

TRAFİK ÖLÇME SENSÖRÜ VERİLERİNİN ZAMANSAL ANALİZİ

Engin ERKAN¹ ve Arif Çağdaş AYDINOĞLU²

ÖZET

Akıllı Ulaşım Sistemleri uygulamalarında, sensör algılayıcıların gerçek zamanlı ürettiği veriler kullanılarak birçok tematik uygulama alanında karar destek sağlanabilmektedir. Uzaktan trafik mikrodalga sensörü anlamına gelen RTMS, trafik algılama ve ölçmesi için özel tasarlanmış detektörlerdir. Sensörlerden gerçek zamanlı trafik bilgisi alınabilmektedir. Ancak bu verilerin zamana bağlı yönetimi, kontrolü ve raporlanması karar vericiler için önem taşımaktadır. Bu amaçla, Coğrafi Bilgi Teknolojileri ile zamansal veri yönetimi ve trafik yoğunluğunun izlenmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. İstanbul ili örneğiyle RTMS sensörlerinden gelen ham veri, istenen zaman dilimine göre otomatik süzülerek coğrafi/konumsal veritabanı ile entegre edilmiştir. Sonuç olarak veritabanında istediğimiz zaman sorgusuna göre ulaşım planlamayı destekleyen raporlama ve çıktılar üretilebilmektedir.

GİRİŞ

Karayolu ulaşımında ve trafikte karşılaşılan sorunların çözümünde, bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı etkili olmaktadır. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile birçok meslek disiplini teknolojik yenilik ile birlikte ulaşım ağının yönetiminde rol almaktadır. Çeşitli teknolojik olanaklar ile trafik navigasyon, trafik yoğunluğunun belirlenmesi, buzlanma ve sıcaklık kontrolü gibi birçok işlev gerçekleştirilebilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri/Teknolojileri (CBS) ile mekana/konuma dayalı bilginin haritalanması, yönetimi ve analiz edilmesi, birçok uygulama alanında karar verme sürecinde destek sağlar. Kullanılan teknikler ile verinin sorgulanması ve görselleştirilmesi yapılırken, verinin analizi ve raporlanması mümkün hale gelmektedir. Bu kapsamda CBS, ulaşım ağlarının tasarlanması ve trafik yönetimi alanlarında da çözüm sunmaktadır.

Özellikle İstanbul'daki trafik probleminin analiz edilmesi ve çözümü için CBS'nin etkin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Her gün binlerce sürücünün bulunduğu İstanbul yollarında, trafikte mevcut durumun belirlenmesi ve buna bağlı olarak gerekli önlemlerin alınması gereklidir. Dinamik ve sürekli değişen trafik verisinin yönetimi, ancak CBS ortamında veritabanlarında saklanması ve zamansal analizi ile mümkün olmaktadır.

1. Geomatik Mühendisi, Başarsoft, İstanbul

2. Doç. Dr., Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (GYTE), arifcagdas@gmail.com

Bu çalışmada, zamansal verinin CBS ortamında yönetimi ile ilgili kavramlar ve trafik yoğunluğunu gösteren örnek Web CBS uygulamaları incelenmektedir. RTMS trafik ölçme sensörleri, zamansal verinin elde edilmesi, veritabanlarında kullanılabilir hale getirilmesi, trafik yoğunluğunun belirlenmesi, ihtiyaca göre haritalanması, raporlanması ve çoklu ortam ürün üretilmesi uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

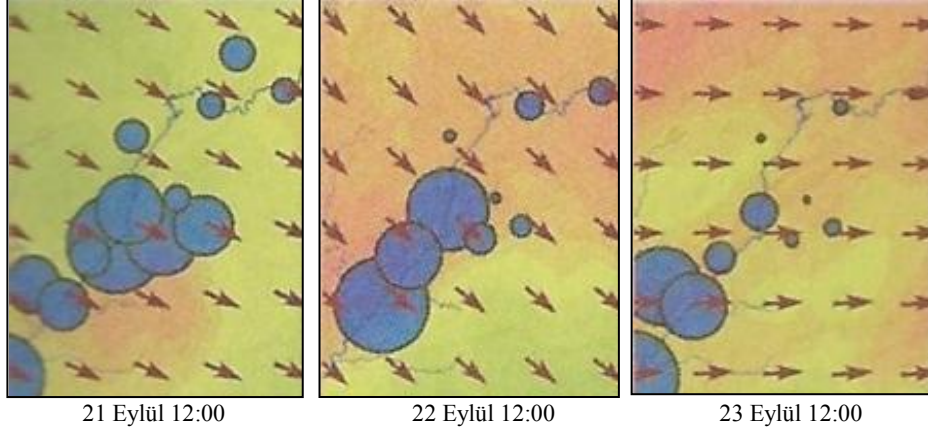
COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ İLE ZAMANSAL VERİ YÖNETİMİ

