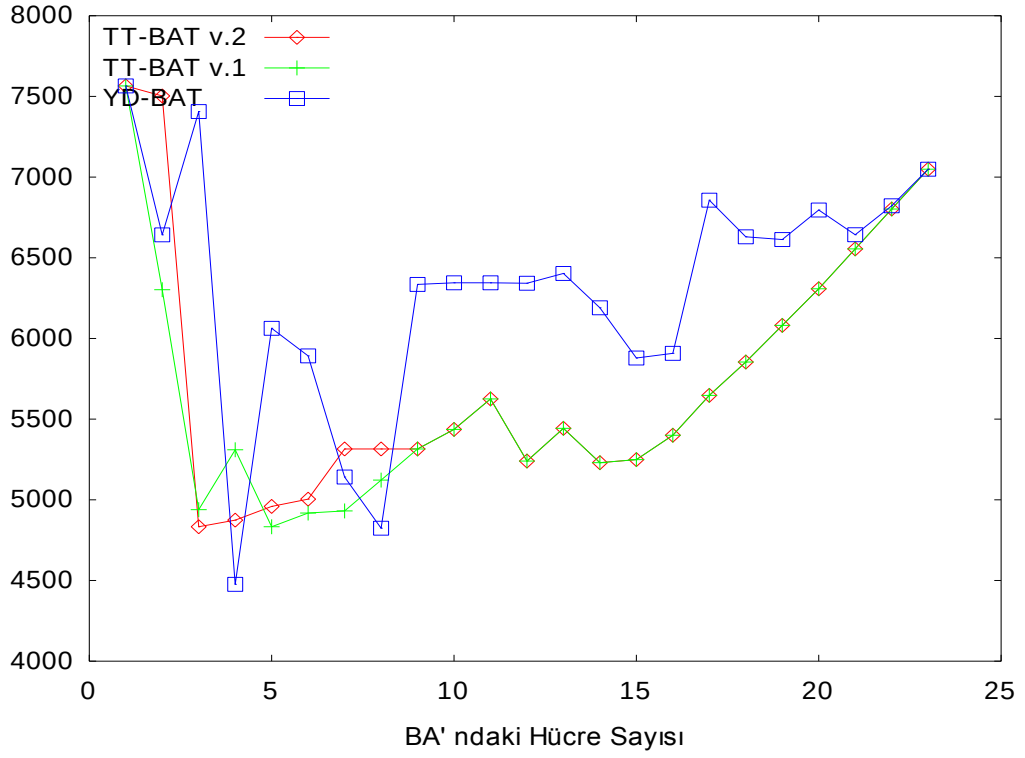
Şekil E.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2500$ m, $c=10$).



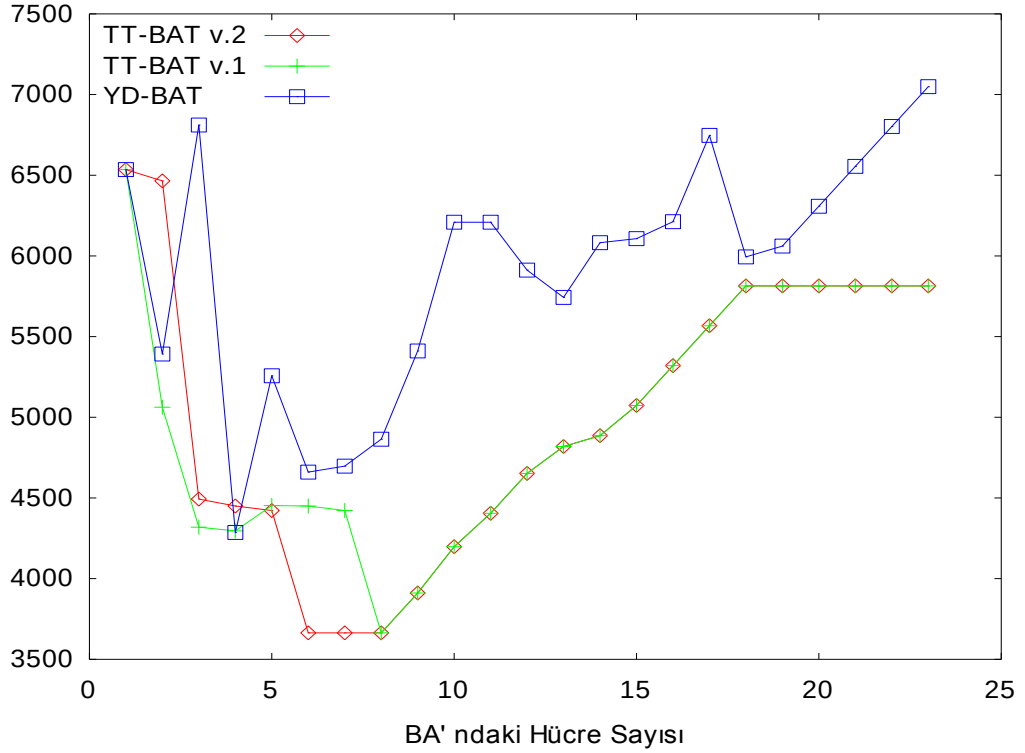
Şekil E.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=3000$ m, $c=10$).



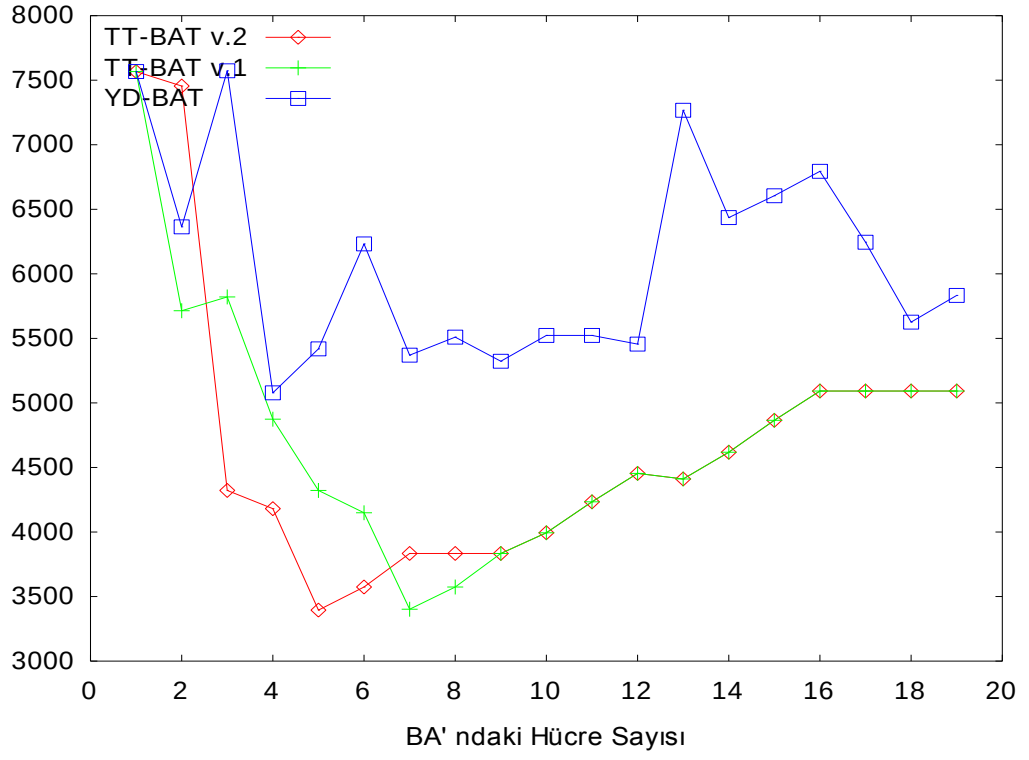
Şekil E.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=3500$ m, $c=10$).



