

AÇIK İŞLETMELERDE OCAK İÇİ GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASINDA GPS'İN KULLANIMI*

Using GPS on Improving Safety in Open Pit Mines

Furkan Kerem KASA
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ahmet DAĞ
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Diğer bütün sektörlerde olduğu gibi madencilik sektöründe de temel hedef; daha emniyetli iş koşullarında ve daha düşük maliyetlerde üretim yapabilmektir. Bu hedefin sağlanabilmesi içinde, çalışma zamanını kısaltmak, işgücünden kazanmak, güvenliği artırmak gibi birçok imkanlar sunan teknolojik gelişmelerden faydalanılması gerekir. Küresel Konumlama Sistemi (GPS) de bu teknolojilerden biridir. GPS teknolojisi, ülkemizdeki birçok alanda kullanılmasına rağmen, madencilik sektöründe yok denecek kadar az kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu bildiride, dünyada hangi madencilik faaliyetlerinde GPS teknolojisinden faydalandığı ve açık işletmelerde ocak içi güvenliğinin arttırılmasında GPS kullanımı araştırılmıştır. Ayrıca, GPS ile elde edilen verilerden açık işletmelerde iş makinelerin izlenilerek emniyetsiz olarak tanımlanan bölgelere girip girmediğinin kontrolünü yapan bir yazılım da geliştirilmiştir. Bu yazılımın gerçek veriler ile test edilerek geliştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: GPS, Açık İşletme, Konum Belirleme, Güvenlik, Araç İzleme.

ABSTRACT

Principal target of the mining industry is the safer and the lower cost production, as is the case in all other sectors. In this scope, technological improvements should be considered to reduce the working time, to carry off from labor force and to raise confidence. Global Positioning System (GPS) is anyone of these technologies. GPS technology is still used little or no in mining although it is used in a lot of area in our country. For this reason, in this paper, in which mining operations are taken advantage of GPS and using on improving safety in open pit mines are investigated. In addition, a software was developed using data of GPS onto the vehicle tracking to be aware of any hazard in open pit. It is necessary that this software should be developed by testing with applicable data from open pit.

Key Words: GPS, Open Pit, Positioning, Safety, Vehicle Tracking.

* Yüksek Lisans Tezi – MSc Thesis

Giriş

Sivil kullanıma müsaade edildikten sonra özellikle bir metrenin altı hassasiyetinde GPS sistemleri gelişmiş, giderek düşen maliyetlerinden dolayı bu sistemlerin sunduğu verilerden faydalanmayan sektör hemen hemen kalmamıştır. Ülkemiz madencilik sektöründe henüz yeterince uygulama alanı bulamamış olsa da, dünyada bir çok madencilik faaliyetlerinde bu teknoloji sunduğu imkanlardan verimli bir şekilde faydalanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, dünyada GPS teknolojisiinden faydalanılan madencilik faaliyetlerinin neler olduğu, özellikle ocak içi emniyet amaçlı kullanımın ve bunların faydalarını ortaya koymaktır.

Bu teknolojinin, açık işletmelerde kullanımı konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Bunlar;

- Üretim maliyetini azaltmak için GPS tabanlı rehberlik sistemleri (Peck ve Hendricks, 1997; Ramsaran, 2000; Shields ve diğ., 2000; Jarosz ve Finlayson, 2003; Seymour ve Williams, 2003; Seymour, 2005),

- Şev veya deformasyon izleme uygulamaları (Ding ve diğ., 2000; Dia ve diğ., 2000; Kim ve diğ., 2003),

- İş kazalarının önlenmesi ve emniyet amacıyla, araç izleme ve yakınlık uyarı sistemleri geliştirme çalışmalarıdır (Gibson ve Abou-Haider, 1998; Ruff, 2001; Dagdelen ve Nieto, 2001; Ruff ve Holden, 2002; Nieto ve diğ., 2005).

Bu çalışmada ayrıca, açık işletme içerisinde özellikle nakliye kamyonlarının uygun GPS teknolojisi ile izlenilerek elde edilen konumsal bilgilerine göre emniyetsiz diye tanımlanan tehlikeli bölgelere yaklaşımları halinde uyarı sistemini çalıştıran bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımın verimli olarak uygulanabilirliği, mümkün olduğu düşünülmeyle beraber gerçek arazi/işletme koşullarında test edilip geliştirilmesi gerekmektedir.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada GPS sistemleri ve bu sistemlerin madencilikte kullanım alanları araştırılmış ve bu sistemler tarafından sürekli bir şekilde elde edilebilen konumsal veriler materyal olarak kullanılmıştır. Yazılım için Delphi 6 programlama dili kullanılmıştır.

