

İSG RİSK YÖNETİMİNDE DOĞRUSAL PROJELER İÇİN CBS'NE DAYALI KARAR DESTEK SİSTEMİ TASARIMI

H. Atay^a, G. Toz^{a*}

^a İTÜ, İnşaat Fakültesi, 80626 Maslak İstanbul, Türkiye - (atayh, tozg)@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELEER: CBS, İSG, Risk Haritası

ÖZET:

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından, inşaat sektörü, pek çok ülkede, istatistiksel olarak en tehlikeli endüstri dallarından biri olarak değerlendirilmektedir. İnşaat sektöründe gerçekleşen iş kazaları can kaybına neden olmasının yanı sıra inşaat maliyetlerini arttırmakta, iş programında gecikmelere ve yüklenici şirketler için saygınlık kaybına neden olmaktadır. Mekânsal olarak dağınık yapıda olan boru hattı ve otoyol gibi doğrusal projeler için, İSG konusunda, kazalardan korunmak amacı ile gerekli önlemlerin alınması; son derece önemlidir. Doğrusal projelerde şantiyelerin yerlerinin sabit olmamasından ötürü çok sayıda alt yüklenici ve ekip; uzunluğu yüzlerce kilometreyi bulan güzergâh boyunca dağınık yerlerde çalışmak zorundadır. Bu nedenle sahada görevli mühendis ve teknik elemanlar için üretimin izlenmesi ve İSG risklerinin belirlenmesi oldukça güç bir hal almaktadır. Son yapılan araştırmalar Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) doğrusal projelerde tasarım aşamasında güzergâh seçiminde, yapılabirlik çalışmalarında; yapım aşamasında proje yönetim aracı olarak kullanıldığını göstermektedir. Ancak doğrusal inşaat projelerinde günlük iş planlarının yapılması sırasında İSG risk değerlendirmesinde kullanılacak CBS' ne dayalı bir sistem geliştirilmemiştir. Bu çalışmada; İSG risk değerlendirmeleri ile mekân ilişkisinin araştırılarak modellenmiş ve doğrusal inşaat projeleri genelinde petrol boru hattı projeleri özelinde proaktif bir İSG yönetiminin sağlanması için bir karar destek sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŞ

1.1 İnşaat Sektörü, İSG ve CBS

İnşaat sektörü, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından, pek çok ülkede, istatistiksel olarak en tehlikeli endüstri dallarından biridir (Salminen, 1995; BLS, 2009). Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2007 İstatistik Yıllığı sonuçlarına göre ülkemizde, kayıtlı 8.505.390 sigortalı çalışan üzerinden yapılan araştırmada toplam 80.602 iş kazası gerçekleşmiş, 1.550 tanesi sürekli iş göremezlikle, 1.043 tanesi ise ölümlü sonuçlanmıştır (SGK, 2007).

İnşaat sektöründe gerçekleşen iş kazaları can kaybına neden olmasının yanı sıra inşaat maliyetlerini arttırmakta, iş programında gecikmelere ve şirketler için saygınlık kaybına neden olmaktadır (Everett ve Frank, 1996). İngiliz İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu (HSE) tarafından yapılan araştırmalarda inşaat sektörü için söz konusu kaza maliyetlerinin proje bedelinin %3-6'sı düzeyinde gerçekleştiği belirtilmektedir (HSE, 2009).

Doğrusal inşaat projeleri kapsamında değerlendirilen boru hatları, sıvı ve gaz gibi akışkan hale getirilebilecek maddeleri uzak mesafelere iletme amacı ile yapımı gerçekleştirilen, pompalama donanımı, vanaları ve diğer ekipmanları ile birlikte büyük çaplı boru ağlarından oluşan tesislerdir. Petrol ve doğal gaz hatları, sıvılaştırılmış doğal gaz hatları, sıvılaştırılmış maden cevheri taşıma amaçlı çamur hatları, karbondioksit

hatları boru hatlarına örnek olarak gösterilebilir (McAllister, 2002; Antaki, 2003; Liu, 2003).

