

## Dış ortam kablosuz networklerde uygun sinyal dağılımının görünürlük analizi yöntemiyle belirlenmesi

Mustafa Coşar<sup>1\*</sup>, Fazlı Engin Tombuş<sup>2</sup>, İbrahim Murat Ozulu<sup>3</sup>, Veli İlçi<sup>4</sup>

14.07.2016 Geliş/Received, 15.01.2017 Kabul/Accepted

doi: 10.16984/saufenbilder.24070

### ÖZ

Üniversite yerleşkelerinde kablosuz ağlar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu ağların üniversite yerleşkeleri gibi büyük bölgelerde planlanması, tasarlanması ve kurulması sırasında birçok problemle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu problemlerden bazıları, yerleşkelerin fiziki özellikleri, uygun cihaz konfigürasyonu ve gerekli olan cihazların adedinin belirlenmesidir. Özel firmalar proje için kendi yöntemleri ile marka, model, maliyet ve adet belirlemektedirler. Ancak çıkan sonuç her zaman kurum açısından pekte uygun olmamaktadır. Bu nedenle yerleşkelere uygun sinyal dağılımına sahip planlama ve tasarımın yapılabilmesi birçok sorunu çözmekle birlikte kullanımı ve memnuniyeti artırıcı etkiye sahip olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, Hitit Üniversitesi Kuzey Yerleşkesinde kurulu olan bir adet dış ortam erişim noktasından (Access Point-AP) elde edilen sinyal dağılımına göre coğrafi bilgi sistemleri görünürlük analizi yardımıyla tüm alan için kestirim yapılarak uygun sinyal dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda 56 hektarlık bir bölgeye toplam 9 adet dış ortam AP ile uygun sinyal dağılımı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** kablosuz ağ, Wi-Fi, sinyal dağılımı, arazi modellemesi, görünürlük analizi

## Determination of outdoor signal propagation via visibility analysis in outdoor wireless networks

### ABSTRACT

Wireless networks on university campuses has gained importance in recent years. These networks in major areas such as university campuses, are faced with many problems during the planning, design and establishment. These problems are among the first that comes to mind, the physical properties of the campus and is selected according to the characteristics of network equipment. There is no doubt at all points of a wireless network set up in order to provide uninterrupted service and quality of the signal is expected to be good. However, it should be understood literally cannot meet these expectations. Therefore, to solve many problems to campus planning and design can be made to have acceptable signal distribution will have the appropriate use of and satisfaction with increasing effect. In this study, due to the start of construction on the North Campus of Hitit University, wireless signal spread using the current spread has been determined with the help of geographic information systems visibility analysis. An area of 56 hectares, with the total of 9 AP the acceptable signal distribution was obtained.

**Keywords:** wireless networks, Wi-Fi, signal distribution, terrain modelling, visibility analysis

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

<sup>1</sup> Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çorum – mustafacosar@hitit.edu.tr

<sup>2</sup> Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, Çorum – fengintombus@hitit.edu.tr

<sup>3</sup> Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, Çorum – imuratozulu@hitit.edu.tr

<sup>4</sup> Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, Çorum – veliilci@hitit.edu.tr

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kablosuz ağ sistemlerinin kurulumunda, uygun yatırım maliyetleri ile kaliteli bir sinyal dağılımı yaparak daha geniş alanlara ve daha çok kullanıcıya hizmet vermek arzulan bir durum haline gelmiştir. Bu nedenle planlama ve tasarım aşamalarında mümkün olduğu kadar farklı bilim dallarından destek alarak karar vermek ve uygulama yapmak gerekmektedir.

Ağ projelerinin planlama aşamasında bazı özel bilişim firmalarından bilgi ve destek alınmaktadır. Bu firmalar kendilerinin geliştirdiği bazı yöntemler ile cihaz konfigürasyonu, adet, yerleşim planı ve proje bütçesi çıkarabilmektedirler. Ancak bu tür çalışmalar kimi zaman gerçeği yansıtamamaktadır. Kurumlar proje sonunda gereksiz mali harcamalar yapabildiği gibi işlerine yaramayacak birçok donanım ve yazılım sistemini de almak zorunda kalabilmektedirler. Bunu en aza indirmenin yolu ise yerleşmeye uygun projenin ihtiyaç analizinin doğru bir şekilde yapılarak ardından alım ve kurulum işlemlerinin yapılmasından geçmektedir.

