ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan Kerem KASA

AÇIK İŞLETMELERDE OCAK İÇİ GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASINDA GPS'İN KULLANIMI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK İŞLETMELERDE OCAK İÇİ GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASINDA GPS'İN KULLANIMI

Furkan Kerem KASA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 27/09/2006 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

İmza:……..	İmza:……	İmza:……
Yrd.Doç.Dr. Ahmet DAĞ	Doç.Dr. Alaettin KILIÇ	Doç.Dr. Suphi URAL
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE
İmza:……..	İmza:……..	
Doç.Dr. Turgut İKİZ	Yrd.Doç.Dr. A.Mahmut KILIÇ	
ÜYE	ÜYE	

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No :

Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AÇIK İŞLETMELERDE OCAK İÇİ GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASINDA GPS'İN KULLANIMI

Furkan Kerem KASA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Ahmet DAĞ

Yıl: 2006, Sayfa: 116

Jüri: Doç. Dr. Alaettin Kılıç
Doç. Dr. Suphi Ural
Doç. Dr. Turgut İkiz
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Mahmut Kılıç
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Dağ

Bu araştırma, günümüz teknolojilerinin en uygun biçimde bir maden ocağı, daha doğrusu bir açıkocağa uygulanmasını göstermek bakımından uygun bir zemin oluşturmak için hazırlanmıştır. Bu teknolojilerden Dünya çapında en yaygın olan GPS teknolojisi anlatılmış, gerek görüldüğünde bir açıkocağa nasıl uygulanacağı da açıklanmıştır. Burada şimdiye kadar diğer ülkelerde uygulanış örneklerinden ve hali hazırdaki teorik verilerden yola çıkılmış ve ülkemizde de uygulanması durumunda ışık tutacak bir rehber haline getirilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte işin özünü barındıran bilgisayar yazılımı ile güçlendirilmiştir.

Eğer bir açıkocağa GPS teknolojisini sadece filo takibi için değil, araştırmanın özünü ihtiva eden güvenlik birimi ile birlikte uygulamak gerekirse; ilk önce bir etüt yapılmalı, GPS teknolojisi tam anlamı ile anlaşılmalı ve daha sonra uygulanmalıdır.

Anahtar kelimeler: GPS, Açıkocak, Konumbelirleme, Güvenlik.

ABSTRACT
MSc. Thesis

USING GPS TO IMPROVE SAFETY OF PIT IN OPEN-PIT MINING

Furkan Kerem KASA

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Ahmet DAĞ

Year: 2006, Page: 116

Jury: Assoc.Prof.Dr. Alaettin Kılıç
Assoc.Prof.Dr. Suphi Ural
Assoc.Prof.Dr. Turgut İkiz
Assist.Prof.Dr. Ahmet Mahmut Kılıç
Assist.Prof.Dr. Ahmet Dağ

This research shows that how modern technologies efficient can practice over mines or more often open pits. About these modern technologies the most common one in all around the world is the GPS. It is also mentioned and/or described to put in to practice over the open pits. In this research, the examples about this technology which stands the experiments of other countries and theories are examined. All these experiments and theories show the way to use this technology efficiently in our land. With all these, GPS is resrengthed with a software. With this software we can settle GPS technology available in any open pit.

If it is considered to establish a GPS technology to an open-pit, with the security unit which has the main essence of our research more than trackig transportation fleet, a deep study is needed first. Then GPS technology must be understood then considered to be established.

Key words: GPS, Open Pit, Positioning, Safety

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamın sonuca ulaştırılmasında, karşılaştığım güçlüklerin aşılmasında, en önemlisi verdiği moral ile çalışma azmimi artıran Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarken beni bu aşamaya taşıyan ve böyle ayrıcalıklı bir tezin yazılımıyla tanıştırmış olan seçkin Üniversitemize ve Maden Mühendisliği Bölümü'ne gönülden borçlu olduğumu belirtmeden geçemem.

Bu çalışmanın her türlü cefasını ta başından sonuna kadar benimle birlikte çeken sevgili annem ve babama; onlarla birlikte eniştem İsmet Karayel, ablam Fatma Karayel'e sonsuz teşekkür ediyorum.

Tezin oluşturulması aşamasında her bir harfin düzgün, temiz ve doğru bir Türkçe ile yazımıyla duyarlı desteğini benden esirgemeyen Şair ve Yazar Tahsin Saltık'a teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırmalarımda düşüncelerini benimle paylaşan Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Durmuş Karayel'e; yine aynı Üniversiteden Sayın Ali Çankaya'ya tekrar ve tekrar teşekkür ediyorum. Kendilerinin desteğini hiçbir zaman unutmayacağım.

Programın şekillenmesinde yardımlarını esirgemeyen Yazılım Uzmanı Yaşar Kemal Tırpan'a da tüm yardım ve cömertliklerinden dolayı teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ ..... **I**
ABSRACT ..... **II**
TEŞEKKÜR ..... **III**
İÇİNDEKİLER ..... **IV**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **VIII**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **XI**
1. GİRİŞ **1**
1.1. GPS 1
1.1.1. GPS'i Ana Mantığı 6
1.1.2. GPS'in Kullanım Alanları 7
1.1.3. GPS ile Konum Hesabı 13
1.1.4. GPS Parçaları 16
1.1.4.1. Uzay Bölümü 17
1.1.4.2. Kontrol Bölümü 19
1.1.4.3. Kullanıcı Bölümü 20
1.1.5. GPS Uydu Nesilleri 21
1.1.6. Datum ve Koordinat Sistemleri 22
1.1.6.1. Datum 22
1.1.7. GPS Entegrasyonları 23
1.1.7.1. GPS/GIS Entegrasyonu 23
1.1.7.2. GPS/LRF Entegrasyonu 24
1.1.7.3. GPS/DR (Dead Reckoning) Entegrasyonu 25
1.1.7.4. GPS/INS Entegrasyonu 25
1.1.7.5. GPS/Sahteuydu (Pseudolite) Entegrasyonu 26
1.1.7.6. GPS/Hücresel Entegrasyon 27
1.1.8. GPS Hataları ve Eğilimleri 27
1.1.8.1. Uydu ve Alıcı Saatleri Hatası 28
1.1.8.2. Uydu Yörüngesi Hatası 29
1.1.8.3. Atmosferik Hatalar 30
1.1.8.3.(1). İyonosfer 30

1.1.8.3.(2). Troposfer 31
1.1.8.4. Değişken Rota (Multipath) Hataları 32
1.1.8.5. Anten-Faz-Merkez Varyasyonu 33
1.1.8.6. Alıcı Ölçüm Sesi 34
1.1.8.7. Uydu Geometrisi Ölçümleri ve Hassasiyet Seyreltimi (DOP) 34
1.1.8.8. Seçici Erişilebilirlik (Selective Availability) 36
1.1.9. GPS Pozisyonlama Durumları 36
1.1.9.1. GPS Mutlak Pozisyonlama 37
1.1.9.2. GPS Rölatif Pozisyonlama 38
1.1.9.3. Statik GPS İncelemesi 39
1.1.9.4. Hızlı Statik 40
1.1.9.5. Dur ve Git GPS Araştırması 41
1.1.9.6. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (RTK GPS) 41
1.1.9.7. Diferansiyel GPS (DGPS) ve Gerçek Zamanlı Diferansiyel GPS 42
1.1.9.8. Komünikasyon (Radyo) Ağı 44
1.1.10. Alternatif Sistem: Küresel Navigasyon Uydu Sistemi: (GLONASS) 45
1.1.10.1. GPS ve GLONASS Entegrasyonu 46
1.2. Türkiye'de GPS: Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA) 47
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 48
3. MADENCİLİKTE GPS KULLANIMI 50
3.1. Madencilikte GPS'in Uygulama Yerleri 56
3.1.1. Patlatma Deliği Matkaplama 56
3.1.2. Küreyiciler, Yükleyiciler, Dozerler ve Greyderler 56
3.1.3 Anten Yerleştirme 60
3.1.4. Araç İzleme ve Yönlendirme 60
3.1.5. GPS ile İnceleme 61
3.2. GPS Rehberlik Sistemlerinden Bazıları 61
3.2.1. Caterpillar ile Bilgisayar Yardımlı Zemin Kazısı Sistemi:

(Computer Aided Earthmoving System; CAES) – Minestar 61
3.2.2. Sanalmaden Sistemi; VirtualMine 63
3.2.2.1. Sistemin Genel Açıklaması 63
3.2.2.2. GPS Taşınabilir Bilgisayar Sistemi..... 64
3.2.2.3. Kablosuz Ağ Sistemi..... 67
3.2.2.4. Sanalmaden (VirtualMine) Yazılım Sistemi 70
4. GPS VE AÇIKOCAKLARDA GÜVENLİK 72
4.1. Kör Noktalar..... 76
4.2. Karşılaştırmalar 77
4.3. Sistemin Gelişimi ve Test Edilmesi..... 78
4.4. Performans Testleri..... 80
4.5. Gezicinin (Rover) İzlenmesi 80
4.6 Yerinde Testler 82
4.7. Alarm Seviyeleri..... 84
4.8. Tam Koruma..... 84
4.9. Gelecek Olaylar 85
4.10. Şuan ki Yakınlık Algılama Sistemleri 85
4.11. GPS Maliyet Analizi..... 86
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 90
5.1. Ocak İçi Araç İzleme Ve Emniyeti İçin Bilgisayar Programı :
(İZEM_GPS) 90
5.1.1. Ocak İçerisindeki Emniyetsiz Bölgelerin Oluşturulması 92
5.1.1.1. Ekrandan Mouse İle Emniyetsiz Bölge Tanımlama..... 93
5.1.1.2. Veri Dosyası İle Emniyetsiz Bölge Tanımlama..... 96
5.1.1.3. Oluşturulan Emniyetsiz Bölgelerin Klavyeden Yeniden
Tanımlanması 98
5.1.2. Aracın İzlenmesi ve Emniyet Kontrolü 99
5.1.3. Harita ve Koordinat Verilerinin Kaydedilmesi..... 102
5.2. Geliştirilen Programın Sanal Ortamda Test Edilmesi 103
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... 110
KAYNAKLAR..... 112

ÖZGEÇMİŞ 116

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. GPS takımyıldızı 6
Şekil 1.2. GPS pozisyonlamanın temel fikri 7
Şekil 1.3. Uydu koordinatlarının gösterimi 14
Şekil 1.4. Uydu uzaklıklarının gösterimi 14
Şekil 1.5. GPS segmentleri 17
Şekil 1.6. GPS kontrol yerleri 20
Şekil 1.7. Sıra ile Blok I, Blok II/IIA, Blok IIR/IIRM GPS uydu jenerasyonları 21
Şekil 1.8. 2006 içerisinde fırlatılması planlanan Blok II-F jenerasyonu 22
Şekil 1.9. (a) Dünyanın fiziksel yüzeyi ile geoit ve elipsoid arasındaki ilişki ve **(b)** Elipsoidal parametreler 23
Şekil 1.10. GPS/GIS entegrasyonu 24
Şekil 1.11. GPS/LRF entegrasyonu 25
Şekil 1.12. GPS/Sahteuydu entegrasyonu ve engellenen uydu sinyallerinin gösterimi 26
Şekil 1.13. GPS hatalarının gösterimi 28
Şekil 1.14. Uydu saatlerinden kaynaklanan gecikme 29
Şekil 1.15. Troposferden kaynaklanan gecikmenin gösterimi 31
Şekil 1.16. Değişken Rota etkisinin gösterimi 32
Şekil 1.17. Değişken Rota etkisinin bir diğer gösterimi 33
Şekil 1.18. Sıfır temel seviyesindeki GPS alıcısının performans testine ilişkin gösterimi 34
Şekil 1.19. (a) İyi uydu geometrisi, **(b)** Kötü uydu geometrisi 35
Şekil 1.20. DOP'un bir diğer gösterimi 35
Şekil 1.21. GPS mutlak pozisyonlama'nın prensibi 38
Şekil 1.22. GPS rölatif pozisyonlama prensibi 38
Şekil 1.23. Statik GPS incelemesi 39
Şekil 1.24. Hızlı statik GPS incelemesi 40
Şekil 1.25. Dur ve Git GPS incelemesi 41
Şekil 1.26 Gerçek zamanlı kinematik GPS incelemesi 42
Şekil 1.27. Diferansiyel GPS 43

Şekil 1.28. Gerçek zamanlı GPS (RTK GPS) 44
Şekil 1.29. Radyo kapsama ağının artırılması için yineleyici kullanımı 45
Şekil 3.1. GPS'in madencilikteki uygulama alanları 52
Şekil 3.2. GreenHill kömür ocağında GPS'in uygulandığı alanların çizim olarak gösterimi 53
Şekil 3.3. GPS rehberliği ile kazı yapan bir kepçe 58
Şekil 3.4. AccuGrade'in ekran görüntüsü 59
Şekil 3.5 GPS'in kazıyıcılarda uygulanması 60
Şekil 3.6. CAES çalışma şeması 63
Şekil 3.7. Merkezi Ofisten yönetilen bir kamyonun izlenmesi için kullanılan konfigürasyonun şematik gösterimi 64
Şekil 3.8. Dayanıklı düz bilgisayar panelinin ve GPS alıcısının CAT 793 kamyon kabinine yerleştirilmesi 65
Şekil 3.9. CAT 793 kabinindeki dayanıklı düz bilgisayar panelinin yerleştirilmiş hali 65
Şekil 3.10. GPS alıcısı ve Trimble radyo mobil bir kamyona yerleştirilirken 66
Şekil 3.11. Rover ve Erişim noktası için donanım konfigürasyonunun şematik gösterimi 68
Şekil 3.12. 1 watt'lık yükseltici ile 802.11b protokolünü kullanan sanal.gerçeklik kablosuz radyo iletişim sisteminin şematik gösterimi 69
Şekil 3.13. Trimble radyo sistemini kullanan konfigürasyon 70
Şekil 4.1. GPS ve açıkocak kontrolü 74
Şekil 4.2. Maden ocaklarında araç mukayesesi 74
Şekil 4.3. Devasa kamyonlarda görüş mesafesinin temsil edilmesi 75
Şekil 4.4. Damper ekskavatörü beklemektedir 76
Şekil 4.5. Gri alanlar 50 ton kapasiteli bir kamyonu süren sürücünün göremeyeceği bölgeleri göstermektedir 77
Şekil 4.6. GPS bazlı Yakınlık Uyarı Sisteminin sunumu 78
Şekil 4.7. Rover'ın izlenmesi 81
Şekil 4.8. PWS yerleştirilmiş bir yük kamyonu (Solda) ve Dozer (Sağda) 83
Şekil 4.9. PWS yazılımı ve göstergesi 84

Şekil 4.10. GPS ile önlem alınmayan ocaklarda meydana gelebilecek korkunç kazaya bir örnek 86
Şekil 5.1. Dijital (Sayısal; Smart Map) haritanın gösterimi 91
Şekil 5.2. İZEM_GPS yazılımının genel görünümü 92
Şekil 5.3. Harita çizim konsolu 93
Şekil 5.4. Tehlikeli bölge gösterim konsolu 94
Şekil 5.5. Poligonun koordinat değerleri 94
Şekil 5.6. Poligon çizimi 95
Şekil 5.7. Poligonun kapatılması ve güvenliksiz bölgenin oluşturulması 95
Şekil 5.8. Not Defteri yardımı ile koordinat girişi 96
Şekil 5.9. Veri dosyası çağırma 97
Şekil 5.10. Koordinat yükledikten sonra emniyetsiz bölge oluşturulması 98
Şekil 5.11. Poligon Noktasının düzeltilmesi 99
Şekil 5.12. Programın emniyet kontrolü yaptığı durum 101
Şekil 5.13. Harita resminin kaydedilmesi 102
Şekil 5.14. Koordinat verilerinin kaydedilmesi 103
Şekil 5.15. Örnek açıkocak çizimi 104
Şekil 5.16. Örnek açıkocak çiziminde güvenliksiz bölgelerin oluşturulması 105
Şekil 5.17. Güvenliksiz bölgenin test edilmesi 106
Şekil 5.18. Ocak planının değiştirilmesi 107
Şekil 5.19. Değiştirilen ocak planı 108
Şekil 5.20. Yeni poligon içerisinde güvenliksiz bölge kontrolü 109

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. GPS ve GLONASS'ın karakteristik özellikleri 46
Çizelge 4.1 Makine Tipine Göre tüm maliyet tasarrufları ve yararlar 88
Çizelge 4.2. Olası Maliyet tasarrufları 89

1. GİRİŞ

Bu araştırmanın amacı; ülkemizdeki maden ocaklarında henüz uygulama alanı bulamamış olsa da, GPS teknolojisinin açıkocak maden işletmelerinde uygulanması, ocak içi güvenliğin yine bu teknoloji ile sağlanması ve araştırmanın özü olan; sürekli yer değiştiren nakliye elemanlarının şev başına veya şev topuklarına geldiklerinde veya yaklaştıklarında GPS ve bir yardımcı program ile güvenlik durumlarının sağlanmasıdır. Bu yüzden, ocak içerisindeki araçların ve bunların etkileşimli oldukları bileşenler (diğer araçlar, çalışanlar vs…), GPS'in hangi durumlarda kullanıldığı ve ocak içerisindeki kullanım yerleri incelenmiştir.

Teknolojideki gelişmelerin amacı; çalışma zamanını kısaltmak, işgücünden kazanmak, güvenliği arttırmak vs… dir. Yani kısaca; zamandan tasarruf ederek, az zamanda çok iş yapabilmektir. GPS de bugün bunu sağlayabilen teknolojilerden biridir. Madencilik ilk kurulum aşamasından işletme evresine ve vardığı bu düzeyden daha ileriki bir erişime kadar geçireceği her adımda maliyetli bir alan olduğundan, zaman, güvenlik ve işletmeye etkide bulunacak bütün noktalarda her türlü kazanımın sağlanması açısından diğer teknikler bir yana GPS'e ilk elden önem verilmelidir.

1.1. GPS

GPS'in (Küresel Konumbelirleme Sistemi) çalışma prensibi açıklanırken benzetmek amacı ile bir dedektif hikayesi anlatılır. Olay Londra'da geçmektedir. Zengin bir ailenin kızı fidye için kaçırılır. Kızın gözleri bağlanır ve kaçıranlar tarafından hapsedileceği bir binaya götürülür. Kız çok dikkatlidir; binaya girdikten sonra bir merdivenden tırmanmaktadırlar; kız o an her basamağı ve dönüşleri hesap ederek çıktıkları katları sayar. Ayrıca, basamakların gıcırtısından buranın eski bir bina olduğunu düşünür. Onuncu katta bir odaya götürülür. Canı sıkılmasın diye de yanına bir radyo konur. Ama gözden kaçan bir şey daha vardır: Londra'nın ünlü Big Ben Saatkulesi! Her saat başı o anki saate göre çanını çalan harika bir kurtarıcı… Çanın her vuruşu 4 saniyedir… Ayrıca, saatin 12 vuruşları da radyodan veriliyor… Ki uzak olanlar da çan seslerini duyabilsinler… Kız radyodan da çan seslerini duyar. Saatin kaç olduğunu anlayabilmek için hemen vuruşları saymaya başlamıştır bile. Ancak, 13 kez çan sesi duymuştur. Bu olacak şey değildir! Yani Big Ben şimdiye

kadar hiç hata yapmamıştır. O sırada fidyeciler, kızın ailesine gönderilmek üzere ses kaydı için içeri girerler. Kıza söylemesi gerekenleri söylerler. Kız fidyecilerin isteklerini sıralarken sözlerine eski on katlı bir binada 13 Big Ben vuruşu duyduğunu da ilave etmeyi unutmaz. Rakamın uğursuz olabileceğini, onun için de hemen fidyecilerin isteklerinin yerine getirilmesi gerektiğini söyler. Ele geçen bu ses kaydındaki ipucu sayesinde, İngiliz dedektifi kolaylıkla şifreyi çözer; binayı bulur ve kızı kurtarır.

Bunun teknik açıklaması; Big Ben' in vuruşlarının ses olarak kıza ulaşması ile radyodan işitilmesi arasındaki zaman farkı tam bir vuruş aralığı kadar olmalı ki son vuruşun gelmesi 13. vuruş gibi yorumlansın. Bu da Big Ben' den 4 saniyelik sesin yol mesafesinde, 10 katlı eski bir bina demektir. Yani, 320 m/sn x 4 sn = 1280 m. demektir. Aslında, bu mantığı çoğaltmak ve çözümü kolaylaştırmak mümkündür. Diyelim 24 adet vuruş veya iki Big Ben Saatkulesi: bu şekilde ilk çözümdeki 1280 m'lik yarıçapı araştıracak olan dedektifin işi 2 saatkulesinin oluşturacağı dairelerin kesişmeleri ile oluşacak daha küçük bir alanın araştırılması ile kolaylaşacaktır. Ama en güzeli 3 adet saatkulesi olduğu durumdur. Zira GPS'in çalışma mantığını en basit şekilde bu örnekleme açıklar. Çünkü GPS ile konumbelirleme işleminde kullanıcının en az 3 uyduya gereksinimi vardır ama kesin konumun belirlenebilmesi için dördüncü bir uydu yardımcı olur (http://www.proje.bitek-o.org).

Sabit duran veya hareket halindeki cisimlerin konumlarının belirlenmesi, iyi tanımlanmış bir koordinat sistemine göre genellikle üç koordinat değeriyle veya bir noktayı yerel bir koordinat sisteminin merkezi olarak kabul eden diğer bir noktaya göre yapılabilir. Bunlardan ilkine "nokta konumbelirleme", ikincisine ise "bağıl konumbelirleme" denir. Sabit duran bir cismin konumunun belirlenmesi "statik konumbelirleme", hareketli bir cismin konumunun belirlenmesi ise "kinematik konumbelirleme" adını alır.

Uzaydan konumbelirleme sistemi (Ekstraterrestrial), Dünyanın etrafında bir yörüngede veya daha uzak bir mesafede bulunan bir cisimden yayımlanan veya yansıyan bir elektromanyetik dalgayı kullanarak yeryüzündeki veya yeryüzüne yakın noktaların konumlarını saptayan bir sistemdir.

Uzay teknolojisine dayanan tüm ekstraterrestrial teknikler 1957 yılında Sputnik 1 uydusu ile başlamıştır. Uydu kullanımıyla, gök cisimlerine bağlı konumbelirleme ve radyo sinyallerinden faydalanma teknikleri birleştirilmiş, konumbelirlemede doğruluk açısından büyük gelişmeler sağlanmıştır. Sputnik 1'in kullanımından, günümüze kadar gelen süreç içerisinde uyduya bağlı konumbelirlemede büyük gelişmeler elde edilmiştir.

İlk navigasyon amaçlı uydu sistemi olan Transit'in geliştirme çalışmaları 1958 Aralık ayında başlamıştır (Navigasyon: Denizcilik donanmasındaki filoların takibi ve iletimi). Bu uydu, 1964 Ocak'ından bu yana hizmetini sürdürmektedir. Uzay tabanlı sistemlerin öncüleri sayılan Transit (U.S. Navy Navigation Satellite System) ve Rus Tsikada sistemleri yüksek doğrulukta iki boyutlu konum bilgisi sağlayan sistemlerdir.

