

YERALTI MADENCİLİĞİ EMNİYETİYLE İLGİLİ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI BİR İZLEME VE İŞLETME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

S.Şalap¹, M.O.Karşoğlu², N.Demirel³

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Ankara: salap@metu.edu.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Ankara: karliog@metu.edu.tr

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği, Ankara: ndemirel@metu.edu.tr

ÖZET

Madencilikte iş güvenliği en önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle yeraltı madenciliğinde emniyet ile ilgili mekansal ve meta verinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) oluşturularak idare edilmesi gerekli bir konudur. Bu çalışmanın amacı yeraltı madenciliği emniyetinde daha verimli olabilmek için, gerekli mekansal veri ve meta verilerin kullanımıyla bir CBS oluşturmaktır. Böyle bir sistem sürekli risk tahmini ve tehlike anında acil durum uygulanabilirliğine hizmet edebilecektir. Güvenlik kavramı üç temel unsuru barındırmalıdır. Bunlar, (i) emniyet; (ii) gözetim ve bakım; (iii) olağanüstü durumdur.

Uygulama internet tabanlı coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak emniyet kavramı mekansal olarak modellenmiş ve daha sonra kavramsal model olarak varlık-ilişki diyagramı oluşturulmuştur. Mantıksal model kurulduktan sonra kullanıcı arayüzleri geliştirilerek CBS test edilmiştir. Son olarak da, şimdiye kadar yapılanların ulusal bir CBS altyapı sistemine genişletilebilmesi sorusuyla ilgilenilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı Madenciliği Emniyeti, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Veritabanı İşletim Sistemleri, İlişkisel Veri Modeli, İnternet-Tabanlı CBS, Acil Durum Rota Tayini

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A GIS-BASED MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM FOR UNDERGROUND COAL MINING SAFETY

Mine safety is of paramount concern to the mining industry. The generation of a Geographic Information Systems (GIS) which can administrate relevant spatial data of underground mining safety efficiently is a very vital issue in this sense. In an effort to achieve a balance of safety and productivity, GIS can contribute to the creation of a safe working environment in underground (U/G) mining. Such a system should serve to a continuous risk analysis and be designed for applications in case of emergency. Concept for safety should require three fundamental components, namely (i) constructive safety; (ii) surveillance and maintenance; and (iii) emergency.

The implementation has to be carried out in a Web-Based Geographic Information System. The process comprises first the safety concept as the application domain model and then a conceptual model was generated in terms of Entity- Relationship Diagrams. After the implementation of the logical model a user interface was developed and GIS was tested. Finally, one should deal with the question if it is possible to extend the method of resolution used to a national GIS infrastructure.

Keywords: Underground Mining Safety, Geographic Information System (GIS), Database Management Systems, Relational Data Model, Web-based GIS, Emergency Route

1.GİRİŞ

Maden emniyeti, özellikle kömür madenciliğinde çok önemli bir konudur. Çünkü, yeraltı madenlerinde meydana gelebilecek olan ciddi yaralanmalar ve/veya ölümler, işletme için büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Yeraltı madenciliği, geçmiş yıllarda olduğundan daha güvenli bir hale getirilmesine karşın, maden kazaları hala kritik bir noktada olduğundan, bütünüyle ele alınması gerekmektedir. En son Çin'in Sunjiawan madeninde 2005te meydana gelen kazada 203, Batı Virjinya'da ki Sago madeninde 2006 da meydana gelen kazada 17, ve 2009 da yine Çin'in Gujiao şehrindeki Tunlan Kömür Madeninde 73 kişi yaşamını yitirmiştir. Bu kazalar, maden emniyeti ve sürerliliğinin hala yükselen bir sorun olduğunu göstermektedir.

Yeraltı madeni tabiatı, kendi doğası itibariyle, maden havalandırma parametrelerinden maden kazalarına; ekipman, makine ve personel de dahil olmak üzere pek çok birbiriyle ilişki veriyi kapsamaktadır. Bu verilerin etkin kullanılabilmesi ve analiz edilebilmesi, maden kazalarına ilişkin riskin azaltılması için önemlidir. Tüm önlemlerin alınmasına rağmen önüne geçilemeyen kaza durumlarında ise, ölü ve yaralı sayısını en aza indirmek maksadıyla,

etkin bir acil durum planını harekete geçirmek kritik bir önem teşkil etmektedir. Bu tarz durumlarda, meydana gelen kaza ile ilgili verinin saklanıp ileriki risk yönetimi durumlar için kullanılması şüphesiz fayda sağlayacaktır. Bu nedenle, kapsamlı bir maden emniyeti modeli yukarıda sözü edilen yerlere hizmet etmelidir.