Bu ihtiyaç analizinin ilk aşamasında yerleşkenin büyüklüğü, sınırları, arazi yapısı, yapılan ve planlanan bina yerleşimleri gibi coğrafi faktörleri göz önünde tutmak gerekmektedir. Bu ve buna benzer faktörlerin oluşturduğu problemleri bilimsel bir yaklaşımla çözebilmenin bir yolu da Coğrafi Bilgi Sistemlerinden geçmektedir. Son yirmi yıldır birçok projede kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destek alınabilecek alanlar arasında yerini almış durumdadır [1]. CBS, disiplinler arası yaygın bir şekilde kullanılan, sayısal coğrafi verilerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesine imkân sağlayan bir bilim dalıdır. Sayısal ya da tablosal verilerle amaca uygun alternatifli görsel sonuçlar elde edilir [1,6].

Görünürlük Analizi, CBS’de önemli bir mekânsal analiz yöntemidir. Bu yöntemin kullanım amacı bir veya birkaç görüş noktası oluşturarak arazinin görüş alanının belirlenmesidir. Bu yöntem, kablosuz (wireless) ağların ve televizyon sistemlerinin kulelerinin yer seçiminde yüksek doğruluğu garanti ederek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2].

Chamberlaina ve Meitner’e [3] göre, Görünürlük Analizi, CBS’nin en yaygın olarak kullanılan fonksiyonlarından biridir. Bu fonksiyon, rüzgâr türbinlerinin yerleşimi, iletişim sistemlerinin planlanması ve arazinin görsel özelliklerini araştırarak kentsel tasarım yapmak gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama (UA) cisimler ile fiziksel bir temas olmaksızın yeryüzüne ilişkin verilerin toplanması ve kayıt altına alınmasıdır. Çeşitli algılama, tarama ve kayıt cihazları ile gerçekleştirilen UA işlemi için temel gereksinim enerjidir. Enerji kaynağı olarak doğal kaynak olan güneş veya yapay bir güç kaynağı kullanılmaktadır. Cisimlerin gelen enerji ile etkileşimi sonucunda bilgi alma işlemidir. Bu yöntemle cisimlere ait bilgiler hızlı ve kolaylıkla elde edilebilmektedir [4,5].

Son yıllarda birçok planlama çalışmasında toplanan konumsal verilerin değerlendirilmesinde yaygın bir şekilde CBS ve UA teknikleri kullanılmaktadır [1]. CBS ve UA konumsal veri yönetimi, analizi ve tematik haritalama özellikleri ile öne çıkmaktadır. Planlama çalışmaları için gerekli olan haritalama ihtiyaçları yukarıda bahsedilen yöntemler sayesinde daha hızlı ve verimli bir şekilde elde edilebilmektedir.

Özellikle son 10 yıl içerisinde kablosuz ağların ve cihazların dağılımı ve konumlarının planlanması üzerine yapılan çalışmalarda CBS analiz araçları etkin şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda büyük yerleşkeler veya şehir içerisindeki sinyal şiddet dağılımları ölçülmüş, elde edilen sonuçlar doğrultusunda kablosuz ağların tasarımı ve kapsama alanlarının geliştirilmesi konuları ön plana çıkarılmıştır [7,8,9].

Görünürlük analizi (GA), kentsel ve kentsel olmayan bölgelerde gözlemsel sensör sistemlerinin modellenmesinde 3D ve Sayısal Yüzey Modelleme (Digital Surface Model) olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bu modelleme sırasında binalar, inşaat sistemleri ve ağaçlar gibi mekânsal özellikler beraber düşünülmektedir. Analiz sonucunda sensör ağları için farklı gözlem noktalarından bölgenin görünen ve görünmeyen parçaları ortaya koyan raster haritası oluşturulur [10].

Bu ve buna benzer örnek çalışmalar ışığında, görünürlük analizi yardımıyla üniversite kampüsleri gibi büyük arazilere sahip yerleşkelerde dış ortam Wi-Fi ağlarının tasarımını yapmak amacıyla görünürlük analizinden yararlanılabileceği fikri ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada, çalışma alanı olarak, Hitit Üniversitesi’nin yaklaşık 56 hektar olan kuzey yerleşkesi seçilmiştir. Kurulu olan erişim noktasının (Access Point-AP) sinyal kapasitesinin ölçümünde hata oranını en aza indirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan 2 adet yazılımın yanında, araştırmacılar tarafından mobil cihazlar üzerinden çalışabilen Android tabanlı bir bilgisayar yazılımı daha geliştirilmiştir. Bu yazılımlar sayesinde 870 noktadan yapılan sinyal ölçümü ile AP’nin kapsama alanı belirlenmiştir. Ardından diğer noktaların uygun sinyal dağılımına sahip olması için harita

üzerinden işaretlenen yerlerde görünürlük analizleri yapılarak AP'lerin kurulabilecek yerleri ve sinyal dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın sonunda 9 adet dış ortam AP yardımı ile bu yerleşkenin uygun sinyal dağılımına sahip olarak planlanabileceği belirlenmiştir. Çalışmanın bu kapsamda kablosuz ağlara yatırım yapacak kurumlara rehberlik edebileceği düşünülmektedir.