1972'de Transit sisteminin de geliştiricileri olan John Hopkins Üniversitesi Uygulamalı Fizik Laboratuvarınca kesin zaman bilgisinin sağlanması için çok hassas saatli uydu projesi olan Timation'ı geliştirmiştir (Usanmaz, 1998).

Küresel Konumbelirleme Sistemi (Global Positioning System), düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla aramızdaki mesafeyi ölçerek Dünya üzerindeki kesin yerimizi tespit etmeyi mümkün kılar.

GPS, 1970'lerin başında Amerikan Savunma Departmanı (U.S. Department of Defense/DOD) tarafından geliştirilen uydu bazlı bir takip sistemidir. İlk olarak Amerikan Ordusunun ihtiyaçlarını yerine getirmek üzere bir ordu sistemi olarak geliştirildi (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 2001). 1983'de, büyük yolcu uçağı KAL 007'nin Sovyetler Birliği hava sınırlarından geçerken Hava Kuvvetleri tarafından düşürülüp, kabindeki 279 yolcunun ölümü ile sonuçlanmasından sonra, Birleşik Devletler Başkanı Ronald Reagan, GPS sisteminin tamamlandığında sivil kullanımına sunulacağını açıklamıştır (http://en.wikipedia.org). Bununla birlikte, daha sonraları siviller için elde edilebilir olarak üretildi ve şimdi çift yönlü kullanım sistemine (Dual-Use System) hem ordu hem de sivil kullanıcılar tarafından geçilmiş durumdadır (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 1992). Bu olağanüstü sistemi kurmak Amerika'ya ucuza

mal olmamıştır. Sistemin kurulum değeri yaklaşık olarak 12 milyar ABD dolarıdır. Devam eden bakım masrafları sistemin değerini arttırmaktadır (Garmin, 2000).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Hava Kuvvetlerinin 3 boyutlu ve Dünya çapında servis verecek olan 621B isimli Navigasyon projesi ve Timation projesi GPS'in temel çalışmalarını oluşturmaktadır. ABD Savunma Bakanlığınca bu iki çalışmanın birleştirilmesi sonucunda uydu tabanlı konum ve zaman belirleme sistemi geliştirilmiş ve bu sisteme Navigation System Time and Ranging – Global Positioning System (NAVSTAR – GPS) adı verilmiştir. Sistem, yörüngeleri bilinen uydulardan eşzamanlı olarak gönderilen sinyaller yardımı ile bağıl uzaklıkları ölçerek GPS alıcısının konumunu belirlemektedir.

GPS sistemin belirlenen temel özellikleri:

• Küresel kaplama,

• Sürekli ve her hava koşulunda çalışabilme,

• Dinamik platformda uygunluk,

• Sınırsız kullanıcı olanağı,

•Yüksek doğruluk olarak saptanmıştır (Usanmaz, 1998).

GPS, Dünyada herhangi bir yer ve hava koşulu altında devamlı pozisyonlama ve zamanlama bilgisini sunar. Çünkü güvenlik için kullanılmaya başlandığından beri limitsiz kullanıcı grubuna servis sağlamaktadır. GPS Tek Yollu Çevreleme (One-Way-Ranging) sistemidir. Yani kullanıcılar sadece uydu sinyallerini alabilirler (El-Rabbany, 2002).

Varsayalım ki düzlem üzerinde yaşıyorsunuz ve yolunuzu kaybettiniz; nerede olduğunuzu bilmiyorsunuz. Ancak, elinizde bir telefon var ve konumlarını bildiğiniz bazı arkadaşlarınıza ileti gönderebiliyorsunuz. Arkadaşlarınızdan her biri, her nasılsa, gönderdiğiniz iletiden nerede olduğunuzu anlayıp, size kendisinden ne kadar mesafede olduğunuzu bildiriyor. Diyelim 1., 2. ve 3. arkadaşınız; r1, r2, r3 mesafelerini bildirdi. Eğer 1. arkadaşınızı merkez alanı r1 yarıçaplı bir daire çizerseniz, bu daire üzerindesiniz demektir. 2. arkadaşınızı merkez alan r2 yarıçaplı daire, birinci daireyi iki noktada keser ve sizin, bu noktalardan birinde olmanız gerekir. Nihayet, 3. arkadaşınızın merkez alan r3 yarıçaplı dairesi, bu iki noktanın

birinden geçer ve o nokta, sizin bulunduğunuz konumu verir. Küresel Konumbelirme Sistemi buna benzer şekilde çalışır.

Ancak, üç boyutlu uzayda bir nokta belirlemek için, üç daire yerine, dört küre gerekir. Çünkü iki küre bir çember üzerinde kesişir. Üçüncü küre, bu çemberi iki nokta üzerinde keser ve bu noktalardan hangisinde bulunduğunuzu belirleyebilmek için, dördüncü bir küre daha gerekir. Aslında, bu GPS için gerekmez. Çünkü eğer bu noktalardan birisi yeryüzünde ise -ki siz arzda olduğunuza göre öyle olmak zorundadır- diğeri havada veya toprağın altında olacağından, devre dışı kalır. Dolayısıyla, Dünya yüzeyinde konum belirlemek için, üç küre yeterlidir. Fakat emniyet payı olarak dördüncü küre de kullanılır (Altın, 2005).

Araç filosu yönetimi ve gözetimi GPS teknolojisinin ana uygulamalarından biri olmuştur. Bu sistem birçok alanda uygulanabilmiştir: Ambulanslar, polis araçları, şehir taşımacılığı yapan araçlarda vs. Her aracın anlık konumu ekrandan görülebilir ve bu esnada yönlendirilebilir. Bütün araçlar hakkında anlık sağlıklı bilgiler alınabilir. Bu sistemler Otomatik Araç Yeri Belirleme (Automatic Vehicle Locating - AVL) sistemleri olarak bilinir. AVL sistemleri GPS özelliğini kullanmakla birlikte, onlara ek olarak radyo vericileri ya da durgun hesaplama sistemleri gibi diğer teknolojileri de kullanır. Yine de GPS'in tesis ettiği uygulamalar, günümüzde en yaygın ve de ortak olan uygulamalardır. GPS esaslı AVL sistemlerinin en önemli ortak problemleri kentsel alanlarda yüksek yapılardan kaynaklanan kanyon etkisidir (Pehlivan, 2005).

GPS 24 adet işlemsel uydudan oluşan bir takımyıldızını içerir. Bu takımyıldızı Birincil İşlemsel Yetenek (Initial Operational Capability; IOC) olarak bilinir ve Temmuz 1993'de tamamlanmıştır. Resmi IOC bildirisi 8 Aralık 1993'de yapıldı. Dünya çapında devamlılığı güçlendirmek için, GPS uyduları, 6 düzlemsel yörüngenin her birinde 4 uydu bulunacak şekilde yerleştirilmiştir.(Şekil 1.1). Daha sonra görüşüldüğünde, pozisyonlama ve yer bilgisi sunmak için sadece 4 uyduya ihtiyaç duyulmuştur.

GPS uydu yörüngeleri Ekvatora olan 55 derecelik eğimi ile hemen hemen bir daire şeklindedir. GPS yörüngesinin bu ana yarım ekseni yaklaşık 26.560 km'dir.

GPS yörünge periodunun karşılık geldiği dilim yaklaşık 12 saattir (~11saat, 58dk.) (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 2001).



Şekil 1.1. GPS Takımyıldızı (http://www.wherifywireless.com)

GPS ile Dünyada konum bulmaya yönelik atılan bu adımı, daha sonraki senelerde ve şu anda Amerika haricindeki bazı büyük devletler de takip edip geliştirmiştir. Bunların en bilinenleri Amerika'ya ait olan Transit ve GPS, Rusya'nın geliştirdiği GLONASS, Avrupa Birliği ülkelerinin teknolojisi olan ve de yaygın olarak kullanılan Galileo ve Çin'in teknolojisi olan Beidou, Uzaydan Konumbelirleme sistemlerinin alternatifleridir.

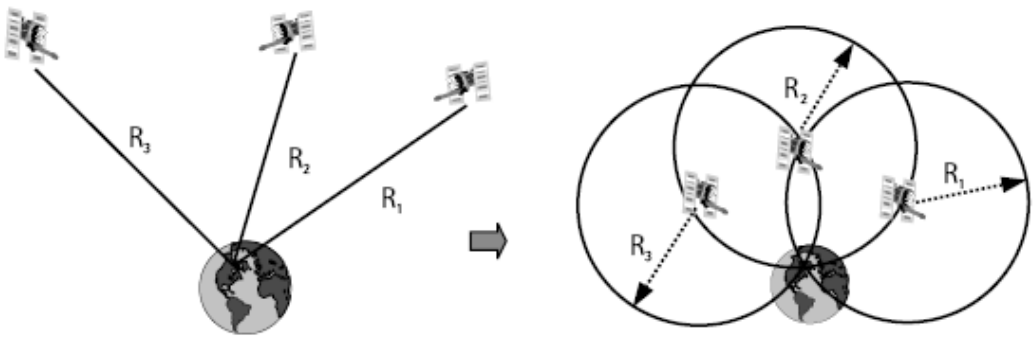
1.1.1. GPS'in Ana Mantığı

GPS'in altında yatan fikir basittir. Eğer Dünyadaki bir noktadan 3 GPS uydusuna olan uzaklıklar uydu lokasyonları ile birlikte bilinirse, daha sonra noktaların yeri basit uygulamalar ile hesaplanabilir. Hepsi bu kadar! Fakat uydulara olan uzaklıkları uydu yerleri kadar kesin nasıl elde edilebilir?

Her bir GPS uydusu devamlı olarak iki taşıyıcının mikrodalga radyo sinyallerini, iki kodu ve bir navigasyon mesajını taşır. Bir GPS alıcısı açıldığında, GPS sinyalini alıcı anteninden alacaktır ve kendi programında bunu işleyecektir. Bir kere alıcı GPS sinyalini yakaladığında, onu kendi yazılımı içerisinde işleyecektir. Bu sinyal işlemenin kısmi sonucunda işlenen sinyal, dijital kodlardan (sözde mesafeler

olarak bilinen) GPS uydularına, navigasyon mesajından uydu koordinatlarına olan uzaklıkları oluşturur.

Bu koşullar altında, alıcı üç kürenin kesişim noktasında yerleştirilmiş olacak; her biri bir alıcı-uydu uzaklığının yarıçapına sahip ve kısmî uydu merkezli olacaktır (Şekil 1.2.). Pratik görüş açısından saat sapmasını hesaplamak için sadece dördüncü bir uyduya ihtiyaç duyulur. Elde edilen doğruluk, ileride de kısaca açıklanacağı üzere, yatayda 100, dikeyde 156 metre, zaman için ise 350 ns (nano saniyedir (saniyenin milyonda biri)) ki bu da hepsinde toplamda %95'lik muhtemellik seviyesindedir. Bu düşük doğruluk seviyesi Seçici Erişilebilirlik olarak bilinmektedir (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.2. GPS Pozisyonlamanın temel fikri (El-Rabbany, 2002)

1.1.2. GPS'in Kullanım Alanları

- Yeni gidilmiş herhangi bir şehir veya arazide, kaybolmamak için kullanılır. Kaybolmamak için GPS alıcısı, haritalı ise haritasından, haritasız ise kaydedilen nokta ya da izlerden faydalanır.
- Mühendislik, kadastro, maden, askeri, deniz haritaları üzerindeki herhangi bir nokta veya bölgeyi bulmak için kullanılır. Bu durumda haritanın koordinat sistemi ile GPS alıcısınınki aynı ayarda olmalıdır.
- Tekne ile kullanımda liman veya marinadan çıkışta, çıkış noktasının global koordinatları otomatik olarak cihazda kaydedilir. Bu kayıt ile geri dönüş mümkündür.
- Uçak, helikopter gibi araçlarda görülen evlerin, hangi şehir veya kasaba olduğu veya ırmağın hangisi olduğu tespit edilebilir.

- Gidilecek noktaya, ne kadar mesafe, ne kadar süre kaldığı; anlık, maksimum ve ortalama hız bilgileri öğrenilebilir.
- Motosiklete binerken veya sörf yaparken yapılan en fazla hız tespit edilebilir.
- Karada veya denizde sis, karanlık, fırtına gibi durumlarda en yakındaki yerleşim birimi veya kıyı tespit edilip o yöne gidilebilir.
- Su pompası montajı gibi yükseklik bilgisinin değerli olduğu durumlarda iki nokta arasında yükseklik farkı tayini yapılabilir.
- Kaza veya suç gibi olayların meydana geldiği yerler tespit edilerek, yoğunluğun olduğu bölgelerde önlem alınabilir.
- Doğa gezileri esnasında güzel ve gezmeye değer yerlerin dökümü yapılarak paylaşılabilir.
- Balığın bol olduğu yerler kayıt edilerek aynı yere tekrar gidilmesi kolaylaştırılabilir.
- Doğa gezilerinde kaza durumunda yer tespitinde kullanılabilir.
- Topografyalı modellerde kullanıcının karşısında bulunan tepenin veya dağın arkasında ova mı, dik bir yamaç mı bulunduğu, gitmeden dahi tespit edilebilir.
- Barometreli modellerde basınç grafiğinden faydalanılarak fırtına tayini yapılabilir.
- Pizzacılar için sürekli müşteriler kaydedilerek, teslimat personeli yeni bile olsa pizzalar soğumadan yetiştirilebilir.
- Ecza depoları, toptancılar gibi dağıtım şirketleri halihazırdaki veya potansiyel müşterilerin dökümünü tutarak haritasal analizler yapıp stratejiler geliştirebilir.
- Arsa, maden sahası, yanan orman alanı, kaçak yapılaşma tespitleri ile haritada olmayan yolların ölçümü yapılabilir. Haritanız var ise üzerindeki gerçek yeriniz işaretlenebilir veya haritadan okuduğunuz yere navigasyon (aplikasyon) yapılabilir (http://www.gpsturk.net).

GPS sisteminin kullanıldığı daha birçok alan vardır. Özellikle askeri alanda kullanımı büyüktür. GPS sayesinde askerler, savaş uçakları ve savaş gemileri çok daha etkili olmuşlardır. Askeri alandaki GPS kullanımın en güzel örneğini Körfez Savaşında görebiliriz. GPS donanımlı askerler, her yanı birbirine benzeyen

kilometrelerce uzunluktaki çölde rahatlıkla yönlerini bulabilmişlerdir. Ayrıca hava ve kara taşıtlarına monte edilen alıcılarla hedeflere çok kolay bir şekilde ulaşılabilmiştir. Bu savaşta 9,000 'den fazla GPS alıcısı kullanılmıştır. Körfez Savaşında kullanılan bu sistem ordumuzda da başarıyla kullanılmaktadır. Sistem sayesinde bölüklerimiz manevralarını senkronize edebilirler.

GPS teknolojisi ASELSAN'daki çeşitli projelerde kullanım alanı bulmuştur. Bunlardan "Trunk Telsiz Araç Konum İzleme Sistemi"; içinde GPS'in de yer aldığı bir uygulamadır. Bu sistemin olası bir uygulaması, acil durumda olan ticari taksinin yerinin merkezde bulunan sayısal harita üzerinde görülerek en yakındaki emniyet birimince müdahale olanağının sağlanmasıdır. Ayrıca GPS ara uyumu, birçok Aselsan cihaz ve sisteminde de yer almaktadır.

GPS sistemi, savunma amaçlı dizayn edilmesine rağmen, günlük yaşamda birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır.

GPS'in sivil kullanım yerlerinden biri Paris şehiriçi otobüs ulaşımında hangi otobüsün durağa ne zaman geleceğini durak panolarında gösteren bir sistemdir. Burada otobüslerin şehir içindeki işleyişleri de merkezden izlenebilmektedir

Harita firmaları daha hızlı ve daha hassas veriler toplayabilmek amacıyla GPS kullanmaktadırlar. GPS sisteminin hassasiyeti harita yapımında kullanılabilecek derecede incedir. Bu sistem sayesinde arazide geçen uzun zaman ve fazladan eleman sayısı azalmıştır. Böylece ölçümler daha kısa sürede hazırlanıp, daha ucuza mal edilebilmektedir (http://mf.erciyes.edu.tr). GPS teknolojisi, ulaşım ağlarının (karayolu, demiryolu) haritalandırılmasında da kullanılabilir. Böylece maliyette indirim ve işin yapılmasında hız sağlanır. National Boards of Surveys (NBS) de uygulandığı gibi, diferansiyel GPS (DGPS) projesinde, araçlar GPS alıcıları ile donatılmış ve cadde boyunca araba kullanırken, sayısal yer verisi toplanmıştır. Ölçümde parakete rota hesabı (Dead Reckoning-DR) aletleri de kullanılmıştır (Pehlivan, 2005). Burada tamamen yabancı gelebilecek olan "parakete rota hesabı" terimi veya orijinal adı ile Dead Reckoning'in tam açıklaması, seyrüsefer halindeki geminin hız ve gidişatı göz önüne alınarak hazırlanan bir grafikten pozisyonunu hesaplama yöntemidir.

Bir başka kullanım şekli ise arabalara GPS alıcısı takılmaya başlanarak araç kullanımının kolaylaştırılmasıdır. Bu durumda sürücü, bilmediği yerlerde asla kaybolmayacaktır. Araba kiralayan firmalar araçlarını takip edebilmek için GPS kullanırlar. Dağıtım şirketleri de dağıtım yaptıkları araçlara GPS alıcıları yerleştirmişlerdir. Böylece dağıtım araçlarını anında dijital haritalar üzerinde görebilmektedirler. Bu uygulamalar ülkemizde de mevcuttur. Aynı şekilde polis, ambulans ve itfaiye araçlarına takılan alıcılar sayesinde, acil durumda olay yerine en yakın araçlar belirlenebilir. Bu şekilde GPS hayati önem taşımaktadır.

Meteorolojide, bilimadamları hava durumunu öğrenmek veya ozon tabakasını incelemek için gökyüzüne gönderdikleri balonlara GPS bağlayarak, balonun verileri nereden gönderdiğini öğrenebiliyorlar.

Ayrıca, çok küçük elektronik devreler olarak bilinen çiplerin insanlara yerleştirilmesiyle yakından izlenme imkanına kavuşulmuştur. İlk planda belirli hastalıkları olan insanlara takılacak çipler sayesinde, hasta olan kişileri sürekli olarak uydu aracılığıyla izleme imkanına sahip olunmaktadır. Çiplere yerleştirilen alıcılar sadece uydu aracılığıyla yer tespitini değil, ayni zamanda kan şekeri, kalp atışı, hatta elektrokardiyografi, beyin dalgaları (EEG) gibi ayrıntılı biyolojik bilgileri de sürekli takip edebilmektedir. Kişi acil bir durumla karsılaştığında hem bulunduğu yeri, hem de bu hayati bilgileri istenilen bir merkeze yine uydu aracılığıyla bildirebilmektedir.

Hayvanlarda bir süredir kullanılan benzeri sistemler sayesinde bu cihazlar test aşamasını geçmiş durumdadır. GPS teknolojisi sayesinde GPS cihazları taşındığında Dünyanın neresinde olunursa olunsun bulunulan yerin tam olarak saptanması imkanı da mevcuttur. Şeker hastalığı veya belirli bir kalp hastalığı olan biri bahis konusu olan bir yonga sayesinde hasta örneğin şeker komasına girdiğinde çevresinde kimse yokken bile, bayıldığı ve şeker komasına girdiği, ayrıca tam olarak bulunduğu yer anında yakınına veya bir acil sağlık merkezine bildirilecektir. Bu sayede kritik olan dakikalar değerlendirilip hastanın kurtarılması imkanı doğacaktır.

Bu teknik sayesinde, güvenlik noktalarından geçen insanların kimliği anında ve doğru olarak tespit edilebilecektir. İlk planda bu, polislerin ve askerlerin kimliklerinin tespitinde faydalı bir uygulama olabilir. Bu tür çiplerin ulusal bir kimlik belgesi gibi kullanılması da tartışılan bir konu. Böyle bir gelişme

gerçekleşirse kimlik kullanmak tarihe karışacak. Bazı bilimadamları bu tür çiplerin doğumda herkese yerleştirilmesinin bile yakın gelecekte gündeme gelebileceğini belirtiyorlar.

Teknoloji uzmanları ve bilim adamları GPS'in Dünyanın hareketlerini tespit edecek çok önemli bir alet olarak kullanırlar. Bir araştırmacı, sabit bir yerden bir GPS alıcısıyla arka arkaya ölçüm yaparsa, yanardağdan lavların akması veya buzdağının bir Antartik katmanından ayrılarak yer değiştirmesi gibi hareketleri takip edebilir. Alıcıların arttırılıp (ek alıcılar doğruluk oranını yükseltir) ölçümler, yeri tam olarak bilinen sabit bir GPS baz istasyonuna gönderilirse 2.54 cm'nin 10'da 1'i kadar küçük, ani yer hareketleri net olarak izlenir. Bilimadamları, bu yeni teknolojik yetenek sayesinde en büyük dinamik yöntemlerden birini araştırıyorlar.

GPS, ülkemizde de en çok yerbilimciler ve jeofizikçiler tarafından kullanılıyor. Örneğin Marmara fayındaki veya diğer deprem bölgelerindeki hareketleri izlemek için yere yerleştirilen cihazlarla uzaydan alınan sinyaller sayesinde fay kuşaklarında yer değiştirmeler izleniyor. Bu sayede örneğin "Fayın Marmara bölgesindeki hareketi yılda 2 cm, Ege bölgesinde 3 cm' olarak açıklanıyor. Yerdeki bu yer değiştirmeler veya kaymalar, faydaki yıllar içinde enerji birikimi konusunda hesaplamalara yardımcı oluyor. Böylece, fayın kırılma zamanı hakkında da genel bilgiler elde edilebiliyor".

GPS yöntemi sayesinde örneğin Hong Kong'taki çok önemli bir köprünün yıkılabileceği görüldü ve buna göre takviyesi gündeme geldi. Dünyanın en büyük asma köprüsü olan ve hem kara hem de tren yolu taşımacılığının yapıldığı Hong Kong'daki Tsing Ma Köprüsü eğilecek ve sallanacak şekilde tasarlandı. 1355,4 m (4518 fit) uzunluğundaki köprü, kendisini ve trenleri 1–1,5 m sağa ve sola sallayacak ve köprünün boyunu yaklaşık 1,5 m kadar dibe gömecek kasırgalara dayanıklı olarak inşa edildi. Ancak 4,5 m'lik (15 fit) bir hareketle köprünün çelik kirişlerinin ve kablolarının plastik çubuklar gibi kolayca bükülmesine neden olabileceği görüldü. Böyle bir felakete karşı Tsing Ma'nın geleceğini düşünen mühendisler, köprünün tam konumunu üç boyutlu olarak belirleyen bir dizi GPS alıcısı yerleştirdiler. Kilometrelerce uzunlukta fiber-optik kablolarla birbirine bağlı 14 GPS alıcısı, köprünün kablolarına, gövdesine ve kulelerine takıldı. Alıcılar, her on

saniyede bir, konumlarını görüntüleme merkezindeki bilgisayara aktarıyorlar. Olası hataların düzeltilmesi için sabit diğer 2 GPS alıcısından alınan veriler de bilgisayara gönderiliyor. Tsing Ma Köprüsü'nün konumu, yatay olarak bir inçin 10'da 4'ü ve dikey olarak da 10'da 8'i doğruluk payıyla belirleniyor.

