

KARAYOLUNDA HAREKET HALİNDEKİ TAŞITLARIN ÇEVREYE YAYDIKLARI EMİSYONLARIN ANALİZİ İÇİN CBS'DE ARAYÜZLERİN HAZIRLANMASI

B. Otken¹, M.Ü.Gümüşay²

¹YTÜ, Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. bugraotken@gmail.com

²YTÜ, Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı İstanbul gumusay@yildiz.edu.tr

ÖZET

Günümüzde sanayileşen ve kişi sayısı olarak gittikçe büyüyen toplumların başlıca sorunlarından biri hava kirliliğidir. Fosil yakıtlara daha da bağımlı hale gelen toplumlar, bu yakıtların yanması sonucu ürettikleri zehirli gazları solumakta, kendilerini ve geleceklerini gittikçe büyüyen bir hızda, dönüşü zor olan bir yola sokmaktadır. Bu çalışmanın amacı da, CBS kullanarak bu taşıt emisyonlarının miktarını, sıklığını, ne gibi durumlarda değiştiğini araştırmaktır.

Çeşitli tip ve markada taşıtlar ile belirli güzergâhlarda eş zamanlı egzoz emisyonu ve hareketli olarak GPS ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bu veriler CBS ortamına gerekli şekillerde aktarılmış, çalışmaya konu olan analizler için programlama dili kullanılarak arayüzler geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: CBS, GPS, Arayüz, Emisyon, Taşıt

ABSTRACT

ARRANGING INTERFACES IN GIS TO ANALYSE EMISSIONS, VEHICLES PRODUCE WHILE MOVING ON THE ROAD

Nowadays, one of the biggest problem of industrializing and growing communities, is air pollution. Communities that use fossil fuels more and more, breathe poisonous gasses that fossil fuels produce. In this way these communities lead their way to a dead end. Aim of this project is to show us the amount of vehicle emissions and determine in what conditions it changes.

Various types of vehicles are being ridden on certain destinations and simultaneous measurements are taken by exhaust emission measurement device and GPS. Measured datum were transferred to GIS and analysis made by interfaces that we programmed with Visual Basic

Keywords: GIS, GPS, Interface, Emission, Vehicle

1. GİRİŞ

Atmosfere yayılan kirliliğin çok büyük bir kısmını yol taşımacılığı sonucu ortaya çıkan emisyonlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtları yakarak hareket ve güç üretmek hiç de temiz bir yol olmadığı gibi şu an toplumun yeterliliğine güvendiği toprak altındaki yakıt miktarı da sanılanın aksine çok uzun süre yetecek bir miktara sahip değildir.

Yollardaki taşıt sayısı her yıl arttıkça atmosferde toplanan emisyon miktarı da artmaktadır. Bireysel taşıtların bir çoğunda emisyon salınım kontrolü büyük ölçüde geliştirilmişken taşıt sayısındaki bu artış, tek tek bakıldığında taşıtların sahip olduğu bu teknolojiyi nötrlemektedir. Bunların sonucu olarak endüstriyel ve çevresel alandaki taşıt egzoz gazlarının izlenmesi ve azaltılması için yeni teknolojiler üretmek önemlidir. Bu çalışma, birinci kısım ile yani CBS kullanarak egzoz gazlarının ve yarattıkları kirliliğin izlenmesi ile ilgilidir. Yakın gelecekte, ölçülen verilerin toplanıp sunulması için yeni sistemlerin üretilmesi, egzoz emisyonlarının analiz edilmesi ve sorunlarının giderilmesi için yararlı adımlar sağlayacaktır. (J D Cullen, A Shaw and A I Al-Shamma, 2007)

Projeye konu olan bu çalışmada ölçümler hareket halindeki taşıtlara önceden bağlanmış GPS ve egzoz emisyon ölçüm cihazları ile yapılmıştır. Taşıtların, yokuş çıkıp inmesi, trafik ışığında beklemesi, düz yolda ilerlemesi gibi coğrafi durumları GPS aleti ile izlenirken, atmosfere saldıkları gazlar seygar egzoz emisyon ölçüm cihazları ile ölçülmüştür. Bu iki veri daha sonra bilgisayar başında bir araya getirilerek hareket halindeki bir aracın ne gibi durumlarda ne büyüklükte emisyon yaydığı belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları ESRI coğrafi bilgi sistemleri yazılım kuruluşunun bir ürünü olan ArcGIS 9.2 programında bir araya getirilmiş, yazılan bazı kodlar ile çeşitli arayüzler yapılmış ve analizler bu arayüzlerle gerçekleştirilmiştir.