CBS, mekana/konuma dayalı bilginin haritalanması, güncellenmesi, saklanması ve analiz edilmesini sağlayan ve bu şekilde sosyal, ekonomik, çevresel vb. problemlerin çözümü için kullanıcıya karar verme sürecinde yardımcı olan donanım, yazılım, coğrafi veri ve yöntemlerin bütünüdür. CBS, diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak insanlara ulaşmak için en iyi iletişim araçlarından biri olan haritaları kullanır. CBS, verileri görme, anlama, sorgulama, müdahale etme ve görselleştirme olanağı sunarken, aynı zamanda kullanıcının veriler arasındaki ilişkileri, trendleri ve yöntemleri, harita, grafik, çizelge veya yazılı raporlar şeklinde elde etmesini sağlar. CBS'nin sahip olduğu bazı fonksiyonlar; sayısal veri entegrasyonu, konumsal analiz, otomasyon, manipülasyon ve görüntüleme şeklinde sıralanabilir [Yomralıoğlu, 2000].

CBS ortamında üretilen veri zaman içinde değişikliğe uğrayabilir. Bu değişimlerin zamana bağlı olarak yönetimi, kontrolü ve raporlanması önem taşımaktadır. CBS tabanlı haritalar, değişimleri zamana bağlı olarak görüntüleyebilir. Zamansal değişimlerin gösterilmesinde, vektör veri (nokta, çizgi, ve çokgen), tablo, raster gibi birçok coğrafi veri setleri kullanılabilir. Zamansal verinin CBS'de yönetimi ile iklim hareketleri, ekosistemdeki değişimler, vahşi yaşamdaki göç hareketleri, kentsel gelişim, fırtına sonrası oluşan selin izlenmesi ve demografik değişimler gibi birçok konuda analizler yapılabilir. Zamana bağlı değişimler farklı zaman ölçeğinde ve aralıklarında çalışabilir. Örnekleme gerekirse, kentlerin gelişiminin doğaya zararını on yıllar ve yüzyıllar gibi uzun vadede çalışmak gerekirken, hava durumu ve trafik yoğunluğu gibi haritalarda daha küçük zaman aralığında çalışmak gerekir.

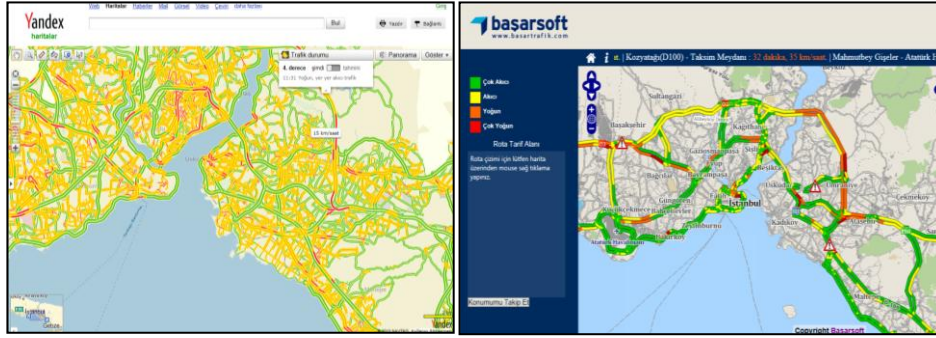
Şekil 1'deki örnekte; akarsu çizgi geometrideki veri setinde "seviyesi" özniteliğine göre, rüzgar nokta geometrideki veri setinde "yönü" özniteliğine göre ve toplam yağış miktarı raster veri setinde "yağış miktarı" değerine göre zamansal analizi görülmektedir. 21 Eylül, 22 Eylül ve 23 Eylül'deki değişen veri değerine göre akarsu seviyesi, rüzgar yönü ve yağış miktarı zamansal olarak izlenmektedir [Zeiler ve Murphy, 2010].

Ulaşım sektöründe trafik verisinin zamansal yönetimine yönelik, ülkemizdeki hizmet veren firmaların İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve bazı diğer belediyelerde, trafik yoğunluğu haritalama ve akıllı ulaşım sistemleri ile ilgili çalışmaları mevcuttur. Örneğin harita sektöründe IOS ve Android tabanlı trafik uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalarda, ticari araçların GPS'inden anlık olarak gelen hız vektörü, koordinat ve zaman verisi kullanılmaktadır. Uygulama yazılımlarındaki algoritmalar, araç takip firmalarından gelen verileri anlık trafik yoğunluğu bilgisine dönüştürmektedir. Örnek uygulamada Türkiye dijital harita bilgisi kullanılmaktadır. Bu bilgi içindeki yol ağında genelleştirme yapılmıştır. 300.000 araçtan gelen veriler derlenerek, anlık trafik yoğunluğu bilgisi son kullanıcıya sunulmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Akarsu seviyesi, rüzgar yönü, yağış miktarının zamansal analizi

Örneğin coğrafi bilgi teknolojileri ile akıllı ulaşım sistemleri alanında, servis rotası optimizasyon sistemi uygulaması geliştirilmektedir. Servis taşımacılığı hizmeti alan firmalar için tasarlanmış bu sistem, geliştirilen Araç Rotalama Problemi (ARP) algoritmaları, Gezgin Satıcı Problemi (GSP) algoritmaları ve sayısal harita verileri kullanılarak Türkiye yolları için optimuma en yakın rota belirlemektedir. Çalışanların evlerinden servis iniş-biniş noktalarına olan yürüme mesafeleri optimize edilerek çalışan memnuniyeti sağlanmaktadır. Böylelikle büyük ölçekli operasyonlar kolaylıkla yönetilebilmektedir.