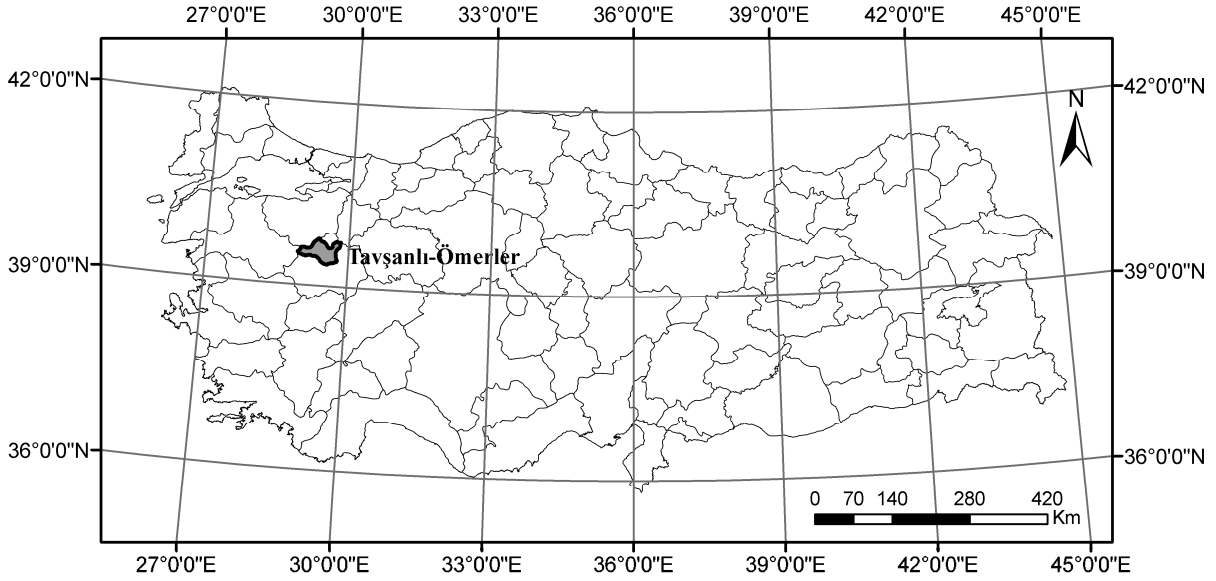
Çoğu maden işletmesi bilgi yönetimi ve emniyetli üretimin gözlenmesi için sistemler kurmuş olsa dahi, halihazırda kullanılan bu sistemler maden haritaların görüntüleme ya da üzerlerinde sorgu imkanı sağlamamaktadır (Fang, 2008). Diğer sensör sistemleri de, kullanıcı-dostu arayüzlerden yoksundur. Bu yetersizlikler, konumsal verinin kullanımının ve temsil edilmesinin yeterince iyi yapılamamasına neden olmaktadır (Thumerer ve ark., 2000; Vasconcelos ve ark., 2002). Dinamik çevresel gözleme süreci, yüksek miktarlarda bilgi üretimine yardımcı olmakla beraber, beraberinde bu bilginin örtülü bilgi kalıplarının da yardımıyla bir veri tabanı yönetim sistemi tarafından yönetiminin zorunluluğunu da getirmektedir (Mitchell ve ark., 1986; Conti ve ark., 1998; Gibert ve ark., 2005). Ayrıca, verinin saklanmasına ve verinin iyi bir şekilde görselleştirilmiş harita üzerinde analizine duyulan artan ihtiyaç, uydu bilgi teknolojisi ve diğer mekansal veri sistemlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak çözüme ulaştırılması sürecini hızlandırmıştır (Groffman ve ark., 2009) (Wilson, 1993). CBS, sistemin kendi veritabanı, yönetim, işleme, analiz ve fonksiyonel görüntüleme aletleri yardımıyla, yeraltı emniyetiyle alakalı mekansal verinin izlenmesinin kolaylaştırılmasına izin vermektedir (Van Dijk ve ark., 2004). Bu işleme ve analiz araçları, yeraltı ortamının izlenmesine hizmet edecektir (Vekerdy, 2004).

CBS tabanlı yöntemler kömür madencilik için farklı amaçlar için kullanılmaktadır. (Johnson ve ark., 2008). Sistem benzer sorunlarla karşı karşıya kalan yeraltı madenlerine de adapte edilebilir. Sisteminin web bileşeni, yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde karar vericilerin veriye erişebilmesi ve değerlendirmesini kolaylaştıracaktır (Van Dijk ve ark., 2004; Rosema ve ark., 1995). Bu sistem, karar vericilere, anlama, açıklama ve maden genelinde belirli faaliyetleri veya fiziksel süreçlerin değişimini tahmin edebilmede yardımcı olması beklenmektedir. Mekansal modelleme ve analiz, mekansal ve zamansal süreçleri ölçmek için araçlar üretmeyi sağladığı gibi, yeraltı madenleri için güvenlik standartlarını da geliştirir (Groffman ve ark., 2009).

