

## Diyarbakır İl Merkezi'nde UMTS bandının mobil ölçümü ve istatistiksel analizi

Mustafa CANSIZ<sup>\*1</sup>, Teymuraz ABBASOV<sup>2</sup>, Ali Recai CELIK<sup>1</sup>, Muhammed Bahattin KURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup> İnönü Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Malatya

Makale Gönderme Tarihi: 27.03.2016

Makale Kabul Tarihi: 21.04.2016

### Öz

Mobil haberleşme sistemlerinde çok hızlı teknolojik gelişmeler gözlemlenmektedir. Global System for Mobile Communications (GSM) ve Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) gibi ikinci ve üçüncü nesil mobil haberleşme sistemleri zamanla daha yaygın bir şekilde kullanılırken Long Term Evolution (LTE) gibi dördüncü nesil mobil haberleşme sistemi ülkemizde yeni hizmet vermeye başlamıştır. Bu da, dış ortamdaki elektromanyetik alan maruziyet seviyesinin artmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, UMTS bandının Diyarbakır İl Merkezi'nde yer alan ana caddelerde yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerleri bir hafta boyunca mobil olarak ölçülmüştür. Daha sonra, elde edilen ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Ayrıca, UMTS bandına ait bir günlük mobil ölçüm verileri iki ve üç boyutlu olarak harita üzerinde gösterilmiştir.

Mobil ölçümlerde, spektrum analizör cihazı, üç eksenli elektrik alan ölçüm anteni, bağlantı kabloları ve elde edilen mobil ölçüm verilerini kaydetmek için dizüstü bilgisayarı kullanılmıştır.

Bu ölçümlerde en yüksek anlık elektrik alan şiddeti değeri 6.0900 V/m ve en düşük anlık elektrik alan şiddeti değeri ise 0.0724 V/m olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, UMTS bandında ölçülen ortalama elektrik alan şiddeti değerleri dikkate alındığında ortalaması en yüksek olan gün Çarşamba günü ve değeri ise yaklaşık 0.6281 V/m olarak ölçülmüştür. Buna karşın, ortalaması en düşük gün ise Pazartesi günü ve değeri yaklaşık 0.5936 V/m olarak ölçülmüştür. Standart sapma ve varyans değişiminin en fazla olduğu gün Çarşamba günü olmuştur. Ayrıca, Spearman's rho korelasyon katsayılarına göre UMTS bandının ölçüm günleri arasında yüksek korelasyon yoktur. Birbirine en çok benzeyen günlerin Pazartesi ile Çarşamba günleri olduğu ve Spearman's rho korelasyon katsayısının 0.643 olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, en az benzeyen günlerin ise Perşembe ve Cuma günleri olduğu ve Spearman's rho korelasyon katsayısının 0.276 olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik alan şiddeti; Mobil ölçüm; UMTS bandı; İstatistik; Harita;

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Mustafa CANSIZ. mustafa.cansiz@dicle.edu.tr; Tel: (412) 241 10 00 (3514)

## Giriş

Son zamanlarda, mobil haberleşme sistemlerinde çok büyük teknolojik gelişmeler gözlemlenmektedir. Global System for Mobile Communications (GSM) ve Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) gibi ikinci ve üçüncü nesil mobil haberleşme sistemleri hayatımıza kolaylıklar getirmiştir. GSM teknolojisi ile mobil sesli görüşme imkanı sağlanmışken UMTS teknolojisi ile mobil görüntülü görüşme yapmak artık mümkün olmuştur. Long Term Evolution (LTE) gibi dördüncü nesil mobil haberleşme sistemi ile mobil internet hızında artış sağlanacaktır.

Literatürde GSM ve UMTS bandlarının ölçümü ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Bu tür çalışmalar epidemiyolojik çalışmalar (Berg vd., 2005, Vrijheid 2006, Neubauer vd., 2007) için de büyük önem taşımaktadır. Ölçüm sonuçlarının, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (ICNIRP 1998) veya Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (IEEE 2005) gibi çeşitli uluslararası kuruluşların belirlemiş olduğu maruziyet seviyeleri ile karşılaştırılması insan sağlığını korumak için alınan hayati tedbirlerden sadece bazılarıdır.