Şekil E.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4000$ m, $c=10$).

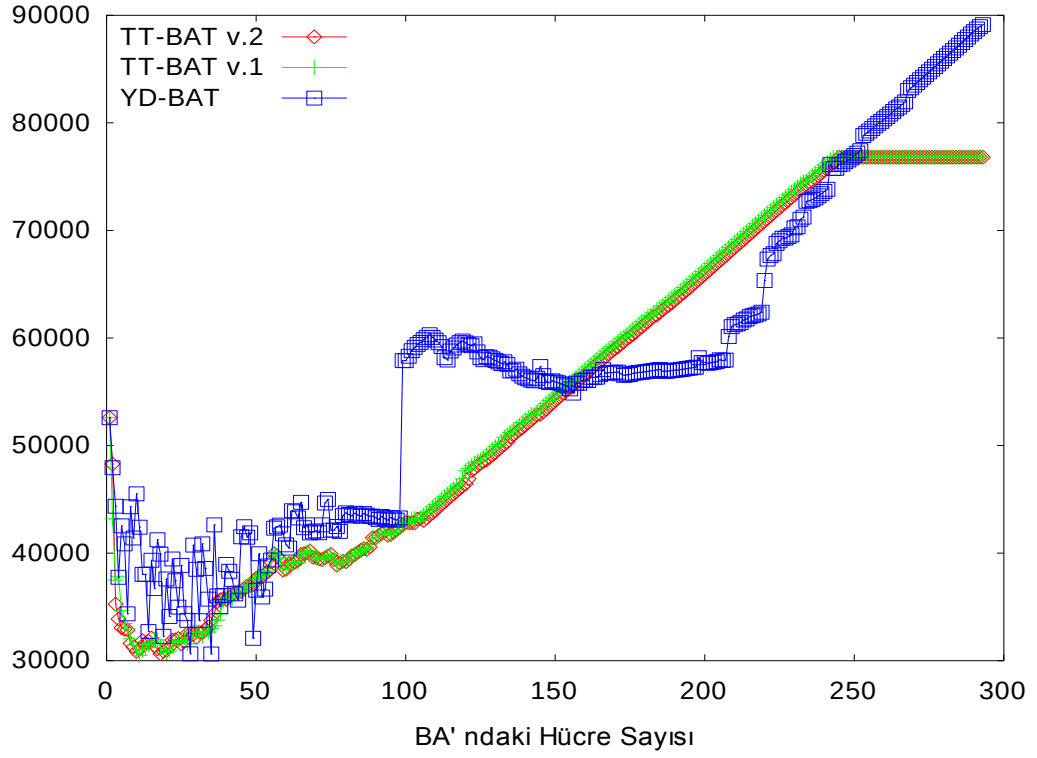


Şekil E.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4500$ m, $c=10$).

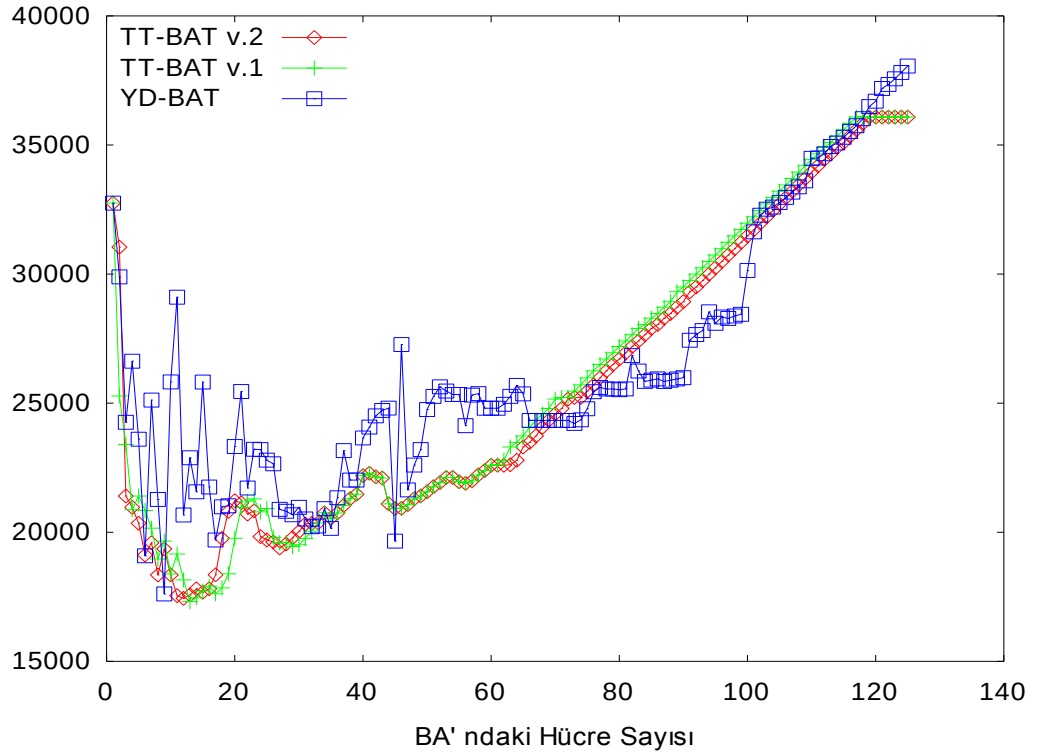


Şekil E.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=5000$ m, $c=10$).