Metot

Yazılım ile araç izlemede, izlenen aracın GPS den elde edilen konumunun, ocak içerisinde tehlikeli bölgeler olarak temsil edilen statik poligon alanları içerisine düşüp düşmediği ve diğer araçların dinamik olarak değişen konumlarına göre yakınlığını kontrol ederek uyaran bir algorithmaya göre geliştirilmiştir.

Araştırma Bulguları

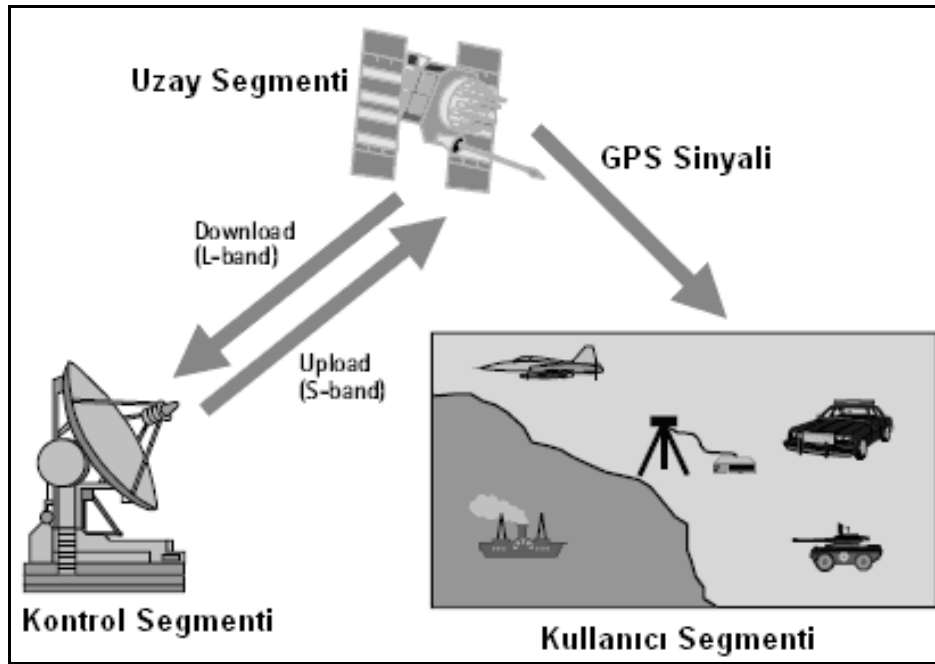
GPS Sistemi

GPS, 1970'lerin başında askeri amaçlı Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen son yıllarda sivil amaçlı kullanıma da müsaade edilen düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır. Bu ağdan oluşan sistemden faydalanmak için herhangi bir ücret söz konusu olmayıp sadece uydulardan gelen sinyalleri algılama ve değerlendirme kapasitesi olan algılayıcılara sahip olmak yeterlidir.

GPS sistemin belirlenen temel özellikleri:

- Küresel kapsamı alanı,
- Sürekli ve her hava koşulunda çalışabilme,
- Hareketli platformda uygunluk,
- Sınırsız kullanıcı olanağı,
- Yüksek doğruluk olarak saptanmıştır (Usanmaz, 1998).

GPS, uzay, kontrol ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç parçadan oluşur (Şekil 1).



Şekil 1. GPS'in Parçaları (El-Rabbany, 2002).

Uzay (Uydular) Bölümü; 21 aktif ve 3 yedek olmak üzere 24 uydudan oluşur. Bu uydular Dünya yörüngesinde yaklaşık 20.000 km yükseklikte, her bir düzlemde 4 uydu olmak üzere, 6 yörüngesel düzlemde yerleştirilmiştir. Yeryüzündeki herhangi bir noktadan en az dört adet uydunun rahatlıkla

görülebilmesi için uyduların yörünge düzlemi ekvator düzlemi ile 55°'lik bir açı yapmaktadır. Her bir uydu yaklaşık 24 saatte Dünya etrafında iki tur atar (El-Rabbany, 2002).