2009 yılı rakamları ile dünyanın çeşitli yerlerinde; planlama, tasarım ve yapım aşamalarında olan 232.000 km. yeni boru hattı projesi gerçekleştirilmektedir. Bu hatların yaklaşık yıllık yatırım maliyeti 30 milyar Amerikan Doları düzeyindedir (Tubb, 2009).

Her türlü coğrafi referanslı verinin etkin olarak elde edilmesi, depolanması, güncellenmesi, kullanılması, analizi ve görüntülenmesi için bilgisayar donanımı, yazılımı, veri ve personelin organize olarak toplanmasından oluşan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); deprem, sel, orman yangını gibi doğal afetler için yapılan risk değerlendirmesi çalışmalarında etkin ve verimli bir araç olarak kullanılmaktadır (Sala ve Vighi, 2008; Zhang ve diğ. 2009, Chuvieco ve diğ., 2010, Kincal ve diğ., 2010, Tingsanchali ve Karim, 2010).

Bu araştırmalar sonucunda tehlike ve mekân birbirine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu noktadan hareket ile bu araştırma çalışmasında İSG tehlike ve riskleri ile mekân ilişkisi ele alınmış ve bunların CBS'leri yardımı ile modellenme olanakları araştırılmıştır.

Geliştirilen model temelinde doğrusal projeler kapsamında değerlendirilen petrol boru hattı projelerinin yapım aşaması için web tabanlı mekana dayalı İSG karar destek sistemi (KDS) tasarlanmıştır.

* Sorumlu yazar.

1.2 Motivasyon ve Problem

Doğrusal inşaat projeleri olarak adlandırılan her türlü boru hatları, otoyollar, demiryolları gibi uzun mesafelerde devamlılık sergileyen yapıların yapım süreçleri; doğaları gereği oldukça karmaşık sistemlerdir. Bu tür projeler uzun mesafelere ve geniş coğrafyalara yayılı olarak gerçekleştirilmekte, zaman zaman uzunlukları binlerce kilometreye ulaşmaktadır. Gerçekleştirilen üretimlerin aynı anda farklı yerlerde tekrar eder nitelikte olması, pek çok yüklenici ve alt yüklenicinin birlikte çalışmasını gerekli kılması ve üretim yerlerinin sabit olmaması bu tür projelerin yönetim ve denetimini zorlaştırmaktadır. Bu yapıdan dolayı, bu alanda, mekana dolayısı ile CBS'ne dayalı inşaat proje yönetim sistemlerine ilişkin çözümlerin kullanılması yarar sağlamaktadır (Bansal ve Pal, 2007; Chand ve Gloven, 2009).

CBS'leri, sunduğu teknolojik olanaklar ile bu tür doğrusal inşaat projelerinin; tasarım, yapım ve işletilmesi evrelerinde; karar verme süreçlerinde yönetim ve denetim amacıyla kullanılabilen etkin bir yöntem olarak kabul görmekte ve bu konuda araştırmalar yürütülmektedir (Luettinger ve Thayne, 2005; Prest, ve diğ., 2007; Zheng, 2008).

CBS'leri mekânsal veriler ile özneliklerinin görselleştirilmesinden öte analiz edilebildiği araçlar sunmakta ve bunların karar süreçlerinde kullanılması ile proje yönetiminde etkinlik ve verimliliği arttırmak olanaklı olmaktadır. Bu anlamda farklı birimlerin üretime dair farklı veri ve bilgi ihtiyaçları CBS tabanlı bütünleşik proje yönetim sistemleri yardımı ile çözümlenmektedir. Malzeme sağlanması ve izlenmesinden inşaat aktivitelerinin yönetilmesine, web tabanlı uygulamalar ile tüm proje paydaşları için proje ilerleyişine dair günlük bazda gerçek zamanlıya yakın ve güvenli veri iletiminden tüm proje veri ve dokümantasyonunun mekana bazlı elde edilerek, işletme aşamasına kolaylıkla aktarılmasına değin birçok alanda etkin ve verimli bir araç olarak kullanılmaktadır (Xiaoge ve Wentong 2005; Bansal ve Pal, 2006; Cobbs, 2006, Bansal ve Pal, 2007; Chand ve Gloven, 2009).