## 2. METOT (METHOD)

### 2.1. Materyal (Materials)

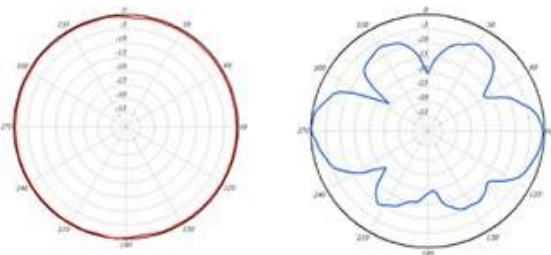
Çalışmada veri toplama aracı olarak, bir adet kurulu olan ve çalışan dış ortam AP ve 3 farklı sinyal ölçüm yazılımı kullanılmıştır. Toplanan veriler öncelikle MS Excel ortamına aktarılmıştır. Ardından veriler ArcGIS yazılımı ile değerlendirilmeye çalışılmıştır.

#### 2.1.1. Kablosuz Erişim Noktası (Wireless Access Point)

Kuzey yerleşkesinde kullanılan dış ortam AP Cisco AIR-CAP1552E-E-K9 modelidir. Bu cihazın üretici firma kataloğundan alınan bazı teknik özellikleri ve sinyal dağılım grafikleri aşağıdaki tabloda ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cisco AIR-CAP1552E-E-K9 model AP'nin bazı özellikleri (Cisco AIR-CAP1552E-E-K9 model AP's same properties) [11]

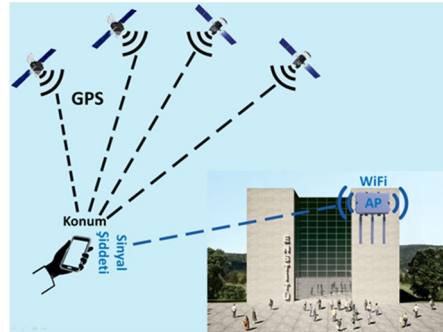
Özellik	Açıklama
Frekans	2.4 GHz - 5 GHz
IEEE Standardı	IEEE 802.11a/b/g/n,
Arayüz	10/100/1000BASE-T
Kullanıcı sayısı	32 ve üzeri
Sinyal aralığı	-69 db / -93 db (horizontal beamwidth 360°)
Data rate	300 Mbit/s
Kanal	Toplam 8 kanaldan 300 Mbit/s
Çalışma ortamı	-40 to 55°C
Mesafe	500-1000 ft. (152.4-304.8 m)
Kurulum yüksekliği	Max. 35 ft (10.67m)



Şekil 1. Cisco AIR-CAP1552E dış ortam AP sinyal dağılımı (Cisco AIR-CAP1552E-E-K9 model AP's signal propagation) [11]

#### 2.1.2. Sinyal Ölçüm Programı (Signal Measurement Program)

Mobil ortamlardan Wi-Fi ağlarının bulunmasını ve özelliklerinin listelenmesini sağlayan birçok bilgisayar programı bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları arasında WigleWifi ve Vistumbler örnek gösterilebilir. Bu uygulamada hem bu yazılımlar hem de araştırmacılar tarafından geliştirilen Hwfinder adında bir program kullanılmıştır. Bu program java kodlama dili yardımıyla android ortamında geliştirilmiştir.



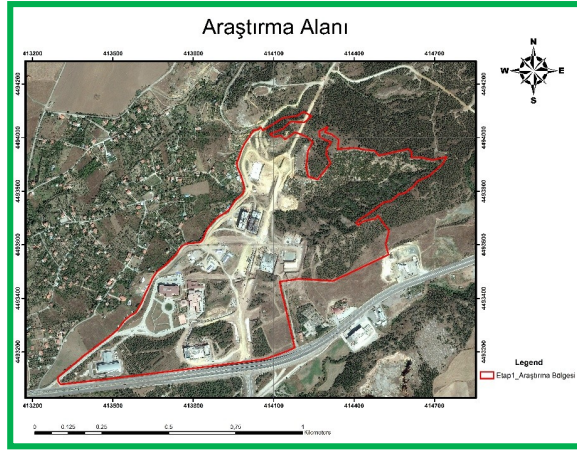
Şekil 2. Sinyal ölçüm programı işlem süreci (Process of signal measurement program)

Şekil 2'de gösterildiği gibi söz konusu programla dış ortamdaki mobil cihazın konum bilgisi GPS sisteminden alınabilmekte ve eşzamanlı olarak dış ortam AP'sinden ortama yayılan sinyal şiddeti bilgisi de okunabilmektedir. Böylece mobil cihazın ve AP'nin konumu bilindiğinden ikisi arasındaki Öklid mesafesi konum farkından hesaplanabilmekte ve mesafe ile sinyal şiddeti arasındaki bağıntı belirlenebilmektedir.