Kontrol (Yer) Bölümü; ana kontrol istasyonu, izleme istasyonları ve yer antenlerinden oluşur. Uydulardan gönderilen radyometrik bilgiler izleme istasyonları tarafından izlenir. Bilgilerin kapsamlı bir şekilde incelenmesiyle tam doğru uydu yörünge verileri ve saat parametreleri hesaplanır. Yer denetim bölümü, uyduların yerlerini hassas olarak hesaplar. Bu bölüm önceden bildirilen yörünge verileri ve saat parametrelerinde yanlış bir bilgiye fırsat vermemek için periyodik olarak düzeltmeler yaparak navigasyon mesajları şeklinde bilgi tazeleyerek uyduları izler. Denetim bölümü aynı zamanda uyduların işlevlerini yeterince yerine getirip getirmediğini de kontrol etmekle yükümlüdür. Colorado Spring, Hawaii, Ascension Adası, Diego Garsia ve Kwajalein'de olmak üzere toplam beş adet yer istasyonu vardır (El-Rabbany, 2002).

Kullanıcı Bölümü; GPS uydularının kodlarını çözebilecek özel alıcılardan oluşmaktadır. Kullanıcının konumu, hızı, zaman bilgisi, özel yazılım ve donanım sayesinde elde edilir. Anlık konum belirlemesi için, kullanıcı 4 veya daha fazla uydudan (3 uydu konum belirlemesi, 1 uydu uydu-alıcı saat farkının çözümü için) gelen sinyalleri ölçerek; bulundukları noktanın koordinatlarını hesaplayan aletlerdir (Usanmaz, 1998).

Madencilikte GPS Kullanımı

GPS teknolojilerinin maliyetlerindeki düşüşler ve gerçek zamanlı (real time) hassas veri (Çizelge 1) sunmaları nedeniyle, dünyadaki büyük maden ocaklarının çoğunda bu teknoloji kullanılmakta, kullanılmayanlarda yavaş yavaş buna doğru kaymaktadırlar. Bu teknoloji sayesinde özellikle açık işletmelerdeki madencilik faaliyetleri (patlatma ve kazı-nakliye gibi) verimi artmakta dolayısıyla da maliyetler önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca ocak içi iş kazaları azaltılarak daha güvenli iş ortamı da sağlanabilmektedir

Çizelge 1. Temel GPS Sistemleri ve Hassasiyetleri.

Türü	Hassasiyet (m)
Bağımsız GPS	15 - 100
Diferansiyel GPS	0.5 – 5
Gerçek Zamanlı Kinematik Hareketli GPS	0.2 – 1
Gerçek Zamanlı Kinematik Sabitli GPS	0.01 – 0.05

Madencilik faaliyetlerinin çoğunda Diferansiyel GPS (DGPS) sistemi kullanılır. DGPS, 2 veya daha fazla GPS alıcısının aynı uyduları eşzamanlı izlediği kod bazlı bir rölatif konumlama tekniğidir. Metre seviyesinde gerçek zamanlı bir doğruluk gerekli olduğunda faaliyetlerde kullanılır.

GPS sistemlerinden faydalanan madencilik faaliyetlerinin başlıcaları aşağıda verilmiştir (Johnson, 1998; Elevli ve Doğan, 1999; El-Rabbany, 2002; Schroedl ve diğ., 2004).

- Araç izleme ve yönlendirme,
- Malzeme takibi,
- Yükleyici, dozer ve greyderlerin kontrolü,
- Delme makinelerine rehberlik,
- Haritalama,
- Arazi ölçümleri (eğim kontrolü gibi),
- Arama amaçlı veri toplama,
- Tam otomasyon,
- Ocak içi güvenliğin artırılması,
- Deformasyonların izlenmesi.

GPS ve Açık İşletmelerde Güvenlik

Son yıllarda, dünyadaki büyük açık işletmelerde özellikle nakliye kamyon kazaları olmuştur. Bu kazalarda bir çok insanın hayatını kaybetmiş, milyon dolarlara varan ekipman ve ürün harcaması ile sonuçlanmıştır (Nieto, 2001). Bu kazalar, daha çok kamyonun manevra yaparken yakınındaki daha küçük bir araç ile (Şekil 2) veya boşaltma amacıyla damperinin köşe banketine doğru geri geri gitmesi esnasında oluşan kazalardır (Şekil 3). Her iki kaza tipinde de kamyon operatörü, kamyonun kör noktalarındaki, arakasındaki ve yan arkalarındaki tehlikeleri görmekte yetersiz kaldığı görülmüştür.