Birçok bilimsel çalışmada (Cooper vd., 2006, Koprivica vd., 2014, Urbinello vd., 2014) mobil haberleşme sistemlerinin dış ortama yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerleri belli mesafelerde ölçülmüş ve bu ölçüm değerleri üzerinden çeşitli analizler yapılmıştır.

UMTS ve GSM gibi mobil haberleşme sistemlerinin yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerleri çok değişken olabilmektedir. Görüşme anında baz istasyonu ile cep telefonu kullanıcıları arasındaki mesafe veya baz istasyonu üzerinden görüşme yapan kullanıcı sayısı ortamdaki elektrik alan şiddeti seviyesini etkilemektedir. Dolayısıyla, birçok nedene bağlı olarak ortamdaki elektrik alan şiddeti seviyesi değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada, UMTS bandının Diyarbakır İl Merkezi'nde yer alan ana caddelerde yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerleri bir hafta boyunca mobil olarak ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen mobil ölçüm verileri istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Ayrıca, UMTS bandına ait bir günlük mobil ölçüm sonuçları hem iki boyutlu hem de üç boyutlu olarak harita üzerinde gösterilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Mobil ölçümler, Diyarbakır İl Merkezi'nde 10 Kasım 2014 ile 16 Kasım 2014 tarihleri arasında bir hafta boyunca saat 17:00 ile 18:20 arasında işlek ana caddelerde yapılmıştır. Mobil ölçümlerde Narda firmasına (Narda 2012) ait SRM-3006 yüksek doğruluklu ve taşınabilir spektrum analizör cihazı, ölçüm anteni, bağlantı kabloları ve dizüstü bilgisayarı kullanılmıştır. SRM-3006 spektrum analizör cihazı dış ortamdaki yani caddedeki elektrik alan şiddeti değerini ölçmede kullanılmıştır. Ölçüm anteni ortamdaki elektrik alan şiddeti değerini üç boyutlu olarak ölçmede kullanılmıştır. Ayrıca, bu ölçüm sisteminde istenildiğinde herhangi bir boyutun elektrik alan şiddeti değeri de ölçülebilmektedir. SRM-3006 spektrum analizör cihazı 9 kHz - 6 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. Bunun yanında, ölçüm anteni 27 MHz - 3 GHz frekans aralığına sahiptir.

Mobil ölçüm sisteminde ölçüm anteni aracın üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra bağlantı kabloları sayesinde ölçüm anteni SRM-3006 spektrum analizör cihazına bağlanmıştır. Dizüstü bilgisayarı spektrum analizör cihazından tarih, zaman, elektrik alan şiddeti değeri, enlem ve boylam gibi bazı bilgileri almak için gerekli programın yazımında kullanılmıştır. Ayrıca, mobil ölçümlerde spektrum analizör cihazına bağlı olan dizüstü bilgisayarı bahsi geçen bilgilerin kaydedilmesinde kullanılmıştır. Aracın üzerine yerleştirilen ölçüm anteninin yerden yüksekliği yaklaşık 1.70 metredir. Bir hafta boyunca yapılan mobil ölçümlerde aynı güzergah tercih edilmiştir. Mobil ölçümler boyunca, ölçüm aracı trafiği tıkamayacak

şekilde mümkün olduğu kadar yavaş sürülmüştür. Bununla birlikte, alınan mobil ölçüm örnek sayısını azaltmamak için de ölçüm aracı hızlı kullanılmamıştır. Dolayısıyla ölçüm aracının bu güzergahtaki ortalama hızı yaklaşık saatte 40 kilometre olmuştur.

UMTS bandının aşağıhat (downlink) frekans aralığı 2110 MHz ile 2170 MHz arasındadır. UMTS bandının kanal band genişliği (Narda 2008) 5 MHz'dir. Narda firması ölçümler için çözünürlük band genişliğini (Narda 2012) kanal band genişliğinin en az dörtte biri veya daha düşüğü olması gerektiğini önermektedir. Bu nedenle, UMTS bandının ölçümünde SRM-3006 spektrum analizör cihazının çözünürlük band genişliği 1 MHz olarak ayarlanmıştır.