Bu anlamda, dinamik, kullanıcı dostu, veritabanı yönetim sistemi (VTYS) entegreli bir CBS ve maden izleme sisteminin, yeraltı madenlerinin güvenlik standartlarını sağlamak ve devam ettirebilmek için, güçlü ve tümüyle etkili bir çözüm kaynağı olması beklenmektedir. Bu çalışmada, yeraltı madencilik emniyetiyle alakalı analiz ve sorgulama yöntemlerinin geliştirilmesi ve gözlenmesi için CBS ve VTYS nin kullanımı tartışılmıştır. Çalışmada kullanılan algoritma başlıca beş etmeden oluşmaktadır. Bunlar, (i) kavramsal veritabanı modeli tasarımı, (ii) varlık-ilişki modeli kullanılarak mantıksal bir modelinin geliştirilmesi, (iii) fiziksel gereksinimlere göre fiziksel bir modelin geliştirilmesi, (iv) nesne bazlı programlama dili kullanarak kullanıcı arayüzlerinin oluşturulması ve geliştirilen modelin doğrulanması ve (v) hazırlanmış modelin Türkiyede bulunan Garp Linyit İşletmesi için test edilmesidir. Çalışmada destek CBS yazılımı olarak MapInfo kullanılmıştır. Sistem dosyaları da bu nedenle, MapInfo dosya yapısı olan .tab uzantılı dosyalardır. Geliştirilen sistemin, CBS ve DMBS sorgu ve analiz yeteneklerini kullanarak, yeraltı madencilik emniyet standartlarını koruma ve devam ettirmeye yönelik etkin bir araç olarak kullanılması beklenmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak, Türkiyenin orta batısında yer alan, Tavşanlı-Ömerler yeraltı linyit madeni seçilmiştir (Şekil 1). Garp Linyit İşletmesi (GLİ), 1985 yılından bu yana devlet kuruluşu olarak kömür üretim ve pazarlamasında çalışan Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) bağlı olarak işletilmektedir. 4.357.800- 4.356.000 m enlem ve 448.800 -450.000 m boylam aralığında bulunmakta olup, genişliği yaklaşık olarak 135 km² civarındadır. Yeraltı maden yıllık üretim kapasitesinin 2.35 milyon tondur ve ara katman geçertmeli uzunayak yöntemi ile madencilik faaliyeti devam ettirilmektedir. Üst örtüsü yaklaşık olarak 240m derinliğindedir. Madende, üç varidyaya bölünmüş halde, 629 işçi bulunmaktadır. Yedi maden mühendisinin görev yaptığı müessesede, bir adet iş sağlığı ve güvenliği mühendisi de, çalışma ortamının güvenliğinden sorumlu olarak çalışmaktadır. Çalışma alanı olarak başlıca seçilme sebebi, maden hakkındaki verilerin daha kolay erişilebilir ve daha hassas olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1: Çalışma Alanı Yeri

3. VERİTABANI TASARI VE YÖNETİMİ

3.1 Veri Girişi ve Ön işleme

Yeraltı kömür madeni güvenliği için veritabanı tasarımı üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (i) veri toplama, (ii) ön işleme, ve (iii) veri yönetimidir. Girilen veri, veritabanında kendi mekansal, zamansal ve/veya tematik özellikleri ile birlikte tanımlanmıştır. Bu çalışmada, konumsal veri galeri haritası, saha ölçümleri ve fanlar ve ilk yardım istasyonlarının coğrafi konumlarını içermektedir. Galer haritası, 1:2000 ölçekli maden haritası üzerinden elde edilme yer kontrol noktaları kullanılarak kayıt edilmiştir. Harita kaydında kullanılan iyi şekilde dağılmış beş yer kontrol noktasından dördü yaklaşık olarak haritanın köşe noktalarından, biri ise merkez seçilmiştir. Bu yer kontrol noktaları, iki boyutlu affin dönüşümü gerçekleştirmek ve imaj kordinatlarının ayarlamak için kullanılmıştır (Chen ve Lee, 2001). Harita kaydında MapInfo üzerinden affin dönüşüm sağlanmıştır. Projeksiyon sistemi Universal Transvers Merkator (UTM) olarak seçilmiş olup, 33 bölge numaralı, ED50 datumu temel alınmıştır. Görüntü kaydı, az bir pikselden daha az bir hata payı ile yürütülmüştür.

Kayıtlı harita MapInfo Professional ortamında sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış harita, dört farklı katmandan oluşmaktadır. Bunlardan fanlar, ilk yardım istasyonu ve hava ölçüm istasyonu bilgileri nokta; galeri bilgileri ise çizgisel veri olarak saklanmaktadır. Bu dosyalar MapInfo Professional formatında tutulmaktadır. Çalışmada, mekansal olmayan öznitelikler ise doğrudan ölçüm yada ikincil bir süreçten geçirilerek hesaplanıp, kullanılmıştır. Örneğin, fan performansı özellikleri direkt olarak elde edilebilmesine rağmen, hava basıncı düşüşü değerleri basınç farkı, sürtünme faktörü, hava yolu çevresi, hava yolu uzunluğunun bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Bu eşitlik(1) aşağıda verildiği gibi (Güyağüler ve Güngör, 1999);