#### 2.1.3. Arazi Modellemesi (Terrain Modelling)

Kuzey yerleşke arazisinin haritalarının hazırlanması, sayısallaştırılması ve modellemesi için bilgisayar ortamında yapılan işlemler arazi modellemesi olarak adlandırılmıştır.

Bu çalışmada, ilk olarak uzaktan algılama tekniği ile elde edilmiş olan 2015 yılına ait WorldView-3 uydu görüntüsü üzerinde Hitit Üniversitesi Kuzey yerleşkesi gelişim planında 1.etap olarak isimlendirilen alan çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Şekil 3'te gösterilen bu bölge yaklaşık olarak 56 hektarlık (556191 m<sup>2</sup>) bir alana sahiptir.



Şekil 3. Uygulama bölgesinin sınırları (The boundaries of the application area)

Çalışma alanı Çorum iline ait 1/1000 ölçekli G33C20C1A, G33C20C1B, G33C20C1C, G33C20C1D dört pafta sınırı içerisinde kalmaktadır. Çalışma bölgesine ait uydu görüntüsü ve sayısal verilerin değerlendirilmesinde ArcGIS v.10 paket programı kullanılmıştır.

## 2.2. Çalışma Planı (Work Plan)

Üniversitenin daha önce hazırlamış olduğu yerleşke planı çerçevesinde 1.etap olarak adlandırılan arazinin üzerinde aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

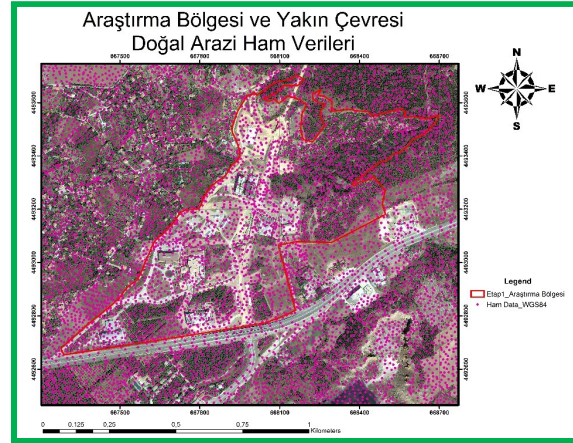
- Sınırlarının belirlenmesi ve çalışma bölgesinin 2 boyutlu haritasının hazırlanması,
- 3 boyutlu modelleme ile yapımı düşünülen binaların arazi üzerinde sayısallaştırılarak gösterimi ve özelliklerinin tanımlanması,
- Sinyal ölçme yazılımı yardımıyla referans dış ortam AP'den alınan sinyal dağılımının belirlenmesi.
- Belirlenen sinyal dağılımına göre diğer bina ve alanlara CBS-GA yardımıyla tahmini uygun sinyal dağılımının gösterilmesi.

Bu aşamalar sonucunda referans AP'den belirlenen mevcut durum ve gelecekte olması planlanan durumun bir ön uygulaması yapılmıştır.

Farklı referans sistemlerinde mekânsal bilgiye sahip sayısal veriler için ortak bir referans sistemi belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler için projeksiyon sistemi olarak WGS\_1984\_UTM\_Zone\_36N seçilmiş [12], farklı referansa sahip sayısal bilgiler ise bu sisteme dönüştürülmüştür.

Çalışma bölgesinin topografik durumunun ortaya konulması ve bölgenin 3D modelinin oluşturulabilmesi için çalışma bölgesi ve yakın çevresinin doğal arazi

durumu ham bilgileri ArcGIS ortamında oluşturulan veri tabanına alınmış ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



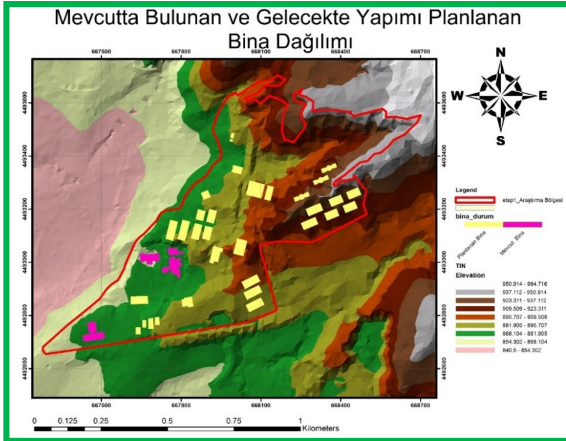
Şekil 4. Uygulama bölgesinin ve yakın çevresinin doğal arazi ham bilgileri. (Unprocessed information of the surrounding and the application area)