Şekil 2. İstanbul Trafik Yoğunluğu Web Uygulamaları [URL-1, 2]

TRAFİK SENSÖRLERİ

Günümüzde trafik yoğunluğu ölçmek amaçlı araç algılamada kullanılan birçok sensör teknolojisi mevcuttur. Bu bölümde trafik sensörlerinden en yaygın olanları incelenecektir.

1) Video Görüntü İşleyiciler (VIP): Yazılım ve donanımın birleşmesinden oluşan, gerekli veriyi görüntüleme sensöründen alıp çeşitli algoritmalarla bilgiye dönüştüren sensör teknolojisidir. Bu görüntüleme sensörü konvansiyonel bir kamera veya kızılötesi bir kamera olabilir. Bir video görüntü işleyici, aracın hızı, araç sayısı, araç varlığı ve birim zamanda geçen araç sayısı bilgilerini sağlamaktadır. Aynı zamanda birçok şeritte trafik bilgisi üretebildiğinden, araç sınıflandırması ve kaza tespitinde de kullanılabilir. Video görüntü işleyiciler şu şekilde çalışırlar; kullanıcı sensörün görüş alanındaki birkaç şeridi seçer. Ardından bu şeritler için görüntü işleme algoritmaları gerçek zamanlı olarak çalıştırılır, araç hızı ve geçişlik gibi bilgiler elde edilir. Algılamada gölgeler, hava koşulları ve yol yüzeyi üzerindeki yansımalar bazı hatalara sebep olabilir. Ancak görüntü işlemede kullanılan algoritmaların geliştirilmesi ile bu hatalar giderilebilir. Araştırmalara göre, trafik bilgisinin nicelik ve nitelik parametreleri sensör tarafından otomatik olarak hesaplanabilmekte ve video sıkıştırma teknikleri kullanarak bant genişliği gereksinimi önemli ölçüde aşağı çekilmektedir [Bramberger vd., 2003].

2) Kızılötesi Sensörler: Aktif ve pasif sensör olmak üzere iki tip kızılötesi sensör teknolojisi mevcuttur. Aktif kızılötesi sensörler LED ya da lazer diyottan yayılan ışıkla çalışırlar. LED ve lazer teknolojisinde ortak yanı, ikisinin de hedef objeden yansıyan ışık ışınlarını kullanıyor oluşudur. Ölçülen veri daha sonra çeşitli sinyal işleme teknikleri-algoritmaları kullanılarak ulaşılmak istenen bilgiye dönüştürülür. Aktif kızılötesi sensörler, araç sayısı, araç hızı, araç varlığı ve birim zamanda geçen araç miktarı bilgilerini gece ve gündüz olarak üretebilirler. Lazer diyot teknolojisi araç profili ve şeklini ortaya çıkardığı için araç sınıflandırmasında da kullanılabilir. Pasif kızılötesi sensörler, görüş açısındaki objelerin yaydığı ışınları algılar. Sonrasında sinyal işleme teknikleri-algoritmaları kullanılarak istenilen sonuca ulaşılır. Pasif kızılötesi sensörler herhangi bir ışık yaymazlar. Araç hızı, araç sayısı ve birim zamanda geçen araç miktarı bilgilerini sağlarlar. Gece ve gündüz olmak üzere kullanılabilirler fakat hava koşullarından ve ortamdaki ışık miktarından oldukça etkilenirler.

3) Ultrasonik Sensörler: Japonya'da yaygın kullanılan sensör teknolojisidir. Sensör önünde araç varlığı bilgisini veren sensörler ve araç hızı ölçen sensörler olmak üzere iki tiptir. Bu sensörler hedefe ultrasonik ışıklar gönderir ve hedeften yansıyan ışığı ölçerler. Bu ölçümler sonrasında, araç varlığı, hızı ve birim zamanda geçen araç miktarı bilgileri üretilebilir. Araçlar arasındaki mesafeyi ölçebilen ultrasonik sensör, radar veya bilgisayar görüntüsü tabanlı diğer sensör teknolojilerine kıyasla daha ucuzdur ve daha az donanım gerektirir. Ultrasonik algılayıcılar her türlü hava koşulunda çalışabilir [Alonso vd., 2011].