Bu kazaları önleyebilmek için araştırmacılar, büyük bir GPS üreticisi ile ortaklaşa olarak kablosuz ağ iletişimleri ve Diferansiyel GPS teknolojisi üzerinde kenar algılama ve yakınlık uyarısı temeline dayanan sistemler geliştirmişlerdir (Şekil 4). Bu sistem, operatöre en yakın ekipmanın, küçük aracın, yaya işçilerin ve sabit konumlu yapıların konumlarını sunmaktadır (Ruff ve Holden, 2002; Nieto ve diğ., 2005).

Bu sistemler sayesinde;

- Sistem gerçek zamanlı olarak diğer araçlarda olduğu kadar, bir boşaltma yerinin köşesi ile ilişkili aracı izleyebilmeli ve sürücüyü bankete yakınlaştığında veya çarpışma anında uyarılmaktadır,
- Var olan GPS ekipmanı ile halihazırda yarım metrelik doğruluk seviyesi ile bir kamyonu verilen doğru koordinatlar hesaplanabilmekte ve damperin boşaltma noktasına tehlikeli bir şekilde yaklaşıp yaklaşmadığı değerlendirilip tehlike durumunda operatör uyarılır.

Şekilde görüldüğü gibi, sistem; indirgenen görüş ile tüm ekipmanlarda, bir maden alanındaki bütün daha küçük araçlar üzerinde Diferansiyel GPS alıcısı ve radyolarının kullanımını gerektirir. Tüm hareket eden objelerin yeri gerçek zamanlı olarak hesaplanmalı ve güncellenmeli ve bu bilgi yakınlardaki tüm ekipman operatörlerine yakınlarında bulunan diğer araç veya işçilerin farkına varabilmesi için iletilmelidir. Buna ek olarak, durağan yapılar; binalar, elektrik direkleri ve boşaltma noktaları, potansiyel engellerin bulunduğu bir veri tabanında depolanmalı

ve bir alarm arayüzü ile; araçlar, işçiler ve durağan engeller ekipman etrafındaki sunulan tehlike bölgeler içerisinde olduğunda sesli ve görsel uyarı sunması gerekir.



Şekil 2. Nakliye kamyonu operatörünün yakınındaki daha küçük bir aracı görememesi sonucu oluşan bir kaza.

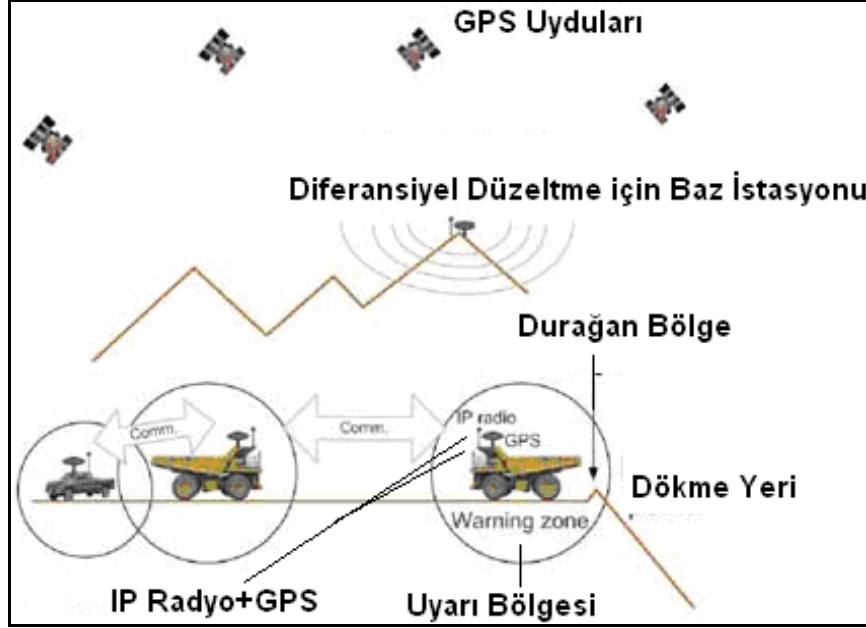


Şekil 3. Kamyonun döküm yaparken veya dökme yerine yaklaşırken oluşan kazalar (Nieto, 2001).

Ocak içi güvenliğin iyileştirilmesinde faydalanan GPS sistemlerinin bir parçası da donanımlar vasıtasıyla elde edilen verileri istenilen amaçlar doğrultusunda değerlendiren yazılımlardır.