Bilgisayar ayrıca rüzgarın yönü ve hızını da hesaplayarak köprünün bileşenleri üzerinde oluşabilecek basınç ve yükü tahmin etmiş ve mühendislerin tamir ve bakım çalışmalarını hazırlamalarına yardımcı olmuştur. Başka hiçbir yöntemle uzun bir köprünün hareketleri böyle ölçülemezdi. Açık denizlerde, 160,93 km'ye (100 mil) varan genişlikteki girdaplar okyanus sularını çalkalayarak diplerdeki gıda ve besleyici maddeleri su yüzeyine çıkarır ve derinlerdeki enkazları da karanlık sulara gömer. Okyanusbilimciler, karadan denize Karbon Devri'nde anaforların önemli bir rolü olduğuna inanıyorlar. Ancak anaforların bugüne kadar iyi incelenememesi nedeniyle konu hakkında çok az şey biliniyor. GPS sistemi ile tam olarak okyanus hedef alınmakta ve su yüksekliğindeki değişimlerle ilgili kesin bilgiler elde edilmektedir. GPS okyanus anaforlarının gizli hayatlarından daha başka konuları da açıklığa kavuşturabilir. Mesela deniz seviyesinde küresel ısınmaya bağlı gerçekleşen değişimlerin görüntülenmesinde... Bilimadamları şimdilik sadece sahillere yakın yerlerdeki değişimleri inceleyen gel-git ölçümleri yapıyorlar. Dağların tepelerine, binalara ucuz bir şekilde GPS alıcıları yerleştirildiğinde 20 km uzaklıktan deniz seviyesindeki değişimler bile ölçülecek ve çok daha farklı bilgilere ulaşılmış olacak.

Sismologlar, olası depremler hakkında erken bilgi almak, hafif sarsıntıları saptamak için geleneksel sismometre, tiltmetre ve stranometre kullanırlar. Ancak bu aletler, ileriki haftalarda veya aylarda olabilecek bir depremin sinyallerini veren yavaş oynamaları değil, sadece hızla gerçekleşen ve çok önemli olmayan hareketleri kaydederler. Japonya'daki Coğrafi Araştırma Enstitüsü, bölge ile bağıntılı binden fazla GPS alıcısından oluşan Geonet adlı şebeke sayesinde, uzun dönemli verileri toplayabiliyor. Genelde birbirinden 24,14 km (15 mil) uzaklıkta bulunan alıcılar, sismik olarak tehlikeli olduğuna inanılan bölgelerde birbirlerine daha yakın bir biçimde yerleştirildiler. 4,5 m yüksekliğinde paslanmaz çelikten sütunlar içine yerleştirilen her bir GPS alıcısı, takılan bir anten yardımıyla 30 saniyede bir, uydu

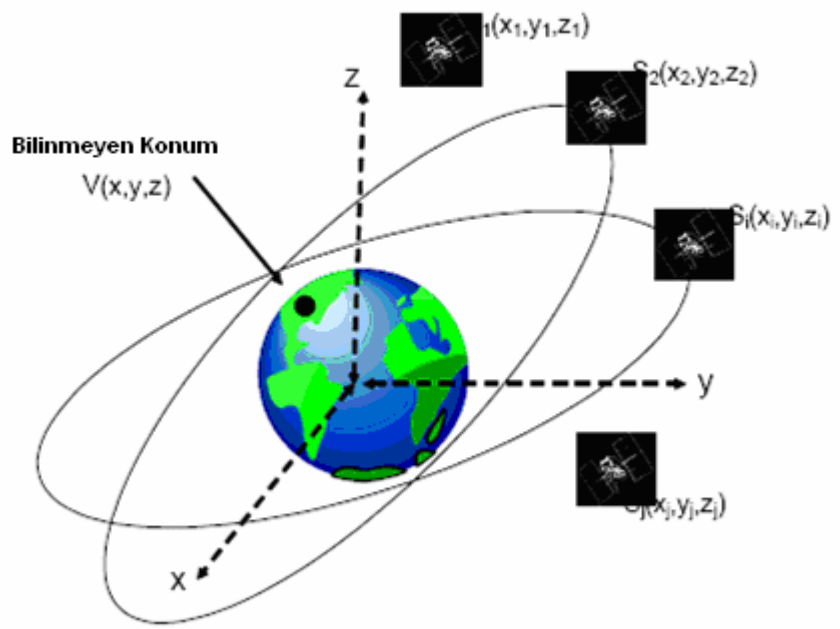
sinyallerini topluyordu. Örneğin; Geonet sistemi, tektonik bir çukur üzerinde bulunan Japonya'nın en kalabalık dördüncü kenti olan Nagoya'da, olağandışı hareketlerin işaretlerini tespit etti. Discover dergisinde yayımlanan (Mart 2002) bir yazıya göre, Nagoya'nın zemini her sene bir santim batıya doğru hareket ediyordu. Ocak 2001'deyse zemin aynı oranda ters doğrultuda hareket etmeye başladı. Böyle bir hareket aniden gerçekleşirse çok büyük bir deprem bölgeyi sallayabilirdi. Bir sonraki hareketin ne olacağı bilinemiyor ancak eğer GPS alıcısı olmasaydı neler olduğu da bilinemeyecekti (http://mf.erciyes.edu.tr). Bugün aynı alıcılar daha gelişmiş bir şekilde Nagoya'nın tektonik kalbini dinlemeye devam etmektedirler.

1.1.3. GPS ile Konum Hesabı

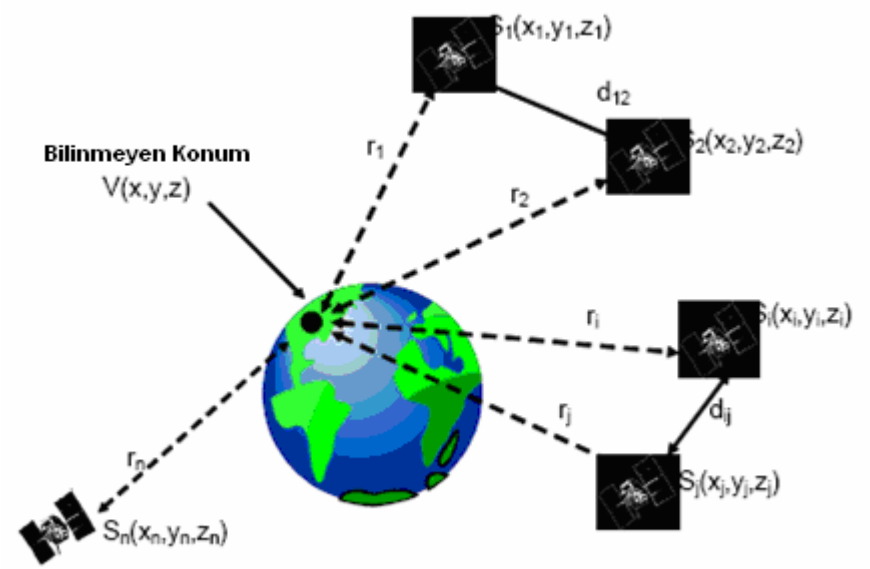
Üç boyutlu hesaplama alıcı pozisyonunu (x, y, z), çözümlemek için uyduların alıcılara olan uzaklıklarına gereksinim duyar. Alıcı pozisyonu en azından üç tane denklem kullanılarak hesaplanır. Aşağıdaki örnek, Hereman (1995) ve Navidi (1998)'nin üç taraflı hesaplama yaklaşımlarının gösteriminden alınmıştır.

Problemin ifadesi:

Amaç, 3D pozisyonu verilen bir GPS alıcısını bulmaktır; verilen uzaklıklar alıcıdan, GPS uydularına olan uzaklıklardır. Koordinatlar (x, y, z) bilinmeyen $V_{(x, y, z)}$ aracının Kuzey, Doğu ve Yükseklik pozisyonudur. Uyduların bilinen sabit koordinatları $(S_1,\ldots,S_n)$ tam olarak kabul edilir. Bu problem, aracın pozisyonunu hesaplamak için uydulardan (S_i), araca (V) olan uzaklıkları ölçüt olarak kullanır.



Şekil 1.3. Uydu koordinatlarının gösterimi (Vega, 2001)



Şekil 1.4. Uydu uzaklıklarının gösterimi (Nieto, 2001)

(S_i) ve *(V)* uzaklık formulü aşağıdaki gibidir;

$$(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2 = r_i^2 \qquad ,i=1,....n \qquad (1)$$

Yaklaşım, doğrusal olmayan bu problemi çözmek için doğrusal denklem sistemidir. Maden aracının koordinatları bu doğrusal olmayan denklemleri yetkinleştirmek zorundadır. n tane uydunun koordinatları *(x_i,y_i,z_i) (i = 1,2,…,n)*

olarak verilmiştir, oysa ki aracın koordinatları (x, y, z) bilinmemektedir. Araçtan *i'inci* uyduya olan ölçülü uzaklık r_i olsun.

j'inci uydunun koordinatları 1 olarak kabul edilebilir ve doğrusal bir araç gibi kullanılabilir.

j'inci uydunun koordinatlarını (x_j, y_j, z_j), 1'den çıkararak;

$$\left(x - x_j + x_j - x_i\right)^2 + \left(y - y_j + y_j - y_i\right)^2 + \left(z - z_j + z_j - z_i\right)^2 = r_i^2 \quad \text{i=1,.....n} \quad (2)$$

İle ($i = 1,2,..., j-1, j+1,...,n$)

Genişletme ve yeniden gruplama yapacak olursak;

$$\left(x - x_j\right)\left(x_i - x_j\right) + \left(y - y_j\right)\left(y_i - y_j\right) + \left(z - z_j\right)\left(z_i - z_j\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left[\left(x - x_j\right)^2 + \left(y - y_j\right)^2 + \left(z - z_j\right)^2 - r_i^2 + \left(x_i - x_j\right)^2 + \left(y_i - y_j\right)^2 + \left(z_i - z_j\right)^2\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[r_j^2 - r_i^2 + d_{ij}^2\right] \quad (3)$$

si ve s_j uyduları arasındaki uzaklık;

$$d_{ij} = \sqrt{\left(x_i - x_j\right)^2 + \left(y_i - y_j\right)^2 + \left(z_i - z_j\right)^2} \quad (4)$$

Basit olarak; eğer $j = 1$, ve $i = 1, 2, 3\ldots n$, olduğunda (n-1)'in doğrusal denklemi şu şekildedir;

$$\left(x - x_1\right)\left(x_2 - x_1\right) + \left(y - y_1\right)\left(y_2 - y_1\right) + \left(z - z_1\right)\left(z_2 - z_1\right) = \frac{1}{2}\left[r_1^2 - r_2^2 + d_{21}^2\right] = b_{21} \quad (5)$$

$$\left(x - x_1\right)\left(x_3 - x_1\right) + \left(y - y_1\right)\left(y_3 - y_1\right) + \left(z - z_1\right)\left(z_3 - z_1\right) = \frac{1}{2}\left[r_1^2 - r_3^2 + d_{31}^2\right] = b_{31} \quad (6)$$

$$\left(x - x_1\right)\left(x_n - x_1\right) + \left(y - y_1\right)\left(y_n - y_1\right) + \left(z - z_1\right)\left(z_n - z_1\right) = \frac{1}{2}\left[r_1^2 - r_n^2 + d_{n1}^2\right] = b_{n1} \quad (7)$$

Bu linear eşitlikler sistemi matris formunda yazılırsa;

$$A = \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ M & O & M \\ x_n - x_1 & y_n - y_1 & z_n - z_1 \end{vmatrix} \quad \overset{r}{x}_{tr} = \begin{vmatrix} x - x_1 \\ y - y_1 \\ z - z_1 \end{vmatrix}, \quad \overset{r}{b} = \begin{vmatrix} b_{21} \\ b_{31} \\ M \\ b_{n1} \end{vmatrix} \tag{8}$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} A^T \overset{r}{x}_{tr} &= A^T \overset{m}{b} \\ \overset{r}{x}_{tr} &= (A^T A)^{-1} A^T \overset{m}{b} \end{aligned} \tag{9}$$

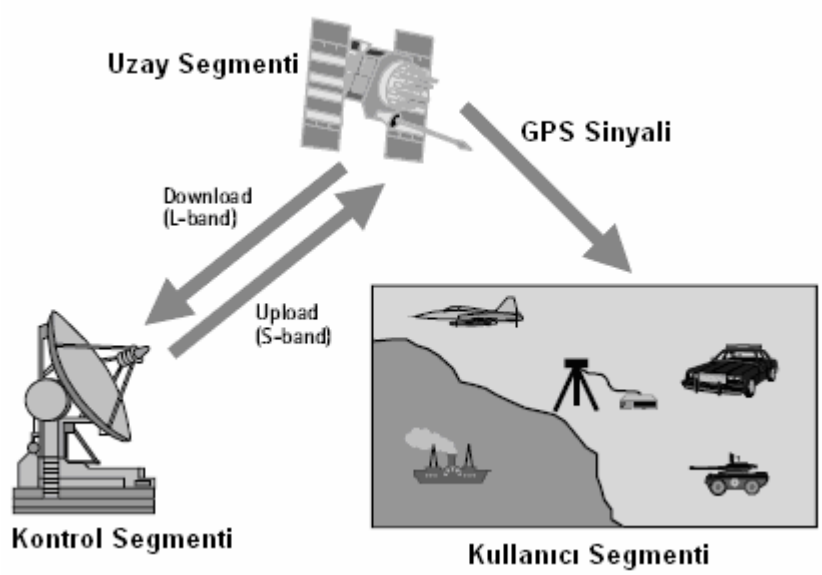
Elde edilir.

En son olarak da, (10)'dan (x_{tr}, y_{tr}, z_{tr})'ye (x_1, y_1, z_1)'in eklenmesi ile (x, y, z) bulunur;

$$\begin{aligned} x &= x_{tr} + x_1 \\ y &= y_{tr} + y_1 \\ z &= z_{tr} + z_1 \end{aligned} \tag{10}$$

1.1.4. GPS Parçaları

GPS üç parçadan oluşur; uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü, (Şekil 1.4.). Her bir GPS uydusu, parçaların bir numarasına sahip olan bir sinyal ki bunlar aynı zamanda taşıyıcı sinyal olarak da bilinirler, 2 dijital kod ve bir navigasyon mesajı gönderir (Wells, 1987). Bu taşıyıcılar ve kodlar esasen kullanıcının alıcısından GPS uydularına olan uzaklığı hesaplamada kullanılır. Navigasyon mesajı, bir zaman fonksiyonu gibi uydu koordinatlarını (yerini) diğer bilgilerle birlikte içerir. Yani NAVSTAR (NAVigation System with Time And Ranging) uyduları eşzaman (yıl, ay, gün, saat, dakika, saniye) sinyallerini, kendi pozisyon parametrelerini ve diğer uydularla ilgili bilgileri içeren iki ayrı frekansta yayın yaparlar (El-Rabbany, 2002). Taşınan sinyaller uydular üzerinde bulunan yüksek hassasiyetli atomik saatler tarafından kontrol edilirler.



Şekil 1.5. GPS Segmentleri (El-Rabbany, 2002)

Bütün GPS sistemi kontrol ünitesi ile birlikte bir bütün olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde, Colorado Springs'de bir istasyonda odaklanmıştır. Buraya yerleştirilen yönetici bir merkez istasyonu Dünya çapındaki izleme istasyonlarının ağını kendisinde toplar. İşlemsel kontrol parçasının birincil görevi, GPS uydularını düzenli bir sırada takip etmek; uydu yerlerini, sistem entegresini, atomik uydu saati işleyişini, atmosferik veriyi, uydu günlüğünü ve diğer etmenleri hesaplamak ve önceden haber vermektir. Bu bilgi daha sonra paketlenir ve GPS uyduları içine, S-bandı ağından yüklenir.

Üç parçalı GPS ünitesinin üçüncüsü parçası olan Kullanıcı Segmenti, tüm askeri ve sivil kullanıcıları kapsar. Bir GPS antenine bağlı bir GPS alıcısı ile kullanıcı Dünyada herhangi bir noktadaki yerini hesaplayabilmek ve tespit edebilmek için GPS sinyalleri alabilir. GPS şimdilik hiçbir karşılık olmaksızın tüm kullanıcılara açıktır (El-Rabbany, 2002). Ancak daha ileriki bir zamanda pek değişecek gibi görünüyor olmasa da, ilerleyen teknolojinin onu ve kullanıcılarını hangi aşamaya sürükleyeceği hiç belli değildir!

1.1.4.1. Uzay Bölümü

21 aktif ve 3 yedek olmak üzere 24 uydudan oluşur. Bu uydular Dünya yörüngesinde yaklaşık 20.000 km yükseklikte, herbir düzlemde 4 uydu olmak üzere,

6 yörüngesel düzlemde yerleştirilmiştir. Her bir yörüngesel düzlem Ekvatora göre 55° açı ile eğimlidir. Her bir uydu 11:56.9 (saat: dakika) periyodunda bir yörünge izler ve her uydu yaklaşık 24 saatte Dünya etrafında iki tur atar.

Bu uydu takımı yerleşimi, Dünyanın herhangi bir yerinden, herhangi bir zamanda en az dört uydunun görülebilmesini sağlar. Teorik olarak, Dünyanın belirli bir yerinde her zaman 6 ila 10 uydu görüş alanı içerisindedir. Uyduların yörüngesel konumu çok kesin olarak bilinir. Uydu alıcıya; konumunu, transmisyon zamanını ve uydu ile kullanıcı arasında menzil kurmaya yarayan sinyal bilgilerini gönderir. Uyduların yayınladığı zaman sinyalleri, 70 bin yılda 1 saniyeden daha az hata yapacak doğrulukta olacak şekilde atomik saatler tarafından üretilir. Navigasyon sinyalleri iki frekansta yayınlanır. Bu frekanslar 1575,42 MHz'de L1 ve 1227,6 MHz'de L2 dir. Bu iki farklı sinyal kullanılarak verilen hizmet ikiye ayrılır. Bu hizmetler:

1. Standart yerbelirleme hizmeti, SPS (Standart Positioning Service).
2. Hassas yerbelirleme hizmeti, PPS (Precission Positioning Service).

L1 sinyali yalnızca C/A koduna (Couse Acquision Code) sahiptir. Ticari amaçlı GPS alıcıları yalnızca bu kodu çözebilir ve standart yerbelirleme hizmeti verebilir.

L2 sinyali ise, C/A kodundan başka Hassas Kod olan P koduna (Precise Code)'da sahiptir. C/A kodu ile birlikte P kodunu çözebilme özelliğine sahip GPS alıcıları hassas yerbelirleme hizmeti verebilir.

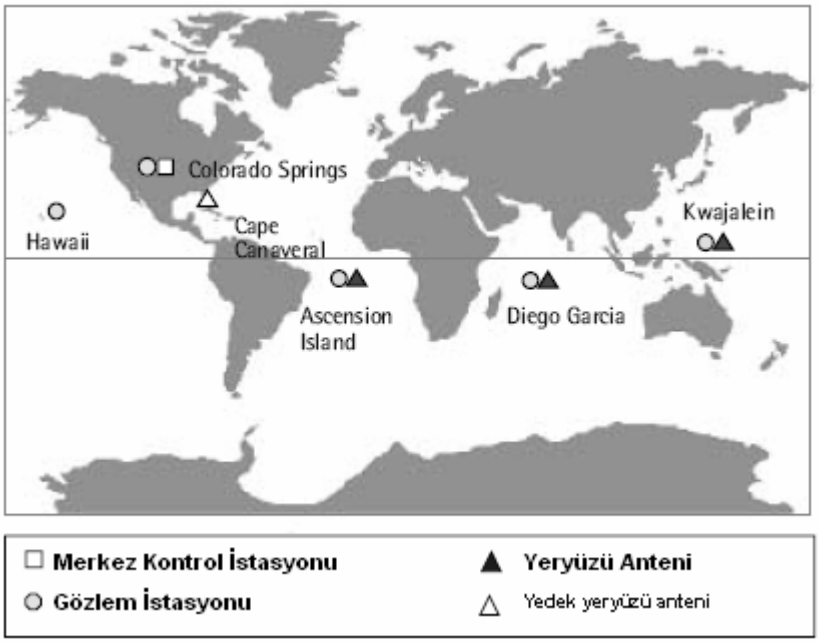
SPS (Standart Positioning Service; Standart Yerbelirleme Hizmeti) %95 olasılık ile yatay düzlemde 100 m, düşey düzlemde ise 156 m doğruluğa sahiptir. SPS'nin sağladığı zaman transfer doğruluğu 340 ns'dir. SPS'nin düşük doğruluğunun en başta gelen nedeni, ABD Savunma Bakanlığı'nın kasıtlı olarak sinyali bozması ve SPS verisine uyguladığı Seçici Erişilebilirlik; SA (Selective Availability) yöntemidir. SA tekniği ile geliştirilmiş SPS sinyalleri, düşman kuvvetlerince kullanılabilecek yüksek hassas sinyalleri yok etmek için planlanmıştır. Sadece SA, tüm navigasyon ve hassas olmayan alet yaklaşmalarında kullanılan bütün şartları sağlamakta, hatta günümüzde bu amaçla kullanılan sistemlerden daha iyi sonuçlar vermektedir.

PPS'de (Precission Positioning Service; Hassas Yerbelirleme Hizmeti) yatay düzlemde 22 m ve düşeyde 27,7 m'lik doğruluk değeri belirlenmiştir. Bu değerler bir noktada yapılan tüm yerbulumların %95'inin o noktayı merkez alan 22 m yarıçaplı dairenin belirlediği alanın içinde olacağını göstermektedir. PPS'in sağladığı zaman transfer doğruluğu 200 ns (%95) ve hız ölçüm doğruluğu da 0,2 m/sn'dir (Usanmaz, 1998). PPS çoğunlukla tam özerk pozisyonlama ve zamanlama servisidir. P(Y) kodu olarak bilinen; iletilen GPS kodlarının birini kullanır ki buna sadece izinli kullanıcılar erişebilmektedir. Bu kullanıcılar Amerikan askeri güçleri içerisindedir (El-Rabbany, 2002).

Hassas yaklaşmalarda olduğu gibi daha iyi hassasiyet gerektiren operasyonlar için yerde ve uçakta olmak üzere geliştirilmiş sistemlere gereksinim vardır. Amerikan Hükümeti ICAO (International Civil Aviation Organization; Uluslar arası Sivil Havacılık Organizasyonu) ile yaptığı anlaşma çerçevesinde SPS'nin sivil havacılık amacı ile gelecekte de ücretsiz kullanımını garanti altına almıştır. Hassas yaklaşmalar için Diferansiyel GPS (Differential Global Positioning System (DGPS)) kullanılabilecektir.

1.1.4.2. Kontrol Bölümü

GPS'in ikinci bölümü olan Kontrol Bölümü; ana kontrol istasyonu (Master Control Station - MCS), izleme istasyonları ve yer antenlerinden oluşur (Şekil 1.5). 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 getirmediklerini de kontrol etmekle yükümlüdür. Bu bölümün merkez kontrol istasyonu, Colorado Springs'teki uyduların rotalarının ve telemetri bilgilerinin işlendiği ve periyodik olarak bilgilerin güncelleştirildiği yer olan Birleşik Uydu İşlem Merkezi'ndedir (Consolidated Satellite Operational Center - CSOC).