2. TAŞIT EMİSYONLARININ ÇEVREYE ETKİSİ

Dünya genelinde birincil enerji kaynaklarının yaklaşık beşte biri, ulaştırma sektörü tarafından tüketilmektedir. Ayrıca bu sektör yaklaşık olarak aynı miktarlardaki sera gazları üretiminden de sorumludur. Gelecek yıllarda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla artan ulaşım talebi karşısında sera gazlarının etkisinin artışı daha kötü durumlara gelebilecektir. (Ceylan, Karaşahin,, Haldenbilen, 2007)

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, sadece küresel ısınmayı tetiklediği için değil, bu emisyonlar ozon tabakasını deforme ettiği ve birçok canlı organizmaya zarar verdiği için, çevrecilerin ve toksikologların dikkatini çekmeye devam etmektedir. Dünya genelinde kullanımda olan taşıt sayısı arttığından, motorlu taşıt emisyonlarının çevre ve ekosistem üzerindeki etkilerini azaltmak için, motorların yeniden dizaynı dâhil birçok düzenleme yapılmaktadır.

2.1 Egzoz emisyonları nedir?

Ülkelerin sık yerleşim birimlerinde kişisel ulaşım araçları zararlı taşıt egzoz emisyonlarının başlıca ve en büyük üreticisidir. Egzoz emisyonları benzin ya da dizel güçlü içten yanmalı motorlarda yanan hava-yakıt karışımı tarafından üretilir. Emisyonlar aynı zamanda taşıtlar durduğunda yakıtın buharlaşmasından ve sonrasında tekrar yakıt akışı sağlandığında da üretilir. Taşıt emisyonlarının seçimi, arabalarda (benzin ya da dizel) ve kamyonlarda (dizel) yakıt tipine ve çalışma karakterlerine göre çeşitlilik gösterir. Taşıt emisyonlarının bileşenleri su buharı, karbondioksit, nitrojen ve oksijendir. Aynı zamanda başka kirleticiler de mevcuttur; bunlar karbonmonoksit, nitrooksitler, yanmamış yakıt ve küçük toz parçalarıdır. Bu içeriklerden bazıları iklim değişimlerine neden olabilen taşıt bazlı hava kirliliğinde çok büyük rol oynamaktadır. (U.S. Department of Energy, 2003)

Tablo 1: ABD’de 1965 yılındaki ana emisyon kaynakları (milyon ton / yıl)

	Karbonmonoksit	Sülfüroksit	Hidrokarbon	Nitrooksit	Partiküller	Toplam	Yüzde
Motorlu Taşıtlar	66	12	6	1	1	86	60
Endüstri	2	9	4	2	6	23	17
Güç Santralleri	1	12	1	3	3	20	14
Alan Isıtması	2	3	1	1	1	8	6
Atık Yönetimi	1	1	1	1	1	5	3
Toplam	72	26	19	13	12	142	100

Kaynak : Atmosferik Kirlilik (W.Bach)

2.2 Taşıt emisyonlarına etki eden kullanım alışkanlıkları

Kişisel sürüş alışkanlıklarının ve aynı zamanda çalışma koşullarının yakıt ekonomisi ve egzoz gazı üretiminde çok büyük etkisi vardır. Altta evreler egzoz gazı salınımında belirleyici unsur olan evrelerdir. (Enemari, J.J., 2001)

Yük – Taşıtların üretimden sonraki ağırlıkları asgari yakıt tüketimine sahiptir. Yük arttıkça motor, yükü taşımak için çok daha fazla iş yapmak zorunda kalır. Bunu yapmak için ise emisyon salınımını tetikleyen yakıtı yakar. Kullanılan yakıt tipine, kurşunlu ya da kurşunsuz olmasına göre sülfüroksit, nitrooksit gibi gazlar salınır.

Motorun Çalışmaya Başlatılması – Motorun ısıtılmadan başlatılması yüksek miktarda yakıt emilmesine yol açar. Ardi ardına hızlanmalardan kaçınılmalı ve ani motor çalıştırmalarından uzak durulmalıdır çünkü bu durumlarda da yüksek miktarda yakıt emilimi söz konusudur. Motor bir kez çalıştırıldığında, bazı insanların motoru ısıtmak için kullandığı bir yol olan ardi ardına hızlanmak yerine normal olarak sürülmelidir.

Rölanti, şehir trafiğinde vites değişimi – Bunların hepsi yüksek miktarda yakıt emerek çevre kirliliğine neden olan durumlardır.