Açık işletmelerde nakliye elemanlarının ocak içerisindeki güzergahları boyunca özellikle basamak şevlerine yaklaşmaları veya şevden uçmaları sonucu oluşabilecek kazaları azaltmak için araç izleme ve uyarı sisteminden oluşan, Visual

Basic programlama dili ile bir bilgisayar programı (İZEM_GPS) yazılmıştır (Kasa, 2006).

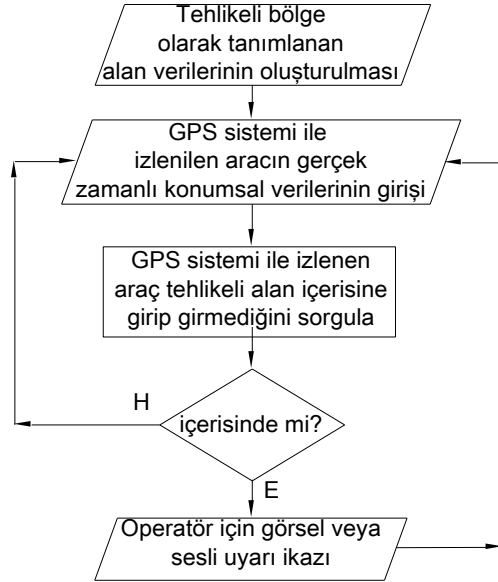


Şekil 4. GPS bazlı Yakınlık Uyarı Sisteminin Sunumu (Ruff ve Holden, 2002).

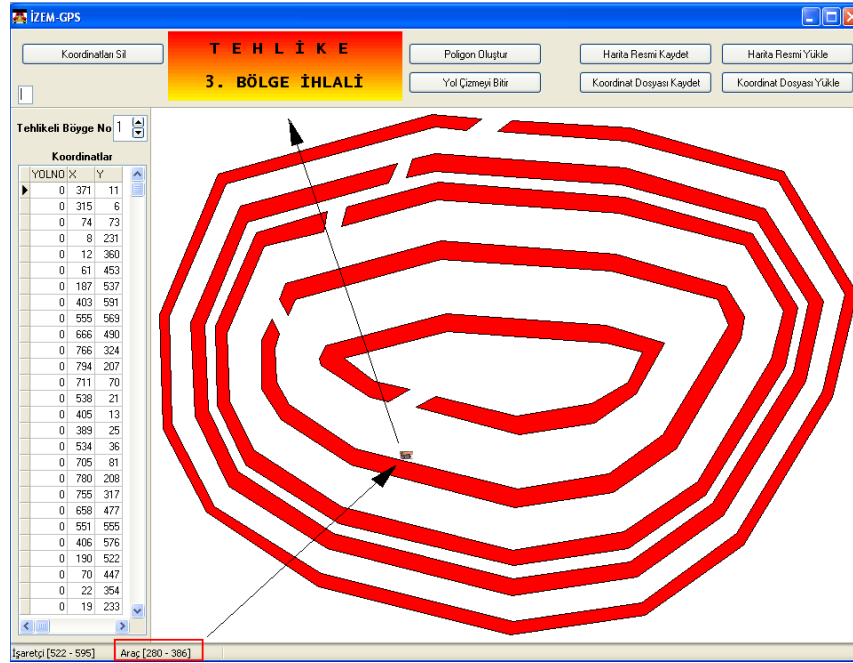
Bu program, açık işletme çukuru içerisindeki basamak şevlerini içerisine alan tehlikeli bölgeleri oluşturup bu bölgeleri temsil eden sayısal bilgileri veri tabanında depolayıp, GPS sisteminin sunacağı gerçek zamanlı verileri ile aracı izleyip tehlikeli bölgeye yaklaşması halinde operatöre sesli ve görsel uyarı gönderecek şekilde oluşturulmuştur (Şekil 5). Bu programın kullanıcı arayüzü ekranı Şekil 6'da verilmiştir.

Bu program ile, tehlikeli olarak düşünülebilecek her bölgeyi tanımlayan sayısal bilgiler üç yöntemle elde edilebilmektedir. Bunlar; ekrandan mouse ile, veri dosyası ile ve ekrandan klavye ile rahatlıkla elde edilebilmektedir.

Benzer programların verimli olarak kullanıldığı bilinmesine rağmen, bu programın, hassas veri sunan bir GPS sistemi ile birleştirilerek, gerçek bir açık işletme koşullarında kullanılabilirliği test edilememiştir.