$$P = \frac{k \times C \times L \times Q^2}{A^3} \quad (1)$$

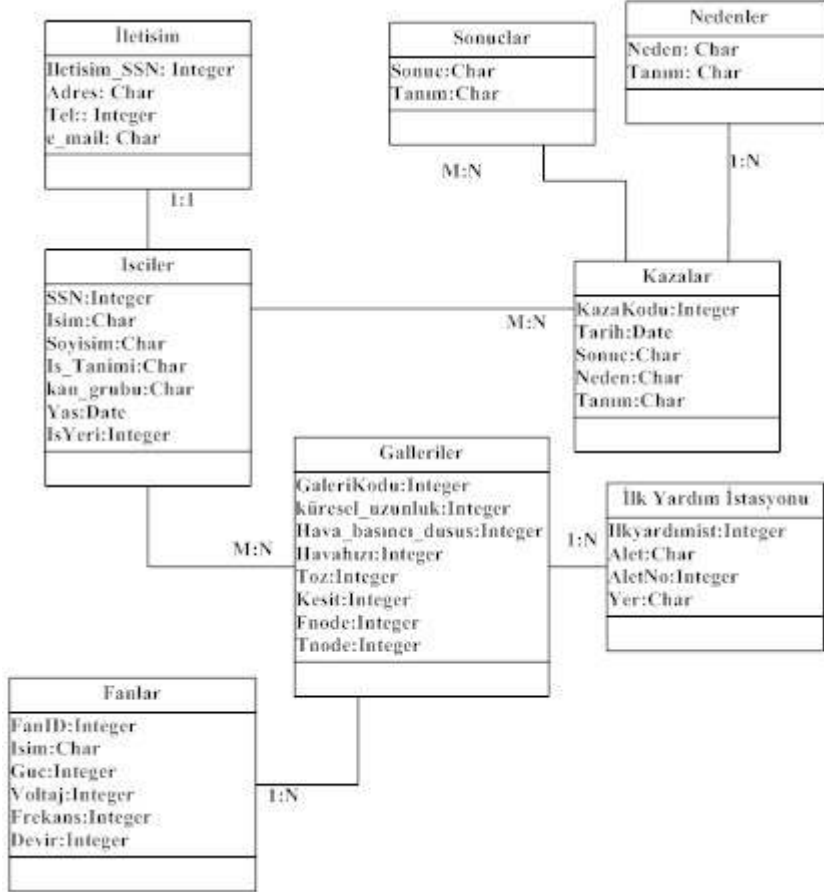
P basınç kaybı (Pascal), k sürtünme faktörü (Ns^2/m^4), C galeri çevresi (m), L uzunluğu (m), Q hava miktarı (m^3), A galeri kesitsel alanından (m^2) oluşmaktadır. Galerilerin küresel uzunlukları, MapInfo programında galeri tablosuna eklenen ayrı bir sütunda hesaplanıp, atanmasıyla bulunmuştur.

Temporal özellikleri de veritabanında tutulmaktadır. Bunlar, işçilerin kişisel bilgileri, kaza istatistikleri ve kaza türleridir. Galer uzunlukları, işçi isminleri, ay bazında tutulmuş hava basıncı değerleri gibi ölçümler, tematik özellikleri olarak kabul edilebilir. Bu tematik özelliklerde diğer özniteliklerle birlikte MS Access ortamında tutulmaktadır.

3.2 Veritabanı Tasarı ve Yönetimi

Veritabanı yönetim sistemi, bir veritabanı ve bir yönetim sistemi birleştirilerek bilgiyi alma, güncelleme, ve gerekli bilgiyi görselleştirme işlerini gerçekleştirmeye yardımcı olur(Chen ve ark.,2007).Ömerler yeraltı madeni için veritabanı tasarımı ve yönetimi çeşitli aşamalar için elde edilmiştir. İlk olarak, yeraltı maden emniyetinin sürdürülmesi ve korunmasına yönelik maden stratejisi tanımlanmıştır. Bu anlamda, bu çalışma için yeraltı madenciligi emniyetiyle alakalı olarak gerekli parametreler ve işçi güvenliğiyle ilgili kaygılar başlıca ilgi alanını belirlemiştir.

Veritabanı yönetimi, bilgisayar tabanlı bir yönetim sistemi kullanılarak MS Access ortamında hazırlanmıştır ve sistemin ana çerçevesi de bu anlamda hazırlanmıştır.Bir veritabanı sisteminin boyutlandırma ve değişime karşı esnek olması gerekliliğinden ötürü, sistem ilişkisel veritabanı yapısında yapılandırılmıştır. Geliştirilen veritabanı, Şekil 2 deki UML(Unified Modelling Language) diyagramında görüldüğü gibi yeraltı maden emniyetiyle alakalı varlık ve özneliklerden oluşmaktadır.



Şekil 2: UML Diyagramı (öznitelik,varlık ve ilişki gösterimi)

Örneğin, kaza-varlık veritabanı şemasında (Şekil 2) kaza kodu, nedeni, sonucu, tarihi ve tanımından oluşan beş adet öznitelik bilgisi bulunmaktadır.Yeraltında meydana gelen bir kaza anında, kaza oluş nedeni, sonucu ve tarihi bilgileri bu veritabanında tutulmaktadır. Kaza tanımı, kazanın ilişkili olduğu türle bağlantılı olarak yapılmaktadır. Kaza tablosuna benzer şekilde, neden ve sonuç tabloları da tanım sütununa sahiptir. Ömerler yeraltı madeninde, her kaza için kaza tipi ve tanım bilgisi o kaza için atanır. Tanım bilgisi bu kodların her program kullanıcısı tarafından anlaşılabilir hale gelmesini sağlar. İletişim bilgileri, çalışanlar, galeriler, ilk yardım istasyonları ve fanlar için hazırlanan tablolar da belirli özelliklere sahiptir.

Önemli varlık ve ilişkilerin bulunduğu kavramsal modelleme seviyesinde, en üst düzey ilişkileri içeren varlıklar tanımlanmıştır.Veritabanında en temel varlıklar çalışanlar, kazalar, nedenleri, sonuçları, kişi iletişim bilgileri ve galerilerden oluşmaktadır.Mantıksal veri modelinde ise, tablolar arası ilişkiyi sağlayacak olan birincil ve yabancı anahtarlar belirlenmiştir. Örneğin.galeri tablosu için galeri kodu her demet için eşsizdir ve bu tablo için galeri kodu birincil anahtar görevini görmektedir. Veritabanının ilişkisel modeli Şekil 2'de UML diyagramında görülmektedir. Örneğin, kaza tablosu, işçiler tablosuna ,işçisi kodu ile ilişkilendirilmiştir. Bir işçi bir çok kazaya maruz kalabilir, ya da bir kazada pek çok işçi yaralanabilir.. Bu nedenle, işçiler ve kaza arasındaki ilişkiyi M N ilişkisi olarak tanımlanmıştır.