Mobil ölçümlerde en kötü ihtimal göz önünde bulundurulmuştur. Yani, her band için ölçülen en yüksek anlık değer ölçüm değeri olarak alınmıştır. Bu nedenle, yazılan program onar saniye aralıklarla ölçümü yapılan UMTS bandının maksimum anlık elektrik alan şiddeti değerini mobil ölçüm örneği olarak almış ve dizüstü bilgisayarına kaydetmiştir.

Günlük istatistiksel hesaplamalarda ölçüm örnek sayısı 472'ye ve haftalık istatistiksel

hesaplamalarda ise ölçüm örnek sayısı 3304 adede eşitlenmiştir. Mobil ölçüm verileri istatistiksel olarak % 95 güven aralığında hesaplanmıştır. İstatistiksel analizlerde IBM SPSS Statistics software, version 21 (SPSS 2012) istatistik programı kullanılmıştır.

Ayrıca, UMTS bandının Çarşamba gününe ait mobil ölçüm verileri MapInfo Professional Version 10.0.1 (MapInfo 2009) kullanılarak iki ve üç boyutlu haritalar üzerinde gösterilmiştir.

## **Bulgular ve Tartışma**

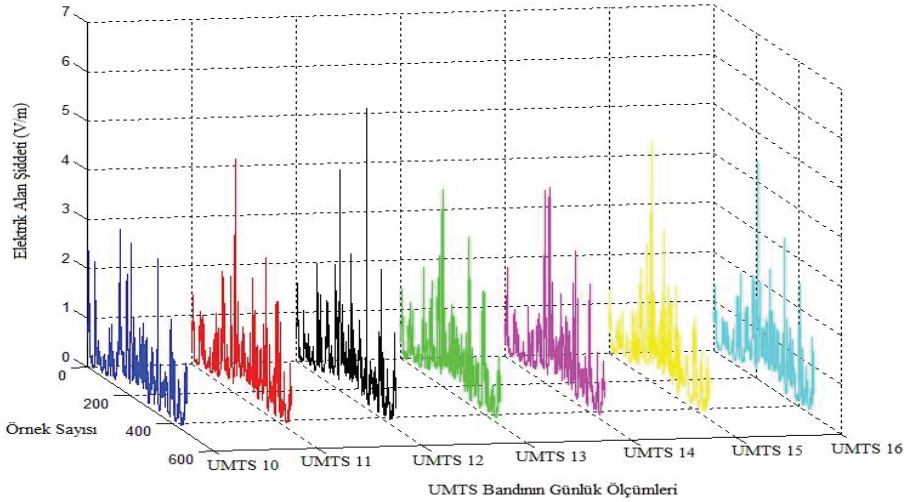
Türkiye'de üç mobil network operatörü de UMTS bandında hizmet vermektedir. Bir hafta boyunca şehir merkezinde mobil olarak üç mobil network operatörünün frekanslarının yer aldığı UMTS bandı ölçülmüştür. Ölçümlerle ilgili bazı istatistiksel veriler günlük olarak Tablo 1'de yer almaktadır. Yine aynı tabloda bir haftalık veri UMTS Toplam adı altında tablonun en altında yer almaktadır. Ayrıca, Tablo 1'de UMTS bandının hemen yanında gösterilen 10, 11, 12, 13, 14 ,15 ve 16 rakamları sırası ile ölçümü yapılan haftanın günlerini yani Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma, Cumartesi ve Pazar günlerini ifade etmektedir.