Şekil 1.6. GPS kontrol yerleri (El-Rabbany, 2002)

GPS izleme bilgileri Dünyanın çeşitli bölgelerine yerleştirilmiş izleme istasyonlarından toplanarak biraraya getirilir. Bu izleme istasyonları; Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein ve Hawai'de bulunmaktadır. İzleme istasyonu özel bir saat olan sezyum saat ile uydudaki atomik saatin doğruluğunu test eder. Yapılan test sonucunda, bilgiler modem vasıtasıyla merkez kontrol istasyonuna iletilir. Burada gelen bilginin analizleri yapılarak; uyduların güncelleştirilmiş bilgileri, uydu yörünge ve saat hataları hesaplanır, uydular için yeni bir navigasyon mesajı üretilerek tekrar modem vasıtasıyla yer antenine iletilir. Yer anteni gelen bilgiyi işlemciden geçirip yükselticide güçlendirerek güncelleştirilmiş bilgiler olarak uyduya ulaştırır (Usanmaz, 1998).

Tüm monitör istasyonları ve yeryüzü kontrol istasyonları mürettebatsız ve MCS den uzak olarak yönetilir (El-Rabbany, 2002)

1.1.4.3. Kullanıcı Bölümü

GPS'in üçüncü bölümü olan Kullanıcı Bölümü, GPS uydularının kodlarını çözebilecek özel alıcılardan oluşmaktadır. Kullanıcının konumu, hızı, zaman bilgisi, özel yazılım ve donanım sayesinde elde edilir. Anlık konumbelirlemesi için, kullanıcı 4 veya daha fazla uydudan (3 uydu konum belirlemesi, 1 uydu uydu-alıcı

saat farkının çözümü için) gelen sinyalleri ölçerek; zamanı, üç boyutlu konum ve hızı hesaplayabilir (Usanmaz, 1998).

1.1.5. GPS Uydu Nesilleri

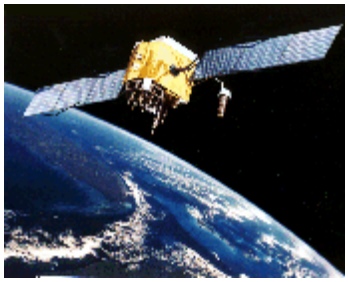
GPS uydu takımyıldızı, Blok I olarak adlandırılan 11 uyduluk bir uydu dizisinin yerleştirilmesi ile başlamıştır. Serinin ve aynı zamanda GPS sistemin ilk uydusu 22 Şubat 1978'de fırlatıldı. Sonuncusu ise 1985'te fırlatıldı ve yörüngede 4,5 yıl kalması planlandı ve şu anda artık kullanım dışı bırakılmıştır.

GPS uydularının ikinci kuşağı, yani Blok II/IIA uyduları olarak bilinirler ve Blok IIA, Blok II'nin gelişmiş bir versiyonudur. Blok II'de veri depolama kapasitesi 14 gün iken bu, Blok IIA'da 180 güne yükseltilmiştir. 28 uyduluk bir seriden oluşan Blok II/IIA uyduları 1989–1997 yılları arasında fırlatılmışlardır ve bunların 23 adedi halen hizmetine devam etmektedir. Yörüngede kalma süreleri 7,5 yıl olarak planlanmıştır.



Şekil 1.7. Sıra ile Blok I, Blok II/IIA, Blok IIR / IIRM GPS uydu j enerasyonları (http://www.geocities.com)

GPS'in yeni nesil uyduları ise Blok IIR/IIRM olarak bilinirler. 21 uydudan oluşan Blok IIR serisinin yörüngede 10 yıl kalması planlanmıştır. Bunlar 2004'te fırlatılmışlardı. Önceden beri tasarlanan ve 2006 yılı içerisinde fırlatılması planlanan en son uydu Blok II-F'nin yörüngede 15 yıl kalması düşünülüyor (Şekil 1.7).



Şekil 1.8. 2006 içerisinde fırlatılması planlanan Blok II-F jenerasyonu (http://www.geocities.com)

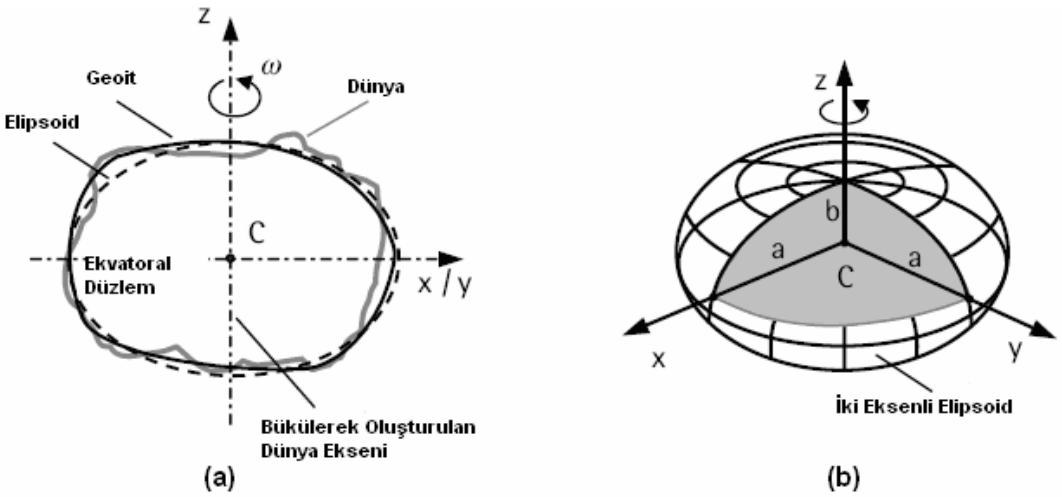
1.1.6. Datum ve Koordinat Sistemleri

GPS ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ile imalatçılar, kullanıcı sistemleri bulabildiler. Bununla birlikte bir ortak problem var ki o da çoğu yeni kullanıcının sahip olduğu sorun, Datum ve Koordinat Sistemleri meselesi ki bu da biraz jeodetik bilgiye sahip olmayı gerektiriyordu (El-Rabbany, 2002).

1.1.6.1. Datum

Gerçek şu ki, Dünya yüzeyi, jeodetic hesaplamalar yapabilmek için oldukça düzensizdir. Böyle engebeli bir yüzeyde örneğin kullanıcı konumunun belirlenmesi bile çok zordur. Bu problemin üstesinden gelebilmek için, düzensiz biçimi aşağı yukarı düzgün bir şekle oturtmak amacı ile jeodezistler referans yüzeyi olarak da bilinen pürüzsüz matematiksel bir formül türettiler. GPS pozisyonlaması gibi yüksek doğrulukta bir konumlama sonucu için böyle bir düzlem temel alındı. Bunun için dünyaya çok benzer bir yüzey ve aynı zamanda mümkün olduğu kadar hesaplamaların basit tutulduğu İkieksenli bir Elipsoit (Biaxial Elipsoid) bulundu. Biaxial referans elipsoidi veya daha basit hali ile referans elipsoidi, kendi küçük ekseni olan (b)'nin bir elips etrafında döndürülmesiyle elde edildi.

Uygun şekilde pozisyonlanan bir referans elipsoidi Jeodetik Veri olarak bilinir (Vanicek ve Krakiwsky, 1996). Diğer bir söyleyişle bir jeodetik veri, iyi tanımlı bir orijin - merkez) ve yönlendirme ile matematiksel bir yüzey veya bir referans elipsoididir. Bu yüzden, bir jeodetik veri, belirlenen 8 parametre tarafından: 2'si referans elipsoidinin boyutunu tanımlamak için, 3'ü, orijinin pozisyonunu tanımlamak ve ayrıca diğer 3'ü de Dünya ile ilgili 3 eksenin yönlendirmesini tanımlamak için hesaplanmıştır (Şekil 1.8) (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.9. (a) Dünyanın fisiksel yüzeyi ile geoit ve elipsoid arasındaki ilişki ve **(b)** elipsoidal parametreler (El-Rabbany, 2002)

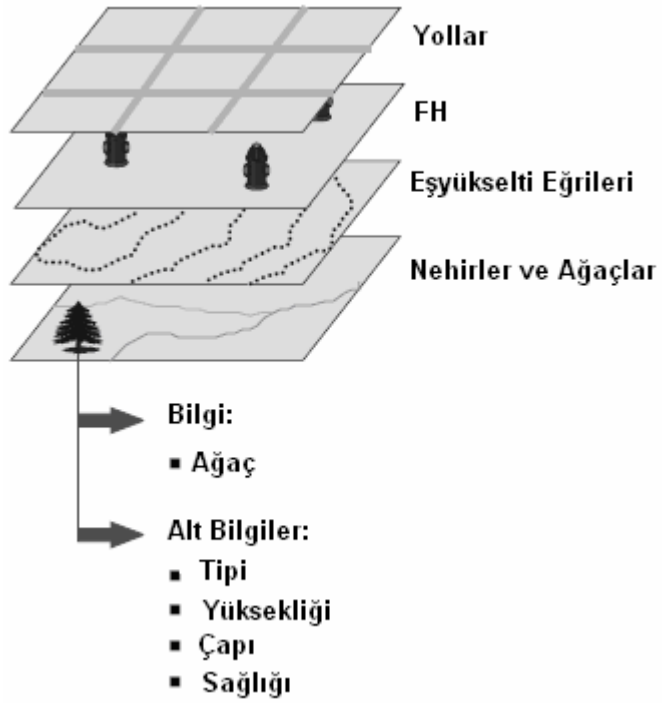
1.1.7. GPS Entegrasyonları

GPS çok yönlü ve kullanılabilirliği yüksek bir sistem olduğundan, birçok farklı uygulamada yardımcı veya ana eleman olarak da kullanılabilmektedir.

1.1.7.1. GPS/GIS Entegrasyonu

GIS, Coğrafik Bilgi Sistemi'dir (Geographic Information System, GIS). GIS, uzaysal referanslı gösterme, analizleme, elle yönlendirme, depolama vs. bilgisayar tabanlı etkinliği olan bir araçtır (Elfick, 1994). Uzaysal referanslı veri, onun coğrafik konumlandırılmasına uyumlu veri olarak tanımlanmıştır. Sokaklar, lamba direkleri ve yangın musluklarının lokasyonu gibi bilgiler hep coğrafyayla ilintilidir. (El-Rabbany, 2002).

Burada GPS/GIS alan verisini doğru ve hızlı bir şekilde toplamak için kullanılır. Şekil 1.9'da görüldüğü gibi, bir arazi parçasına ait olan tüm coğrafik bilgiler GIS'in ulaşamayacağı tüm alt detaylar GPS ile elde edilebilmektedir.

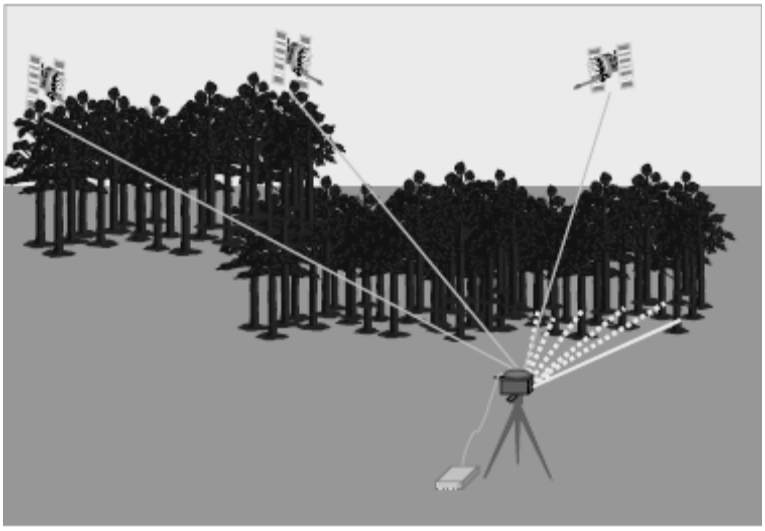


Şekil 1.10. GPS/GIS entegrasyonu (El-Rabbany, 2002)

1.1.7.2. GPS/LRF Entegrasyonu

Sık bir ağaç örtüsü ile kaplı alanlarda, GPS alıcıları GPS uydularına olan bağlantılarını kaybedeceklerdir. Ek olarak, gerçek zamanlı diferansiyel GPS doğrulamaları iyi bir şekilde alınamayacaktır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek içinde entegreli GPS/LRF, Lazer Mesafe Bulucuları (Laser Range Finders - LRF) geliştirildi (http://wiche.edu).

Entegreli sistemi çalıştırmanın yolu, çok yakın bir alana GPS antenini kurmaktır ki bu da GPS'in, GPS uydularına bağlantınsını yitirmeden normal bir şekilde çalışmasını sağlar (Şekil 1.10)**.** Dijital bir pusula yardımı ile reflektörsüz bir el lazeri, yerleştirilen GPS alıcısı ile erişilemeyen nokatların mesafelerini hesaplayabilir. Bu çalışma genel olarak dengeli işleyiş olarak bilinir. Bir el bilgisayarı ilede bu dengeli veri ve GPS verisi toplanır ve bir bilgisayar programı yardımı ile tüm ulaşılabilir bilgiler, ulaşılamayan noktaların koordinatları belirlenebilir. GPS/LRF, orman endüstrisi için vazgeçilmez bir birlikteliktir (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.11. GPS/LRF entegrasyonu (El-Rabbany, 2002)

1.1.7.3. GPS/DR (Dead Reckoning) Entegrasyonu

Diğer bir sistemde, daha düşük sinyal alarak GPS'e ilave edilmiş olan Dead Reckoning (Parakete Rota Hesabı) sistemdir. Düşük maliyetli bir sistemdir; genel olarak yol sensörü ve bir titreşim jiroskopunu içerir. GPS/DR entegrasyonu genişce Otomatik Araç Lokasyonu uygulamalarında kullanılmıştır.

DR navigasyonu, süreklilik arz eden bir temelde araç seyahat uzaklığı ve yönün erişilebilir olmasını gerektirir(El-Rabbany, 2002).

1.1.7.4. GPS/INS Entegrasyonu

Önemli uygulamalardan bazıları, kapalı alanlar ve/veya yüksek dinamik şartlar altında en yüksek doğruluklu pozisyonlamayı gerektirir. Bu uygulamaların örnekleri, derin yüzey madenciliği ve havadan haritalamadır. Yakın zamanda tartışılan en büyük problem, GPS'in kapalı alanlarda kullanılabilirliğinin sınırlı olmasıydı. Ek olarak bir GPS alıcısı limitli dinamik yeteneklere sahiptir. GPS sinyal engellemesi ve yüksek alıcı dinamikleri, geçici sinyal kayıplarına neden olabilir. Bu sınırlamaların üstesinden gelebilmek için, GPS gerçekci bir Bağımsız Çevre Sistemi (Inertial Navigation System; INS) ile entegre edilebilir.

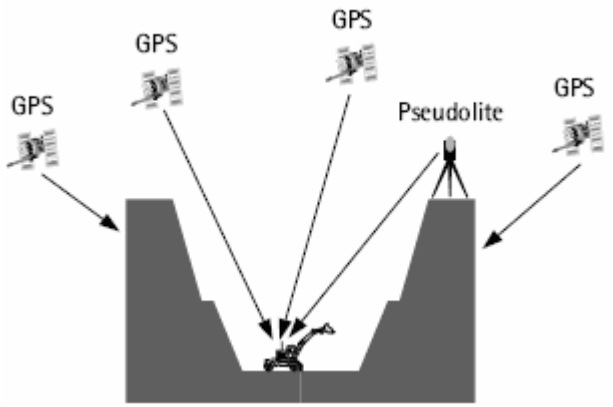
INS, bir kere başlatıldığında, bağımsız bir seyrüsefer sistemini, 3D pozisyon, hız ve davranış bilgisi sunan özerk bir navigasyon halini alır (May, 1993). Hareketsiz Ölçüm Ünitesi (Interial Measurement Unit; IMU) olarak bilinen hareketsiz sensör,

hızölçerler, jiroskoplar, diğer elektronik bileşenler ve bir bilgisayar içeren bir cihazdır. Hareket halindeki bir objeye yerleştirildiğinde, jiroskoplar hareketsiz platformun üzerinde bilgi sağlarken, hızölçerler objenin hızını, artı yerçekimsel gücünü ölçerler.

GPS ve INS entegrasyonu her iki sistemin sınırlamalarının üstesinden gelirler (El-Rabbany, 2002).

1.1.7.5. GPS/Sahteuydu (Pseudolite) Entegrasyonu

GPS'in en hızlı büyüyen uygulamalarından biri yüzey madenciliğidir. GPS'in açıkocak madenciliğinde kullanımı, çeşitli madencilik çalışmalarının komplikasyonlarını dikkate değer bir derecede düşürebilir. Santimetre derecesinde gerçek zamanlı GPS pozisyonlamasının erişilebilirliği madencilik endüstrisinin dikkatini çekmiştir. Bu esastır; çünkü tam gerçek zamanlı pozisyonlama ağır ve pahalı madencilik araçlarının otomasyonuna liderlik için bir anahtardır.



Şekil 1.12. GPS/Sahteuydu entegrasyonu ve engellenen uydu sinyallerinin gösterimi (El-Rabbany, 2002)

Maalesef ocak derinlikleri gibi daha erken sebeplere benzer sebepler uydu sinyallerini kısmen engelleyecektir (Şekil 1.11.). Aslında derin açıkocak madenciliğinde, madencilik pozisyonlaması için GPS yalnız başına kullanılamaz. Ancak ümit verici bir sistem vardır ki, her zaman yüksek doğrulukta pozisyonlamayı sağlamak için Sahteuydu (pseudosatellite; kısaltılmışı pseudolite) sistemidir. Sahteuydu, yeryüzü temelli bir elektronik cihazdır. Tıpkı bir GPS sinyali gibi sinyal iletir: Kod, taşıyıcı frekans ve veri mesajı. Bu da bir GPS alıcısı tarafından elde

edilir. GPS den farkı, sinyal yaratmak için GPS uydular üzerine yerleştirilen atomik saatler kullanırken, sahteuydu tipik düşük maliyetli kristal saatler kullanır.

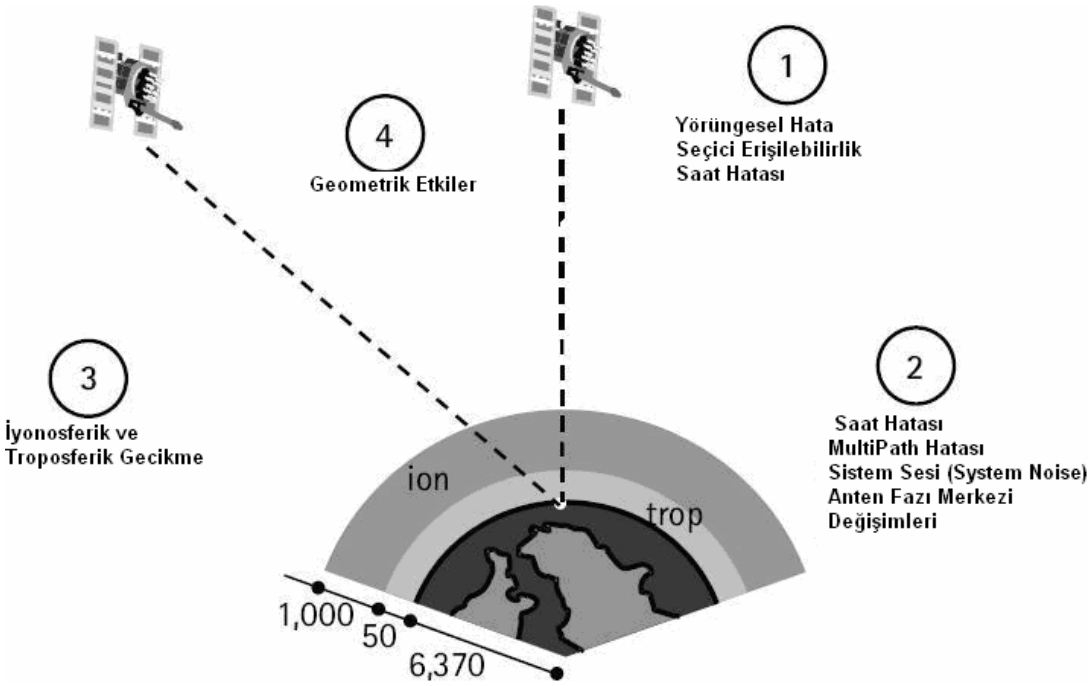
Sahteuyduların sayı ve yerleri, sistem performansını en iyi şekilde sağlamak için optimize edilebilir. Sahteuyduları kullanmanın bir diğer avantajı da, yeryüzü bazlı ileticiler olmasından ötürü, sinyanlerinin iyonosfer tarafından engellenememesidir. Bununla birlikte bir takım dezavantajlardan, yüksek doğruluklu pozisyonlamayı sağlamanın üstesinden gelmek için sıkıntı çeker. Bunlardan birincisi, "yakın-uzak problemi" olarak bilinir; diğeri ise sahteuydu sinyali gücünde değişken sonuçları yani, alıcı-sahte uydu uzaklıklarıdır.

1.1.7.6. GPS/Hücresel Entegrasyon

Hücresel komünikasyon teknolojisi dünya çapında artık kabul edilir olmuştur. Dijital hücresel komünikasyonun kapsamı gün geçtikçe artmaktadır ve gönderimde izin verilen ses ve veriler karışmıyor gibi görünmektedir. Hücresel Sistem, pazar payında aşırı çekici olarak görülmekte ve kullanımda Acil 911, AVL, RTK GPS (Real Time Kinematic GPS) ve benzerlerini içermektedir (Driscoll, 1998).

1.1.8. GPS Hataları ve Eğilimleri

GPS çok avantajlı ve ayrıntı yüklü bir sistem olmasına rağmen, atmosferik etkiler, zemin geometrisi, uydu ve alıcının dahili saatlerinden dolayı birtakım hatalar vermesi olasıdır (Vega, 2001).



Şekil 1.13. GPS hatalarının gösterimi (El-Rabbany, 2002)

GPS sahtemesafe ve taşıyıcı faz ölçülerinin her ikisi de rastgele hatalar ve eğilimler (sistematik hatalar)'in birkaç tipi tarafından etkilenir (El-Rabbany, 2002).

GPS teknolojisine olan yaygın ilgi, GPS'in nasıl çalıştığı ve benzeri konularda birçok bilgi veren web sitesinin geliştirilmesine önayak olmuştur. Bu bölümde bu sitelerden ve çeşitli kaynaklardan faydalanılmıştır.