Şekil 2'de gösterilen gelişmiş veritabanı, veritabanı kontrolü ve girişinin dikkatle sürdürülmesi için kullanılabilir bir tasarımdır. İşçiler ve kazalar hakkında tutulan bilgiler, bu sistem sayesinde görüntülenebilir, analiz edilebilir. İşçiler, kazalar, kişiler, kaza nedenleri ve sonuçları farklı sekmelerde, ilk form üzerinden incelenebilir. Her sekme, başlığıyla alakalı belirli değerlerden oluşur. Ekleme, silme ve güncelleme işlemleri her sekme için geçerlidir (Şekil 3).

Şekil 3: Kaza ve İşçi Veritabanı Programı Ekran Resmi

4. YERALTI MADENİ GÜVENLİK MODELİ: GELİŞTİRME VE UYGULAMA

Bu çalışma için geliştirilmiş olan yeraltı maden emniyeti için geliştirilen Web tabanlı CBS uygulaması standart harita görüntüleme seçenekleri ve özelliklerini sezgisel arayüzler sayesinde gerçekleştirmektedir. Sistemin sunucu kısmında, Windows işletim sistemi yüklü makine üzerinde kurulmuş Internet Information Services (IIS) kullanılmakta olup, CBS işlevleri de arayüz bağlantıları üzerinden MapInfo ve MapXtreme sayesinde gerçekleştirilmektedir. Alıcı tarafında, etkin kullanıcı erişimiyle, istenilen bilgi, görüntüleme ve bilgi analiz sayesinde gerçekleştirilmektedir.

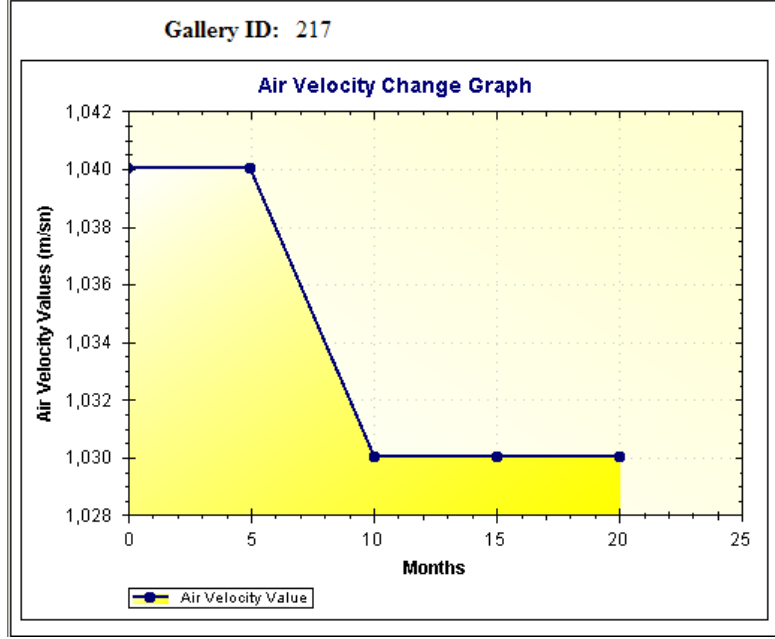
Bu çalışmada, maden gözleme durumunda yapılan sorgu işlemleri Standart Sorgulama Dili (SQL) temel alınarak yapılmaktadır. Temelde, kullanıcı istekleri doğrultusunda pek çok sorguyu sistem üzerinden gerçekleştirebilmektedir. Bunlar (i) temel harita işlemleri (yakınlaştırma-uzaklaştırma, vs.), (ii) aranan objenin harita üzerinde bulunup işaretlenmesi, (iii) bilgi aracı ve (iv) SQL komutu sayesinde arzu edilen sorgunun gerçekleştirilmesidir. Bu operasyonların amacı madende bulunan yöneticilerin halihazırda bulunan veri üzerinde istediği sorgulamayı yapıp, istediği görselleştirmeye ulaşabilmesini sağlamaktır. Böylece, yeraltı ortamı rahatça gözlemlenebilecek ve herhangi bir durum hakkında kolayca bilgiye ulaşılacaktır.

Bir yeraltı madeninde, mevcut fanlar, ilk yardım istasyonlarının konumu, çıkış lokasyonları, acil durum çember alanı gibi mekansal olarak ilişkilendirilebilecek birçok öge bulunmaktadır. Akıllı maden haritası üretiminde, temel harita kontrolleri, kullanıcının ilk etapta ilgisini çekmek ve harita hakkında daha çok bilgiye sahip olabilmesi için çok önemli araçlardır. Bilgi aracı sayesinde, harita üzerinde herhangi bir nesne hakkında tutulan tüm bilgilere kolayca ulaşılabilir. Örneğin, kullanıcı harita üzerinden nesneyi seçtiğinde, sistem önce katman bilgisini elde edip, ardından nesneyle kesişen veritabanındaki tablo bilgisini yeni bir tablo oluşturarak ekrana getirir. Ayrıca, kullanıcı tarafından yazılmış SQL deyimi ile de seçim yapılabilir. Seçim parametreleri kullanıcı ihtiyaçlarına bağlıdır. Seçim formatı ise "select [COLUMN_NAME] from [TABLE_NAME]" şeklinde yapılmıştır. Metin yazıldıktan ve sorgu çalıştıktan sonra, sorgu sonucu oluşan tablo web sayfasında açılır.