Kablosuz sinyal dağılımlarının doğal arazideki karakteristiğinin belirlenmesi ve CBS ortamında görünürlük analizlerinin yapılabilmesi için sayısal yükseklik modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Sayısal yükseklik modelleri harita bilimi başta olmak üzere çok farklı disiplinlerde kullanılmaktadır [13].

Sayısal yükseklik modelleri sayısal anlamda nokta ve çizgi elemanları ile arazi yüzeyinin geometrik gösterimini sağlanmaktadır. Arazi yüzeyinin, sert veya yumuşak kırıklı çizgilerle ve noktalarla gösterilerek topografik detaylarla tamamlanan, farklı özelliklerdeki noktalarla temsil edilmesidir [14,15].

Sayısal yükseklik modelleri farklı tiplerde ve özelliklerde oluşturulabilmektedir. Literatürde yaygın olarak kullanılan şekillerine Sayısal Yükseklik Modeli (DEM - Digital Elevation Model) ve Düzensiz Üçgen Ağları (TIN-Triangulated Irregular Network) örnek verilebilir [14,15].

Bu amaçla Şekil 4'te görülmekte olan ham veriler kullanılarak çalışma bölgesinin doğal yapısına ait yükseklik değerleri Şekil 5'deki TIN yapıdaki sayısal yükseklik modeline dönüştürülmüştür.



Şekil 5. Uygulama bölgesinin TIN yapıdaki modeli (TIN model of the application area)

Şekil 5’de TIN üzerinde araştırma bölgesi olarak belirlenen Hitit Üniversitesi Kuzey Kampüsü mevcut sınırları, hali hazır durumda bulunan binalar pembe renkle, yerleşke master planı kapsamında yapımı planlanan binalar ise sarı renkle gösterilmiştir.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde sayısal yükseklik modeli üzerine işlenmiş uydu görüntüsü, araştırma alanı sınırı ve mevcut ve yapımı planlanan binaların üç boyutlu görüntüsü ArcScene ortamında hazırlanarak Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Uygulama bölgesinin ArcScene ortamındaki 3D görünümü (3D view of the ArcScene environment in the application area)

Mevcut binalardan olan Mühendislik Fakültesi binası dış yüzeyinde bulunan dış ortam AP’den yapılan örnek bir ölçümden alınan koordinat bilgileri, sinyal ölçüm değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir.

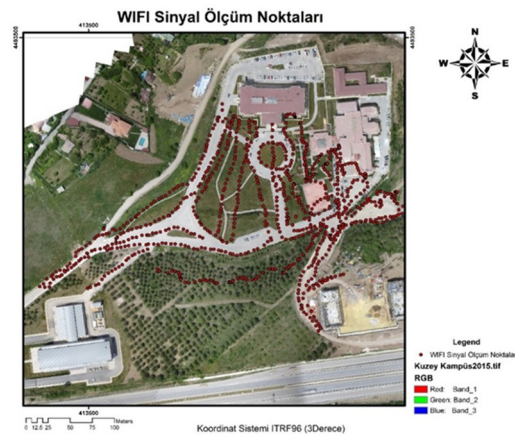


Şekil 7. Dış ortam AP’den alınan örnek koordinat ve sinyal bilgileri (Sample coordinate and signal information received from the outdoor AP)

Ölçümlerin yapıldığı AP’nin konumu mühendislik fakültesi kantininin dış yüzeyine çevre şartlarından etkilenmemesi amacıyla ve üretici tarafından tavsiye edilen yerden yükseklik değeri göz önüne alınarak yaklaşık 7 metre olarak monte edilmiştir. Bu yükseklik master planda yapımı devam eden binalarda da referans olarak alınarak görünürlük analizinde kullanılan AP yerleşim yüksekliği olarak kabul edilmiştir. Böylece AP’nin yerden olan yüksekliğinin sinyal dağılıma olan etkisi en aza indirilmeye çalışılmıştır.

### 3. BULGULAR (RESULTS)

Aşağıdaki şekilde referans AP’nin sinyal dağılımını belirlemek amacıyla yapılan ölçüm değerlerinin bulunduğu noktalar görülmektedir.