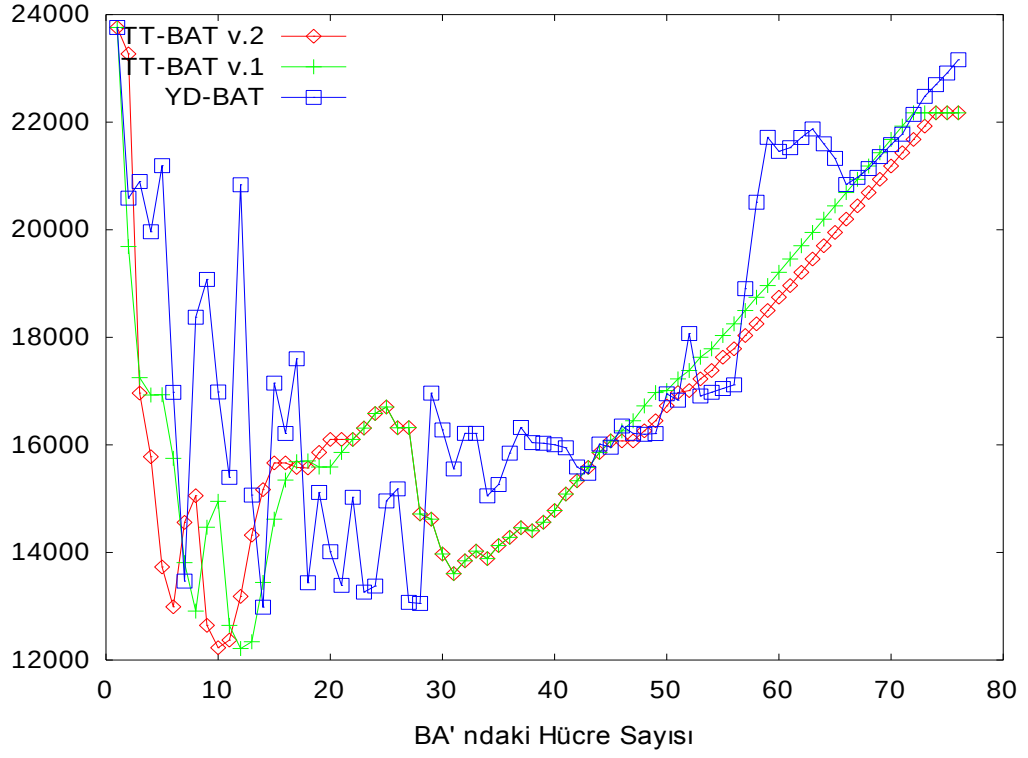
EK F HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=15)



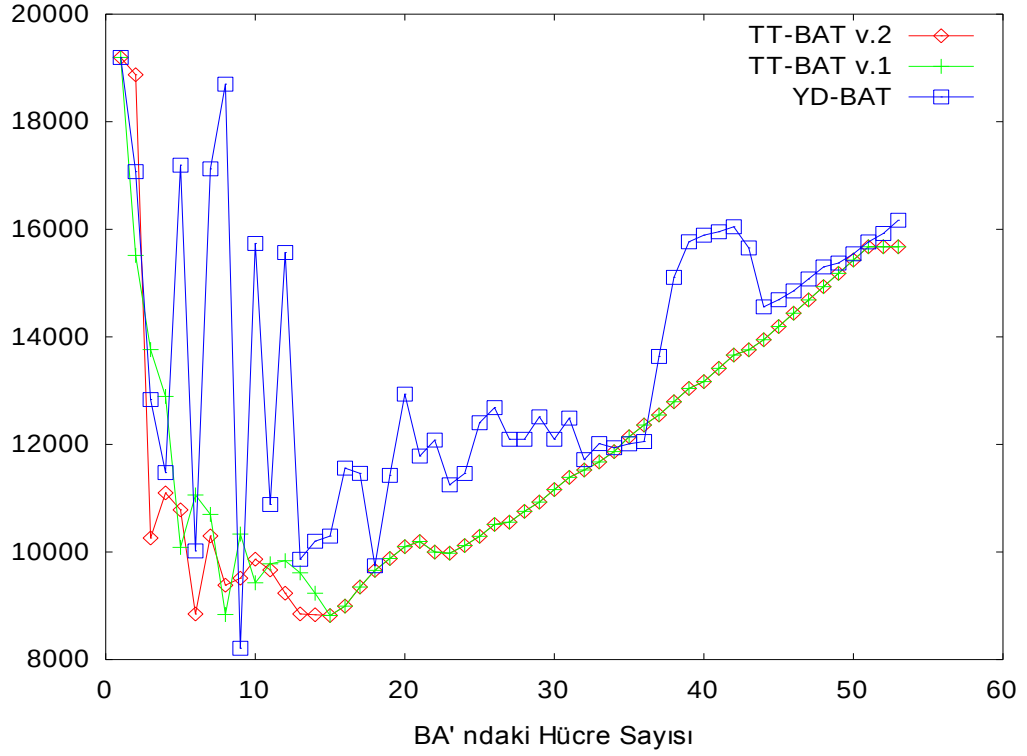
Şekil F.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1000 m, c=15).



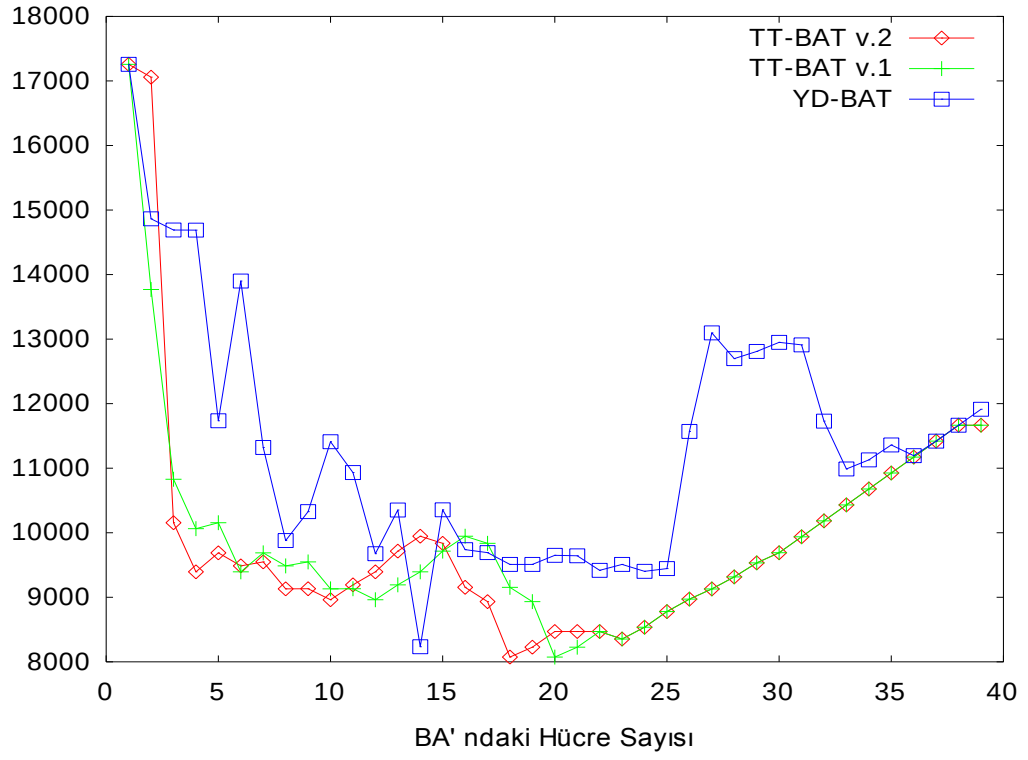
Şekil F.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1500 m, c=15).