Geliştirilen web tabanlı CBS modeli aynı zamanda hava yollarında hız dağılımları, havalandırma parametrelerine göre tematik gösterimler ve acil durum kaçış rota tayini gibi durumlar içinde kullanıcıya analiz imkanı sağlamaktadır. Bu analizlerin de yardımıyla, çalışma ortamı kolayca gözlemlenebilecek hale gelip, analiz sonuçları da ileriki tahminler için önemli bir öngörü kaynağı teşkil etmektedir.

4.1 Hava Hızı Dağılımı Analizi

Yeraltı madenleri için havalandırma, maden sağlığı ve güvenliği için zor bir iştir. Fan maliyeti bir maden için en pahalı maliyetlerden biri olduğu için, fan seçimi ve performansı minimum maliyetle optimum hava tedarik edecek şekilde tercih edilmelidir. Fan özellikleri gözlemlenmenin yanı sıra, yanıcı gaz konsantrasyonu ve hava hızı değişiklikleri izlemek de yeraltı madencilikinin önemli bir parçası olduğu için kritik yerleri belirlemek önemli bir unsurdur. (Tanaka ve ark, 2005). Bu nedenle, galeriler hava hızı ölçümleri, aylık hava hızı verileri, fan performansları da havalandırma etkinliğini izlemek için değerli bilgiler olabilir. Geliştirilen model sayesinde, aylık hava hızı değerlerinin zamana bağlı değişimi sistem yardımıyla X-Y grafiği şeklinde görselleştirilmektedir (Şekil 5). Bu işlem programa eklenen Zed Graph eklentisi sayesinde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4: 217 Numaralı Galeri için Hava Hızı Değişim Grafiği

Sistem ayrıca kullanıcı olan maden mühendislerinin, yeraltı güvenliği ile mekansal olarak ilişkilendirilmiş maden havalandırmasında meydana gelen değişimleri ve bunlarla ilintili olabilecek maden kazalarıyla ilişkilerini de gözlenmesine olanak sağlar.

Hava dağılımı değerleri tekrar galeri tablosunda kaydedilir ve bu bilgi ilişkili olduğu veritabanında tutulur. Bu prosedür ve aynı grafik temsili diğer zararlı gazlar için geçerli olabilir. Böyle bir durumda, maksimum izin verilen konsantrasyon değeri ikinci bir denklem olarak eklenebilir ve eşik değeri aşan gaz miktarı gözlemlenebilir.

4.2 Tematik Gösterim

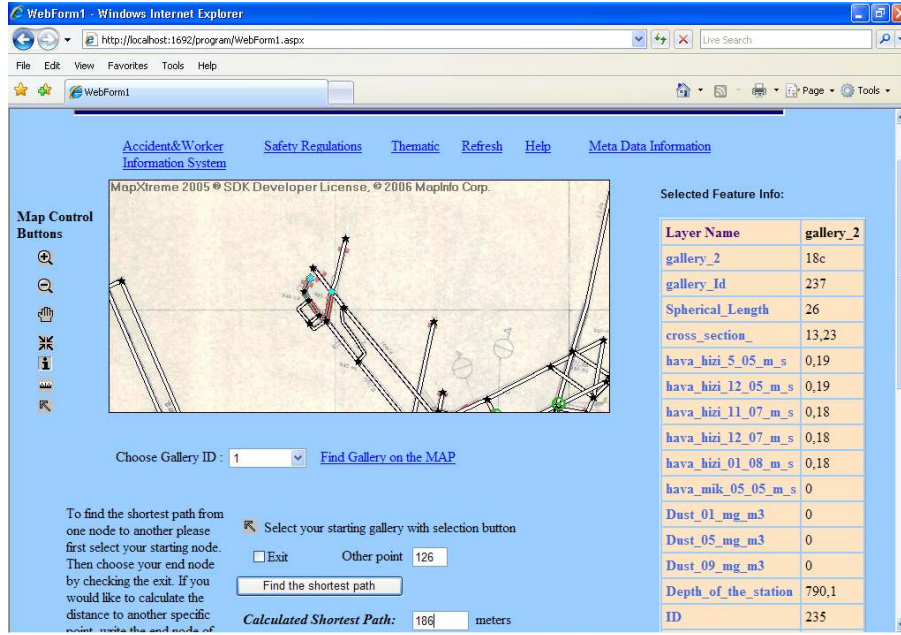
Bu çalışmada, tematik gösterim uygulaması bir masaüstü uygulaması olarak tasarlanmıştır. Serverda saklı tutulan .tab dosyaları bu uygulama için kaynak teşkil etmektedir. Tüm tematik harita türleri uygulama için seçilebilir ve tematik olarak gösterilecek parametreler de kullanıcı tarafından belirlenebilir. Örneğin, madendeki toz konsantrasyonunu tematik olarak gösterimi Şekil 6 da gösterilmiştir. Şekildeki noktasal semboller, toz oranı göre boyutlandırılmıştır.

Toz konsantrasyonu tematik harita olarak üç temel amaca hizmet edebilir. Birincisi, galerileri hakkında özel bilgi sağlar. İkincisi, toz konsantrasyonunun mekansal kalıpları hakkında genel bilgi sağlar. Üçüncü olarak, iki veya daha fazla galerilerdeki toz dağılım modelleri karşılaştırmak için kullanılabilir.