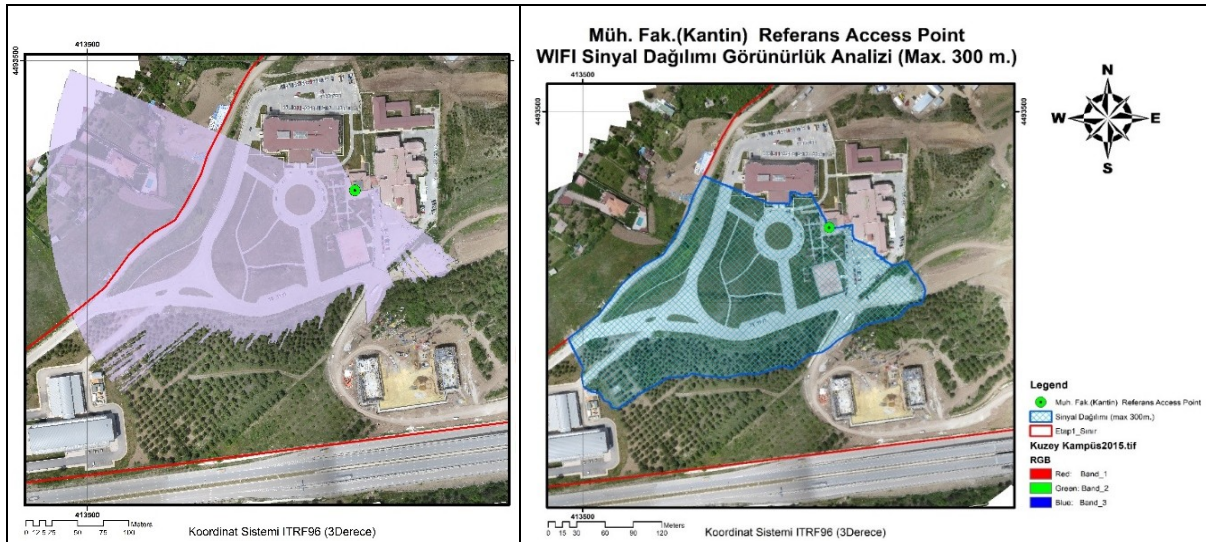
Şekil 8. Wi-Fi sinyal ölçüm noktaları (Wi-Fi signal measurement points)

Bu uygulama için toplam 870 noktadan referans AP’den yayılan sinyalin ölçümü yapılarak değerler sayısallaştırılmış ve nokta içerisine kaydedilmiştir. Bu bilgiler içinde çalışmada kullanılmak üzere,

- Noktanın sayısal koordinatları
- Noktanın AP’ye olan uzaklığı

- Noktadan alınan sinyalin desibel (dB) cinsinden gücü gibi bilgiler toplanmıştır.

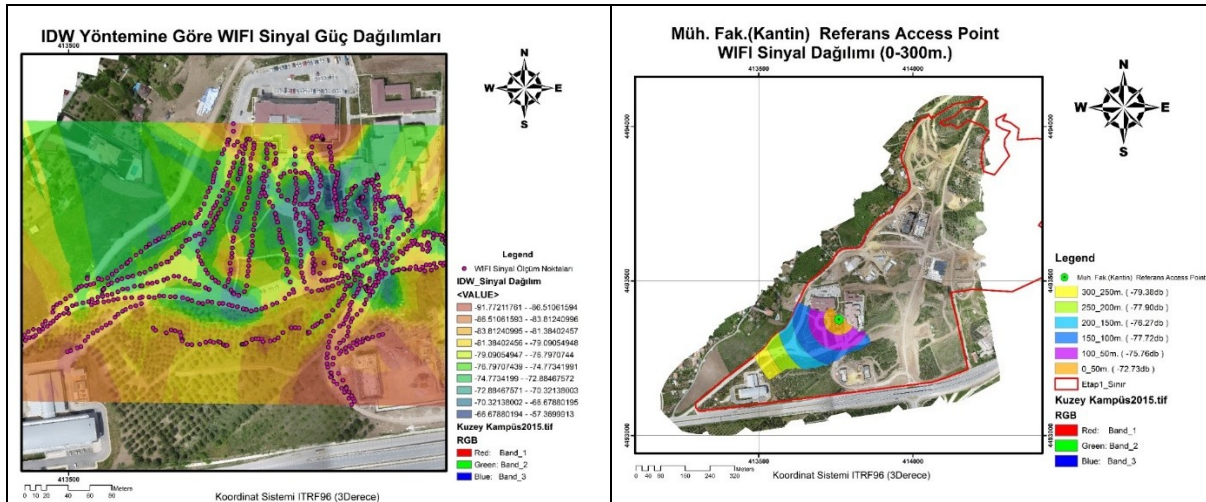
Ölçüm sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmek üzere Ms excel ve ArcGIS ortamına taşınarak yorumlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 9. Referans AP'nin sinyal kapsamı alanı (The signal coverage of the reference AP)