Hız – Uzun periyotlarda yüksek hızlarda sürüş daha fazla yakıt yakar. Uzun mesafeli yolculuklarda gaz pedalına yumuşak basışlar yapmak önemli miktarda yakıt tasarrufu sağlar. Uygun ölçüm yapılmayan lastikler sürtünmeyi artıracığı için yüksek enerjiye ihtiyaç duyan motor, yakıt tüketimini artıracaktır.

3. TAşIT EMİSYONLARININ ANALİZİNDE CBS’NİN ROLÜ

Coğrafi bilgi sistemi teknolojisi hava kirleticilerinin emisyon kestirimlerini analiz etmekte ve kestirmede çok önemli yenilikler getirmiştir. Buna ek olarak CBS, hava kirliliği etkilerinin halk sağlığı ilişkisini anlamakta çok önemli bir araçtır. İnternetle birleştiğinde CBS, bu sonuçların halka gösterilmesini ve onlara çevrelerindeki hava kirliliğinin tipi ve kaynakları hakkında bilgi verilmesini de sağlar.

Hava kirliliği analizlerinde CBS hala yeni bir oluşumdur ve uygulanabilmesi için devamlı bir yenilemeye ihtiyacı vardır. Nihayetinde CBS ile ilişkili emisyon envanteri özünde bizim, hava kalitesi standartlarını yakalama ve yerel halka hava kirliliği etkilerinin anlatılması konusunda kabiliyetlerimizi arttıracaktır. (Gaffney, P. , 2002)

3.1 CBS nedir ve neden CBS kullanırız?

Basitçe söylemek gerekirse bir coğrafi bilgi sistemi, elektronik ortamda depolanan, analiz edilen ve sunulan bilgi anlamına gelir. İçinde mekânsal verileri, o anki bölgesel bilgileri (çoğunlukla daha da fazlasını) barındırır. Coğrafi bilgi sistemleri mekânsal verileri kolayca depolayabilir ve alan, poligon, sınır, çizgi ve nokta gibi şekillerde yönetir. Bu objelerden her biri, yapı yerleri, yollar, nehirler, yükseklik, mekânsal nüfus verileri ve siyasi sınırlar gibi gerçek toprak özellikleridir ve bunların hepsi CBS yazılımları tarafından birbirleriyle ilişkilendirilebilir, iç içe sokulabilir ve analiz edilebilir.

3.2 Neden CBS tabanlı bir emisyon envanteri oluşturmalıyız?

CBS tabanlı emisyon envanteri oluşturmak için öncelikli bazı nedenler: (Gaffney, P. , 2002)

1. Mekânsal Çözünürlük: Emisyon envanteri için topladığımız bilgilerin çoğu tesis yerleri, trafik yoğunluğu, zirai alan aktiviteleri gibi mekânsal bileşenler içerir. Ne yazık ki bu bilgi çoğu zaman haritalardaki gibi mekânsal formatta görüntülemek için uygun olmaz. şu an, teknoloji ve işleme gücü tam katılımlı mekansal ve geçici bilgilerin emisyon envanterine katılmasına olanak tanımaktadır.

2. Doğruluk: Hava kalitesi planlamasına ve şehirler için atmosferik modelleme ihtiyaçlarına destek olmak için kesin, detaylı ve tutarlı emisyon bilgisi üretmek gün geçtikçe önem kazanmaktadır. CBS, mekânsal veriyi depolamak, yönetmek, doğruluğunu kontrol etmek ve halk sağlığını artırmak için tedbir alıcılara destek olmak için çok etkili bir yoldur.

3. Tutarlılık: Emisyon envanterleri daha çok işlendikçe ve daha da detaylı olmaya başladıkça daha karmaşık hale gelirler. Envanterleri üretmek için gereken bilgi de aynı zamanda daha karışık bir hale gelir ve paylaşılması zorlaşır. Coğrafi tabanlı bilgi kullanarak daha tutarlı, birbirleriyle ilişkili, paylaşılabilir, karışılaştırılabilir ve analiz edilebilir envanter bilgisini üretebiliriz. CBS kullanımı aynı zamanda bize hava kalite bilgileriyle beraber emisyon verilerini, meteoroloji ve modelleme sonuçlarını birbirleriyle etkili şekilde birleştirme ve karışılaştırma olanağı sunar.