4) Mikrodalga Sensörler: Avrupa'da uzun zamandır kullanılan bir teknolojidir. Mikrodalga sensörler, sensörün görüş açısında kalan hedef araçlardan yansıyan mikrodalga enerjisiyi saptayarak çalışırlar. Yansıyan ışıktan elde edilen bilgiyi, hız, birim zamanda geçen araç sayısı ve araç varlığı bilgilerine dönüştürebilir. Mikrodalga teknolojisi, geçmiş dönemlerde askeri amaçlı kullanıldığı için gelişmiş bir teknolojidir. Bir noktaya doğru şekilde yerleştirilmiş bir mikrodalga sensörü birkaç şeritten bilgi toplayabilir. Daha sonra bu veriler sinyal işleme teknikleri ile işlenir ve istenilen sonuçlar üretilir. En önemli dezavantajı *multipath* hatasından kaynaklanan yanlış araç algılamasıdır. Ancak sensör yerleştirilmesi doğru şekilde yapılır, doğru sinyal işleme teknikleri kullanılır ve anten dizaynı gerekli şekilde yapılırsa bu hatalar giderilebilir. Bu

çalışmada anlatılacak olan uygulamada kullanılan RTMS sensörleri de radar tabanlı mikrodalga trafik sensörleridir.

5) Pasif Akustik Sensörler: Araç algılamada kullanılan trafik sensörlerinden biri de pasif akustik algılayıcılardır. Bir dizi mikrofon araç geçişindeki bölgeye yerleştirilir. Mikrofonlarla elde edilen ses sinyalleri çeşitli işlemlerden geçirilir ve araç geçişi hakkında bilgi elde edilir. Bu tipteki sensörler için çok fazla araştırma yoktur. Ancak bazı çalışmalar, ambiyans akustik algılamanın belirli frekans aralıkları için trafik tahmini açısından kullanılabilir olduğunu göstermektedir [Rajendra ve Kulkarni, 2010].

6) Piezoelektrik Sensörler: Yüksek doğrulukta sonuç veren algılayıcılardır, fakat sensör önünde bir araç durmadığı sürece araç varlığı belirlenemez. Piezoelektrik sensör, koruyucu kabin içerisinde piezoelektrik maddeden üretilmiş uzun bir çubuktan oluşur. Yaya kaldırımlarına gömülü olarak yerleştirilebilir. Bir araç geçtiğinde voltaj üretir ve bu sistemi tetikler. Bu sensörün bir aracın nerede ve ne zaman üzerinden geçtiğini saptama gibi bir avantajı vardır. Ancak en önemli dezavantajı, yolda veya kaldırımda bir çalışma olduğunda yeniden yerleştirilmesi gerekmektedir.

7) Fotoelektrik Sensörler: Genel olarak ışık kaynağı ve algılayıcı olmak üzere iki adet bileşenden oluşurlar. Bu iki bileşen aynı yerde veya karşılıklı olarak bulunabilirler. Birbirlerinin karşısına yerleştirildikleri zaman, ışık kaynağı ile sensör arasında ışık kaynağını engelleyen bir cisim girdiğinde algılama yapar. Birlikte yerleştirildikleri zaman ise ışık kaynağından çıkan ışık hedef cisme yansıyor tekrar geri döndüğünde algılama yapar. Bu sensörler, araç algılaması için yeterli olmadığından, diğer teknolojilerle rekabet edebilecek bir konumda değildir.

8) İndüktans Döngü Sensörler: Amerika Birleşik Devletleri'nde trafik algılamada yaygın olarak kullanılan teknolojidir. Döngü sensörler, bir veya birden fazla kaldırırma döşenmiş bobin ve kontrol kutusundan oluşurlar. 10KHZ ile 200KHZ frekansları arasında gelen sinyallerle tetiklenebilirler. Bir araç bobinin üzerinden geçtiğinde indüktans düşer. Bu da kontrol kutusunda algılamayı sağlar. Bu teknolojinin en önemli avantajı alan algılamada başarılı olmasıdır. En önemli dezavantajı ise kurulum aşamasında algılayıcının çok hassas olması ve kaldırımda veya yolda bir çalışma olduğunda tekrar kurulumu gerektirmesidir.

9) Manyetik Sensörler: Trafik algılamada kullanılan iki tipte manyetik sensör vardır. İkisi de günümüzde araştırma aşamasında olmakla beraber, çalışma mantığı büyük bir metal objenin sensörün manyetik alanını bozması prensibine dayanır. Bu açıdan indüktans döngü detektörlerle benzerlik gösterirler. Pasif ve aktif olmak üzere iki tipte manyetik sensör vardır. Aktif tipte, bir manyetometre bir bobinin manyetik bir bileşene sarılı olması dışında indüktans döngü sensör gibi davranır. Bu sensör araç nedeniyle sensörde oluşan manyetik değişimi algılar. Araç varlığı ve araç yolu algılamada kullanılabilirler. Pasif olanı ise basitçe araç yollarındaki araç geçişinden kaynaklanan dünyanın manyetik alanındaki sapmayı algılar. Bu sensörler sadece hareket halindeki araçları tespit edebildiğinden araç varlığının algılanması için kullanılamazlar. Pasif manyetik sensörlerin diğer sensörlere oranla çok daha büyük bir algılama aralığı vardır. Bu nedenle birden fazla şeritteki trafiğin algılanması için kullanılabilirler. Araştırmalara göre, sokak kesişimlerinde ve otoparklarda %98 doğruluk oranında araç varlığı tespiti ve %90 doğruluk oranında ortalama araç uzunluğu ve hızı tespiti sonuçlarına ulaşmışlardır. Ayrıca yerel olarak araçların manyetik imzasından %80 doğrulukla araç sınıflandırması yapılmıştır [Cheung, 2005].