Bu işlemin ardından referans alınan AP'nin sinyal dağılımından yapılan görünürlük analizi ile elde edilen ve 0-300 metre mesafedeki sinyal yoğunluk haritası Şekil 10'da gösterildiği gibi oluşturulmaya çalışılmıştır. Ardından 56 hektarlık 1.etap yerleşke alanının master

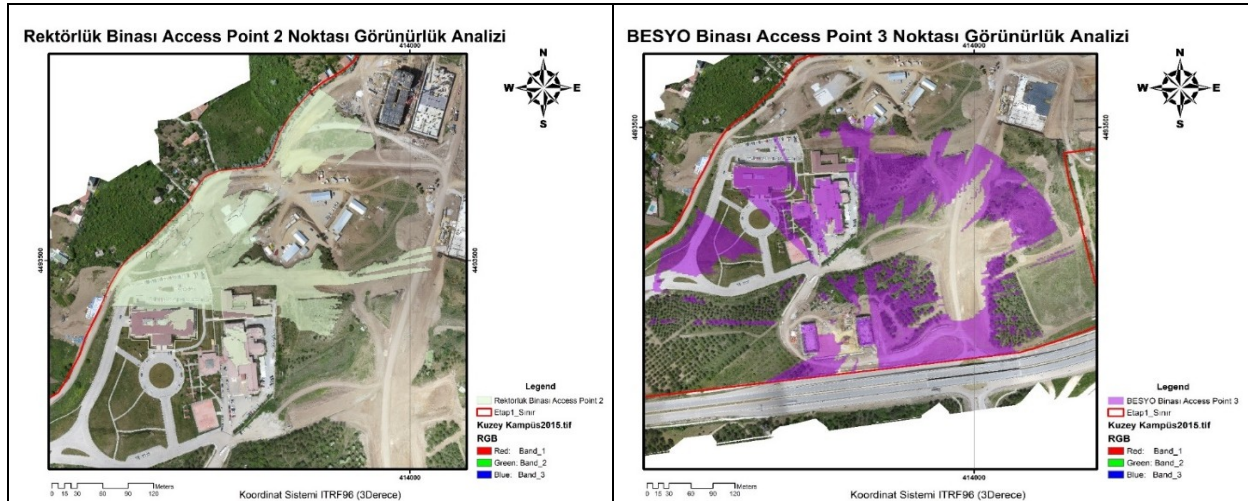
plan çerçevesinde yapımı devam eden binalar düşünülerek bu binaların üzerine veya yakınına takılması ihtimal AP'lerin sinyal yoğunluğunun görünürlük analizleri yapılmaya çalışılmıştır.



Şekil 10. Ölçüm noktaları ve sinyal dağılımı (Measurement points and signal distribution)

Bu amaçla ilk olarak Şekil 10'da gösterilen rektörlük binasının arkasına ve BESYO binasının yan kısmına yayın yapması için düşünülen AP'lerin görünürlük

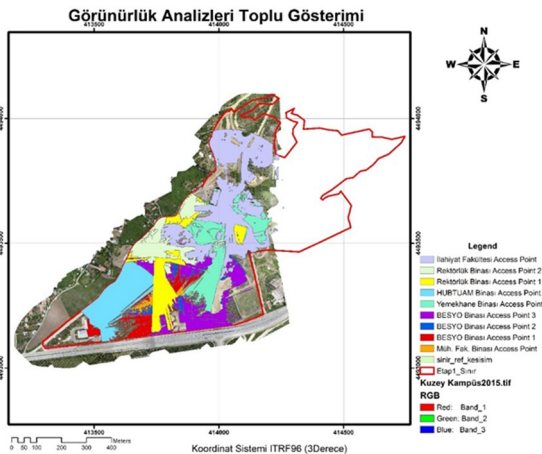
analizi yapılmış ve aşağıdaki Şekil 11'de görülen dağılım elde edilmiştir.