4.3 Acil Durum Rota Analizi

Gereken önlemlerin alınması ve yeraltı madenlerinin sürekli gözlenmesi ne yazık ki her zaman maden kazalarının engellenmesi için yeterli olmaz. Bu tedbirler kazaların oluşumunu önleyebilselerde, tüm olasılıklar ortadan kalkmayabilir. Bu nedenle, bir kaza meydana geldiğinde, gereken kurtarma operasyonu hemen düzgün bir şekilde planlanmalı ve potansiyel kayıpları en aza indirmeye çalışılmalıdır. Hammond (2001) çalışmasında, CBSnin sadece yeraltı madencilik emniyetini yürütmekle kalmayıp, aynı zamanda acil durum yönetiminde de önemli bir rol oynayabileceğini iddia etmiştir.

Rota optimizasyonunu yapmak için, öncelikle maden haritası baz alınarak galeri ağının kurulması gerekmektedir. Daha sonra bu ağ üzerinde doğru topolojik ilişki kurulmalıdır. Bu çalışmada, ağ modeli MapInfo .tab dosyası üzerinde kurulmuştur. Yazılan bir MapBasic kod yardımıyla, her bir galeri yol segmenti kullanılarak ağ modeli yapılandırılmıştır. Kod çalıştırdıktan sonra, harita üzerindeki her bir galeri bir düğüm başlangıç ve bitiş numarası alır. Bu çalışmadaki ağ oluşumunda, kısıtlayıcı parametre olarak galeri uzunluğu alınmıştır. Acil durumlarda, galeri hava hızı, oksijen miktarı gibi değişik parametrelerde empedans olarak sisteme eklenebilir. Galeri ağı oluşturulduktan sonra, sisteme gömülen bir dinamik bağlantı kitaplığı (DLL) sayesinde en kısa yol bulunmaktadır. Sistemin en kısa yolu bulacağı düzergah için ilk olarak kullanıcının başlamak istediği noktayı seçmesi gerekmektedir. Daha sonra çıkış noktası da atanır ve algoritma ağ üzerindeki segmentleri kullanarak en kısa yolu hesaplar. Programda kullanılan en kısa yol algoritması Dijkstra'nın bu konudaki algoritması baz alınarak oluşturulmuştur (Dijkstra, 1988). Şekil 7 de , acil rota analizinin, kullanıcı arayüzündeki gösterimi verilmiştir. Başlangıç noktası kaza yerindeki madencileri baz alabilir ve bitiş noktası da güvenli olarak madencilerin çıkacağı çıkışı göstermektedir.



Şekil 5: Program Arayüzü

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Yeraltı madenlerinde emniyete dayalı sorgulamaları gerçekleştirebilmek için, yeraltı maden verilerini etkili bir şekilde kullanmak çok önemli bir unsurdur. Her ne kadar veri toplamak için halihazırda kullanılan bilgisayar destekli uygulamalar mevcut olsa da, yeraltı madenlerinde emniyeti standart hale getirecek güçlü ve dinamik bir veri analiz ve yönetim sisteminin gerekliliği halen gelişmekte olan bir konudur. Bu anlamda, kullanıcı dostu ve sağlam bir DBMS ile entegre bir CBS nin , güvenlik standartlarını korumak ve yapıcı bir güvenliği sağlayacak bir platform oluşturması önemli bir noktadır. Bu CBS nin sadece yapıcı emniyeti yürütmek için değil, aynı zamanda acil durum ve gözetim kavramlarında dahil olduğu güvenlik standartlarını korumak için yardımcı bir sistem olacağı sonucuna varılmıştır.

Maden havalandırma sisteminin izlenmesi; tozun ve zararlı gazların konsantrasyonunun izlenmesi ve hava hızının değişimin gözlenmesi konuları için gerekli olduğundan, bu konuda geliştirilmiş internet tabanlı bir GIS uygulaması sayesinde kullanıcı, maden içerisindeki kritik noktaların tayini ve gözlemi işini rahatça sistem vasıtasıyla yapabilecektir. Bu nedenle, geliştirilmiş sistem sayesinde, aylık hava hızı, toz konsantrasyonu veya özellikle galeride zehirli gaz konsantrasyon değişim kolayca gözlenebilmektedir. Sistem ayrıca havalandırma parametrelerinde meydana gelen zamansal değişimleri mekansal olarak galerilerle eşleştirebildiğinden, iş sağlığı güvenliği mühendislerinin bu bilgiyi bu galerilerde meydana gelen kazalarla olan ilişkisini de sorgulamasına yardımcı olur. Ayrıca mekansal veri madenciliği ile maden kazalarının nedenleri analizine yardımcı olur. Sistem sayesinde, tematik gösterim sayesinde toz konsantrasyonu, gaz konsantrasyonları vb bilgiler görsel olarak kullanıcıya kolayca sunulur. Bu haritalar, karar destek sistemlerinde kullanıcının değişik parametreleri ve haritaları kıyaslama imkanı sağladığı için, karar mekanizması için yararlı bir kaynak olacaktır. Bu çalışmada geliştirilen acil rota analizi, en yakın kurtarma odaları veya kaza sırasında madenden en iyi kaçış yolu bulmak için çözüm aşamasında kullanılacak potansiyel seçenekleri sağlamak için önemli bir araçtır. Bu durum, temel kurtarma operasyonları için en can alıcı noktadır ve işçilerin hayatı için önemli bir rol oynamaktadır. Bunların yanısıra, sistem web üzerinden işleyebildiği için, birçok kullanıcı tarafından aynı anda verinin sorgulanmasına ve analizine imkan

sağlamaktadır. Bu özelliğiyle sistem, daha büyük işletmeler için sistemin kontrol mekanizması olarak kullanılmasına olanak sunar.