Boru hattı inşaat projelerinin yapım aşaması özelinde gerçekleştirilen uygulama ve araştırmalar; CBS dayalı sistemler kullanılarak sadece üretime dayalı verilerin görselleştirilmesi ve paylaşılmasında kullanılmaktadır. Dolayısı ile bu sistemlerin kullanımı sadece üretim birimleri ile sınırlı kalmakta; İSG, çevre, kalite kontrol ve güvence gibi diğer birimlere ve onların gereksinimlerine cevap verememektedir. Bu sistemler sadece üst yönetime bilgi sunmak amacı ile tasarlanmakta; mühendis ve süpervizör gibi sahada çalışanlardan oluşan taktik ve operasyonel yönetim düzeyinde, yalnızca bilgi ihtiyacını karşılamaya yönelik oldukları için verimli kullanım söz konusu olamamakta karar destek süreçlerinde etkin kullanım anlamında yetersiz kalmaktadır.

Bunun yanısıra bu tür projelerde pek çok inşaat şirketinde, işgören sayısının en az düzeyde tutulması, sınırlı bütçeler ile maliyetlerin en az düzeyde tutulmak istenmesi ve yetersiz İSG kültürü gibi nedenlerden ötürü reaktif bir İSG yönetimi bulunmaktadır (Mohamad, 2003). Kaynak yetersizliği ve katılım eksikliğinden dolayı uzmanlar İSG açısından tehlikeli

durumlar oluşmadan önce önlem alamamakta dolayısı ile reaktif bir yönetim ortaya çıkmaktadır.

Bu araştırma çalışmasında CBS'lerinin İSG risk değerlemesinde bir araç olarak kullanılabilmesi için geliştirilmiştir. CBS'lerine dayalı sistemler yardımı ile İSG veri tabanlarının etkin ve verimli bir şekilde kullanımı, çağdaş İSG uygulamalarının hedefi olan riskleri minimize etme, katılımcı ve proaktif İSG yönetiminin sağlanması amacı ile birlikte çalışma olanakları araştırılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 İSG ve Mekan ilişkisi

İSG riskleri ile mekânsal özellikler arasındaki ilişkiler araştırılmış, bu anlamda İSG risklerinin CBS yardımı ile modellenmesini sağlamak amacı ile bir sınıflandırma geliştirilmiştir. Bu sınıflandırma; Hinze ve diğ. (1998) tarafından 1994 ve 1995 yılları arasında yapılan araştırmalar sonucunda geliştirilen ve daha sonra Amerikan İSG standartlarına yansıtılan yirmili gruplandırma temel alınarak yapılmıştır. Buna göre kazaların oluş nedenleri mekânsal veri tipleri ve mekânsal özellikler ile ilişkilendirilmiştir. Bu modelleme ile tehlike ve riskler, mekânsal sorgulama ve mekânsal analizler kullanılarak modellenmektedir.

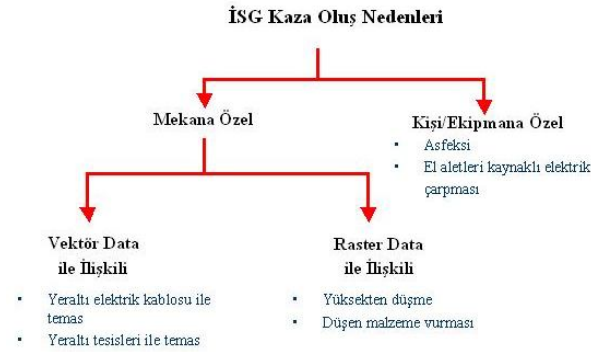
Kaza Oluş Nedeni	Mekana Özel	Kişi/Ekipman Özel
Yüksekten düşme	√	
Yer seviyesinde düşme		√
Elektrik çarpması (Bina elektriği)		√
Elektrik çarpması (İletim hatları)	√	
Elektrik çarpması (Kablolama)		√
Elektrik çarpması (El aletleri)		√
Elektrik çarpması (Diğer)		√
Ekipman vurmaları & çarpması	√	
Malzeme vurmaları & çarpması	√	
Düşen malzeme vurmaları & çarpması	√	
Malzeme arasında kalma		√
Ekipman arasında kalma		√
Yıkıntı altında kalma	√	
Patlama	√	
Yangın	√	
Patlama ve yangın	√	
Asfeksi		√
Suda boğulma	√	