**Tablo 1.** UMTS bandı için bazı istatistiksel veriler

| RF BANDI    | ÖRNEK | MİNİMUM | MAKSİMUM | TOPLAM   | ORTALAMA | STANDART SAPMA | VARYANS |
|-------------|-------|---------|----------|----------|----------|----------------|---------|
| UMTS 10     | 472   | 0.0729  | 3.2390   | 280.1896 | 0.593622 | 0.4958261      | 0.246   |
| UMTS 11     | 472   | 0.0748  | 4.7540   | 293.7641 | 0.622382 | 0.5356311      | 0.287   |
| UMTS 12     | 472   | 0.0750  | 6.0900   | 296.4812 | 0.628138 | 0.5753035      | 0.331   |
| UMTS 13     | 472   | 0.0724  | 4.0130   | 290.9976 | 0.616520 | 0.5179273      | 0.268   |
| UMTS 14     | 472   | 0.0741  | 4.0210   | 291.0592 | 0.616651 | 0.5403461      | 0.292   |
| UMTS 15     | 472   | 0.0786  | 4.8570   | 285.9496 | 0.605825 | 0.5459556      | 0.298   |
| UMTS 16     | 472   | 0.0753  | 4.4260   | 287.3403 | 0.608772 | 0.5040396      | 0.254   |
| UMTS TOPLAM | 3304  | 0.0724  | 6.0900   | 2025.781 | 0.613130 | 0.5309375      | 0.282   |

Bir hafta boyunca UMTS bandında yapılan mobil ölçümlerde Tablo 1’de görüldüğü gibi en yüksek anlık elektrik alan şiddeti değeri Çarşamba günü 6.0900 V/m olarak ölçülmüştür. Yine, aynı tabloda en düşük anlık elektrik alan şiddeti değeri ise Perşembe günü 0.0724 V/m olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama anlık elektrik alan şiddeti değeri yine Çarşamba günü

0.6281 V/m olarak ölçülmüştür. En düşük ortalama anlık elektrik alan şiddeti değeri ise Pazartesi günü 0.5936 V/m olarak ölçülmüştür. Ayrıca, standart sapma ve varyans değişiminin en fazla olduğu gün yine Çarşamba günü olmuştur.



Şekil 1. UMTS bandının günlük ölçüm örneklerine göre elektrik alan şiddeti değerleri

Şekil 1’de yer alan UMTS bandının günlük olarak ölçüm örnekleri üzerinden elektrik alan şiddeti değerlerini gösteren grafik Tablo 1’de yer alan istatistiksel analizler ile örtüşmektedir. En yüksek anlık elektrik alan şiddeti değeri ile standart sapma ve varyans değişimi yine Şekil 1’de görülmektedir.

Çarşamba gününe ait mobil ölçüm verileri ile oluşturulan UMTS bandının iki boyutlu haritası ve mobil ölçüm güzergahı Şekil 2’de görülmektedir. Bununla birlikte, yine aynı güne

ait UMTS bandının üç boyutlu haritası Şekil 3’te gösterilmiştir. UMTS bandının iki ve üç boyutlu haritaları MapInfo Professional Version 10.0.1 (MapInfo 2009) programı kullanılarak elde edilmiştir. En düşük elektrik alan şiddeti değerleri mavi renk ile gösterilmiş ve en yüksek elektrik alan şiddeti değerleri ise kırmızı renk ile temsil edilmiştir. UMTS bandının üç boyutlu haritasında Çarşamba gününe ait en yüksek anlık elektrik alan şiddeti değerleri yüksek tepeler halinde açık bir şekilde görülmektedir.



**Tablo 2.** UMTS bandının Spearman’s rho korelasyon katsayıları

| SPEARMAN’S RHO KATSAYILARI | UMTS 10      | UMTS 11 | UMTS 12      | UMTS 13      | UMTS 14      | UMTS 15 | UMTS 16 |
|----------------------------|--------------|---------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| UMTS 10                    | 1.000        | 0.431   | <b>0.643</b> | 0.374        | 0.523        | 0.461   | 0.559   |
| UMTS 11                    | 0.431        | 1.000   | 0.499        | 0.450        | 0.425        | 0.410   | 0.511   |
| UMTS 12                    | <b>0.643</b> | 0.499   | 1.000        | 0.397        | 0.494        | 0.413   | 0.495   |
| UMTS 13                    | 0.374        | 0.450   | 0.397        | 1.000        | <b>0.276</b> | 0.550   | 0.279   |
| UMTS 14                    | 0.523        | 0.425   | 0.494        | <b>0.276</b> | 1.000        | 0.423   | 0.618   |
| UMTS 15                    | 0.461        | 0.410   | 0.413        | 0.550        | 0.423        | 1.000   | 0.438   |
| UMTS 16                    | 0.559        | 0.511   | 0.495        | 0.279        | 0.618        | 0.438   | 1.000   |