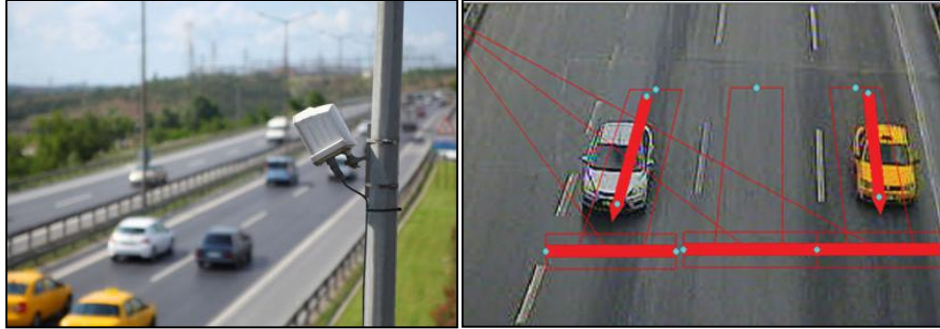
RTMS- REMOTE TRAFFIC MICROWAVE SENSOR

RTMS- *Remote Traffic Microwave Sensor*, önceki bölümde ifade edilen mikrodalga radar trafik sensörü anlamına gelmektedir. RTMS'ler trafik algılama uygulaması için özel tasarlanmış trafik ölçüm detektörleridir ve mikrodalga ışınlarının hedefindeki nesnelere olan uzaklığını ölçer. Menzil aralığı sayesinde bu detektörler, her türlü hava şartlarında duran ve hareket halindeki araçları tespit edebilir. Konumlandırıldığı noktadaki anlık trafik akış bilgisini kaydeder (Şekil 3).

RTMS kapsama alanındaki araç sayısını ve araçların hızlarını ölçme işlemini yapar. RTMS üniteleri yol kenarlarında yola paralel veya yola dik olmak üzere iki şekilde yerleştirilebilir. Yola paralel konumlandırıldığında 8 şeride kadar ölçme yapabilir. Ayrıca araçların ortalama hız ve kapsama alanında kalma sürelerini de belirleyebilmektedir.

RTMS üniteleri yola dik konumlandırıldığında hız ihlallerini tespit etmek için kullanılabilir. Bu şekilde yerleştirildiğinde hız verileri daha doğru sonuçlar vermektedir. Çalışmada incelenen RTMS sensörlerinin araç sayısı, hacim, ortalama hız ve uzun araç sayısı doğrulukları gibi genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 8 şeride kadar şerit bazında ölçüm imkanı,
- Araç sayım bilgisi,
- Araç hız bilgisi,
- Trafik yoğunluk bilgisi,
- En az %90 doğru ölçüm,
- Güneş enerjili besleme sistemi ile en az 2 hafta güneş olmadan çalışabilme,
- GPRS veya 3G ile çalışabilme,
- Windows tabanlı yazılım,
- Kalibrasyon kolaylığı,
- Trafik Yoğunluk Haritası'na veri sağlamasıdır.

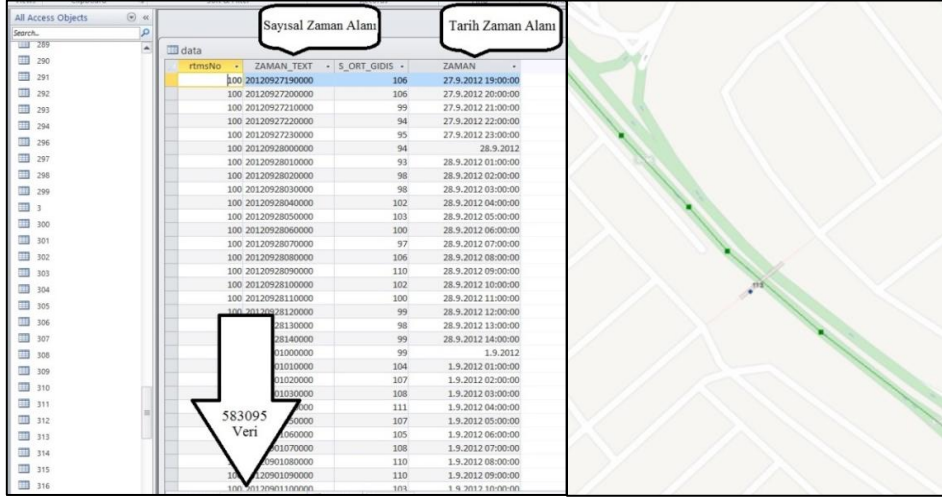


Şekil 3. RTMS kullanımı [İBB, 2012]