Muhtemel hataların kaynakları şu şekilde sıralanabilir:

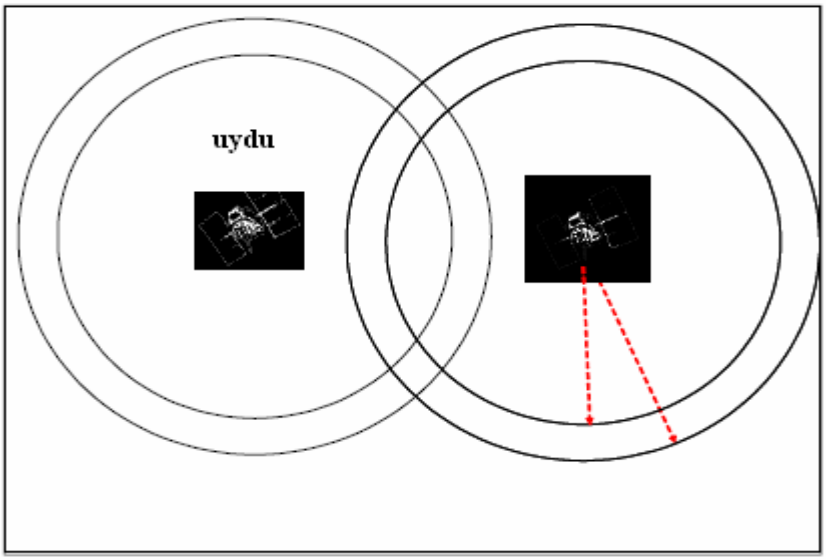
- Uydu ve Alıcı Saatleri hatası
- Uydu Yörünge hatası
- Atmosferik etkiler dolayısı ile oluşan hatalar
- Değişken Rota (Multipath) hataları
- Alıcı hataları
- Hassasiyet Seyreltimi (Dilution of Precision - DOP) (Vega, 2001)

1.1.8.1. Uydu ve Alıcı Saatleri Hatası

Zamanlama GPS için araç konumunu hesaplamada kritik bir etkidir. Bir uydu saatinde gerçekleşecek saniyenin milyonda biri (nanosaniye) kadarlık bir hata, uydu için uzaklık ölçümünde yaklaşık 30 cm'lik bir hata demektir. Bu sebeptendir ki,

uydular çok hassas doğruluklu atomik saatler ile donatılırlar. Bu saatler saniyenin milyonda birinde oluşacak hataları her üç saatte bir depolamaktadır. Uydu saatindeki kaymaları çözmek için yer istasyonları tarafında devamlı bir şekilde izlenirler ve on adet aşırı hassasiyetli atomik saatin kombinasyonunu ihtiva eden Ana Kontrol Saat Sistemleri ile karşılaştırılırlar. Uydu saatlerinin hata ve kaymaları hesaplanır ve bu hesap sonuçlarını içeren mesajlar uydular vasıtası ile iletilir. Uydulara olan uzaklığı bilgisayar ile hesaplamada, GPS alıcıları, doğru sinyal seyahat zamanını bulabilmek için uydu saati hatalarını rapor edilen iletilerdeki zamandan çıkararak saptarlar.

Hatta kontrol merkezlerinde büyük çabalar ile her bir uydu saatinin davranışı izlenir ve hatalarının olduğu kesinlikle tam olarak kestirilemez. Uydu saatlerinde ki tipik bir kaç nanosaniyelik durmalar, yaklaşık bir metreye varan bir uzaklık hatasına sebep olabilir. Şekil 1.13 bunu temsili olarak açıklamaktadır. Sağda uydunun gecikmelerden kaynaklanan yarıçapları arasındaki farklılıklar görülebilmektedir. Bu çapların büyüklüğü kullanıcının uyduya olan uzaklıklarını temsil ettiğinden konumlandırmada da kaymalara sebep olacaktır.



Şekil 1.14. Uydu saatlerinden kaynaklanan gecikme (Vega, 2001)

1.1.8.2. Uydu Yörüngesi Hatası

Hesaplanan pozisyonun doğruluğu aynı zamanda, uyduların (referans noktalarının) bilinen yerlerinin ne kadar doğrulukta olduğunu belirtmekte önemlilik arz etmektedir. Uydu yörüngeleri dünya yüzeyindeki birkaç izleme noktasından

devamlı şekilde izlenmektedir, tahmini yörüngesel bilgiler uydulara iletilir ve daha sonra alıcılara tekrar geri gönderilir. GPS tarihi göstermiştir ki, yörüngesel tahminin doğruluğu metreler tarzındadır ve bu pozisyon izlemede birkaç metrelik bir hata yaratacaktır.

Uydu pozisyonları bir zaman fonksiyonu gibidir ki uydu navigasyon mesajı yaymada yeryüzü istasyonlarında bir önceki GPS gözlemlerinden tahmin edilerek elde edilir. Tipik şekilde üst üste gelen 4 saat, GPS veri süreleri, operasyonel kontrol sistemleri tarafından saat yeni uydu yörüngeleri tahminlerini yapabilmek için 1 saatlik periyotlar ile kullanılırlar. İsmen bir yörüngesel hata 2 ile 5 metre arasındadır ve Seçici Erişilebilirlik altında bu 50 metreye kadar ulaşabilir.

Bir yörüngesel hata (Ephimeris (Gökgünlüğü) ve Orbital (Yörüngesel)) belirli bir uydu için Dünya çapındaki tüm GPS kullanıcıları için özdeştir. Bununla birlikte farklı kullanıcılar aynı uyduyu faklı açılarda görürler; yörüngesel hatanın etkisi mesafe ölçüsündedir ve bu yüzden izlenen pozisyon farklıdır. Gerçekçi pozisyonlama için, aşağıdaki yaklaşım temel çözümde tahmini, pürüzlü bir değer verir:

Temel hata / Temel uzunluk = Uydu poziyon hatası / Menzil uydusu.

Bunun anlamı: Eğer uydu pozisyon hatası 5 metre ve temel uzunluk 10 km ise, umulan temel çizgi hatası, yörüngesel hata dolayısı ile yaklaşık olarak 2,5 mm kadardır.

1.1.8.3. Atmosferik Hatalar

1.1.8.3.(1). İyonosfer

Uydulara uzaklıkları izlemede, bir kerelik dilimde uydu sinyali alıcıya ışık hızında varır ve çarpar. Sorun şudur ki, ışık hızı atmosferik koşullardan dolayı değişebilmektedir. İyonosfer olarak adlandırılan atmosferin en üst tabakası, birtakım yüklenmiş parçacıklar içerir ki bu da kodun yavaşlamasına ve taşıyıcının hızlanmasına neden olur. İyonosferdeki gecikme, sinyal yolu boyunca elektron aktivitesine bağlı olup metreküpteki elektron sayısının fonksiyonu olarak hesaplanır. Bu fonksiyon, zamana ve enleme bağlı olarak hızlı bir değişim gösterir. İyonosfer'in büyüklüğü, geceden sabaha kadarki geçen süre içerisinde çok fazla etki

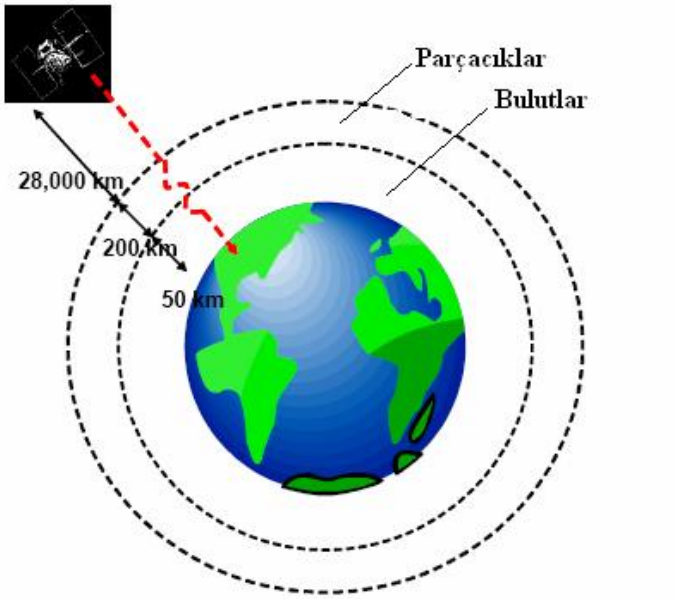
yaratmaktadır. Eğer İyonosfer'in etkileri yatıştırılamazsa ölçüm hataları 10 metreden büyük olabilecektir.

Bazı alıcılar İyonosfer'in etkisini hesaba katmada matematiksel bir model kullanırlar. İyonosfer'deki parçacık yoğunluğunu bilmek, İyonosfer'den kaynaklanacak olan etkileri %50 oranında düşürmek demektir.

İyonosfer'in etkisi elektrik sinyalleri üzerinde, sinyalin frekansı üzerinde harcanır. Yüksek frekans demek düşük etki demektir. Bu yüzdendir ki tüm GPS uyduları bilgiyi L1 ve L2 olarak bilinen iki frekans üzerinde taşırlar. Hassas alıcılar İyonosfer'in etkilerini gidermek için her iki sinyali de izlerler. L1 alıcıları Tek Frekanslı alıcılar olarak bilinirler. L1 ve L2'yi izleyen alıcılara ise Çift Frekanslı alıcılar denir ki bu da hemen hemen İyonosfer'in etkilerini ortadan kaldırmaktadır.

1.1.8.3.(2). Troposfer

Troposfer atmosferin en alt tabakasıdır ve su buharı ihtiva eder. Troposfer kod ve taşıyıcı sinyallerin her ikisini de yavaşlatır. Troposfer'in etkileri çift frekanslı sistemler kullanılarak ortadan kaldırılamaz. Bu etkileri kaldırmanın tek yolu, Troposfer'deki su buharı içeriğinin, sıcaklığın ve basıncın ölçülmesi ve daha sonra bir matematik modelinin uygulanarak gecikmenin hesaplanmasıdır.

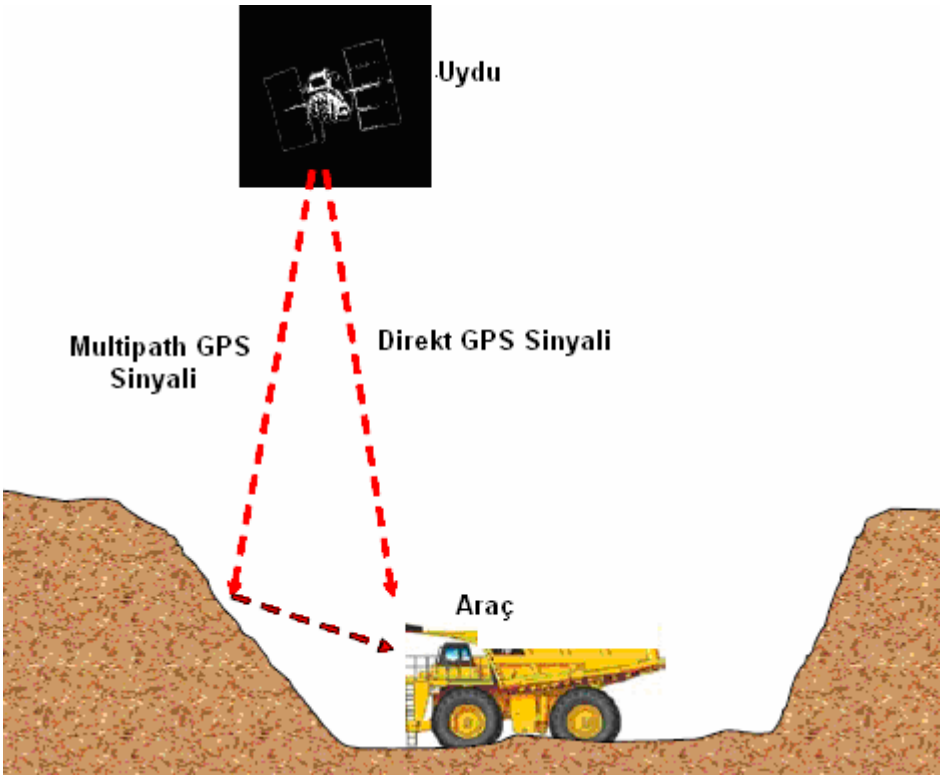


Şekil 1.15. Troposferden kaynaklanan gecikmenin gösterimi (Vega, 2001)

1.1.8.4. Değişken Rota (Multipath) Hataları

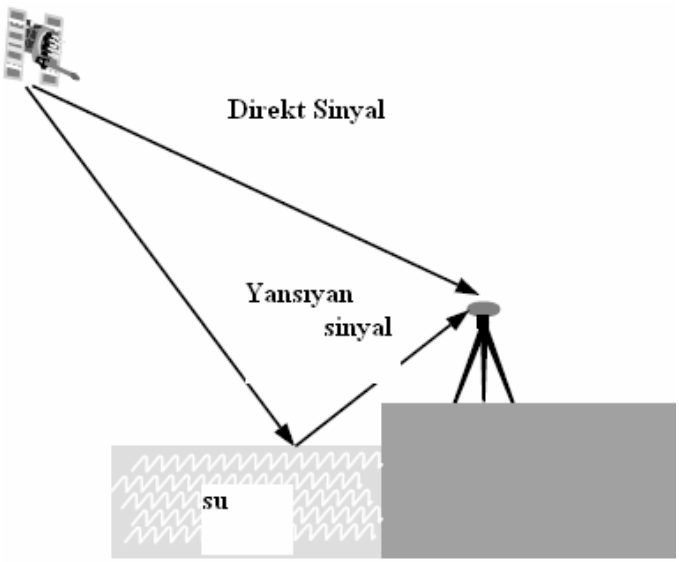
Sonunda Dünya yüzeyine ulaşan GPS sinyalleri GPS alıcısına ulaşmadan önce katı cisimler tarafından yansıtılır veya engellenir. Bu hata formuna "Değişken Rota" hatası denir (www.alan-turkey.com).

Her bir uyduya olan uzaklığın ölçülmesinde bir varsayım vardır ki o da uydu sinyali uydudan doğrudan alıcı antenine gelir. Fakat bu doğrudan sinyallere ek olarak, yeryüzünden ve antene yakın olan objelerden yansıtılan sinyaller vardır ki bunlar da antene değişik yollardan doğrudan sinyallere karışarak ulaşırlar. Karışan sinyaller doğru sinyalin varış zamanı hakkında bir belirsizlik yaratır. Eğer doğrudan olmayan yol, doğrudan yoldan daha uzun ise (10 metrenden fazla) Değişken Rota etkisi sinyal işleme teknikleri ile azaltılabilir (Vega, 2001).



Şekil 1.16. Değişken Rota etkisinin gösterimi (Vega, 2002)

Değişken Rota yansıyan sinyaller ile karışarak orjinal sinyalleri bozar ve bu sözde mesafe ölçümleri ve taşıyıcı-faz'ların her ikisine de etki eder**.**



Şekil 1.17. Değişken Rota etkisinin bir diğer gösterimi (El-Rabbany, 2002)

Halen iyi bir genel Değişken Rota modeli bulunamamaktadır. Bunun temel nedeni, anten-yansıtıcı-uydu geometrilerindeki değişikliklerdir (El-Rabbany, 2002).

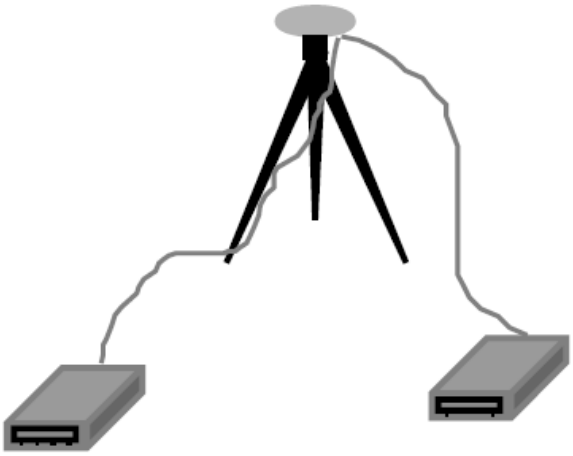
1.1.8.5. Anten-Faz-Merkez Varyasyonu

Bir GPS anteni, gelen uydu sinyalini alır ve bunu bir elektrik akımına dönüştürür ki bu bir GPS alıcısı ile yürütülebilir. Alınmış olan GPS sinyalindeki nokta, Anten-Faz-Merkezi olarak adlandırılır (Langley, 1991). Genel olarak Anten-Faz-Merkezi, antenin fiziksel (geometrik) merkezi ile karıştırılmamalıdır. Hatanın boyutuna, antenin tipine göre Anten-Faz-Merkezi varyasyonu sebep olur. Ancak farklı tip antenlerin karışımını kullanmak veya yönelimleri denemek hatayı pek de önlemeyecektir (El-Rabbany, 2002).

1.1.8.6. Alıcı Ölçüm Sesi

Alıcı ölçüm sesi, alıcının elektroniğinin sınırlamalarından kaynaklanır. İyi bir GPS sistemi minimum ses seviyesine sahip olmalıdır. Genelde bir GPS alıcısı, kullanıcısı tarafından açıldığında kendi kendini test eder. Yapılacak iki test ile bir GPS alıcısını değerlendirmek mümkündür: Bunlar Sıfır Tabanseviyesi ve Kısa Tabanseviyesi testleridir (Nolan, 1992).

Sıfır Tabanseviyesi testi, alıcının performansını değerlendirmek için kullanılır. Test iki veya daha fazla GPS alıcısını besleyen bir sinyal ayırıcı tarafından takip edilen anten/önyükseltici kullanır. Birkaç alıcı problemi, örneğin, interkanal yönelimleri ve daire kaymaları bu test ile tespit edilebilir (El-Rabbany, 2002).

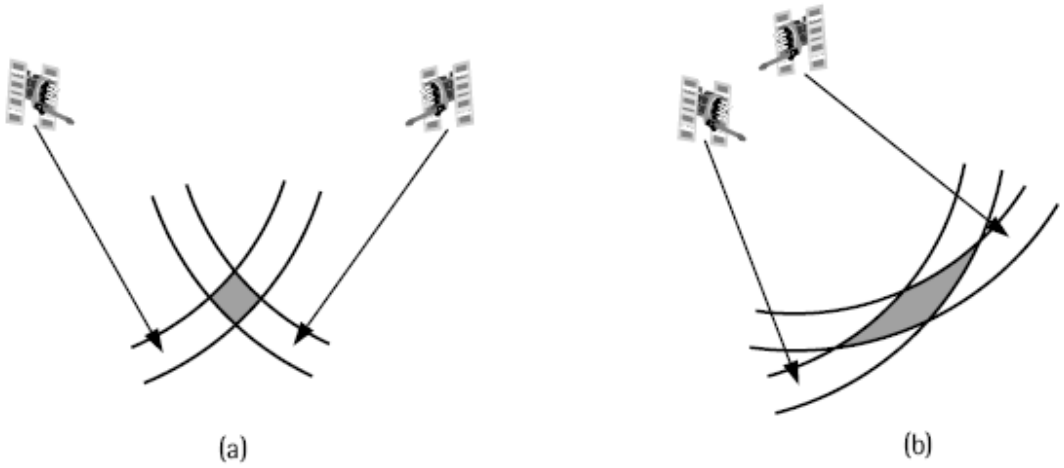


Şekil 1.18. Sıfır temel seviyesindeki GPS alıcısının performans testine ilişkin gösterim (El-Rabbany, 2002)

1.1.8.7. Uydu Geometrisi Ölçümleri ve Hassasiyet Seyreltimi (DOP)

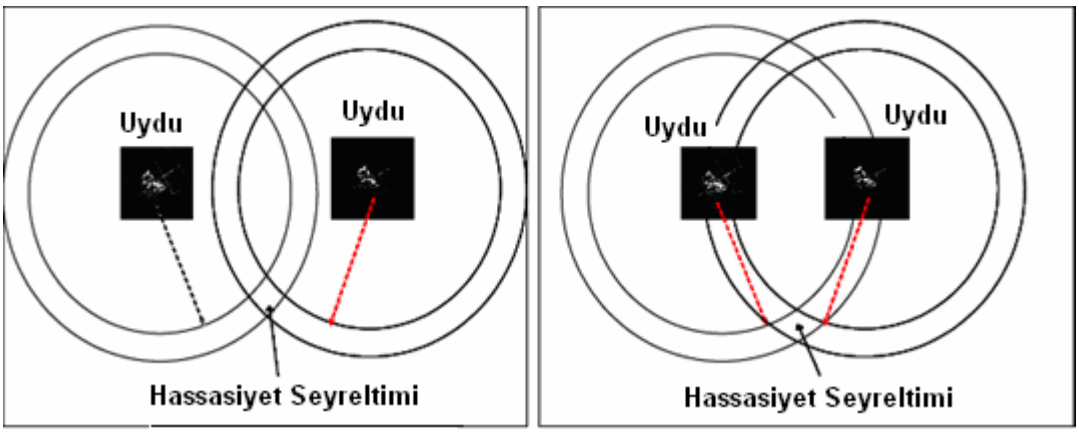
Hatalar ve yönelimlerin değişik tipleri ve GPS pozisyonu görüntüleme doğruluğuna doğrudan etki eden etmenleri anlatmıştık. Bu hata ve yönelimlerin uygun modellenmesi ve/veya GPS gözlenebilirliğinin kombinasyonları, pozisyonlama hassasiyetini geliştirecektir. Uydu geometrisi, alıcı ve alıcılar tarafından görülen GPS uydularının geometrik lokasyonları olarak sunulur ve toplam pozisyonlama hassasiyetinde/doğruluğunda çok önemli bir rol oynar (Wells, 1987).

Daha iyi uydu pozisyonlama gücü, daha iyi pozisyonlama doğruluğu elde etmek demektir. Şekilde iki uydu kullanılarak, uydu geometrisi etkisinin grafiksel açıklaması yapılmıştır.



Şekil 1.19. (a) İyi Uydu Geometrisi, **(b)** Kötü Uydu Geometrisi (El-Rabbany, 2002)

Bu durumda alıcı, dairelerin kesişen iki yayı üzerinde lokasyonlama yapacak; her bir alıcı-uydu uzaklığına ve uydunun kendisine ait olan bir merkeze eşit olan bir yarıçapa sahip olacaktır. Şekil 1.17 (a)'da görüldüğü gibi iki uydu birbirinden uzak noktalarda olduklarında belirsizlik alanı küçük olacak, yakın olduklarında ise büyük olacaktır (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.20. Hassasiyet Seyreltimi'nin bir diğer gösterimi (Vega, 2001)

Uydu geometrisi etkisi, tek bir boyutsuz numara yani DOP olarak da bilinen yöntem ile ölçülebilir. DOP'un daha küçük değerlerinde, daha kesin bir geometrik sonuç; tersinde ise daha kuşkulu bir geometrik sonuç ortaya çıkacaktır (El-Rabbany, 2002). DOP numarası, herhangi bir uzaklıktaki göreceli alıcı-uydu geometrisine bağlı olarak hesaplanır ve bu her iki uydu ve alıcının koordinatlarının erişilebilir olmasını

gerektirir. Yaklaşık değerler genelde koordinatlar için yeterlidir; bunun anlamı DOP değerinin herhangi bir ölçüm yapılmaksızın hesaplanabilir olması demektir.

DOP değerindeki değişiklikler, şu iki sebep hariç genelde yavaş olacaktır;

1- Bir uydu, kullanıcı alıcısından görüldüğü gibi yükselirken veya düşerken,

2- Alıcı ile uydu arasında bir engel bulunduğunda (örneğin; bir köprü altından geçerken).

Pratikte, kullanıcının ihtiyacına göre değişik DOP formları kullanılır (Langley, 1991). Örneğin, genel GPS pozisyonlama amaçları için, uydu geometrisinin etkisinin 3D (3 boyutlu) pozisyonlamasındaki kalitesiyi görebilmek istersek bunu DOP pozisyonunu inceleyerek başarabiliriz. Yani diğer bir deyişle ile PDOP (Position Dilution of Precision) uydu geometrisi ile 3-D pozisyonlama doğruluğuna katkı sağlar. PDOP iki etmen tarafından kırılabilir, HDOP yani yatay hassasiyet seyreltimi ve VDOP yani dikey hassasiyet seyreltimi ile.