Doğal nedenler	√	√
Diğer nedenler	√	√

Tablo 1. Kaza oluş nedeni mekan ilişkisi

Bu sınıflandırmaya göre kazaların oluş nedenleri; yüksekte düşme, yer seviyesinde düşme, bina elektriği kaynaklı elektrik çarpması, iletim hatları kaynaklı elektrik çarpması, kablolama kaynaklı elektrik çarpması, el aletleri kaynaklı elektrik çarpması, diğer elektrik çarpmaları, ekipman vurması, malzeme vurması, düşen malzemenin vurması, malzeme arasında kalma, ekipman arasında kalma, yıkıntı altında kalma, patlama, yangın, patlama ve yangın, asfeksi (solunum yollarının herhangi bir nedenle tıkanması sonucu boğulma), suda boğulma, doğal nedenler ve diğer nedenler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma temelinde mekânsal nesne ve özelliklerle İSG tehlikeleri arasında ilişki Tablo 1.'de gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

Bu sınıflandırmadan hareketle mekana özel kaza oluş nedenlerini CBS'leri ile modelleyebilmek amacıyla CBS veri modelleri ve bunlara ilişkin mekansal analiz yöntemleri ile arasındaki bağlantılar araştırılmıştır. Bunun sonucunda iletim hatları ile ilgili elektrik çarpması, suda boğulma, patlama, yangın, patlama ve yangın nedeni ile oluşan kazalar ve bunlara ilişkin tehlike ve riskler; nokta, çizgi ve alan olarak sınıflandırılan vektör veriler ile doğrudan ilişkilendirilerek yüksekte düşme kaza oluş nedeni de üçüncü boyut bilgisini taşıyan raster veriler ile ilişkilendirilmiştir. Bu ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Veri tipi kaza oluş nedeni ilişkisi

2.2 Sistem tasarımı

Mekâna Dayalı İSG Karar Destek Sistemi tasarımında bir yazılım mimarisi ve tasarım modeli olarak kabul gören ve katmanlı mimari özelliklerini taşıyan üç katmanlı model kullanılmıştır. Bu yapının seçilmesinin temel nedeni her bir katmanın farklı bir yapısal işi farklı makinelerde gerçekleştirebilir olmasıdır.

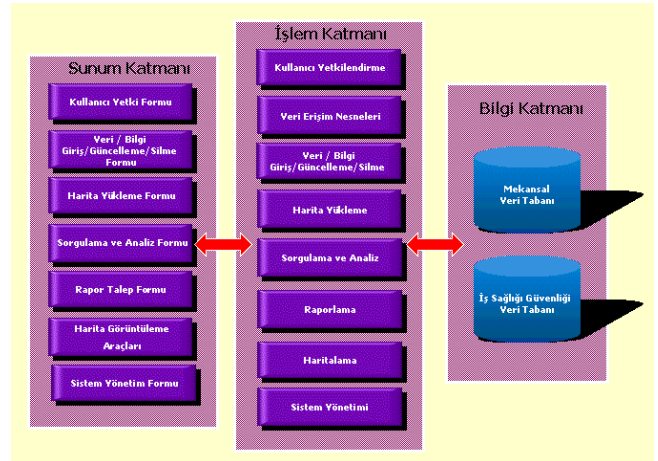
Üç katmanlı yapı; istemci olan kullanıcı arabiriminin bulunduğu sunum katmanı, fonksiyonel süreç mantığı diğer bir deyiş ile iş kurallarının bulunduğu işlem katmanı ve veri depolama ve erişiminin sağlandığı veri katmanından oluşmaktadır. Her bir katman kendi iş süreçlerini bağımsız bir yapıda

gerçekleştirirken uygulamanın sunduğu çözüm uyarınca birbirleri ile iletişim halinde bulunmaktadır.