Şekil 11. Rektörlük ve BESYO binalarından AP görünürlük analizi sinyal dağılımı (Visibility analysis signal distribution from BESYO and Rektorate building's AP)

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yerleşke üzerinde dış ortam AP'lerin görünürlük analizleri sonucunda, yaklaşık 56 hektarlık 1.etap yerleşke alanının büyük bir kısmı, 9 dış ortam AP ile Wi-Fi kapsamı alanına sahip olacak şekilde sinyal dağılımları ile belirlenmiş ve planlanmıştır. Şekil 12'de kapsama alanlarının farklı renklerde gösterildiği gibi planlama ile uygun sinyal dağılımı belirlenerek olası gelişmelere açık bir öngörü yapılmıştır. AP'ler erişim kolaylığı ve çevre şartlarına karşı koruma amacıyla bina yüzeylerine yerleştirilmiş olsa da açık alanlara direkler tesis edilerek kapsama alanları artırılabilir ve görünürlük açıları genişletilebilir durumdadır.



Şekil 12. Hesaplanan dış ortam AP sinyal dağılımı (Calculated the outdoor AP signal distribution)

Üniversitenin 1.etap yerleşkesinde planlanan 9 dış ortam AP, kapsama alanları olarak birbirlerine geçiş yapsa da aslında kablosuz kontrol cihazının yönetimi yardımıyla

sinyal sönmesi veya değişmesine neden olmamaktadır. Aksine kullanıcı yoğunluğu ve diğer faktörlere göre aynı noktada eş zamanlı çalışmaları mümkün olabilmektedir.

Bu dış ortam AP'lerin görüş alanları içerisinde, gelecekte yapımı planlanan sosyal alanlar belirlendiği takdirde anten yönleri bu alanlara çevrilerek sinyal gücü ve dağılımı artırılabilir.

Bu çalışmaya ek olarak, dış ortam AP'lerden farklı anten modelleri ile ölçümler yapılarak değişik kapsama alanları belirlenebilir. Ayrıca, farklı zamanlarda farklı cihazlarla aynı ölçümler tekrarlanarak sinyal gücündeki değişim ve kapsama alanlarındaki değişimler ortaya konularak karşılaştırılmalı veriler elde edilebilir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu makale, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi tarafından desteklenen MUH19002.14.003 numaralı projeden türetilmiştir. Teşekkür ederiz.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] M. F. Goodchild, Twenty Years of Progress: GIScience in 2010, Journal of Spatial Information, 2010.
- [2] L. Liu, L. Zhang, C. Chen, H. Chen, An Improved LOS Method for Implementing Visibility Analysis of 3D Complex Landscapes, International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

- [3] B.C. Chamberlaina, M.J. Meitner, A Route-based Visibility Analysis for Landscape Management, Land and Urban Planning 111, p13-24, 2013.
- [4] S. Chan, The Development of Planning Support Systems By Integrating Urban Models and Geographic Information Systems, PhD. Thesis, The University of Pennsylvania, Pennsylvania, USA, 1997.
- [5] T. Lillesand, R.W. Kiefer, J. Chipman, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons. Science, doi:10.5311/JOSIS.2010.1.2, 2014.
- [6] T. Yomralıoğlu, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademik Kitabevi, Trabzon, 2000.
- [7] N. Nayan, M. Hashim, Y. Saleh, H. Mahat, Mapping internet coverage in Malaysia's university campuses: A case study of the Sultan Idris Education University, Perak. GEOGRAFIA Online TM Malaysian Journal of Society and Space 12(6),118-125, 2016.
- [8] Y. Kawamura, A.M. Dewan, B. Veenendaal, M. Hayashi, T. Shibuya, I. Kitahara, N. Nobuhara, K. Ishiet, Using GIS to develop a mobile communications network for disaster-damaged areas. International Journal of Digital Earth, 7(4): 279-293, 2014.
- [9] A.A. Iyad, A.S. Walid, Using GIS in Designing and Deploying Wireless Network in City Plans, International Journal of Computer Networks (IJCN), 6(4) : 2014.
- [10] J. Lubczonek, W. Kazimierski, M. Palczynski, Planning of Combined System of Radars and CCTV Cameras for Inland Waterways Surveillance by Using Various Methods of Visibility Analyses, 2011.
- [11] Cisco, [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1550-series/data\\_sheet\\_c78-641373.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1550-series/data_sheet_c78-641373.html), Erişim Tarihi: Ekim 2015.
- [12] J. Iliffe, Datums and Map Projections for Remote Sensing, GIS, and Surveying. CRC Press, 2000.
- [13] Kennedy, M. D., Introducing Geographic Information Systems with ARCGIS: A Workbook Approach to Learning GIS, John Wiley & Sons, 2013.
- [14] A. Jarvis, J. Rubiano, A. Nelson, A. Farrow, M. Mulligan, Practical Use of SRTM Data in the Tropics—comparisons with Digital Elevation Models Generated from Cartographic Data, Working Document, 198, 32, 2004.
- [15] I.D. Moore, R.B. Grayson, A.R. Ladson, Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications. Hydrological Processes, 5(1), 3-30, 1991.