Sonuç olarak DOP, uydu takımyıldızı geometrisinin kalitesinin bir göstergesidir (El-Rabbany, 2002).

1.1.8.8. Seçici Erişilebilirlik (Selective Availability)

Son on yıl içerisinde, Amerikan Güvenlik Birimi (U.S. Department of Defense; DOD) tanıtılan uluslararası hataları GPS'in pozisyon doğruluğunu yaklaşık 100 metreye düşürmek için çalışmıştır. Bu kasıtlı düşürüm Seçici Erişilebilirlik (Selective Availability)(SA) olarak anıldı ve uydu saatlerini kaydırarak, uydu yörüngelerini yanlış raporlayarak yapıldı. SA 1999'da kapatıldı ve halen aktif değildir (Vega, 1991).

1.1.9. GPS Pozisyonlama Durumları

GPS kullanım amacına uygun olarak tek bir alıcı kullanılması durumunda her zaman mutlak konum belirler. Bu durumda bir nokta için elde edilen doğruluk 10 metreler mertebesinde olup, bulunan konumun küresel anlamdaki doğruluğu ± 100 m'lik bir alanın içindedir (Shaw, 2000).

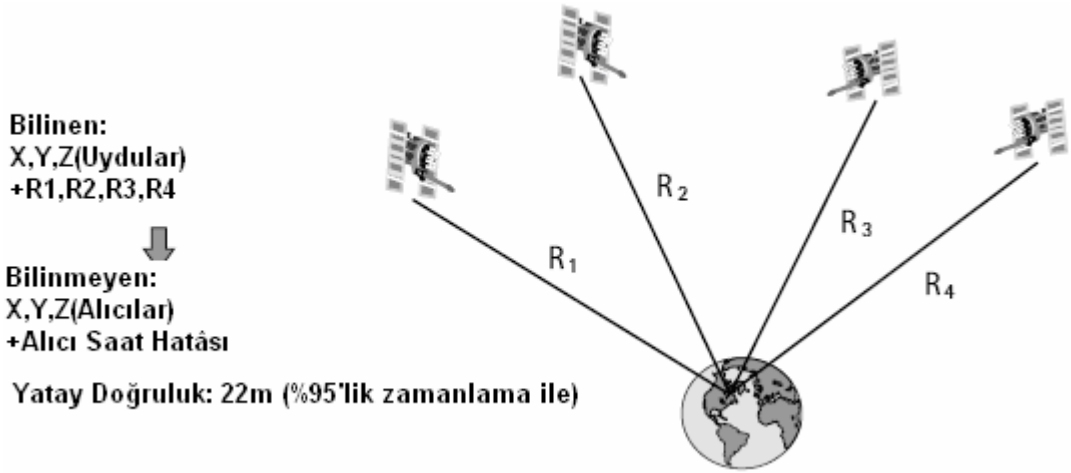
Rölatif konumda ise minimum iki alıcı kullanılmak koşuluyla, bu iki alıcının birbirine göre olan konumlarından hareketle konum belirlenir. Bu yolla metre

mertebesinden milimetreye kadar konum belirlemek olasıdır. Hatta mutlak konumu bilinen noktalardan hareket ederek, rölatif konumbelirleme yöntemlerinden herhangi birinin uygulanmasıyla da mutlak konum belirlemek olasıdır (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 2001).

1.1.9.1. GPS Mutlak Pozisyonlama

Bağımsız veya özerk bilgisayar pozisyonlaması olarak da bilinir ve içinde tek bir alıcı bulundurur. Diğer bir deyişle, bir GPS alıcısı dört veya daha fazla GPS uydusu ile eşzamanlı olarak Dünyasal merkeze göre kendi koordinatlarını hesaplamaya çalışır.

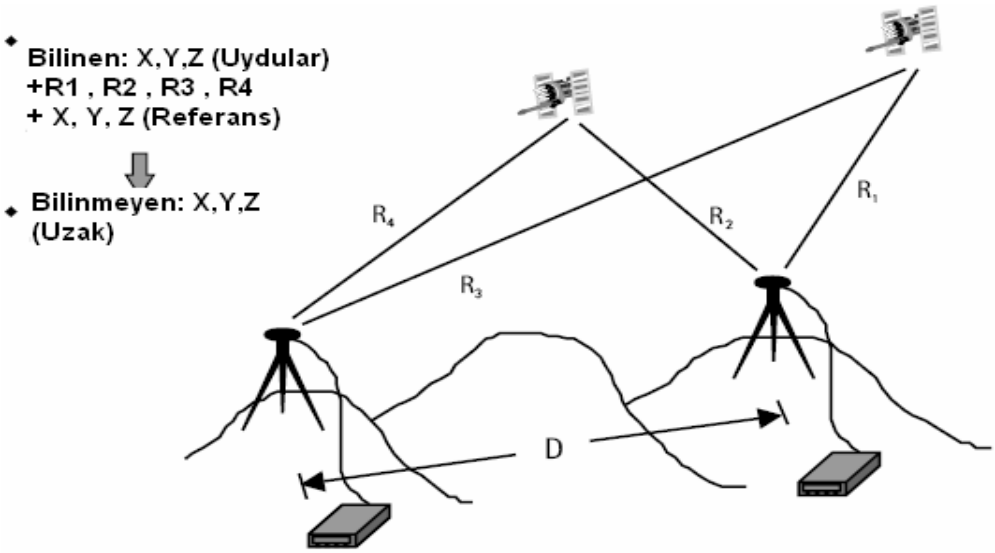
Herhangi bir anda alıcının mutlak konumunu belirlemek için, uydu koordinatlarının, minimum 4 uydunun, mesafelerinin iyi bilinmesi gereklidir (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 2001). Alıcı, uydu koordinatlarını alıcının tipine bağlı olarak (sivil veya askeri), mesafeler C/A veya P(Y) kodundan elde edilirken, navigasyon mesajları içerisinden alır. Daha öncede bahsedildiği gibi, ölçülü sözde mesafeler, uydu ve alıcı saatinin eşleşme (senkronizasyon) hatalarının her ikisinden etkilenir. Uydu saati hataları, navigasyon mesajı içerisindeki uydu saati doğrulamalarını uygulayarak düzeltilebilir. Bu bilinmeyen parametrelerin toplamını 4'e çıkarır; 3'ü alıcı koordinatı ve 1'ide alıcı saat hatası olmak üzere. Bu en azından neden 4 uyduya gereksinim duyulduğunu açıklamaktadır. 4'den fazla uydu izlendiği takdirde bu En küçük Kareler yaklaşımı veya Kalman Filtreleme Tekniği olarak adlandırılır.



Şekil 1.21. GPS mutlak pozisyonlama'nın prensibi (El-Rabbany, 2002)

1.1.9.2. GPS Rölatif Pozisyonlama

Türevsel pozisyonlama olarak da bilinir ve iki GPS alıcısı içerir. İki alıcıdan bir tanesi referans noktası olarak veya taban olarak seçilir ve koordinatları kesinkes bilinen bir yerde sabit olarak kalır. Uzaktan alıcı veya Rover olarak adlandırılan diğer alıcı ise, kendi koordinatlarına sahiptir ve GPS operasyonunun türüne göre sabit veya hareketli olabilir. Rölatif pozisyonlamada minimum 4 ortak uydu gereklidir. Taşıyıcı faz ve/veya sözde mesafe ölçümleri rölatif pozisyonlamada kullanılırlar. Rölatif pozisyonlama özerk pozisyonlamadan daha yüksek bir pozisyonlama sunar (El-Rabbany, 2002).

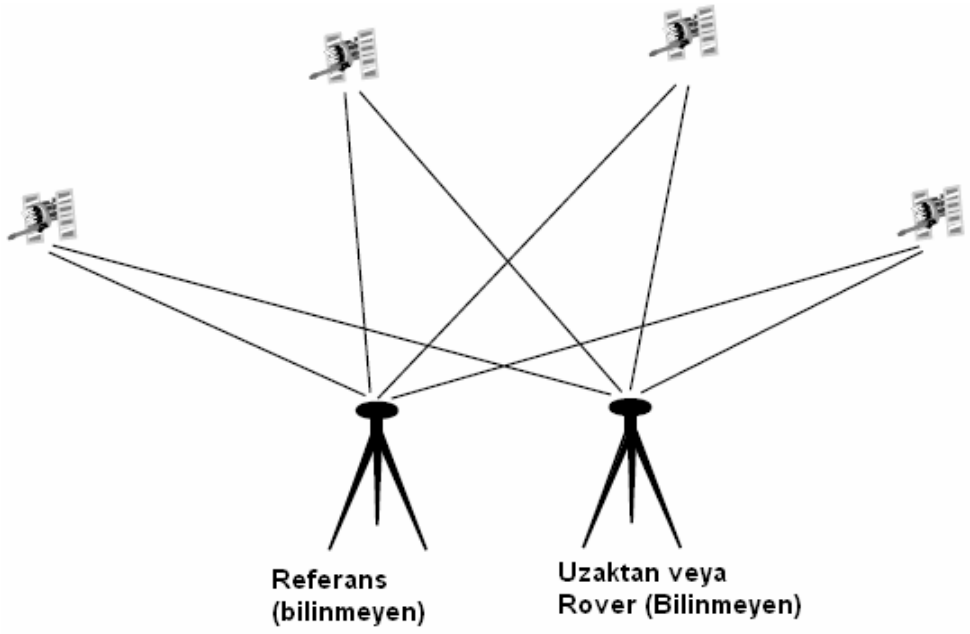


Şekil 1.22. GPS rölatif pozisyonlama prensibi (El-Rabbany, 2002)

1.1.9.3. Statik GPS İncelemesi

Uzun bazların ölçümünde ve yüksek duyarlıklı ağlarda diğer ölçü yöntemleri güvenilir sonuç veremeyebileceğinden statik ölçü yöntemi kullanılır. Statik ölçü yöntemi ile tamsayı belirsizliğini çözebilmek için baz uzunluğuna göre uzun süreli gözlemler gerekmektedir. Statik ölçü yöntemi ile ülkemizde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağının sıklaştırılması için üretilecek olan C1, C2 Derece Ağların (AGA, SGA) ölçümü gerçekleştirilir. Ölçülerde GPS sinyalleri 15 saniye aralıklarla ve 45–120 dakika süresince kaydedilir (Yaprak, 2005).

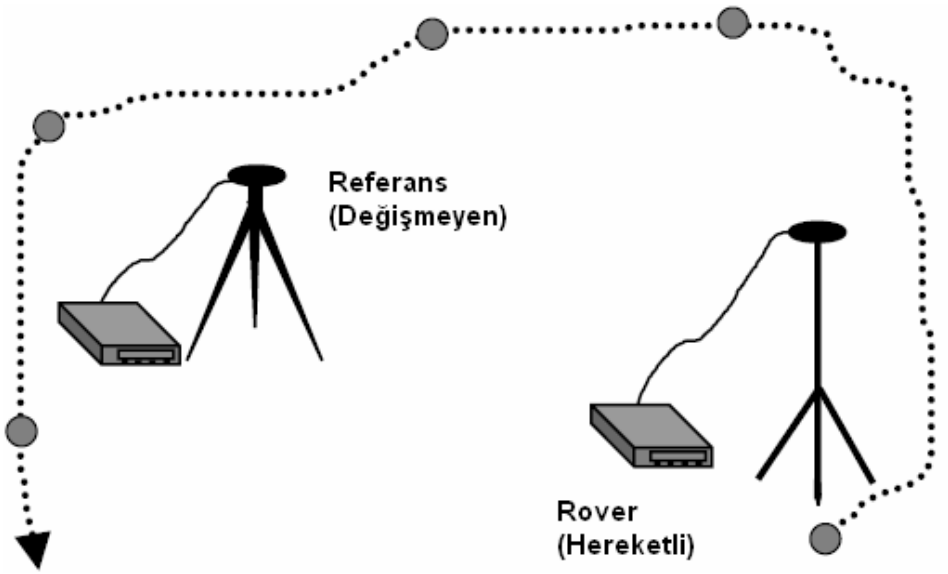
Statik yöntem, bir Rölatif pozisyonlama tekniğidir ve taşıyıcı fazı ölçümlerine bağlıdır (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Collins, 2001). En az iki alıcıyla gözlem yapılır. Gözlem süresi uzundur. Gözlem süresi beklenen doğruluğa ve iki alıcı arası uzaklığa bağlı olarak değişir. Genelde bu süreler yarım saat ve üstü olarak belirlenir. Bu yöntemle nirengi ağlarını oluşturan noktaların konumları, deformasyon ölçmeleri ve yüksek doğruluk gerektiren benzer çalışmalar yapılabilir (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.23. Statik GPS incelemesi (El-Rabbany, 2002)

1.1.9.4. Hızlı Statik

Taşıyıcı faz tabanlı bir rölatif konum belirleme tekniği olup statik yöntemle aynıdır fakat en önemli fark gözlem süresinin, dolayısıyla alıcılar arasındaki uzaklığın kısa tutulmasıdır(5–20 dakika ve 20 km'den kısadır). Bu yöntemle sıklaştırma ağına ait noktalar, poligon noktaları ve güvenilirlik beklenen detay noktalarının konumları belirlenebilir. Bununla birlikte sadece referans alıcısı gözlem süresince bilinen noktada sabit kalır; rover ise bilinmeyen noktalarda kısa zaman aralıkları ile sabit kalır; bu şekilde bu noktadan sonra bir sonraki bilinmeyen noktaya hareket edilir. Temel alıcı veya referans alıcısı herhangi bir sayıda gezici'yi (rover) destekleyebilir.

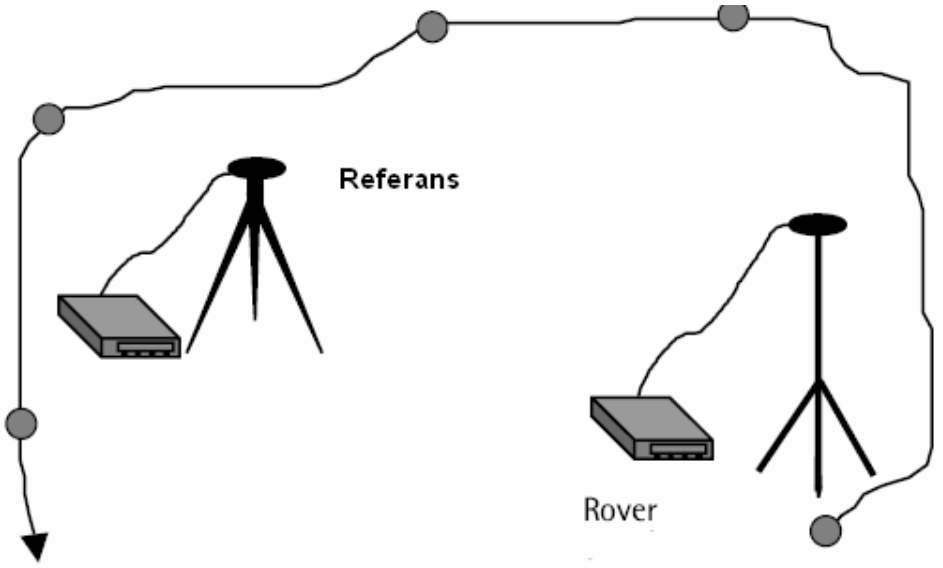


Şekil 1.24. Hızlı statik GPS incelemesi (El-Rabbany, 2002)

Araştırma, referans alıcısının, rover alıcısı ilk bilinmeyen noktasına kurulu iken bilinen noktaya kurulması ile başlar. Referans alıcısı sabittir ve bilgiyi devamlı bir şekilde toplar. Rover, alıcı uydu geometrisi kadar net referansı, uzaklığa bağlı olarak yaklaşık 2–10 dakikalık periyodlar içerisinde toplar. Alıcı veriyi topladıktan sonra kullanıcı bir sonraki bilinmeyen noktaya hareket eder ve işlemleri bu nokta içinde aynı şekilde takip eder. Alan verisini her iki alıcıdan da toplama ve yükleme işleminden sonra bir bilgisayar yazılımı, toplanan veriyi işlemek için kullanılır (El-Rabbany, 2002).

1.1.9.5. Dur ve Git GPS Araştırması

Dur ve Git araştırması da bir başka taşıyıcı faz bazlı rölatif pozisyonlama tekniğidir. İki veya daha fazla GPS alıcısının aynı uyduları eşzamanlı olarak incelenmesi ile çalışır. Yine konumu bilenen bir nokta üzerinde bir sabit referans noktası olarak da kullanılan alıcı ve bir veya daha fazla sayıdaki Rover alıcı vardır. Rover alıcısı yine bilinmeyen noktalar arasında seyahat eder ve her bir noktada kısa kısa duraklayarak GPS verilerini toplar. Her noktadaki duraklamalarında yaklaşık 30 saniyelik bir periyod için genellikle 1–2 saniye kayıt hızı ile veri toplanır. Bu metot bilinen bir noktanın (10–15 km'ye kadar) yakınındaki bilinmeyen noktaların sayısının çok olması durumunda uygundur (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.25. Dur ve Git GPS incelemesi (El-Rabbany, 2002)

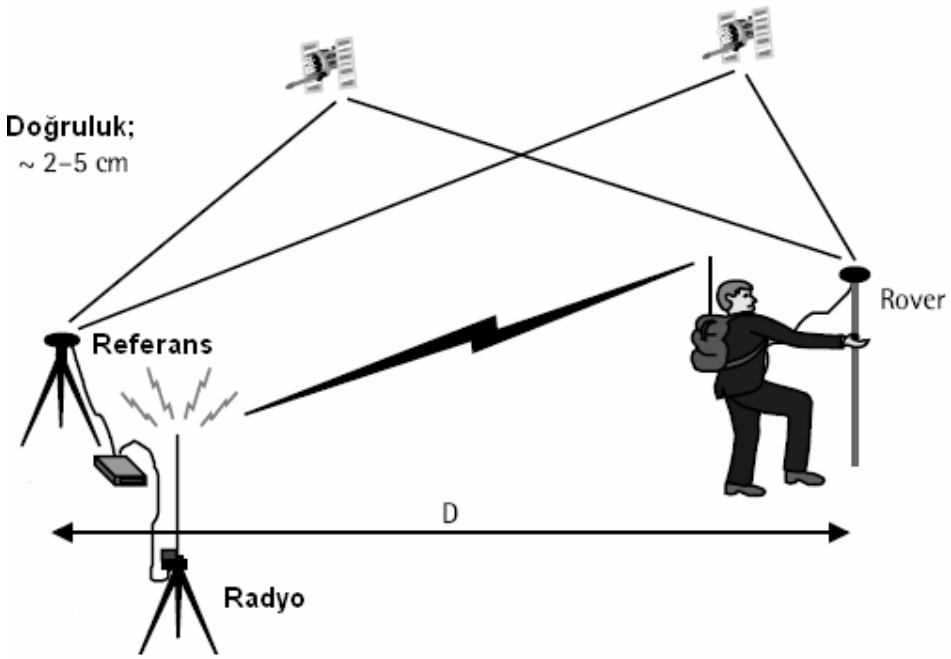
1.1.9.6. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (RTK GPS)

Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'de bir başka taşıyıcı faz bazlı rölatif pozisyonlama tekniğidir. İki veya daha fazla GPS alıcısının önceki rölatif pozisyonlama tekniklerinde olduğu gibi, aynı uyduların eşzamanlı olarak incelenmesi ile çalışır. Bu metot:

- Bilinen bir noktanın (10–15 km'ye kadar) yakınındaki bilinmeyen noktaların sayısının çok olması durumunda;

- Bilinmeyen noktaların gerçek zamanlı koordinatlarının gerekli olduğu durumlarda;
- Görüş hattı ve yayılma yolu, diğerlerine nazaran engellenmiş olduğu durumlarda uygundur.

Bu yöntemin kullanımı çok kolaydır ve birçok kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. Bu metotta referans alıcısı yine bilinen bir nokta üzerinde sabittir ve bir radyo vericisi üzerine yerleştirilmiştir. Geleneksel Kinematik GPS Metoduna benzer şekilde 1 Hz'lik bir veri hızı (saniyede bir örneklik) gereklidir. Referans alıcısı ölçümleri ve koordinatları komünikasyon (radyo) ağı içerisinde rover alıcıya iletilir (El-Rabbany, 2002).



Şekil 1.26. Gerçek zamanlı kinematik GPS incelemesi (El-Rabbany, 2002)

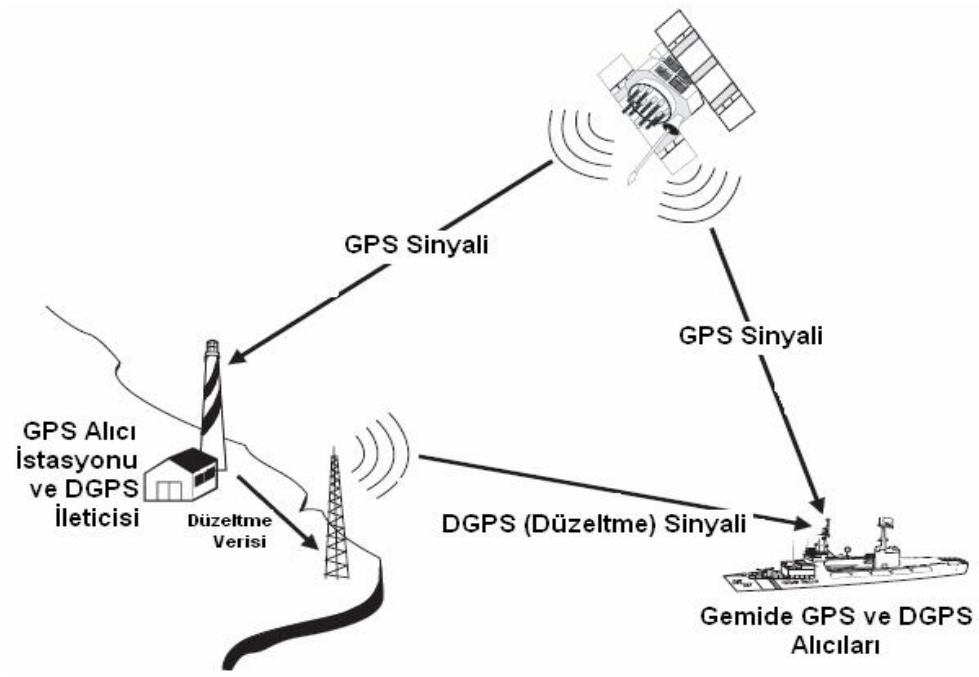
1.1.9.7. Diferansiyel GPS (DGPS) ve Gerçek Zamanlı Diferansiyel GPS

Gerçek zamanlı GPS, 2 veya daha fazla GPS alıcısının aynı uyduları eşzamanlı izlediği kod bazlı bir rölatif pozisyonlama tekniğidir. Metre seviyesinde gerçek zamanlı bir doğruluğuk yeterli olduğunda kullanılır.

Standart Yerbelirleme Hizmeti'nin (Standart Positioning Service; SPS), yaklaşık doğrulukların yatay düzlemde 100 m ve düşeyde 156 m olarak öngörüldüğünden bahsedilmişti. Özellikle havacılıkta DGPS (Differential GPS) diye

adlandırılan bir teknik kullanılarak (Usanmaz, 1998) bu doğruluk değerlerinin yatay düzlemde 25m ve düşeyde 43m olabileceği belirtilmektedir (Tohum, 1996). Yani bu SA'sız bir SPS demektir.