Kullanıcı arabiriminin bulunduğu katman en üstte yer almakta ve uygulama ile kullanıcının doğrudan etkileşime girdiği bu kısım sunum katmanını oluşturmaktadır. Uygulamanın çözümü olan, ayrıntılı işlemlerin gerçekleştirildiği ve işlevselliğin sağlandığı katman; İş Mantiği/Orta Katmanı oluşturur. Bu katman uygulamanın ilgili probleme sunduğu çözümün gerçekleştirildiği katmandır. En alt katman olarak veri tabanı sunucularının bulunduğu, verilerin depolanma, işleme ve erişiminin sağlandığı veri katmanı yer almaktadır. Bu katman, uygulama sunucuları ve iş katmanından bağımsız olup kendi başına ölçeklenebilir ve performans değerlendirmelerine uygulanabilir özelliktedir.

Her bir katmanın, uygulamanın genelini etkilemeden güncellenebilir, bağımsız bir bütün olarak değiştirilebilir olması özelliği ile sürdürülebilir olması, mimarinin katmanlardan oluşması yönü ile ölçeklenebilirliği artırması, her katmanın bağımsız olarak yönetilebilmesi özelliği ile esnek bir yapı sunması katmanlı mimari yapının sağladığı temel avantajlar olarak öne çıkmaktadır.

Her bir katmanda gerçekleştirilecek işlemleri gösterir kavramsal model Şekil 2.'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Kavramsal model

Veri katmanı, mekânsal veri tabanı ve İSG veritabanlarından oluşmaktadır. Bu yapıya göre İSG veri tabanı ile mekânsal veri tabanı diğer yönetim sistemleri ile birlikte çalışabilmesi ve farklı uygulamalar tarafından da kullanılabilmesi amacı ile ayrı ayrı modellenmiştir. İSG yönetim sistemlerinin diğer yönetim sistemleri ile bütünleştirilmesi problemine katkı yapacak bir model tasarlanmıştır.

İşlem katmanında; birden çok kullanıcıya yönelik olarak kullanıcı yetkilendirme, veri ve bilgi, girişi, güncellenmesi gerektiğinde silinmesini olanaklı kılacak işlemler, harita yükleme, sorgulama ve analizleri yapmaya imkân sağlayacak işlemler, sonuçların görüntüleneceği harita görüntüleme işlemleri, raporlama, veri erişim işlemleri ve sistem bakım işlemlerinin gerçekleştirilmesi tasarlanmıştır.

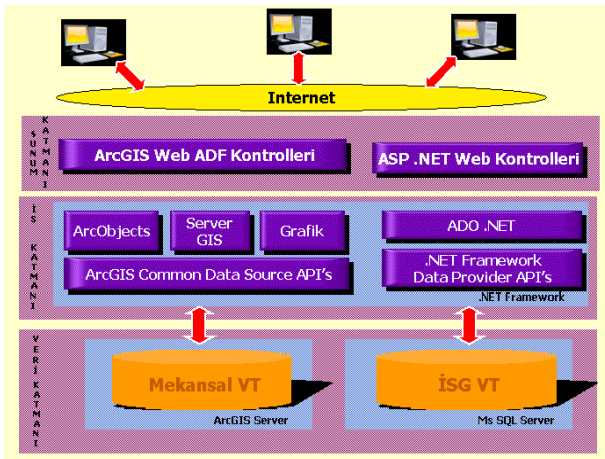
Sunum katmanında ise tüm bu işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayacak formlar yer almaktadır.

2.3 Çözüm mimarisi

Web tabanlı CBS uygulamaları gerek kullanıcılar gerekse sistem geliştiricilere sağladığı avantajlar nedeni ile yaygın olarak kullanılmakta ve geliştirilmesi için araştırmalar yapılmaktadır (Green ve Bossomaier, 2002). Bu noktadan hareket ile CBS'ne dayalı İSG karar destek sistemi için, boru hattı yapım projelerinde yürütülen aktivitelerin aynı anda farklı farklı yerlerde farklı ekipler tarafından gerçekleştiriliyor olmasından dolayı, sistem kavramsal modelde ele alınan işlevleri yerine getirmek üzere internet üzerinde çalışacak şekilde tasarlanmış ve çözüm mimarisi bu yaklaşıma göre geliştirilmiştir.