İSTANBUL ÖRNEĞİYLE TRAFİK VERİSİNİN ANALİZİ

Uygulamanın amacı, İstanbul ili için RTMS üniteleri verilerinden faydalanarak, CBS yazılımı ile örnek olarak 3 aylık dönemde trafik yoğunluğunun analizidir. Bu amaçla İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden belirtilen tarihler arasındaki RTMS verisi, RTMS noktalarının konumları ve öznitelik bilgilerinin yer aldığı *shapefile* dosyası temin edilmiştir [İBB, 2012].

Projede toplam 207 RTMS sensöründen gelen verilerden faydalanılmıştır. Bir RTMS sensörünün 3 aylık verisinde 2856 adet ayrı kayıt bulunmaktadır. 207 RTMS nokta coğrafi detayı için toplam 583095 ayrı kayıt oluşturulmuştur. Veri hacmi olarak, RTMS noktalarına ait veritabanı dosyasının büyüklüğü 181 megabayttır. CBS'de sağlıklı çalışan bir sistem kurulabilmesi için yazılımla uyumlu bir veritabanının kurulması gereklidir. Veritabanında tüm RTMS noktaları için ayrı bir veriseti oluşturulduğu görülmektedir. Her bir RTMS noktası dosyasında, saatlik hız ve araç yoğunluğu verisi her şerit için kayıt edilmektedir. Bu RTMS noktalarını temsil eden tabloların hedef sorgu ve analize göre optimize edilerek bütünleştirilmesi gerekir. Böylelikle her bir RTMS noktası için ihtiyaç duyulan verilerin *rtmsNo*, Hız ve Zaman olduğu düşünüldüğünde, üretilen sorgu kodu ile zamansal veri için string "&" birleştirilmesi kullanılarak farklı sütunlardaki yıl, ay, gün, saat verisi tek bir sütunda toplanmış ve veri tabanında farklı tablolarda bulunan RTMS nokta detayları öznitelikleri tek bir tabloda birleştirilmiştir (Şekil 4). Bu şekilde istenen tarihlerdeki RTMS kayıtları otomatik olarak sorgulanarak coğrafi veritabanı ile ilişkilendirilmekte ve veri dosyasına dönüştürülmektedir.