Daha öncede anlatıldığı gibi referans alıcısı bilinen nokta üzerinde sabit kalır. Referans alıcısına yerleştirilen yazılım görünürdeki her bir uyduya olan mesafeyi hesaplayabilmek için uydu koordinatları kadar iyi bilinen kesin referans koordinatları kullanır. Yazılım, aynı zamanda "hesaplanmış mesafe" ile "ölçülen kod sözde mesafesi" arasındaki farkı, "sözde mesafe hatalarını" (veya DGPS doğrulamaları) elde etmek için kullanılan bir etkinliktir. Bu doğrulamalar Denizcilik Servisi Radyo Teknik Komisyonu (Radio Thecnical Commision of Maritime Service; RTCM) olarak adlandırılan standart bir formatla iletilir. En sonunda ise doğrulanan sözde mesafeler rover koordinatlarını hesaplamak için kullanılır (El-Rabbany, 2002).

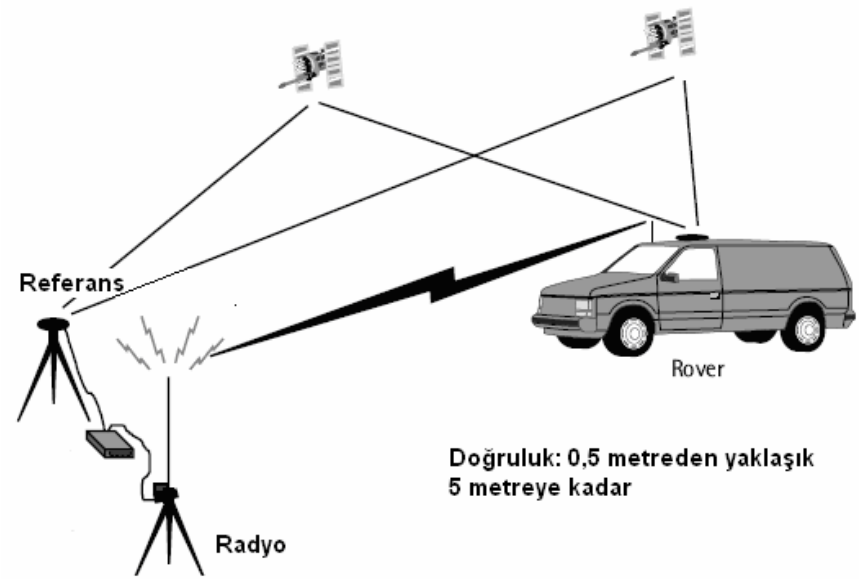


Şekil 1.27. Diferansiyel GPS (Garmin, 2000)

Bu yöntemde elde edilen doğruluk, referans-rover mesafesi, Denizcilik Servisi Radyo Teknik Komisyonu (Radio Thecnical Commision of Maritime Service; RTCM), Diferansiyel GPS doğrulamalarının iletim hızı ve C/A kodu alıcılarının performansına bağlı olarak 0,5 metreden 5 metreye kadar değişir (Garmin, 2000).

İyonosfer'in etkileri yanlış veri için doğrudan sorumludur. DGPS'de bu hataların çoğu şu an için telafi edilebilir durumdadır. Bu telafiler üç şekilde yer alır:

1- Referans istasyonunda düzelteme değerlerinin hesaplanması;
2- Referans istasyonundan GPS kullanıcısına düzeltme değerlerinin tekrarlanması;
3- GPS kullanıcısı tarafından sözde mesafe ölçümünün düzeltilmesi .



Şekil 1.28. Gerçek zamanlı GPS (RTK GPS) (El-Rabbany, 2002)

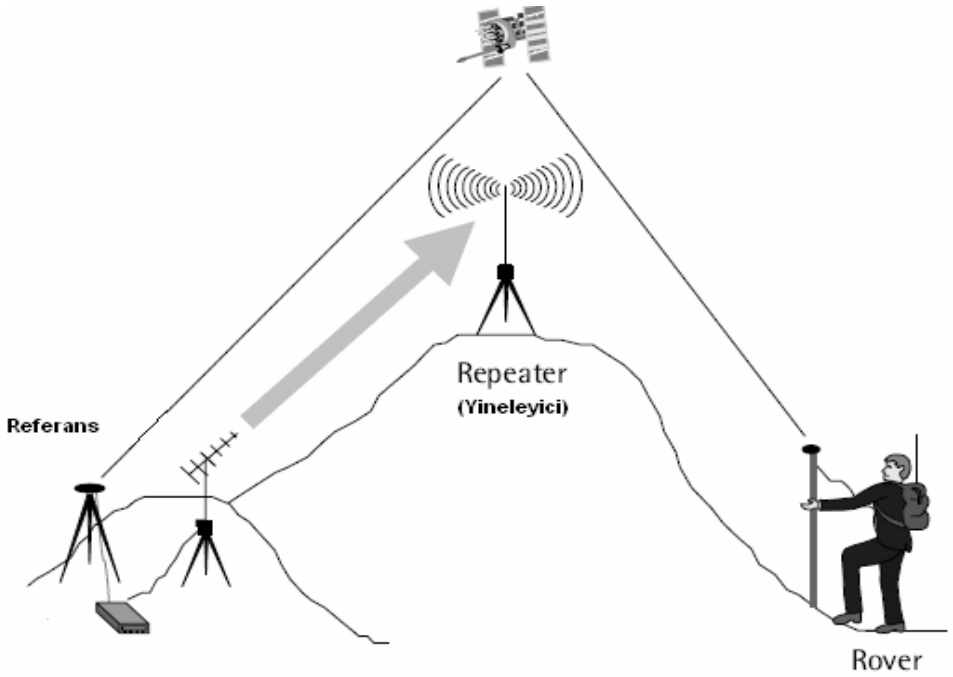
Düzeltmeler uydular aracılığı ile FM radyo frekansları üzerinden veya Amerikan Sahil Güvenlik (U.S. Coast Guard) tarafından korunan işaret (sinyal) ileticileri vasıtasıyla iletilebilirler (Garmin, 2000)

1.1.9.8. Komünikasyon (Radyo) Ağı

DGPS genelde navigasyon için kullanılır ve referans alıcısıyla gezici alıcısı arasında 100 km hatta 300 km'ye kadar bir uzaklık içerisinde kullanılabilir. Yöntem 0,5 m ile 3 m arası bir hassasiyete sahiptir.

RTK ve DGPS operasyonları referans alıcıdan rover alıcıya bilgiyi iletebilmek için bir iletişim sistemi veya radyo ağı gerektirir. DGPS doğrulamaları 200 Kbps'de (KiloBit Per Second: Saniyede 1000 bit'lik veri transferi) iletilirken, RTK verisi tipik olarak 9600 baud'luk (baud: Bilgisayarlarda iletişim hızı ölçüsüdür – 9600 baud =1,2 Kbps) bir hızda iletilir.

GPS kullanıcıları sıklıkla referans istasyonu bilgisini iletmek için kendi radyo ağlarını tercih ederler. Son zamanlarda bazı GPS imalatçıları hücresel teknolojiyi benimsemiş durumdadır. Yani alternatif bir iletişim ağı olarak kişisel iletişim servislerini (Personal Communication Services) kullanırlar.



Şekil 1.29. Radyo kapsama ağının artırılması için yineleyici kullanımı (El-Rabbany, 2002)

1.1.10. Alternatif Sistem: Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS)

GLONASS (GLObal Navigation Satellite System), Rusya tarafından geliştirilen ikinci kuşak bir sistemdir. Sistemin tasarımına 1970'lerin ortalarında başlanmıştır. GLONASS'dan önce 1979'da 4 uydu ile işleyen ilk uydu destekli konumbelirleme sistemi kurulmuştur. COSMOS adı verilen ilk GLONASS uydusu, 1982 yılında uzaya fırlatılmıştır. Sistem, denizcilerin koordinat ve zamana ilişkin gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış ve askeri gizliliğin kalkması nedeniyle 1992 yılında sivil kullanıma açılmıştır. 1995 yılında Rus Uzay Kuvvetleri Bilimsel Bilgi Merkezi (Coordinational Scientific Information Center of the Russian Space Forses) kurulmuştur. Bu kurum, GLONASS bilgilerini sivil kullanıcılar için yayınlamaktadır. GLONASS uydu sistemi Ocak 1996'da tamamlanmıştır.

Sistem, GPS'e benzer birimlerden oluşmaktadır. Buna ilişkin 8 adet Yer Kontrol İstasyonu, Rusya Federasyonu sınırları içerisinde konuşlandırılmıştır.

GLONASS'ın kullanıcı birimi, yapı olarak GPS kullanıcı birimine benzer. Ancak GLONASS'ta tüm bilgiler açıktır. Yani GPS'teki SA kısıtlaması bu sistemde yoktur. GLONASS alıcıları GPS alıcıları gibi yaygın değildir. Şu anda piyasada bulunan GLONASS kullanıcılarının hemen hemen hepsi, GLONASS-GPS uyuşumlu alıcılardır. Bunların birçoğu sadece navigasyon çalışmalarında kullanılabilmektedir (Uzel, Kartal, Gülal, Erkaya ve Hoşbaş, 1998).

Çizelge 1.1. GPS ve GLONASS'ın karakteristik özellikleri (Uzel, Kartal, Gülal, Erkaya ve Hoşbaş, 1998)

Özellik	**GLONASS**	**GPS**
Yörünge Yüksekliği	~19100 km	20200 km
Eğimi	64.8°	55°
Periyodu	$11^{h}15^{min}44^{s}$	$11^{h}56^{min}$
Uydu Sayısı	24	24(+1)
Taşıyıcı Frekans	L_1=1602+k0.525 MHz L_2=1246+k0.4375 MHz	L_1=1575.42 MHz L_2=1227.60 MHz
Sinyal Modülasyonu	L_1=C/A ve P Kodları L_2=P Kodu	L_1=C/A ve P(Y) Kodları L_2=P(Y) Kodu
Uydu Saati	3- Cesium	Rubidium ve Cesium
Zaman Birimi	UTC (SU) ile senkronize GLONASS zamanı	UTC (USNO) ile senkronize GPS zamanı
Koordinat Sistemi	PZ-90	WGS-84
SA Engeli	Yok	Var
Yörünge Bilgileri	½ Saatte bir güncelleme	Saatte bir güncelleme

1.1.10.1. GPS ve GLONASS Entegrasyonu

İki sistemin birlikte kullanılması, üç konuda belirli avantajlar sağlayacaktır:

1- Daha kısa zamanda ölçüm:

Herhangi bir yerde ve zamanda daha fazla sayıda uydu görülebildiği için işlem süresi kısalır ve daha kısa zamanda sonuç alınabilir.

2- Daha iyi incelik:

Daha iyi geometri sağlanacağı, tüm enlemlerde daha fazla uydu kapsanacağı ve GLONASS'ta SA engeli olmadığı için daha iyi konum inceliği sağlanır.

3- Engelli çevrede daha etkili kullanım:

Sistemde çok sayıda uydu olacağından, yoğun yerleşim bölgelerinde, ağaçlık ve dağlık arazilerde tek sistem kullanmada karşılaşılan uydulardan sinyal alamama durumu büyük bir olasılıkla ortadan kalkar. Böylece bu koşullarda bile ölçüm yapma olanağına kavuşulur (Uzel, Kartal, Gülal, Erkaya ve Hoşbaş, 1998).

1.2. Türkiye'de GPS: Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA)

Türkiye, GPS teknolojisine yabancı değildir hatta filo takibi ile yoğun olarak bunu kullanmaktadır. Kendi yazılımlarını kullanan şirketlerin yanı sıra, GPS cihazları kullanan bireylerin kimisi kendi yazılımlarını "C" programlama dili altında yapabilmektedirler. Zira, Telsim, Turkcell vb. GSM operatörleri de, abonelerinin araçlarının takibine yardımcı olabilmesi açısından bu hizmeti sunmaktadır. En yaygın hali ile tanımlarsak, kullanıcıların araç güvenliklerinin sağlanmasında: araç çalındığı vakit, aracın yeri kısa mesaj ile cep telefonlarına iletilmektedir. Filo takibi demişken, bugün filo takibine yönelik GPS hizmeti sunan firmaları bulmak oldukça kolaydır. Bunun dışında Marmara fayının izlenmesinde olduğu gibi, jeodezik ve harita işlemleri içinde GPS yaygın olarak kullanılmaktadır.

TUSAGA, homojen dağılımlı noktalardan oluşan, Dünya ölçeğinde geçerli ve uluslararası standartlarda bir yersel referans sisteminde üç boyutlu bir ulusal kontrol ağı olarak, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün bir protokol kapsamında Harita Genel Komutanlığına yaptırdığı bir jeodezik ağdır ve 1997 yılında oluşturulmaya başlanmıştır. TUSAGA, Uluslararası Yersel Referans Sistemi'nde (International Terrestrial Referance Frame 1996, ITRF96), 1-3 cm duyarlığında 3 boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ve bu koordinatların zamana bağlı değişimlerini gösteren hız vektörünün bileşenlerinin (Vx,Vy,Vz) bilindiği bir ağdır. Aynı zamanda bu ağ noktalarının Helmert yükseklik sisteminde yükseklikleri (H), geoit yükseklikleri (N) bilinmektedir (Güney, Avcı, Doğru, Kılıç ve Çelik, 2002).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

GPS'in madencilikteki kullanımı ve uygulamalarına dayalı birçok yazılı kaynak Dünya üzerinde mevcuttur. Burada da bu kaynaklardan yararlanılmıştır. Kaynakları ve önceden yapılmış olan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir.

Açıkocaklardaki deformasyonların GPS ile izlenmesi üzerine ilk çalışmayı yapan Kim ve ark (2003)'in açıkocaklardaki lokal deformasyonların GPS ile izlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmadır.

Hindistan'da Map India isimli geleneksel konferansta Verma ve ark (2004) maden ocaklarındaki üretim ve bu üretimin GPS bazlı bir sistemin kullanılarak sağlanmasını konu edinen bir çalışmadır.

Özellikle ocak içi nakliye elemanlarının takip ve emniyetlerinin araştırılması yönünde büyük çalışmalar yapan, Colorado School of Mine'dan Prof. Dr. Kadri Dağdelen ve Antonio Nieto-Vega'nın araştırmalarıda bize ışık tutmuştur. Uluslararası makalelerde, konferanslarda bu ikilinin isimlerini sıkça duymaktayız, özellikle Dağdelen (2001)'in anayol dışındaki kamyonların gps ile güvenliklerinin artırılması hakkındaki yazısıdır. Vega ve Dağdelen (2001) ortak çalışması olan açıkocaklardaki güvenliğin artırılması için dökme yeri köşesinin ve araç yakınlık uyarı sisteminin gps ve kablosuz ağ iletişimlerini kullanarak geliştirilmesi üzerine yapmış oldukları çalışmalarıdır. Ve yine Vega (2001)'nın doktora tezi olarak sunduğu ve Dağdelen'in danışmanlığında yapmış olduğu GPS bazlı 3D haritalama ve gerçek zamanlı bir yakınlık uyarı sisteminin geliştirilmesi hakkındaki çalışmasıdır. Bunlara benzer bir çalışmada, Miller (2005)'ın hareketsiz duran araçlarla ilgili yapılan GPS uyarı sistemlerinin açıkocaklarda veya yüzey çalışmalarında ki kullanımını kapsayan bir çalışmadır.

Bunun yanında Jarosz ve Finlayson (2003) açıkocaklardaki maliyetleri azaltma yöntemlerini inceleyen özellikler uygulanan her bir donanım üzerindeki maliyetlerini inceleyen çalışmalarıdır. Bir diğer önemli çalışma da; Seymour (2005)'a ait olan kullanılan ekipmanlardaki özellikle kepçe ve ekskavatörlerdeki GPS uygulamarını inceleyen bir çalışmadır. Seymour ve Williams (2003)'ın Madencilik Risk Konferansında sundukları madencilikte yüksek hassasiyetli gps makine rehberliğinin rolü üzerine sundukları bir araştırmada mevcuttur.

Elektronik magazin ve diğer yayınları ile ünlenen GPSWorld'de hem internet sitesinde hem de normal dergi yayınları olarak çalışmalarını gerçekleştirmektedir. Özellikle Ruff ve Holden (2002)'in Mine Eyes'da yayınlanan yakınlık uyarı sistemleri için bir inceleme ve test etme imkanı buldukları makaleleridir.

Usanmaz (1998)'ın uçakların havaalanlarına yaklaşırken ve inerken GPS kullanması ve yine bu inişlerin GIS ile tasarımlanması üzerine yapmış olduğu bir çalışma mevcuttur. Uzel ve ark (1998) GPS/GLONASS ikili sisteminin kullanılması üzerine hazırladıkları bir makale bulunmaktadır. Yaprak ve ark (2005)'ın harita üretiminde gps dur ve git yöntemi ile elektronik takeometri tekniğinin karşılaştırılması üzerine yazdıklarını makaleleri de oldukça yararlı kaynaklardandır. Özellikle Pehlivan (2005) GPS'in en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri olan kara ulaşımındaki uygulamaları üzerine hazırlayıp sunmuş olduğu bir çalışma bulunmaktadır. Buna benzer olarak Güney ve ark (2002)'ın GPS ile filo takibi, yönetimi ve tasarımı üzerine hazırlamış oldukları makaleleridir. Altın (2005)'ın uydu sistemleri üzerine yazmış olduğu ve GPS hakkında geniş bilgi sunduğu bir makalesi de mevcuttur.

3. MADENCİLİKTE GPS KULLANIMI

Madencilik endüstrisi gerçek zamanlı GPS'in genişleyen kullanımında bir liderdir. Açıkocak işletmeciliği GPS'in uygulanması için ideal bir çevre sunar. Üreticilerin artan verimlilik üzerinde ısrarlı talepleri ile daha yaygın hale gelmiştir.

GPS, madencilik endüstrisine yararlıdır, çünkü:

- Dünya çapında yaygındır.
- Kullanıcıların sınırsız bir sayısına hizmet sunar.
- Tam doğru 3D pozisyonlama vardır.
- Tam doğru zamanlama sağlar.
- Kısıtlamasız görüş alanı sunar.
- 24 saat erişilebilirlik imkanı taşır.
- Dinamik pozisyonlama sistemini içerir.
- Serbest hizmetlilik sunar.

GPS'in madencilik endüstrisinde birçok uygulamaları vardır. Artan verimlilik taleplerine (artan gelir) ve madencilik giderlerini ve kayıp gelirleri azaltmaya yardımcı olur (Jarosz ve Finlayson, 2003).

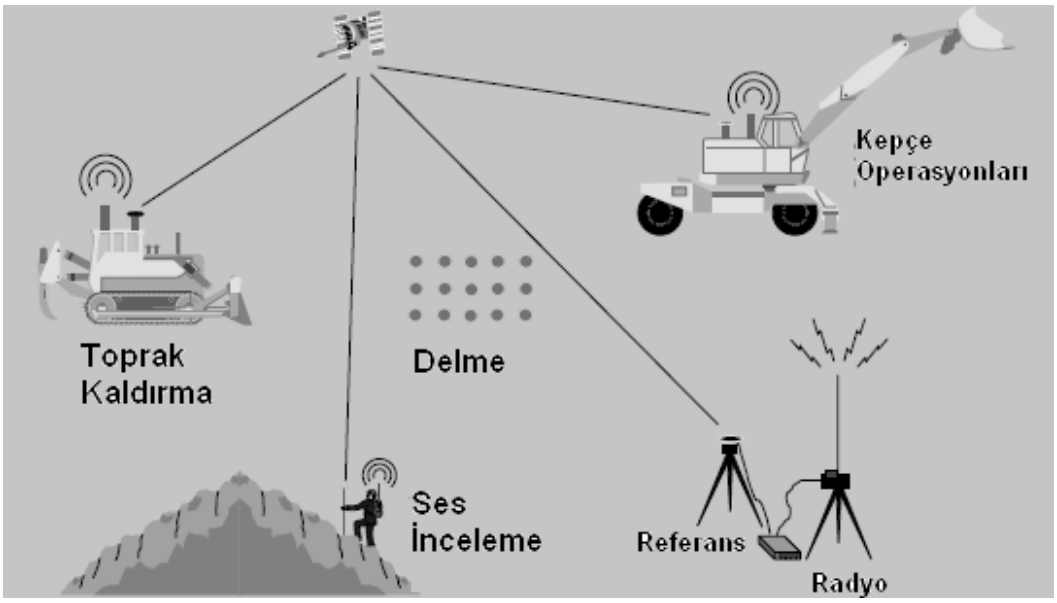
Madencilikte GPS kullanımı delme-patlatma ve kamyon-ekskavatör eşleşmesi işlemlerinde yaygındır. Delme-patlatma işlemleri sırasında patlatmanın verimliliğini artırıcı etkisi olan deliklerin doğru delinmesi işlemi GPS yardımı ile kontrol edilir (www.trimble.com).

Şimdiye kadar, alışılagelmiş olan araştırmalar, sadece matkap modelleri ve diğer madencilik araştırmaları için ulaşılabilir metotlardı. Ek olarak bir matkap operatörü gerçek matkap ucu derinliğini hesaplama yoluna sahip değildi. Aynı şekilde değişken jeolojik katmanlardaki matkap performansını veya verimli bir yol içerisindeki nakliye kamyonlarını izlemenin bir yolu yoktu. Bununla birlikte son zamanlarda, modern pozisyonlama sistemleri ve teknikleri, özellikle RTK GPS, çarpıcı şekilde değişik madencilik operasyonlarında geliştirildi (El-Rabbany, 2002). Açık ocaklarda RTK GPS'in sahip olduğu önemli birkaç madencilik operasyonuna örnek verecek olursak; delme, kazı, araç takibi ve inceleme sayılabilir. RTK GPS santimetre seviyesinde pozisyonlama doğruluğu sunar ve herhangi bir sayıdaki

geziciyi destekleyebilmesi için sadece bir alıcıya ihtiyaç duyar. Ocak derinliklerinde iken GPS sinyalleri madenin dik duvarları yüzünden bloke edilebilir ki bu da birtakım pozisyonlama problemlerine yol açabilir. Bununla birlikte bu sorun GPS'in diğer pozisyonlama sistemleri ile entegrasyonu sayesinde aşılabilir ve burada Sahte Uydu Sistemi buna çok güzel bir örnek olur (Dai, 2000).

Madencilik çemberi birkaç katmandan oluşur ki bunlardan en önemli olanı cevher kazısı ile başlamaktır. Cevher kazısı patlatma deliklerinin önceden şablona uygun olarak delinmesi ile yapılır ve daha sonra buralar patlayıcı malzeme ile doldurulur. Matkaplara rehberlik yapmanın verimli yolu GPS'in yerleşik bilgisayar ve matkaplama yazılımını ihtiva eden bir izleme sistemi ve bir matkap navigasyon sistemi entegresiyle mümkündür. Bazı sistemler matkabın gerçek zamanlı pozisyonlama ve yönelimi için matkap direğinin üzerine yerleştirilmiş iki adet GPS alıcısına ihtiyaç duyar. Dizayn edilen matkap şablonları radyo ağı aracılığı ile yerleşik (on-board) bilgisayara gönderilir; daha sonra matkap operatörüne patlatma delikleri üzerindeki matkabın hassas pozisyonuna rehberlik etmesi için entegre edilmiş sistem tarafından kullanılır. Bu işlem gözlem altında tutmaya gerek kalmadan otomatik olarak gerçekleştirilir. Buna ek olarak yerleşik bilgisayar, her bir patlatma deliğinin yeri ve derinliği gibi diğer bilgileri de gösterir. Bu operatöre hedeflenen derinliğe vardığını bilip bilemeyeceğini göstermek açısından çok önemlidir. Sistem yakındaki radyo ağı aracılığı ile taş sertliği veya matkap üretkenliği hakkındaki topladığı bilgileri de mühendislik ofisine gönderebilir (Shields, Flinn ve Obregon, 2000).