Kullanıcı grupları, internet teknolojisi sayesinde, web tarayıcıları ile dünyanın herhangi bir yerinden yayınlanan harita servisine erişebilmekte bu sayede farklı harita ve bunlarla ilişkili veri setlerini eş zamanlı olarak kullanabilmektedirler. Kullanıcılar bu servis ve veri setlerine dayalı geliştirilen sistemlere, buldukları yerden bağımsız olarak, etkin şekilde ulaşabilmektedirler. Bunun yanı sıra internet CBS kullanıcısı, ek yazılım veya donanım gereksinimi olmaksızın, düşük maliyette, dilediği zamanda dilediği yerden güncel veriye ulaşabilmektedir. Merkezi veya dağıtık yapıda tasarlanarak geliştirilen veri tabanları sürekli olarak güncellenebilmekte istemci/sunucu mimarisi sayesinde gelişmiş performans, kolay kullanım, veri yönetimi ve ölçeklenebilirlik sağlanmaktadır (Rinner, 1998; Kraak ve Brown, 2001; Green ve Bossomaier, 2002).

Yukarıda ele alınan erişim kolaylığı, standart arayüz kullanımı gibi üstünlüklerin yanı sıra web tabanlı sistemler hızlı ve daha ekonomik bakım yönü ile de ön plana çıkmaktadırlar. Kullanıcılar bilgiye kaynağından ulaşabilmektedir. Sunucu üzerinde herhangi bir problemle karşılaşıldığı zaman, sadece sunucu bilgisayarına bakım yapılması gerekmektedir. Bütün kullanıcıların bakım yapmasına gerek kalmamaktadır. Ayrıca bütün sistemin güncellenmesi de sadece sunucu bilgisayarındaki sistemin güncellenmesi ile sağlanabilmektedir. Bakım ve güncelleme işlemlerinin hepsi sadece bir bilgisayarda yapıldığı için ekonomik bir yöntemdir (Erbaş ve Alkış, 2005).



Şekil 3. Çözüm mimarisi

Bu temelde geliştirilen ve Şekil. 3'de gösterilen çözüm mimarisine göre mekansal veri tabanında bulunan veriler ArcGIS server üzerinden, İSG veri tabanında yer alan veriler MsSQL Server üzerinden servis edilmektedir. Mekânsal uygulama geliştirme platformu olarak mekansal sorgulama ve analizler için ArcGIS teknolojilerinin .NET tabanlı uygulama geliştirme çatısı altında yer alan mevcut fonksiyonları oluşturan API'ler kullanılmaktadır.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma sonucunda; İSG kaza oluş nedenleri ile mekân ilişkisi irdelenerek web tabanlı CBS'ne dayalı bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Bu çalışma sonucunda aşağıda belirtilen bulgulara ulaşılmıştır.

- İSG risk değerlendirmeleri mekansal nesne ve özellikler ile ilişkilendirilmiş ve bir model önerilmiştir. Buna göre kaza oluş nedenleri ile coğrafi varyasyonları ilişkilendirilmiştir.
- Bu uygulamada kullanıcı, bilgisayarında CBS yazılımı olmadan da web tarayıcısı yardımı ile etkileşimli olarak mekansal veri ile işlem yapabilmekte ve etkileşimli olarak harita oluşturabilmektedir.
- Önerilen çözüm kullanıcıların değişik veri kaynaklarındaki verilere kolay erişimleri, internet üzerinden CBS analiz fonksiyonlarına ulaşabilmeleri ve paylaşabilmeleri sağlanmaktadır.
- Sistem uzaktan kontrol ve erişime olanak sağlayan web tabanlı sistem tasarımı ile geniş alanlarda dağıtık olarak gerçekleştirilen doğrusal projelerde etkin olarak kullanılabilir.
- Bu sistem yardımı ile katılımcı ve etkin bir İSG yönetimi gerçekleştirilmesine katkı sağlanmaktadır.

4. KAYNAKLAR

- Antaki, G.A., 2003. *Piping and Pipeline Engineering: Design, Construction, Maintenance, Integrity, and Repair*, Marcel Dekker Inc, South Carolina, USA.
- Bansal, V.K., ve Pal, M., 2006. GIS based projects information system for construction management. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, Vol.7, Issue.2, pp.115-124.
- Chand, A., ve Gloven, M., 2009. Using GIS to support new pipeline construction and material procurement, *Pipeline & Gas Journal*, Vol.236, No.1, pp.40-49.
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martin, M.P., Vilar, L., Martinez, J., Martin, S., Ibarra, P., Riva, J., Baeza, J., Rodriguez, F., Molina, J.R., Herrera, M.A. ve Zamora R., 2010. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies, *International Journal on Ecological Modeling and Systems Ecology*, Vol.221, Issue.1, pp 46-58.