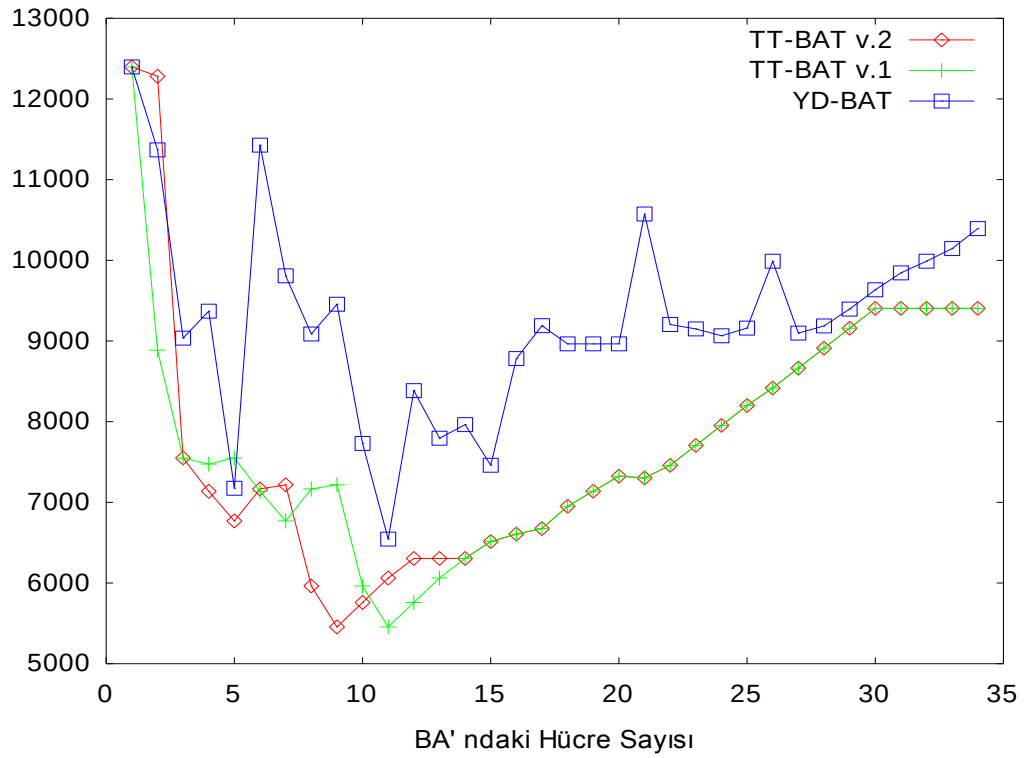
Şekil F.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2000$ m, $c=15$).



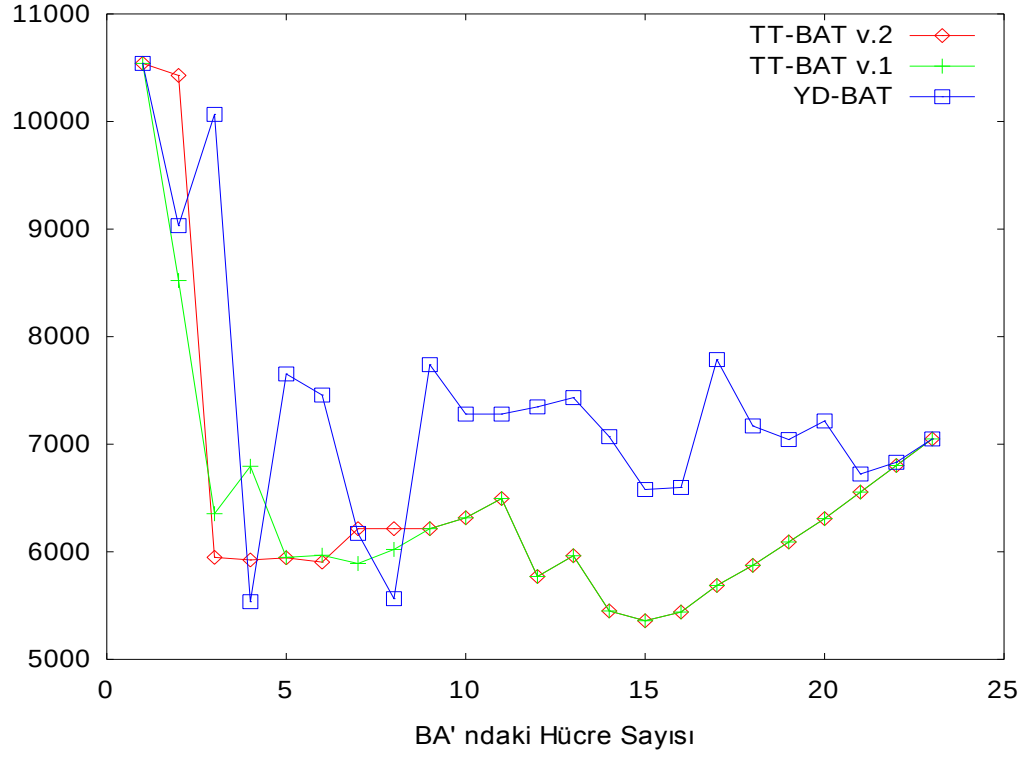
Şekil F.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=2500$ m, $c=15$).



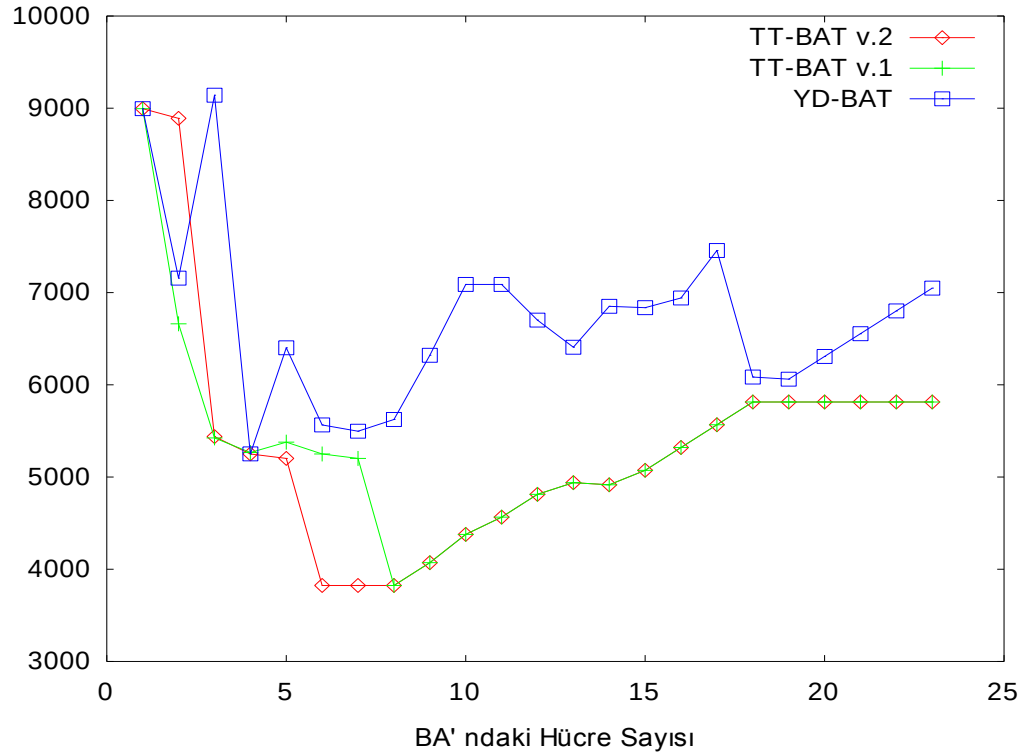
Şekil F.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=3000$ m, $c=15$).