Tablo 2’de görüldüğü gibi Spearman’s rho korelasyon katsayısının en yüksek olduğu değer 0.643 ile Pazartesi ve Çarşamba günleri olmuştur. Yani, UMTS bandının yedi günlük ölçümleri içinde birbirine en çok benzeyen günlerin Pazartesi ile Çarşamba günleri olduğu tespit edilmiştir. Bunun aksine, Spearman’s rho korelasyon katsayısının en düşük olduğu değer ise 0.276 ile Perşembe ve Cuma günleri olmuştur. Bu da, yedi günlük ölçümler içinde birbirine en az benzeyen günlerin Perşembe ve Cuma günleri olduğu anlamına gelmektedir. Spearman’s rho korelasyon katsayılarına göre birbiri ile yüksek korelasyon gösteren günlerin olmadığı fakat orta seviyede korelasyon gösteren günlerin olduğu tespit edilmiştir

## Sonuçlar

Diyarbakır İl Merkezi’nde 10 Kasım 2014 ile 16 Kasım 2014 tarihleri arasında bir hafta boyunca işlek ana caddelerde UMTS bandının yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerleri mobil olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerde en yüksek anlık elektrik alan şiddeti değeri Çarşamba günü 6.0900 V/m ve en düşük anlık elektrik alan şiddeti değeri ise Perşembe günü 0.0724 V/m olarak ölçülmüştür. Ayrıca, bir haftalık mobil ölçümlerde, UMTS bandının yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerlerinin toplam örnek sayısı üzerinden ortalama değeri

dikkate alındığında ortalaması en yüksek olan gün Çarşamba günü ve yaklaşık olarak 0.6281 V/m ölçülmüştür. Buna karşın, ortalaması en düşük gün ise Pazartesi günü ve yaklaşık olarak 0.5936 V/m ölçülmüştür. Bununla birlikte, standart sapma ve varyans değişiminin en fazla olduğu gün Çarşamba günü olmuştur.

Tablo ve Şekillerde görüldüğü gibi mobil günlük ölçümlerde UMTS bandının yaymış olduğu elektrik alan şiddeti değerlerinin çok değişken olduğu tespit edilmiştir. Bu değişkenlik, Çarşamba gününe ait mobil ölçüm verileri ile oluşturulan UMTS bandının iki ve üç boyutlu haritalarında açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca, Çarşamba gününe ait mobil ölçüm verilerindeki en yüksek anlık elektrik alan şiddeti değerleri UMTS bandının üç boyutlu haritasında yüksek tepeler halinde görülmektedir.

UMTS bandının ölçüm günleri arasında bir korelasyon olup olmadığını araştırmak amacıyla parametrik olmayan testlerden Spearman’s rho korelasyon katsayıları hesaplanmış. Mobil ölçüm günleri arasında yüksek korelasyon olmadığı lakin orta seviyede korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm haftası içinde birbirine en çok benzeyen günlerin Pazartesi ile Çarşamba günleri olduğu ve Spearman’s rho

korelasyon katsayısının 0.643 olduğu belirlenmiştir. Buna karşın en az benzeyen günlerin ise Perşembe ve Cuma günleri olduğu ve Spearman's rho korelasyon katsayısının 0.276 olduğu tespit edilmiştir.