- Cobbs, D., 2006. GIS-An Invaluable Tool For Oil & Gas, *P&G Journal*; Vol.233, No.8, pp. 48-54
- Erbas M. & Alkis, Z., 2005. Web tabanlı veri düzenleme ve etkileşimli harita sunumu uygulaması, *Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 133*, s.43-52
- Green D., & Bossomaier T., 2002. Online GIS And Spatial Metadata, Taylor&Francis, London and New York.
- Hinze, J., Pederson, C., ve Fredley, J., 1998. Identifying root causes of construction injuries, *Journal of Construction Engineering Management*, ASCE 124 (1), pp.67-71.
- HSE, 2009. Work-related injuries and ill health in construction in 2008/09, *Technical Report*, London, UK
- Kincal, C., Koca, M.Y., Yilmaz, H.R., Akgün, M., Özyalin, S., Eskişar, T., Akçiğ, Z. ve Van Loon, A.J., (2010). Engineering-geological and geotechnical investigations for risk assessment of the University Olympic Village in Izmir (Turkey), *Geologos Journal*, Vol.16, No.1, pp.43-57
- Liu, H., (2003). *Pipeline Engineering*, CRC Press, Florida, USA.
- Luettinger, J., ve Thayne C., 2005. Geographic Information System-based Pipeline Route Selection Process, *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 131, Issue 3, pp. 193-200
- McAllister, E.W., 2002. *Pipeline Rules Of Thumb Handbook*, Gulf Professional Publishing, MA, USA.
- Mohamed, S. 2003. Scorecard Approach to Benchmarking Organizational Safety Culture in Construction, *Journal of Construction Engineering Management*, Vol.129, Issue. 1, pp. 80-87.
- Prest, R., Daniell, T., ve Ostendorf, B., 2007. Using GIS to evaluate the impact of exclusion zones on the connection cost of wave energy to the electricity grid, *Energy Policy*, Vol. 35, Issue. 9, pp. 4516-4528
- Rinner C., 1998. Internet Mapping, Online GIS end Their Application in Collaborative Decision-Making. *Proceedings of International Conference on Geographic Information (GIS PlaNET)*, Lisbon, Portugal, September.
- Sala, S. ve Vighi, M., 2008. GIS-based procedure for site-specific risk assessment of pesticides for aquatic ecosystems, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol.69, Issue 1, pp. 1-12
- Salminen, S., 1995. Serious occupational accidents in the construction industry, *Construction Management Economics*, Vol.13, pp.299-306.
- SGK, 2007. Türkiye’de 2006 yılı iş kazaları, Sosyal Güvenlik Kurumu, *Teknik Rapor*, Ankara.
- Tingsanchali, T. ve Karim, F., 2010. Flood-hazard assessment and risk-based zoning of a tropical flood plain: case study of the Yom River, Thailand, *Hydrological Sciences Journal*, Vol.55, Issue 2, pp.145-161.
- Tubb, R., 2009. P&GJ's worldwide pipeline construction report: picture looks clear for pipeline construction through 2010, *Pipeline & Gas Journal*, USA.
- Xiaoge, Z., ve Wentong, D., 2005, GIS Technology and Application on Oil-gas Pipeline Construction, <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7719/21161/00982754.pdf>
- Zhang, J., Liang, J., Liu, X.P. ve Tong, Z.H., 2009 GIS-Based Risk Assessment of Ecological Disasters in Jilin Province, Northeast China, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, Vol.15, Issue, 5, pp. 727-745.
- Zheng, M. B., Chen, Guo-Hua J. ve Gongcheng, S., 2008. Study on 3D simulation of gas-pipelines applying ArcGIS, *Computer Engineering and Design Journal*, Vol. 29, No. 7, pp. 1824-1827.
- Kraak, M.J., & Brown, A., 2001. *Web Cartography*, Taylor&Francis, London and New York