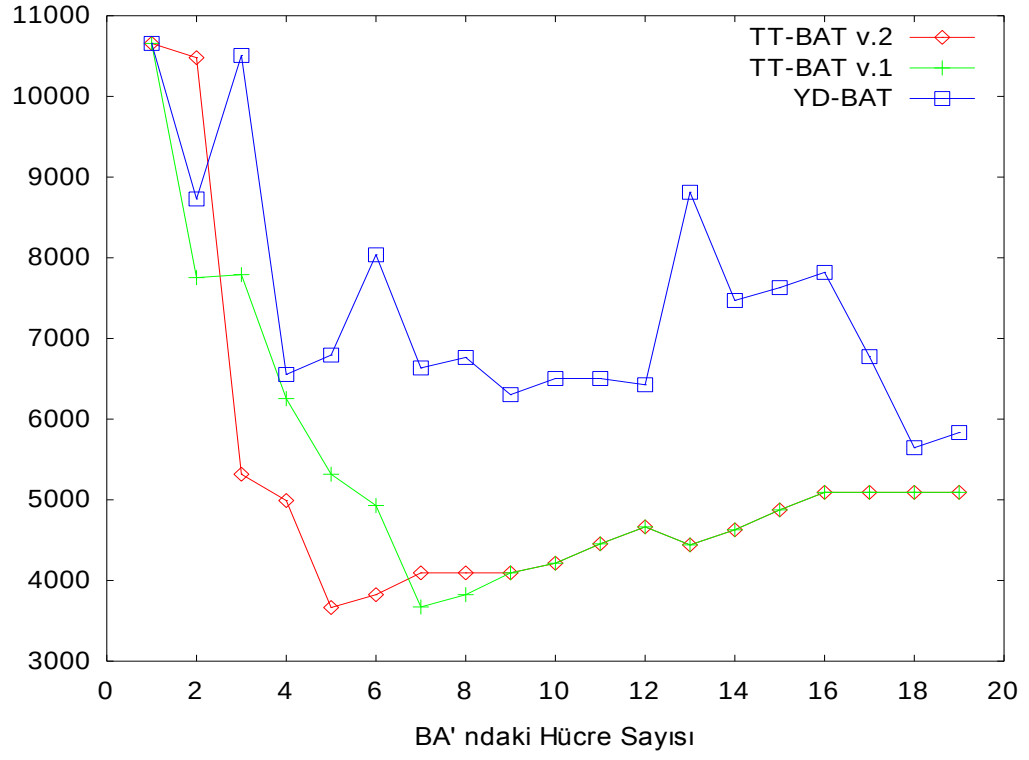
Şekil F.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=3500$ m, $c=15$).



Şekil F.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4000$ m, $c=15$).

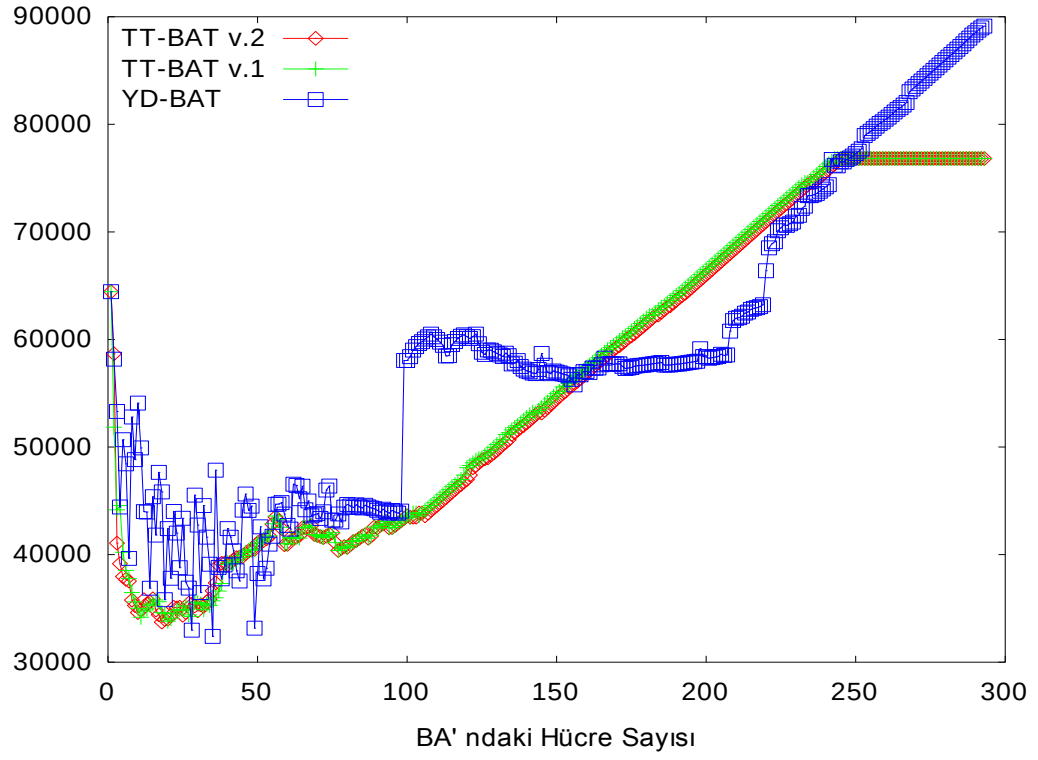


Şekil F.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4500$ m, $c=15$).