4. Ulaşılabilirlik ve Anlaşılabilirlik: Emisyon envanter verisinin birçok kullanıcıya daha kolay ulaşması için önemli ölçüde gelişim sağlanmıştır. Buna rağmen veriyi enteraktif ve grafik formatlarda üretmek için acil bir ihtiyaç söz konusudur. Örneğin, kullanıcıların basit web tabanlı araçlarla hava emisyonlarını görüntüleyip, üzerlerinde analizler yapabileceği emisyon haritalarının oluşturulması önemlidir. Genel bir istek ise “Evimden bir mil çapında herhangi bir emisyon kaynağı varsa bana göster”dir. Etkileşimli, dinamik istekler sadece CBS teknolojisi tarafından karışılabilir.

3.3 Bilgilerin toplanması

Her araçtaki emisyon bilgisi, araçlar gerçek yol koşullarında hareket halinde iken SAMTECH aletleri ile saniye saniye ölçülmüştür. Yol sınıfları ve koordinatları Laipac Tech GD30L, GPS aleti kullanılarak kaydedilmiştir. GPS aleti ile ölçülen enlem boylam bilgilerini coğrafi bilgi sistemine transfer etmek mümkündür. Emisyon ölçüm bilgileri ile GPS bilgileri eşeştirilmiştir. ArcGIS arayüzleri ile bu bilgiler transfer edilmiştir.

3.4 Kullanılan yazılım ve donanımlar

Bu projede ArcGIS 9.2, Microsoft Access ve Microsoft Excel programları kullanılmıştır. 512 mb RAM, 250 gb sabit diske sahip kişisel bilgisayar kullanılmıştır.

4. EMİSYON VERİLERİNİN CBS ORTAMINDA ANALİZİ

Taşıt emisyonlarının arazi şartlarındaki değişimlerini araştıran bu proje için 30 kadar çeşitli tip, ebat ve markadaki aracın egzozlarına seygar emisyon ölçüm cihazları takılmıştır. Bu taşıtlara aynı zamanda gezici GPS aletleri de monte edilmiştir. Bu taşıtlar İstanbul’un çeşitli bölgelerinde sürülmüştür. Sonuçta elimizde, herhangi bir uydu görüntüsüne oturtulduğunda, yoldan gittiği açıkça görülen, her emisyon ölçüm zamanında CO, CO2 ve NO gibi zararlı gazları ölçülen bir veri oluşmaktadır.

Bu ve daha birçok veri bir Excel dosyası içine kaydedilmiştir. Hem emisyon ölçüm aletinin hem de GPS’in kendi zaman ölçüm sistemi olduğundan köprü, üstgeçit gibi yerlerde bazı zamansal kayıklıklar oluşmuştur. Zamansal verilerin eşitlenmesine yardımcı olması ve hangi satırda kayıklığın başladığının bulunması için çeşitli yardımcı programlar kullanılmıştır. Excel dosyası bir sonraki aşamada gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra Microsoft Office Access programına aktarılmıştır. Burada kolonların isimleri düzenlenmiştir. Ardından çalışmanın çok büyük kısmının yürütüldüğü, bir CBS yazılımı olan ESRI ArcGIS programında yeni bir proje oluşturularak içine az önce düzenlendiğimiz bilgi bankası konulmuştur. Programda, Excel tablosundaki koordinatlar okutulularak güzergâhlar açığa çıkarılmıştır.

Projenin bir sonraki aşamasında altlık olarak kullanılacak olan paftaların bir CAD programı olan Bentley Microstation programında gereksiz öznitelikler kapatılmıştır ardından bu dosya ArcGIS programına aktarılmıştır.

4.1 Analizler için çeşitli arayüzlerin oluşturulması

Bu projenin amaçlarının başında, CBS ortamında yapılan analizlerin ArcGIS programının araçları ile değil, üretilen arayüzlerle yapılması gelmektedir. Bunun için öncelikle ESRI şirketinin bir eğitim kitabı olan ArcObjects kullanılmıştır. Bu kitapta çeşitli kodlarla neler yapılabileceği şekiller üstünde gösterilmiştir. Arayüz yazımı için gerekli olan kodların bir kısmı bu kitaptan yararlanılmış, birçoğu ise ESRI şirketinin web sitesindeki Destek bölümünden bulunarak düzenlenmiştir.