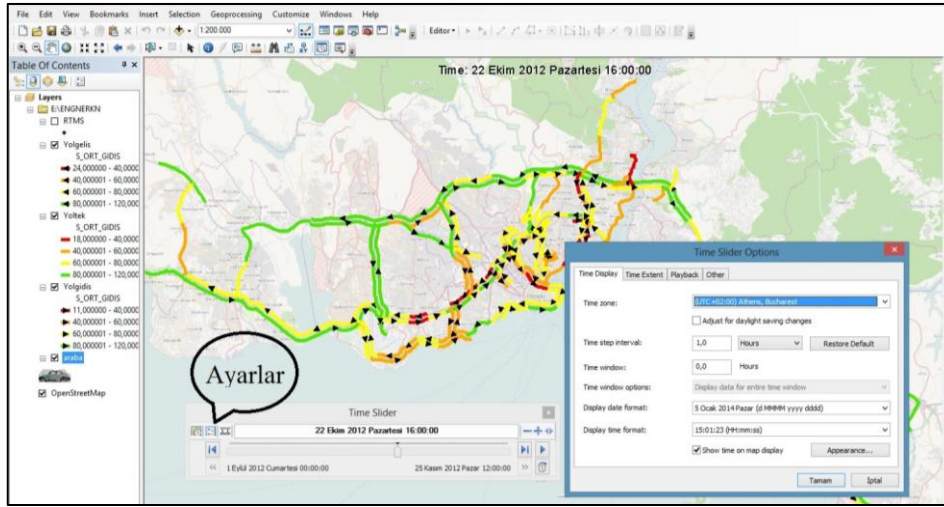


rtmsNo	ZAMAN_TEXT	S_ORJ_GIDIS	ZAMAN
100_20120927190000		106	27.9.2012 19:00:00
100_20120927200000		106	27.9.2012 20:00:00
100_20120927210000		99	27.9.2012 21:00:00
100_20120927220000		94	27.9.2012 22:00:00
100_20120927230000		95	27.9.2012 23:00:00
100_20120928000000		94	28.9.2012
100_20120928010000		93	28.9.2012 01:00:00
100_20120928020000		98	28.9.2012 02:00:00
100_20120928030000		98	28.9.2012 03:00:00
100_20120928040000		102	28.9.2012 04:00:00
100_20120928050000		103	28.9.2012 05:00:00
100_20120928060000		100	28.9.2012 06:00:00
100_20120928070000		97	28.9.2012 07:00:00
100_20120928080000		106	28.9.2012 08:00:00
100_20120928090000		110	28.9.2012 09:00:00
100_20120928100000		102	28.9.2012 10:00:00
100_20120928110000		100	28.9.2012 11:00:00
100_20120928120000		99	28.9.2012 12:00:00
100_20120928130000		98	28.9.2012 13:00:00
100_20120928140000		99	28.9.2012 14:00:00
100_20120928150000		99	1.9.2012
100_20120928160000		104	1.9.2012 01:00:00
100_20120928170000		107	1.9.2012 02:00:00
100_20120928180000		108	1.9.2012 03:00:00
100_20120928190000		111	1.9.2012 04:00:00
100_20120928200000		107	1.9.2012 05:00:00
100_20120928210000		105	1.9.2012 06:00:00
100_20120928220000		108	1.9.2012 07:00:00
100_20120928230000		110	1.9.2012 08:00:00
100_20120928240000		110	1.9.2012 09:00:00
100_20120928250000		103	1.9.2012 10:00:00

Şekil 4. RTMS verilerinin optimizasyonu ve coğrafi veritabanı ile bütünleştirilmesi

CBS yazılımında zaman-geçiş aracı kullanılarak, katmanların zaman öznitelikleri ile zamansal verinin görselleştirilmesi yapılmıştır. Daha sonra kabul edilmiş hız düzeylerini dikkate alarak, sensörlerden gelen hız verilerinin renk tanımlaması

yapılmıştır. Trafik yoğunluk haritasının oluşturulmasında, sensörlerden gelen “S_ORT_GIDIS” saatlik ortalama hız değerleri kullanılmıştır. Renk Rampası, en düşük hız değeri kırmızı ve en yüksek değer yeşil olmak üzere kırmızıdan yeşile doğru akan şekilde seçilmiştir. Belirlenen dört sınıfta; en düşük değer ile 40 km/saat arası kırmızı renkle gösterilmiş ve “Çok yoğun” olarak etiketlenmiş, 40 – 60 km/saat arası turuncu renkle gösterilmiş ve “Yoğun” olarak etiketlenmiş, 60 – 80 km/saat arası sarı renkle gösterilmiş ve “Akıcı” olarak etiketlenmiş, 80 km/saat ile en yüksek değer arası yeşil renkle gösterilmiş ve “Açık” olarak etiketlenmiştir (Şekil 5).