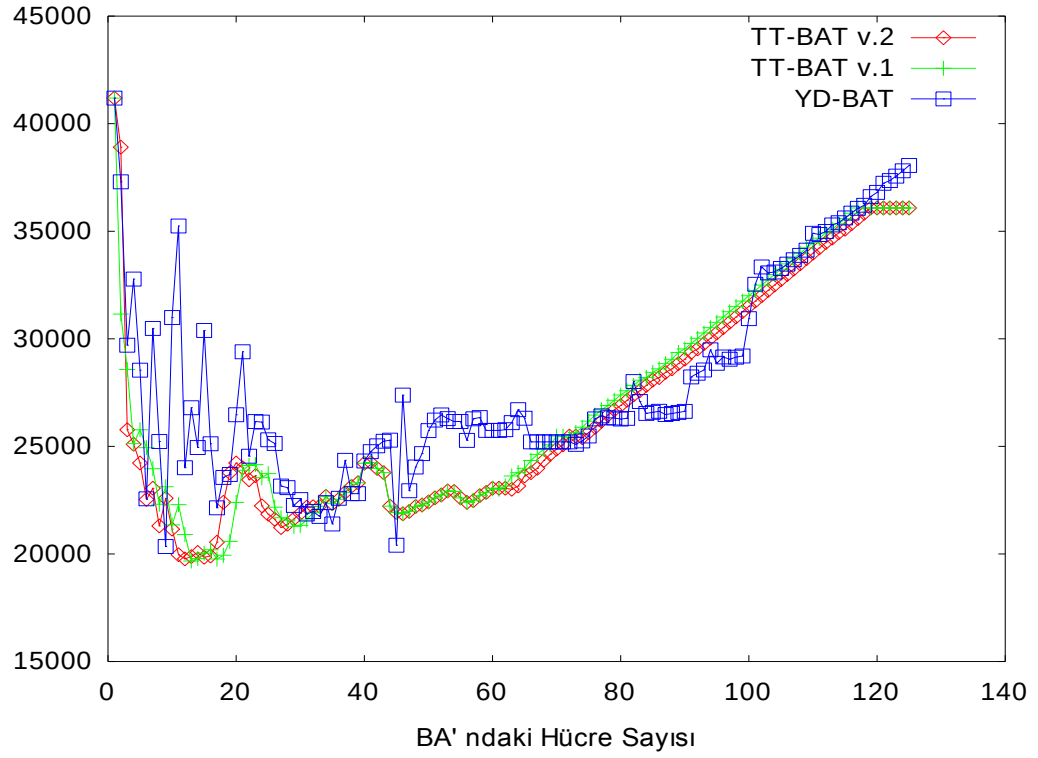


Şekil F.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=5000$ m, $c=15$).

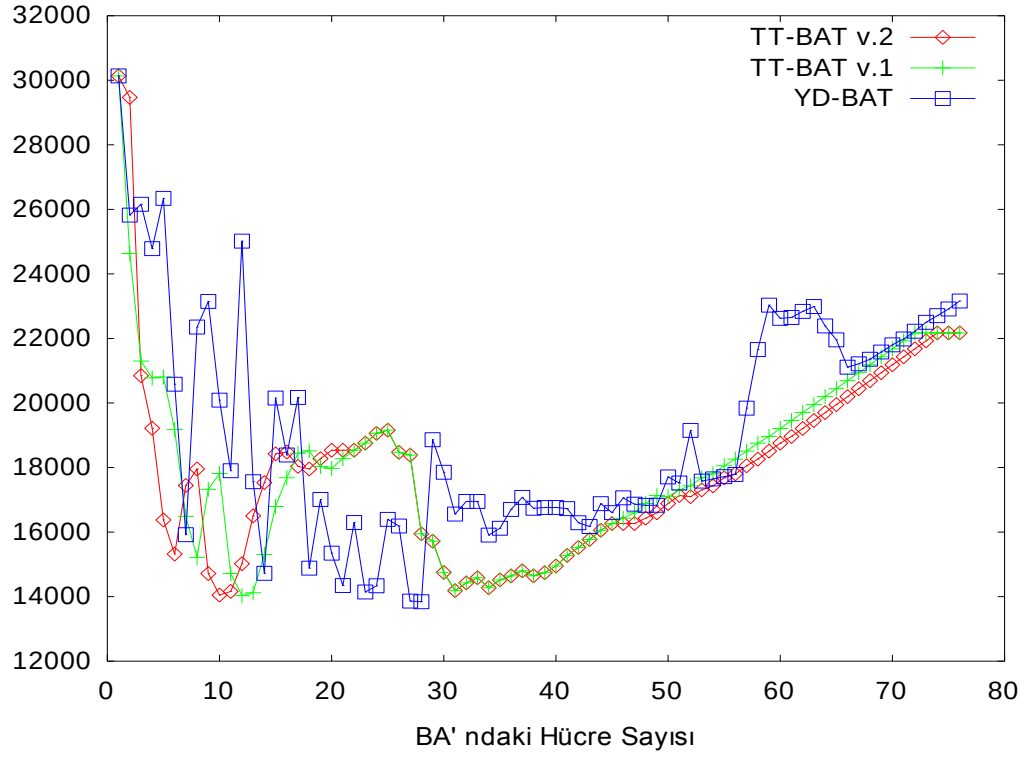
EK G HÜCRE YARIÇAPINA GÖRE TOPLAM MALİYET (c=20)



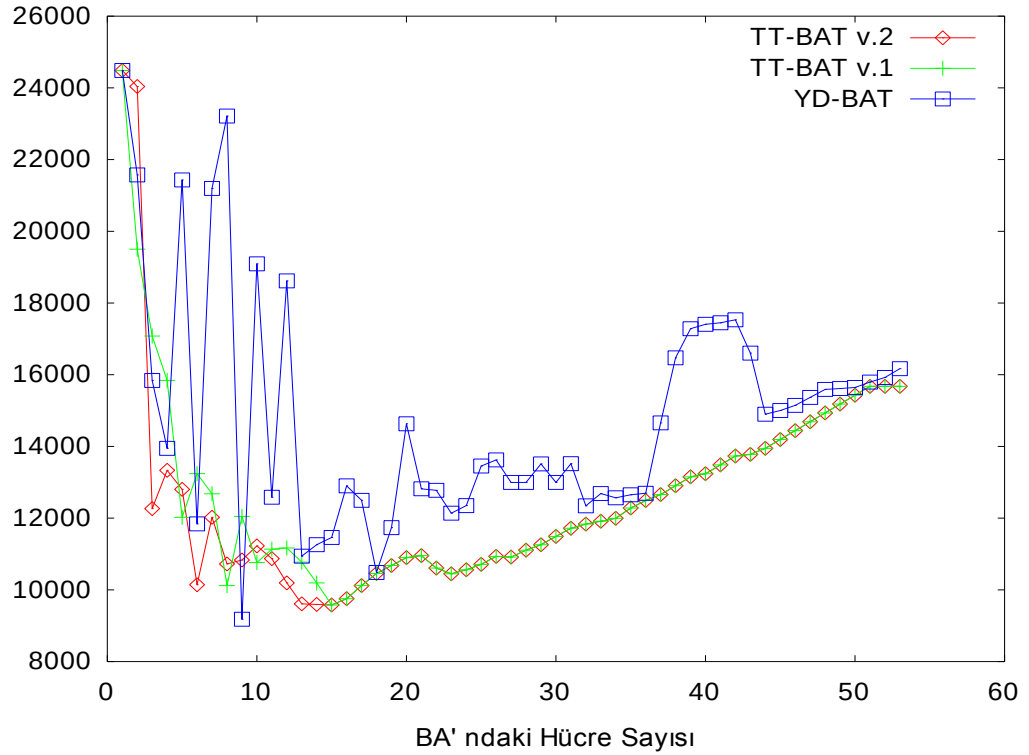
Şekil G.1 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1000 m, c=20).