Şekil 5. Programın Akış Diyagramı



Şekil 6. Geliştirilen İZEM_GPS Programının Arayüzü

Sonuçlar ve Öneriler

Artan doğruluk, güvenilirlik ve düşen maliyetler, GPS sistemlerinin madencilikte kullanımını önemli kılmaktadır. Dünyada birçok büyük maden işletmesinde bu teknolojinin kullanıldığı, verimlilik sonucu maliyetlerin düşürüldüğü, iş kazalarının azaltılarak kayıpların minimuma indirildiği görülmektedir. Bu imkanlarından dolayı, bu teknolojiye dayalı sistemleri geliştirip ülkemiz madencilğinde kullanmamız kaçınılmaz bir durumdur.

Kaynaklar

- DAGDELEN, K. and NIETO, V. A., 2001. Improving safety of off highway trucks through GPS, in Proceedings 29th APCOM International Conference.
- DAI, L., ZHANG, J., RIZOS, C., HAN, S. and WANG, J., 2000. GPS and pseudolite integration for deformation monitoring applications. 13th Int. Tech. Meeting Of The Satellite Division Of The U.S. Inst. Of Navigation, Salt Lake City, Utah, U.S.A., 1-8s.
- DING, X., CHEN, Y., HUANG, D. and ZHU, J., 2000. Slope minitoring using GPS: A multi-antenna approach, GPS World, 11, 52-55.
- ELEVLİ, B. ve DOĞAN, A., 1999. Açık işletmelerde otomasyon için GPS, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, Ankara, 71-77.
- EL-RABBANY, A., 2002. Introduction To GPS: Global Posistioning System. Artech House, Boston, Londra, 1, 76s.
- GIBSON, G.M. and ABOU-HAİDAR, F., 1998. Use of GPS systems in off highway vehicle management, in Proceedings of the Trimble User Conference.
- JAROSZ, A. and FINLAYSON, R., 2003. GPS duidance system and deduction of open pit mining costs and revenue loss. Spatial Sciences, Inaugural Conference of Spatial Sciences Institute, Canberra, ACT, Australia.
- JOHNSON, L., 1998. GPS in mining, Mining Magazine, June, 387-389.
- KASA, F. K., 2006. Açık İşletmelerde Ocak İçi Güvenliğinin Arttırılmasında GPS'in Kullanımı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115 s.
- KIM, D., LANGLEY, R. B., BOND, J. and CHRZANOWSKI, A., 2003. Local deformation monitoring using GPS in an open pit mine: Initial study, GPS Solutions, 7, 176-185.
- NIETO, V. A., 2001. Development of a Real-Time Proximity Warning and 3D Mapping System Based on Wireless Networks, Virtual Reality Graphics, and GPS to Improve Safety in Open-pit Mines, Colorado School of Mines, PhD, 149 p. Canada
- NIETO, A., MILLER, S. and MILLER, R., 2005. GPS proximity warning system for at-rest large mobile equipment, International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, Vol. 19, No. 1, March 2005, 75 – 84.
- PECK, J. and HENDRICKS, C., 1997. Applications of GPS-based navigation systems on mobile mining equipment in open pit mines, CIM Bulletin, June, 114-119.

- RAMSARAN, M. R. ,2000. Development of a Mobile Equipment Management System, The University of Calgary, MSc, 121 p. Canada.
- RUFF, T. M. and HOLDEN, T. P., 2002. Proximity alert for monster truck, GPS World, 13(7), 1-3.
- RUFF, T., 2001. Test Results of Collision Warning Systems on Off-Highway Dump Trucks: Phase 2. NIOSH Report of Investigations 9654, Publ. 21p.
- SCHROEDL, S., WAGSTAFF, K., ROGERS, S., LANGLEY, P. And WILSON, C., 2004. Mining GPS traces for map refinement, Data Mining and Knowledge Discovery, 9, 59–87.
- SEYMOUR, C., 2005. Applications for GPS on shovels and excavators. Automated Positioning Systems, Brisbane, Australia, www.infomine.com/publications/docs/Seymour2005.pdf, 5s.
- SEYMOUR, C., WILLIAMS, D.; 2003. The role of high precision GPS machine guidance in mining. Mining Risk Management Conference, Sydney, NSW, 1-17s.
- SHIELDS, S., FLINN J. ve OBREGON A., 2000. GPS in the pits: Differential GPS application at the Morenci Copper Mine. GPS World, 11(10), 34-39s.
- USANMAZ, Ö., 1998. Havaalanlarına GPS İle Yaklaşma ve İnişlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Tasarımı. A.Ü. Sivil Havacılık Anabilim Dalı Doktora Tezi, Eskişehir.