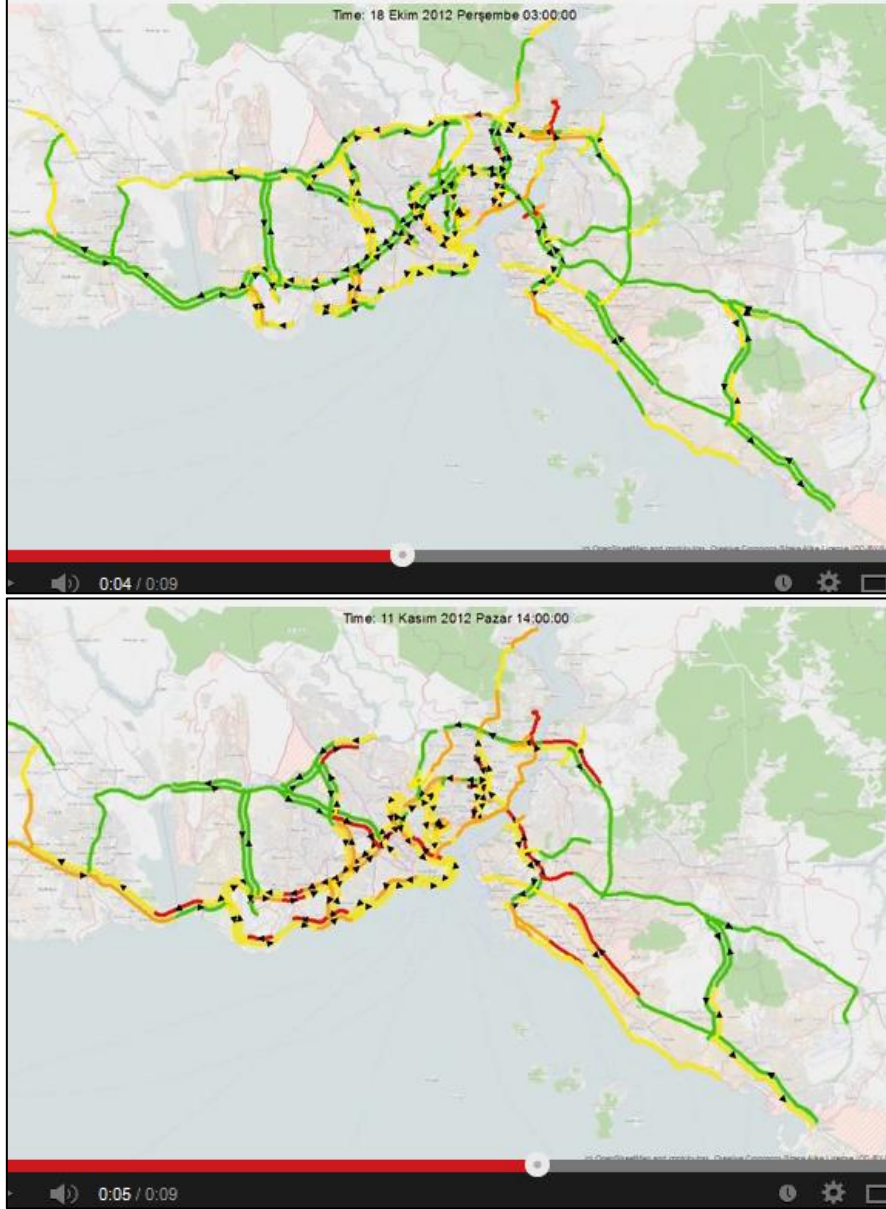


Şekil 5. CBS yazılımı zaman-geçiş aracı ile veri yönetimi

Bu çalışma kapsamında, zamana bağlı değişen coğrafi detaylar için uygulama videosu hazırlanmıştır. Belirlenen zaman aralıklarındaki değişim çoklu ortamda görselleştirilmiştir. 2012 yılında halk koşusuna denk gelen gün olan 11 Kasım 2012 günü ve hiçbir özel güne denk gelmeyen İstanbul’un standart bir haftasının trafik durumu video haline getirilmiştir. Böylelikle her sene düzenlenen Avrasya Maratonu’nun İstanbul trafiğine olan etkisi belirlenmektedir. İstanbul’da hiçbir özel güne denk gelmeyen bir hafta seçilerek yapılan çalışmada ise İstanbul genel trafik durumunun haftalık olarak görselleştirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 6).

SONUÇ

Mobil cihazlardan çeşitli sensör algılayıcılara kadar birçok teknolojik araç, akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılabilir. Belirlenen zamanlardaki durum ve değişimin konumuyla birlikte analizi, birçok uygulamada etkin olarak kullanılabilir. Bu anlamda RTMS, radar trafik ölçme aracı olarak sürekli trafik yoğunluğunu elde eden bilgi sağlamaktadır. Geliştirilen birçok web ve mobil uygulama ile de bu veriler takip edilebilir.



Şekil 6. İstanbul haftalık genel (üst) ve spor etkinliği (alt) trafik yoğunluğu videosu [URL-3, 2014]

Ancak tüm kayıt edilen verinin karar destek sağlayacak şekilde ulaşım planlama vb. uygulamada kullanılabilir olması gerekmektedir. Bu çalışmada görüldüğü gibi,

büyük hacimdeki verinin optimize edilerek coğrafi veritabanında bütünleştirilmesi ile uygulamaya yönelik birçok sorunun analizinde kullanılabilir. Veritabanında, istediğimiz zamanda ve mekan/konumda, sürekli yoğun trafiğe sahip veya belli zamanlarda sıkışıklık arzeden yolların analizi ile ulaşım hizmetleri yönetiminde sensör verisinin etkin yönetimi mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Alonso, L., Milanes, V., Torre-Ferrero, C., Godoy, J., Oria, J.P., De Pedro, T. (2011) Ultrasonic Sensors in Urban Traffic Driving-Aid Systems, *Sensors*, 11(1), 661-673.
2. Bramberger, M., Pflugfeldor, R., Rinner, B., Schwabach, H., Strobl, B., (2003) Intelligent Traffic Video Sensor: Architecture and Applications, *Proceedings of the Workshop on Telecommunications and Mobile Computing (TCMC)*.
3. Cheung, S.Y., Ergen, S.C., Varaiya, P., (2005) Traffic Surveillance with Wireless Magnetic Sensors, the 12th ITS World Congress.
4. İBB, (2012) İstanbul RTMS örnek kayıtları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi, web:<http://tkm.ibb.gov.tr>, İstanbul.
5. Rajendra, C.V., Kulkarni, P., (2010) Road Traffic Estimation using In-situ Acoustic Sensing, *SIDCOMM 2010 Konferansı*, Hindistan.
6. URL-1, (2014) Yandex Haritalar Web Sitesi, web: <http://harita.yandex.com.tr>
7. URL-2, (2014) Başarsoft Başartrafik Web Sitesi, web: <http://www.basartrafik.com/>
8. URL-3, (2014) İstanbul genel ve spor etkinliği trafik yoğunluğu videosu, web: <http://youtu.be/9C3oATtOLDk> ve http://youtu.be/sCge1Qfse_M
9. Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamaları, Eser Ofset, İstanbul.
10. Zeiler M., Murphy, J., (2010) *Modeling Our World*, Second Edition, ESRI Press, California, USA.