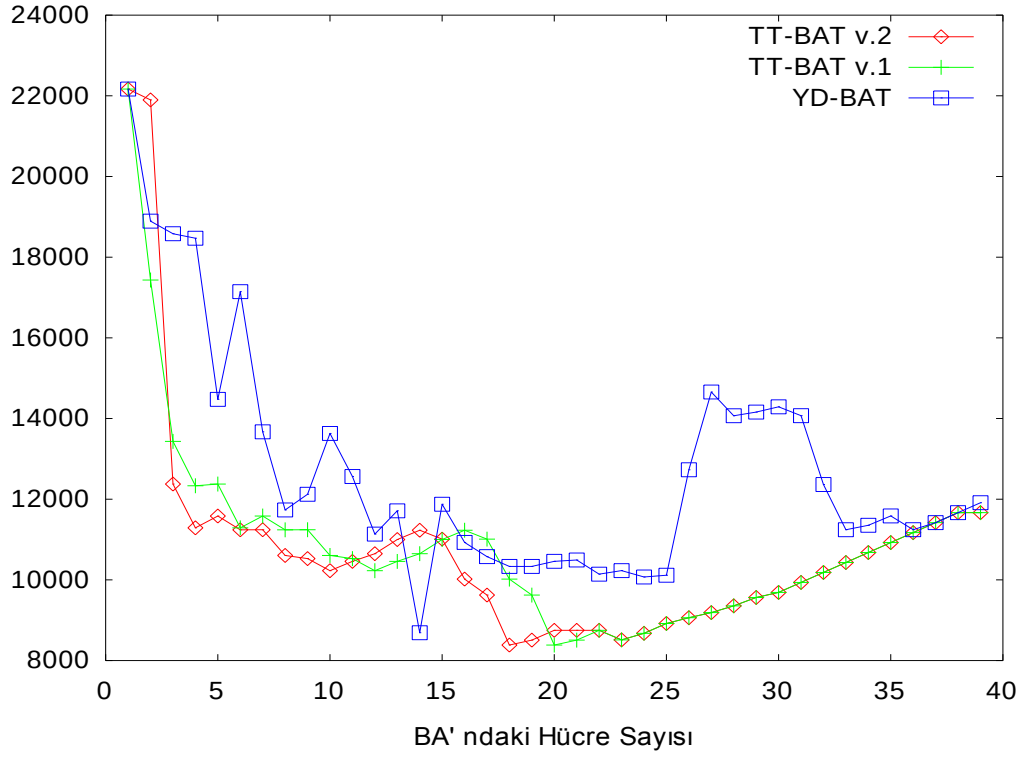
Şekil G.2 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=1500 m, c=20).



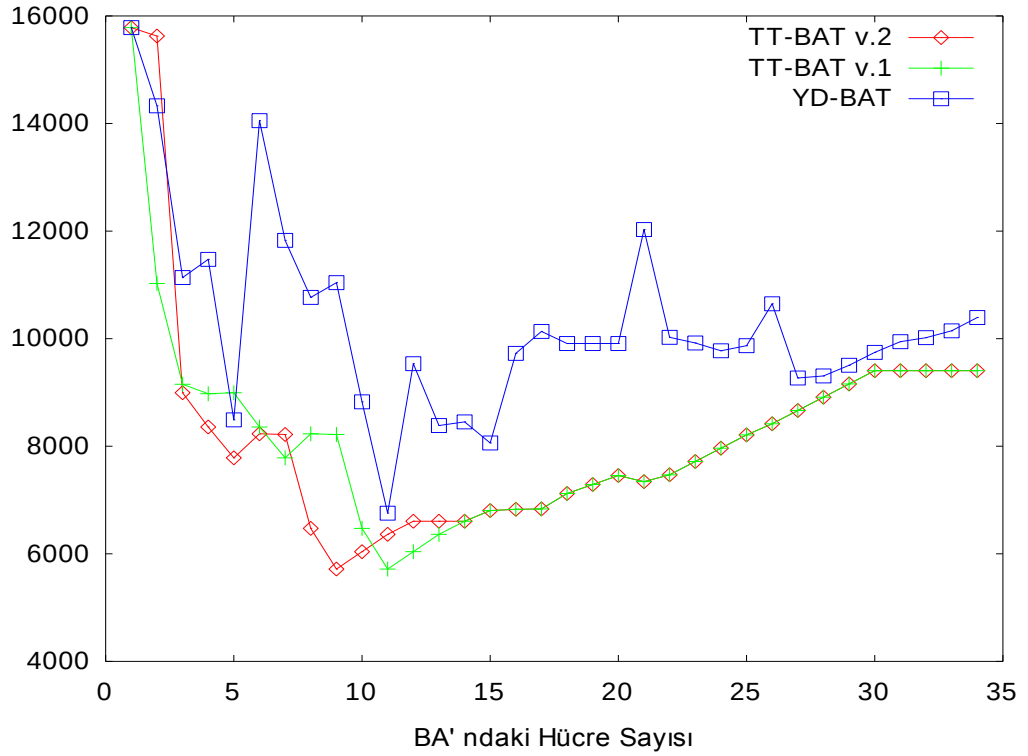
Şekil G.3 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=2000 m, c=20).



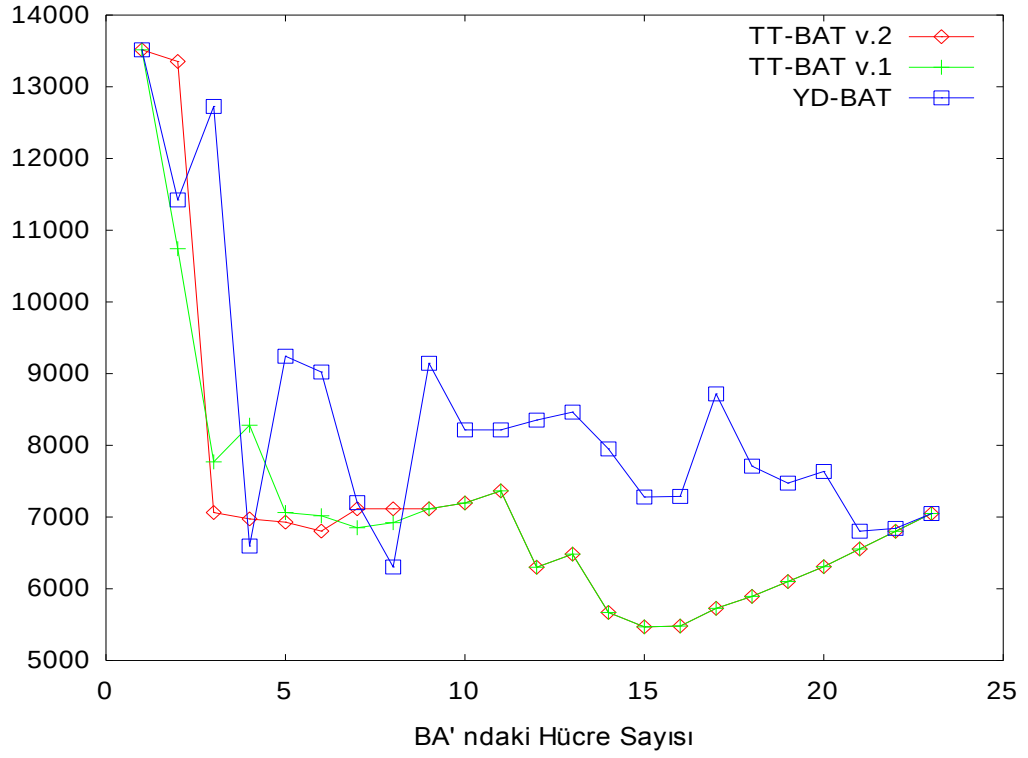
Şekil G.4 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=2500 m, c=20).