Sonuç olarak, bu araştırmaki esas çaba Türkiye'de CBS teknolojisi kullanarak yeraltı maden emniyet için gözleme ve veri yönetimi arttırmak ve acil durumlarda etkin kullanımını sağlayıcı öncü bir çalışmayı gerçekleştirmektir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, geliştirilen sistemin diğer yeraltı madenleri için genişletilebilir. Bu amaçla, her madenin kendi veri tabanı ve sunucusunu oluşturması gerekir. Bu sunucular bir ana sunucuya bağlanarak, veri transferi kontrol sağlanmalıdır. Bunun devamlılığının sağlanmasıyla, bilgi teknolojileri vasıtasıyla ulusal madencilik ilerlemesine ve ekonomik olarak gelişmesine imkan sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Garp Linyit İşletmelerine (GLİ) , sağlamış oldukları yeraltı maden verileri için teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Chen, Y. and Lee, Y.**, 2001. Geographical Data Acquisition. Austria: Springer-Verlag Wien.
- Chen, Y.Y., Jiang, Y.J., Li, D.L.**, 2007. A decision support system for evaluation of the ecological benefits of rehabilitation of coal mine waste areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 50 (5), 1205-1211.
- Conti, R. Chasko, L.S, Stowinsky, L.**, 1998. Mine rescue training simulations and technology. In: *Disaster and Emergency Management: International Challenges for the Next Decade*. 453-464.
- Dijkstra, E.W.**, 1988. *A Method of Programming*, 1 edn, Addison-Wesley Press, Wokingham England.
- Fang, K.**, 2008. GIS network analysis in rescue of coal mine. 21st *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress*. (China, Beijing: 3-11 Temmuz, 2008).
- Gibert, K., Sanchez-Marré, M. Rodriguez-Roda, I.**, 2005. GESCONDA: An intelligent data analysis system for knowledge discovery and management in environment databases. *Environmental Modelling & Software*, 21, 115-120.
- Groffman, P.M., Butterbach-Bahl, K., Fullweiler R.W., Gold, A. J., Morse, J.L., Stander, E. K., Tague, C., Tonitto, C., Vidon, P.**, 2009. Challenges to incorporating spatially and temporally explicit phenomena (hotspot and hot moments) in denitrification models. *Biogeochemistry*. 93 (1-2), 49-77.
- Güyagüler T. and A. Güngör**, 2002. "Mine Ventilation Engineering". Middle East Technical University, Ankara, 126 pages. ODTÜ Basım İşliğı.
- Hammond, A.**, 2001. *An Application of GIS in Underground Mining*. <http://www.eomonline.com/Common/currentissues/Sept01/hammond.htm>, [28 Ağustos2006].
- Johnson, N., Yang, C., Ogden, J.**, 2008. A GIS-based assessment of coal-based hydrogen infrastructure deployment in the state of Ohio. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33,5287-5303
- Mitchell, J., Eros, L., & King, R.**, 1986. The Deserado Mine Monitoring and Control System. <http://www.cdc.gov/NIOSH/mining/pubs/pubreference/outputid2165.htm>, [28 Ağustos 2006].
- Prakash, A., Vekerdy, Z.**, 2004. Design and implementation of a dedicated prototype GIS for coal fire investigations in North China. *International Journal of Coal Geology*. 59 (1-2),107-119.
- Rosema, A., Genderen, J.L., van and Schalk, H.J.W.G.**, 1995. Environmental monitoring of coal fires in North China. BCRS Report .9329, 45 pp.
- Takahashi, T.**, 2005. The change of safety awareness in Japan coal mines. *Coal& Safety*.27, 29-36.
- Tanaka, A., Noda, K., Oki, K.**, 2005. Reliability survey of safety measurement in systems in Japanese coalmines based on site investigations. *Coal& Safety*. 27,13-20.
- Thumerer, T., Jones A.P., Brown, D.**, 2000. A GIS based coastal management system for climate change associated flood risk assessment on the east coast of England. *International Journal of Geographic Information Science*. 14, 265-281.
- Van Dijk, P.M., Wang, H.Y., Van Genderen J.L.**, 2004. Earth observation knowledge transfer: the example of ITC's coal fire project. 20th *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress*.(Turkey, Istanbul:12 -23 Temmuz 2004).
- Vasconcelos, M.J.P., Gonçalves, A., Catry, F.X., Paul, J.U., Barros, F.**, 2002. A working prototype of a dynamic geographic information system. *International Journal of Geographic Information Science*. 16, 69-91.
- Wayne, L.**,2005. Metadata in Action. In: *Proceedings of the 2005 GISPlanet Conference Proceedings*, http://www.cnr.vt.edu/gep/pdfFiles/Metadata_PDF%27s/2.2MetadataInAction.pdf.
- Zheng, Y. P., Feng, C. G., Jing, G. X., Qian, X. M., Li, X. J., Liu, Z. Y., Huang, P.** 2009. A Statistical Analysis of Coal Mine Accidents Caused By Coal Dust Explosions in China, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 22, 528-532.