Arayüz oluşturulmasını sağlayan kodlar aslında kütüphanelerdeki kitaplara benzetilebilir. Ne tür bir arayüz istiyorsak bunu, tıpkı bir kütüphanedeki kitap bölümleri gibi raflardan genel bir şekilde, daha sonra ise amaca yönelik kitabı bulur gibi gerekli kodu bularak yapılabilir. Arayüzlerin etkili biçimde kullanılması için arayüzün hangi amaçla kullanılacağı iyi belirlenmelidir. Bir arayüz bazı durumlarda birden fazla yöntemle yazılabilir. ESRI’nin web sayfasındaki Destek bölümünde dünyanın çeşitli bölgelerindeki profesyonel CBS kullanıcılarının ve program yazıcılarının yorumları ve yardımlarıyla aradığımız kodlar kolayca bulunabilmektedir. Kullanıcının bu aşamadan sonra yapması gereken ise daha önce yazılmış bu kodları kendi projesi için kullanılabilir hale getirmek, gerektiği yerlerde sadeleştirmek ya da daha da genişletmektir.

Bu çalışmada ArcGIS’in içine entegre edilmiş ve programın amaçlarına göre düzenlenmiş Visual Basic dili kullanılmıştır. Her arayüz için ayrı bir form oluşturulmuş, çeşitli düğmeler, kutular ile kullanıcının aradığı bilgileri elde etmesi, küçük analizler yapması sağlanmıştır.

Aşağıda, bu çalışma dahilinde kullanıcıya sunulmuş 2 arayüz ve 1 adet seçim kolaylığı sağlayan araç, şekiller ile açıklanmıştır.

4.1.2 Grafik çizim arayüzü

Bu arayüz belli bir süre aralığındaki CO, CO2 ya da Nox değişimini grafik şeklinde çizmek amacı ile yazılmıştır. Bu grafikler ArcMAP’in içindeki Tools / Graphs sekmesi ile de çizilebilmektedir ancak bu projenin amacına yönelik olarak istediğimiz analizleri kendi arayüzlerimiz ile yapmak istediğimizden Visual Basic ile yazılmış formlar kullanıldı. Aşağıda, arayüzlerin kısayollarının bir arada bulunduğu menü görülmektedir. (Şekil 2)

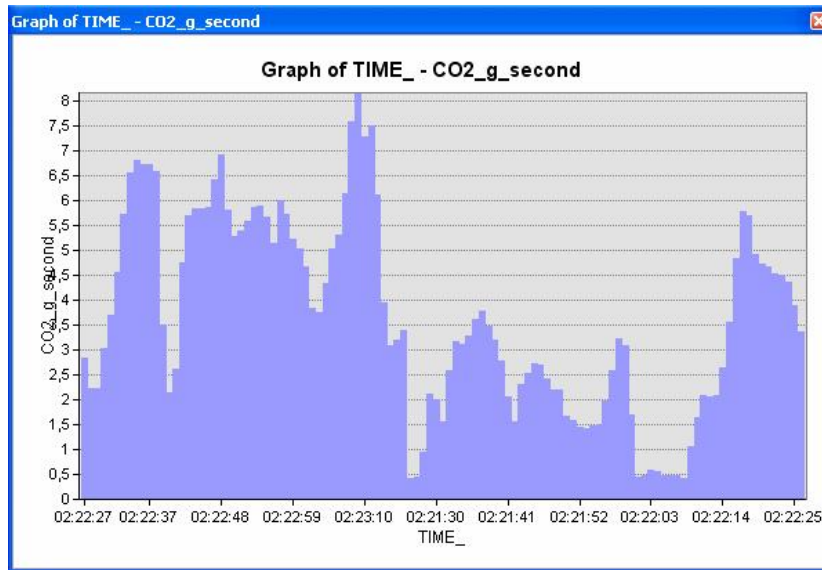


Şekil 2: Yaratılan menüden GrafikCiz arayüzünün açılması

Bu butona basıldığında bir form penceresi açılacaktır. Açılan pencerede görüldüğü gibi Süre Başlangıcı – Süre Bitişi, Etiket Alanı – Değer Alanı bölümleri vardır. Kullanıcının yapması gereken istediği bir süre aralığını girmek ve sonucunda oluşacak grafiğin X ve Y eksenlerinin ne olması istediğini seçmektir. (Şekil 3)

Şekil 3: Grafik çizim arayüzünün formu

Süre başlangıç ve bitiş zamanları güzergâh tabakalarına sağ tıkladığında girilen öznitelik tablosunda da görülen zamanlardır. Bu bölümlere örnek olarak 02:21:23 – 02:22:34 değerleri girilmiştir, etiket alanı olarak Zaman sütunu, değer alanı ise CO2 sütunu seçilir. Çiz butonuna basıldığında yukarıda yazılmış olan kodlar yardımıyla grafik çizilmiş olur. (Şekil 4)

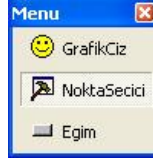


Şekil 4: Arayüz yardımı ile çizilen Zaman-CO2 grafiği

Çizilen bu grafikte mavi renkteki barlara tıkladığında girilen süre aralığındaki nokta tipi veriler seçilmektedir, böylece kullanıcı yüksek bir gaz salınımı gördüğünde bu bölüme tıklayarak coğrafi olarak bu bölgeyi görebilmektedir.