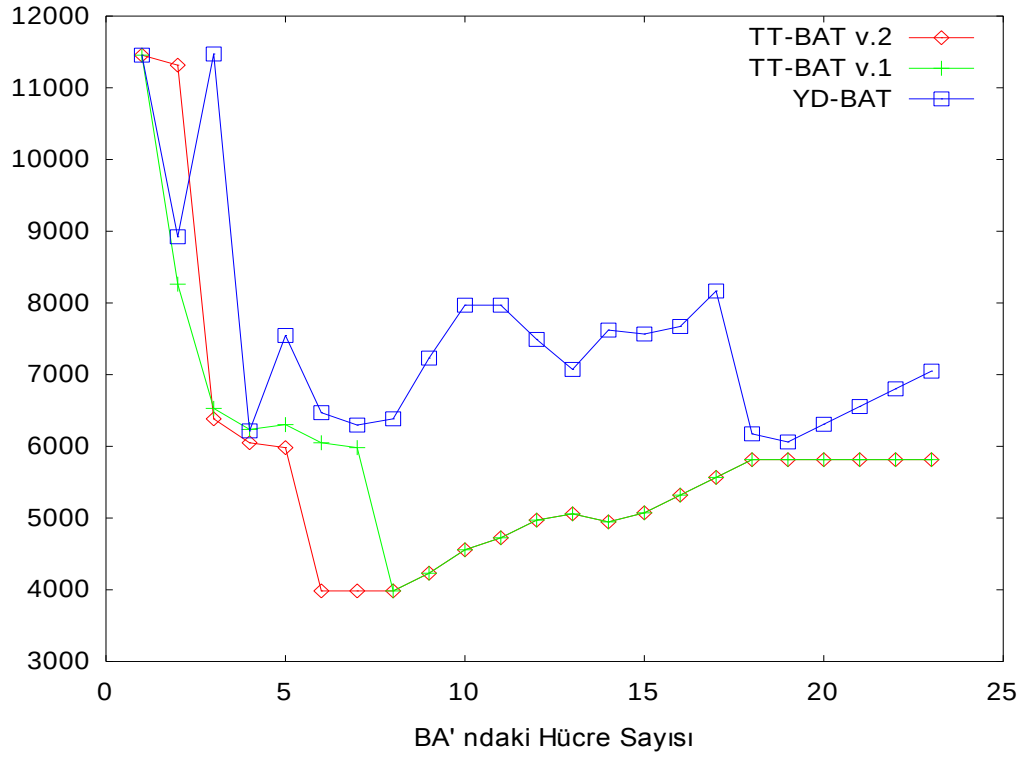
Şekil G.5 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=3000 m, c=20).



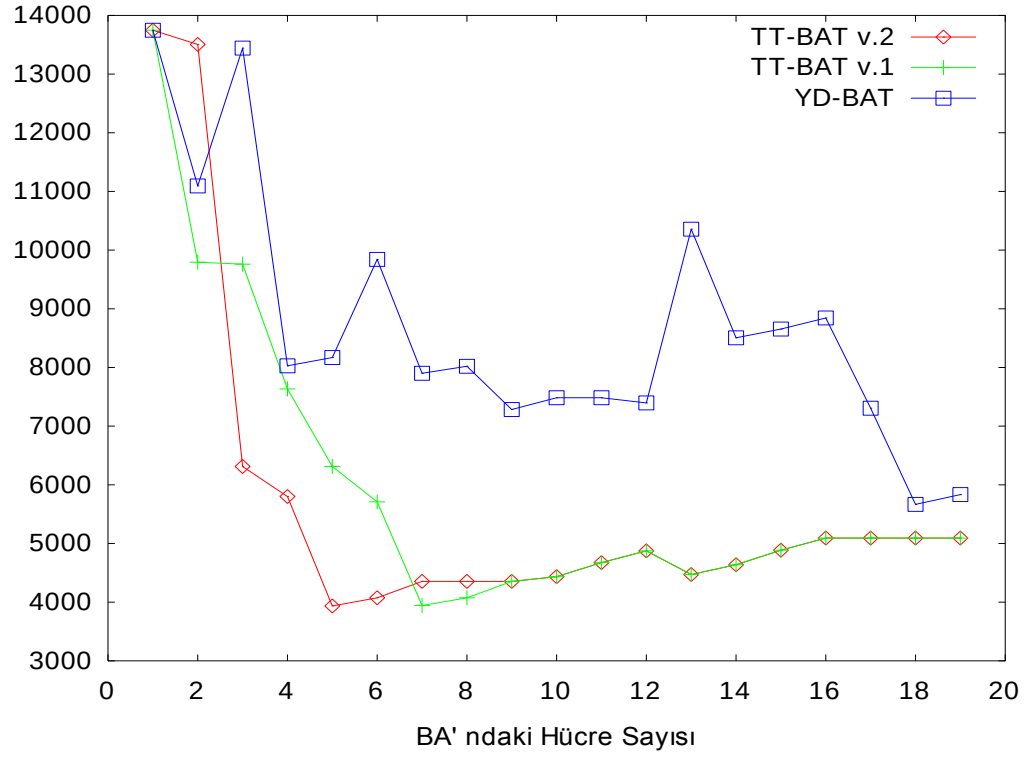
Şekil G.6 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=3500 m, c=20).



Şekil G.7 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4000$ m, $c=20$).



Şekil G.8 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet ($r=4500$ m, $c=20$).



Şekil G.9 BA' ndaki hücre sayısına göre oluşan toplam maliyet (r=5000 m, c=20).

ÖZGEÇMİŞ

Ümit ASLIHAK Mart 1966 tarihinde Çorum’ da doğdu. İlk ve ortaokulu Ankara’ da, liseyi İstanbul’ da tamamladı.1988 yılında Kara Harp Okulu İşletme Bölümü’ nü bitirerek Piyade Teğmen olarak Kara Kuvvetleri Komutanlığı’ na katıldı. Farklı birliklerde sınıfının değişik görevlerini yerine getirdikten sonra, Ekim 1995 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi OBİ Subay Temel Kursu’ nu bitirdi. Halen Harp Akademileri Komutanlığı Teknik Eğitim Merkezi Otomatik Bilgi Sistemleri Şubesi’ nde Uygulama Program Subayı ve Uzaktan Eğitim Sistem Yöneticisi olarak görev yapmaktadır.