## **Teşekkür**

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası:13-MF-25

## **Kaynaklar**

- Berg, G., Schüz, J., Samkange-Zeeb, F., and Blettner, M., (2005). Assessment of radiofrequency exposure from cellular telephone daily use in an epidemiological study: German Validation study of the international case-control study of cancers of the brain—INTERPHONE-Study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15 (3), 217–224.
- Cooper, T.G., Mann, S.M., Khalid, M., and Blackwell, R.P., (2006). Public exposure to radio waves near GSM microcell and picocell base stations. *Journal of radiological protection: official journal of the Society for Radiological Protection*.
- ICNIRP, (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*.
- IEEE, 2005. IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Std C95.1-2005 (Revision of IEEE Std C95.1-1991).
- Koprivica, M., Nešković, N., Nešković, A., and Paunović, Đ., (2014). Statistical analysis of electromagnetic radiation measurements in the vicinity of gsm/umts base station antenna masts. *Radiation Protection Dosimetry*, 158 (3), 50.
- MapInfo, 2009. MapInfo Professional Version 10.0.1 Release Build 220. MapInfo Professional Version 10.0.1 Release Build 220.
- Narda, 2008. Applicaton Note UMTS measurements with the Selective Radiation Meter, 1–11.
- Narda, 2012. SRM-3006 Selective Radiation Meter Operating Manual.
- Neubauer, G., Feychting, M., Hamnerius, Y., Kheifets, L., Kuster, N., Ruiz, I., Schüz, J., Überbacher, R., Wiart, J., and Rössli, M., (2007). Feasibility of future epidemiological studies on possible health effects of mobile phone base stations. *Bioelectromagnetics*, 28 (3), 224–230
- SPSS, IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Urbiniello, D., Huss, A., Beekhuizen, J., Vermeulen, R., and Rössli, M., (2014). Use of portable exposure meters for comparing mobile phone base station radiation in different types of areas in the cities of Basel and Amsterdam. *Science of the Total Environment*, 468-469, 1028–1033.
- Vrijheid, M., (2006). Validation of short term recall of mobile phone use for the Interphone study. *Occupational and Environmental Medicine*, 63 (4), 237–243.



## Mobile measurement of UMTS band in the city center of Diyarbakir and its statistical analysis

### Extended abstract

*Very rapid technological developments in mobile communication systems have been observed. Global System for Mobile Communications (GSM) and Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) such as second and third generation mobile communication systems are used more widely with time. This also causes an increase in electromagnetic field exposure level in the external environment.*

*In this study, the electric field strength radiated by UMTS band were measured as mobile on the main streets in the city center of Diyarbakir during a week. Then, the measurement results obtained were analyzed statistically. In addition to that, mobile measurement results of UMTS band for a day were shown as two and three dimensional on the maps.*

*Mobile measurements were carried out using spectrum analyzer, three-axis electric field antenna, connection cables and a laptop which was used to record the mobile measurement results. The portable spectrum analyzer was used to measure the high frequency electromagnetic fields. The frequency range of three axis electric field antenna is from 27 MHz to 3 GHz, dynamic range 0.2 mV/m–200 V/m and maximum extended measurement uncertainty +2.6 /-3.8 dB for 85–2200 MHz. Connection cable is 1.5 m long and contains ferrite to decrease the effects of the external fields.*

*The portable spectrum analyzer equipped with three-axis electric field antenna was mounted on the top of the car. Antenna was placed at 1.70 m height above ground. Measurements were performed as mobile on the main streets. Average speed of the car in the mobile measurement route was about 40 km/h. It was measured that the highest instantaneous electric field strength value was 6.0900 V/m and the lowest instantaneous electric field strength value was 0.0724 V/m in these mobile measurements. Besides that, according to mean electric field strength values, the highest average value was measured as about 0.6281 V/m on Wednesday and the lowest average value was measured as about 0.5936 V/m on Monday. The highest variation in standard deviation and variance was observed on Wednesday. In addition to that, according to Spearman's rho correlation coefficients, there was no high correlation between measurement days of UMTS band. It was determined that the most similar days were Monday and Wednesday and the Spearman's rho correlation coefficient was 0.643. Besides that, it was determined that the least similar days were Thursday and Friday and the Spearman's rho correlation coefficient was 0.276.*

**Keywords:** *Electric field strength; Mobile measurement; UMTS band; Statistics; Map*