4.1.3 Çoklu obje seçim aracı

Bu araç, tek seferde istenilen sayıda objenin tıpkı bir poligon kapatma işlemi yapar gibi seçilebilmesine yarar. (Şekil 5) Böylece bu proje içinde sıkça karşılaşılan bir sorun olan güzergâh ve açıklayıcı not noktalarının toplu halde seçimi sorunu ortadan kalkmaktadır. Bu yardımcı kod ESRI destek sayfalarında bulunmuş, daha sonrasında bu projeye uygun hale getirilmiştir.



Şekil 5: Nokta seçme aracının çalıştırılması

Kod aktif hale geldikten sonra yapılması gereken seçilecek verilerin tıpkı poligon çizer gibi sol fare tuşu ile çevrelerine tıklamaktır. (Şekil 6)



Şekil 6: Seçilmesi istenen vektör verilerin el ile seçilmesi

Sol fare tuşuna çift tıkladığında objeler seçilmiş olur. (Şekil 7)



Şekil 7: Objelerin seçimi

4.1.4 Ortalama Gaz Miktarı Ölçüm Arayüzü

Bu arayüzün amacı, kullanıcının az önce gösterilen kod yardımı ile dilediği bölgeleri seçerek, bu bölgelerde salınan ortalama gaz miktarını görebilmesidir. Bunu başarmak için az önce gösterilen koda bir form eklenir. Böylece kullanıcı dilediği noktasal verileri seçtiğinde karşısına bu menü çıkar, ortalamasını bilmek istediği gaz tipini ve seçtiği güzergâh numarasını belirledikten sonra Hesapla butonuna bastığında ortalama gaz miktarı kullanıcıya gösterilir. (Şekil 8)



Şekil 8: Ortalama gaz miktarını veren arayüz

Noktalar seçiliyken şekildeki menüde öncelikle gaz seçimi yapılır, ardından ise seçmiş olduğumuz noktalar hangi güzergâha aitse menüden o güzergâh seçilir.

TEŞEKKÜR

Gerek bitirme tezim gerekse bu çalışmada beni daima destekleyen, okul hayatından daha farklı tecrübeler yaşamamı sağlayan hocam Yrd.Doç.Dr. M.Ümit Gümüşay'a çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Burke, R., 2003, "Getting To Know ArcObjects, Programming ArcGIS With VBA" ESRI Press, 2003

Ceylan, H., Kardeşahin, M., Haldenbilen, S., "Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Ulaşım: Yenilenebilir Enerjiye Karşın Enerji Azal(t)ımı"

Enemari, J.J., 2001, "Vehicular Emission, Environmental And Health Implications", Conference On Phase-out Of Leaded Gasoline In Nigeria, Nicon Hilton Hotel, Abuja
15 – 16, Kasım, 2001

Gaffney, P., 2002, "Developing a Statewide Emission Inventory Using Geographic Information Systems (GIS)", U.S. EPA Annual Emission Inventory Conference Atlanta, Georgia, Nisan 2002

Gümüşay, M.Ü., Ünal, A., Aydın, R., 2008, "Use Of Geographical Information Systems In Analyzing Vehicle Emissions: İstanbul As A Case Study" The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing

L E Cordova-Lopez, A Mason, J D Cullen, A Shaw and A I Al-Shamma, 2007, "Online vehicle and atmospheric pollution monitoring using GIS and wireless sensor Networks", Liverpool John Moores University General Engineering Research Institute, RF and Microwave Group, Byrom Street, Liverpool, L3 3AF, UK.

Sakarya Hava Kalitesi Koruma Ve İyileştirme (SAHAKK-İ) Projesi, 2007, "Hava Kirliliği ve Kirleticiler", Sakarya Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Ara Rapor

U.S. Department of Energy • Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003, "Vehicle Emissions", Ağustos 2003

URL 1 ESRI İnternet sitesi, Destek Bölümü, <http://support.esri.com/>