GPS, kepçeleme operasyonlarında santimetre seviyesindeki doğrulukta pozisyonlamada kullanılır. Kepçeler cevherin yüklenip stok yerine götürülmesinde nakliye kamyonları içine yüklemekte kullanırlar. Entegre GPS ve kepçe rehberliği ve izleme sistemleri ile yükseklik kontrolü otomatik olarak gerçekleştirilir. Gösterim sisteminin yardımı ile kepçe operatörü doğru dereceyi ayarlayabilir ve koruyabilir. Bu, konvansiyonel yöntemler ile derece kontrolüne gerek kalmaksızın otomatik olarak yapılır. Matkaplamaya benzer şekilde, kepçeleme aşamaları da izleme ve analiz edilmek üzere yakındaki radyo ağı aracılığı ile mühendislik ofisine gönderilebilir (El-Rabbany, 2002).



Şekil 3.1. GPS'in madencilikteki uygulama alanları (El-Rabbany, 2002)

Cevheri taşımada değişen maden, yol ve rampalarında nakliye kamyonları kullanılır. Bilgi verimli iletilmedikçe güvenlik ve trafik problemleri beklenecektir ki bu da kamyonun gidiş-dönüş döngüsündeki zamanlamalarda aksaklıklara yol açacaktır. GPS'in, kablosuz iletişim ve bir bilgisayar sisteminin kamyonlara kurulması ile bu sorun verimli şekilde ortadan kaldırılabilecektir. Bilgisayar ağının yardımı ile gönderilen bilgilerle nakliye kamyonları kendi güzergahlarına en iyi şekilde rehberlik edebileceklerdir. Buna ek olarak bilgilerin gönderilmesi ile trafik koşullarının iyileştirilmesi de yapılabilecektir. Trafik koşulları en uygun yol tasarımını yakalamada en önemli sırayı teşkil eder (Shields, Flinn ve Obregon, 2000).

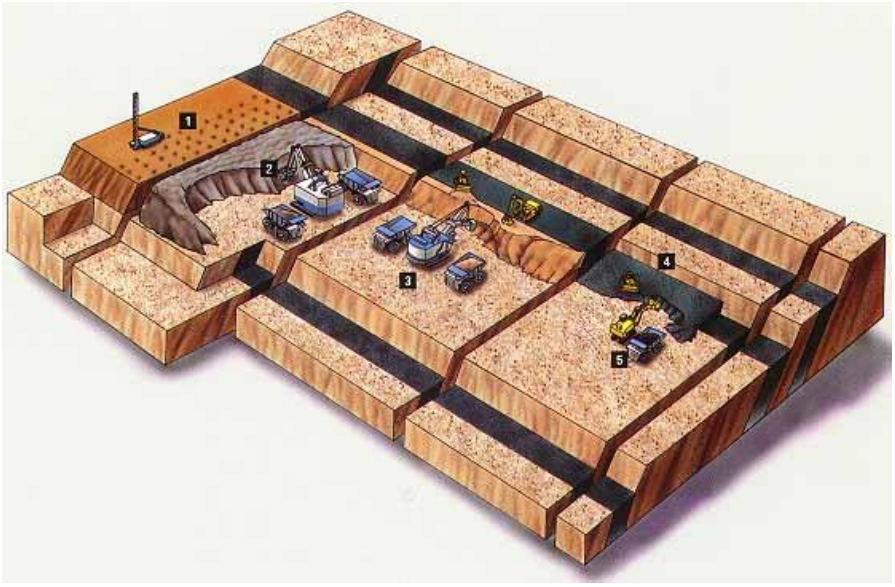
Esasen Caterpillar'ın üretmiş olduğu "AccuGrade GPS" isimli GPS sistemi, madencilik işlemlerinde GPS kullanmanın yapılacak operasyonlarda ne derecede fayda sağladığını göstermektedir. GPS sistemin avantajlarını yine kendi internet sitelerinden alıntılayabiliriz.

Bu sistem her şeyden önce üretkenliği ve verimli çalışmayı artırır:

- Üretkenliği %50'ye kadar artırır.
- Tahmini iş ve masraflı yeniden kaldırma işlemlerindeki kirliliği azaltır.
- İnceleme maliyetlerini %90 oranında azaltır.

- Malzemeden faydalanmayı artırır.
- Operasyon maliyetlerini düşürür.
- İş gününü uzatır (http://www.cat.com).

Ülkemizde olmasa bile dünya üzerindeki büyük maden ocaklarının çoğu GPS teknolojisini kullanmakta, kullanmayanlarda yavaş yavaş bu teknolojiye doğru kaymaktadırlar. Bu maden ocaklarından bir tanesi de Kanada'da yer alan GreenHill kömür ocağıdır. 1994 yılında GPS teknolojisine geçerek kamyonlar, kepçeler yükleyicilere kadar çoğu ekipmanları üzerinde de bu teknolojiyi uygulamıştır.



Şekil 3.2. GreenHill kömür ocağında GPS'in uygulandığı alanların çizim olarak gösterimi (www.miningthecnology.com)

Madencilik endüstrisinde GPS uygulamaları şunları içerir.

- Araç izleme ve sevk etme:

Bir radyo bağlantısı maden ofisine bir kamyonun gerçek zamanlı pozisyonunu kararlı olarak GPS vasıtası ile kamyon üzerine takılı antene gönderebilir. Ofisteki bilgisayar programı filodaki her bir kamyon için en hızlı rotayı tayin eder ve işaretler.

- Malzeme takibi:

GPS sistemi her bir kamyonun ne taşımakta olduğunu ve yine her birinin nereye boşaltım yaptığını tayin edebilir. Eğer herhangi bir tutarsızlık meydana gelirse, sistem, malzeme yanlış yere boşaltılmadan önce operatöre haber verir.

- Sıra yükseklik kontrolü:

Madenli sıraların derecesi, elle hesaplamaya ihtiyaç duymaksızın dikey ve yatay yönler içinde gerçek zamanlı olarak gözlemlenebilir.

- Cevher kontrolü:

Gerçek zamanlı GPS pozisyonlama ve görüntülemenin birleştirilmiş uygulamaları, kürek operatörüne tam madenli oluşumun ne olduğunu göstermeye olanak verir.

- Matkap rehberliği:

GPS rehberliği tam bir şekilde matkap pozisyonunu yakalama ve aynı zamanda deleceği derinliği belirlemede kullanılabilir.

- Kürek ve yükleyici çalışması:

Birleştirilmiş GPS pozisyonlama uygulamaları ve maden haritası, madencilik alanında her tür tasarımlamaya yardım edebilir.

- Taşıma yolu meyli ve bakımı:

Dizayn için yollar yapılır ve korunur.

- Takımı inceler ve mürettebatı iki yerel tayfadan birine indirebilir.
- Hacimler için topografik incelemeler:

GPS veri topluğu, hacim hesapları incelemesinde yardımcı olması için birleştirilebilir.

- Yer Hareketleri:

Dozer operatörlerine rehberlik dozer verimliliğini arttırır.

- Rehabilitasyon işi için terfi:

Rehabilitasyon işi için hoşgörü, minimal harcama ile başarılı olabilir.

- Jeolojik haritalama:

GPS, jeolojik haritaların yapımında harcamalar minimize edilirken yardımcı olabilir (Jarosz ve Finlayson, 2003).

- Boru hattı döşenmesi (genelde jeodezide);
- Otomatik konteynır hareketlerinde;
- Demiryollarında;
- Filo takibinde;

- Arazi dolgu ve dolgu yerlerinin iyileştirilmesinde (Zogg, 2002).

Doğruluğun GPS ile ilişkili 4 temel seviyesi vardır:

1. Bağımsız: 15–100 metre,
2. Diferansiyel(DGPS): 0,5–5 metre,
3. Gerçek Zamanlı Kinematik Yüzme - RTK Float: 20cm–1 metre,
4. Gerçek Zamanlı Kinematik Sabitli: 1cm–5cm.

Çoğu madencilik GPS sistemleri Diferansiyel GPS ile yerine getirilir. Bu sistemler maden sitesinde tam bir GPS şebekesi için temel olacak bir referans istasyonuna ihtiyaç duyarlar. Düzeltmeler hesaplanarak GPS koordinatlarından referans istasyonunun bilinen koordinatlarına benzetilir ve radyo şebekesi ile alan içerisindeki gezicilere iletilir. Geziciler referans istasyonundan düzeltmeleri aldığında, düzeltmeler gezici GPS'lerden pozisyon tayin edilmeye başlanır. Bir referans istasyonu sınırsız geziciyi destekleyebilir. Referans istasyonu ile geziciler arasındaki iletişimi korumak için her zaman bir Radyo Ağı gereklidir. Eğer büyük uzaklıklara radyo iletişimi gerekli ise, referans istasyonu gezicilerine veya ağ içerisinde diğer bir radyo tekrarlayıcısı üzerine veri düzeltmelerini iletmek için radyo tekrarlayıcıları site etrafında yüklü olmalıdır.

Çoğu radyolar GPS içerisinde aşağıdaki frekans alanları içerisinden birinde çalıştırılmalıdır:

Ya 150-174MHz (VHF) ile;

ya 406-512MHz (UHF) ile;

ya da 902-928MHz (Yayılma Tayfı) ile.

GPS rehberlik sistemleri madencilik operasyonunun içerdiği birçok işleme uygulanır (Jarosz ve Finlayson, 2003).

3.1. Madencilikte GPS'in Uygulama Yerleri

3.1.1. Patlatma Deliği Matkaplama

GPS tabanlı patlatma deliğini matkaplama sistemleri, bugün elde edilebilir matkap gözlemleme, kontrol ve rehberliğini sağlar. Bunlar aşağıdaki ekipman parçalarını içerirler:

- GPS alıcısını
- GPS antenini
- Radyo ve radyo antenini
- Kabloları
- Güç Kaynağını
- Operatör Göstergesini
- On-Board Bilgisayarı
- 3. parti yazılımına arabirimleri
- Monitör matkabına sersörleri
- Malzeme tanımada yardımı.

Matkaplamada GPS pozisyonlamanın başlıca etkisi, matkap donanımına dizayn edilmiş pozisyonu yakalarken kaptanlık etmektir. Eğer GPS'in yardımı ile elde edilirse, elle yapılacak gözden geçirme payına olan ihtiyacı eleyecektir.

Düzen içerisinde matkap deliklerine ulaşmayı başarmak için bir dizayn dosyası yerleşik (on-board) bilgisayar içerisinde yüklü olmalıdır. Matkap donanımıyla sıra ile her bir seçili matkap deliğine daha sonra ulaşılır. Yerleşik bilgisayar, matkap deliğiyle ilişkili olan matkap ucunun, içerideki görüntüsünü gösterir. Tek seferlik bir işlemle matkap deliğine ulaşılır; GPS önce yüksekliği belirler ve diğer teknoloji ile birleşme içerisinde, her bir deliğin doğru derinliği belirlenir ve operator için devamlı bir şekilde yerleşik (on-board) gösterge güncellenir (Jarosz ve Finlayson, 2003).

3.1.2. Küreyiciler, Yükleyiciler, Dozerler ve Greyderler

Bütün madenlerin çoğunda şu an inceleme için GPS kullanılmaktadır. Tek bir ölçümleyici; sıkıcı alanlarda ve ofis işlerinde günlerini harcayan insanların

bitiremediği yoğunlukta bir işi birkaç saat içerisinde sonuçlandırabilmektedir. GPS aynı zamanda maden makineleri üzerinde özellikle dozerlerde kullanılır. GPS yol gösterme sistemleri operatörlere karmaşık toprak kaldırma dizaynlarını anlayıp tamamlamada yardım eder (Jarosz ve Finlayson, 2003).

Şu anda toprak kaldırma veya kepçeleme olarak önemsemeden ifade edip geçiverilen işlemler, yoğun iş gücü, ayrıca insan gücü ve donanım gerektirir. Her ne kadar deneyimli operatörler bulunsa da kaldırma ve kepçeleme işlemlerinde dereceler arasındaki tutarlı dengeyi korumak her an dikkat isteyen zor işlemlerdir (http://www.cat.com).

Kepçeleme ve kazı işlemlerinde ki GPS'in kullanımında örnek olması açısından Caterpillar firmasının GPS destekli ürünü olan "AccuGrade GPS" ve "AccuGrade 3D" sistemine bakabiliriz. Bu şekilde, GPS'in kullanılması ile elde edilecek olan avantajları sanırım görebiliriz.

"AccuGrade 3D" sistemi kazıma işlemlerinde bıçak pozisyonunu üç boyutlu olarak hazırlanan maden haritaları üzerinde operatör veya hidrolik sistemlere sinyaller göndererek, bıçağın alması gereken eğimi daha düşük veya daha yüksek ayarlayabilmek için GPS teknolojisini kullanır. İleri GPS teknolojileri daha fazla operatör kontrolü, yüksek doğruluk, yüksek üretim ve daha düşük operasyon maliyetleri için araca dizayn planlarını gönderir. "AccuGrade GPS Tenör Kontrol Sistemi", ileri teknoloji makine kontrol ve rehberlik sistemidir ki operatörlere incelemeye ihtiyaç duyulmaksızın yüksek doğrulukta kazı yapma olanağı sağlar (http://www.cat.com).

Yine GPS aynı zamanda dozer dışında ki maden makinelerinde de kullanılmaktadır; deliciler, yükleyiciler, kamyonlar, greyderler, kazıyıcılar vb gibi. Bu kısımda yüksek hassasiyetli GPS ile kepçe ve ekskavatörlerin pozisyonunu hesaplama hakkında bilgi verilecektir. İşlem, yerleşik (on-board) bilgisayara makineler üzerindeki tasarım dosyalarının yüklenmesi ile başlar. Dizayn dosyası, bölgesel cevher bloğu dizaynları, ocak dizaynları veya yol dizaynlarını içerecektir. Dizayn bilgisi makinelerin o anki pozisyonu ile uyumludur, ve böylece operatöre bütün asistanları ile birlikte maden için gerekli olan ocak ve cevher dizaynını yapabilme olanağını sağlar. Araç, ayna içerisinde ilerlerken topografyada

güncellenir. Ayna pozisyonları araç için GPS den otomatik bir şekilde güncellenir ve verileri alınır. Ayna pozisyonu, önceden tahmin etmede ve program kararları içerisinde acil bir operasyona gitmek için hem maden mühendisine hem de operatöre yardımcı olur. Operatör, kendisi farklı cevher bloğu içerisine giriyorken tamamen parça ya da bantlara güvenmeksizin tam bir şekilde konumunu bilir. Aynı zamanda operatör, dizayn katı derecesinin altını veya üstünü kazarken bilir ki; makine, aşağıda, yukarıda ve eğim içerisinde ise yerleşik gösterge, gösterge ekranı üzerinde, yüksek ışıkları farklı renklerle göstermektedir (Jarosz ve Finlayson, 2003). Bunun anlamı her bir adımın farklı bir işareti barındırıyor olmasıdır. Yani operatörün yapacağı işlemlere göre göstergede belirlenen uyarı tonları farklı renklerde harekete geçecektir.



Şekil 3.3. GPS rehberliği ile kazı yapan bir kepçe (Seymour, 2005)

Dozerlerde tipik bir uygulama, dizayn edilen yüzey veya cevher gövdesinin dış yüzeyi ile karşılaşan makine bıçağının pozisyonunu operatörlere gösteren bir kabin monitörü ile kullanılmaktadır. Şekil 2.4'de tipik gösterge ekranı görülmektedir. Ekranın sağ tarafında gerçek pozisyonu içerisinde ölçeklendirilmiş bir dozer ikonu ile çizilen dozerin, yapılacak iş ile ilgili bir planı gösterilmektedir. Sol alt köşede en son dizayn yüksekliğine bağlı olarak yine dozerin gerçek pozisyonu içerisinde düşey

kesiti gösterilmektedir. Sol üst köşede ise kesme veya doldurma miktarı ile birlikte dozerin pozisyon ve yönelimi hakkında sayısal veriler gösterilmektedir. Kesme durumunda arka plandaki renk kırmızı, doldurma durumunda ise mavi olarak değişmektedir (Seymour ve Williams, 2003).



Şekil 3.4. AccuGrade'in ekran görüntüsü (Seymour ve Williams, 2003)

Aşağıdaki şekilde de bıçaklara yerleştirilen GPS antenleri ile işlemin nasıl yönetildiğini ve yukarıdaki şekilde gösterilen programa nasıl aksettirildiğini az çok kestirebiliyoruz. Görüldüğü üzere GPS antenleri aracın değil, bıçakların üzerine yerleştirilmiş olup bu sayede hem araç hakkında bilgi alınabilecek ve hem de bıçağın en ufak bir hareketi program üzerinde gözlenebilecektir. Şunu da belirtmek gerekir ki bu yönde kullanılan programlar ocağın şekline veya üretim durumuna göre değişebilecek olan durumlardır ve yukarıda görülen programdaki ocak planı Autocad'de çizilmiştir. Bir başka ocakta, bir başka program kesin bir kalıbı olmamakla beraber ocağın ihtiyacına göre değişerek mevcut olabilmektedir.



Şekil 3.5 GPS'in kazıyıcılarda uygulanması (Seymour ve Williams, 2003)

3.1.3 Anten Yerleştirme

GPS ekipmanları enlem, boylam ve GPS anteninin yüksekliğini belirler. Kepçenin ideal pozisyonunu belirlemek için antenin, üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi gereklidir. Makine üstü en iyi sonucu verecektir. GPS antenin pozisyonunu hesaplar fakat makinenin yönelimini belirlemede fonksiyonel bir sistem gereklidir

Makine üzerindeki bir anten bu plan için esasen bir dezavantajdır çünkü bu şekilde makine, pozisyonunu her değiştirdiğinde en azından 120 derecelik bir rota çizmek zorunda kalacaktır. İki anten ve iki GPS alıcısı kullanmak çok pahalıdır ama daha hızlı ve doğruluğu daha yüksek sonuçlar verecektir (Seymour, 2005).

3.1.4. Araç İzleme ve Yönlendirme

DGPS doğruluğu, cevher boşaltımı yapan kamyonlarda, pozisyon doğruluğu için gereklidir. GPS, pozisyonları boşaltımdan elde eder; kamyonlar geri merkez maden ofisine döner; bilgisayar, onun boşaltma yerini belirler ve işaretler ve daha sonra kamyonlar, en yakın yükleme yerinde olurlar. Sistem, ağdaki bütün makineler ile interaktiftir. GPS sistemi dizaynlı cevher bloğundan madenli olan malzemeyi yükeleme makineleri üzerinde belirler ve daha sonra her bir kamyon, makineler tarafından ne tür malzeme ile yüklendi ise onu belirler. Bu gönderim işlemi radyo bağlantısına otomatik olarak yaptırılır ve kamyonların kabinlerinde gösterilir. Sistem, pahalı şekilde yanlışların yapılmamasını garanti etmek için kamyonları izlerken aynı

anda onların bilgilerini bir kerede işaretler. Bu sayede hem rahat hem de düşük maliyetli bir iş yapılabilir.

3.1.5. GPS ile İnceleme

GPS gezici inceleme paketi çok hafif dizayn edilmiştir. Ayakta dururken veya engebeli bir arazide yürürken ekipmanı taşıyan personel için de kullanımı oldukça basittir.

GPS incelemesi için gerekli ekipmanın temel parçaları şunlardır:

- GPS alıcısı,
- GPS anteni,
- Radyo ve radyo anteni,
- Güç için hafif piller,
- Kablolar,
- Sırt çantası,
- El içi veri toplayıcısı.

Açıkocak madenciliğinde inceleme için GPS kullanmanın farklı bir avantajı da, gezicinin (rover) çalışması için sadece tek bir yerölçerin gerekli olmasıdır.

3.2. GPS Rehberlik Sistemlerinden Bazıları

Birçok teknoloji ve yöntem GPS ile birlikte gelişip, GPS'in destekçi sistemi olma yolunda ilerleyip, günümüz maden işletmelerinin kullanımında devreye girmiştir. Temelde aynı prensipleri içeren bu sistemler, pratikte ki küçük farklılıkları ile birbirlerinden ayrılmaktadırlar (Vega, 2001).

Aşağıda açıklanacak olan GPS Rehberlik Sistemleri, maden yeri üzerinde yükleme için erişilebilirdir ve çalışmaya başvurmada analiz edilmiştir.

3.2.1. Caterpillar ile Bilgisayar Yardımlı Zemin Kazısı Sistemi: (Computer Aided Earthmoving System; CAES) - Minestar

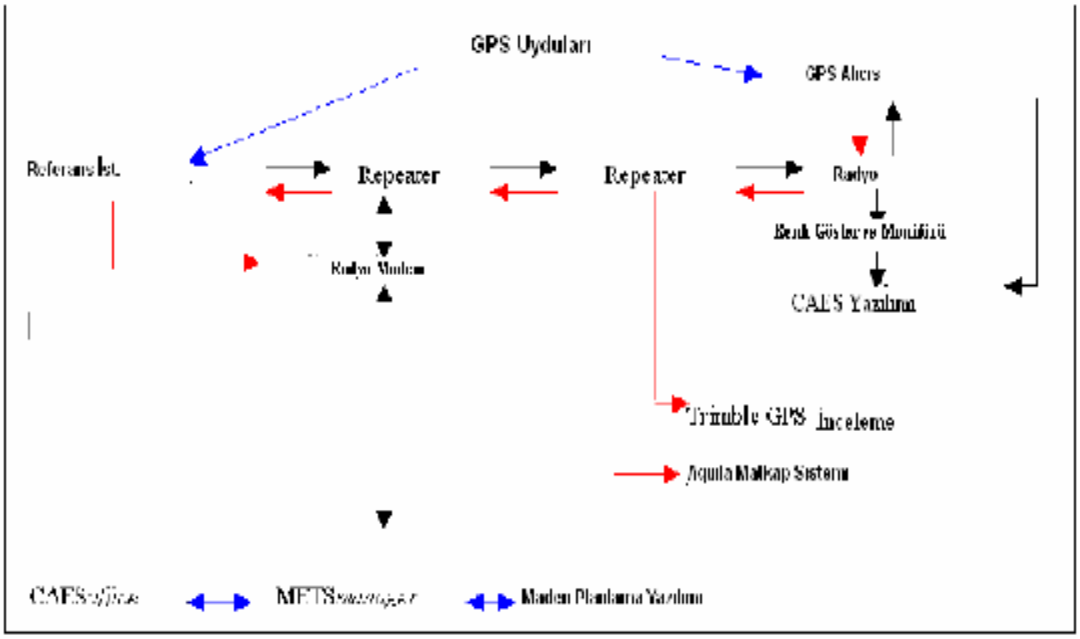
CAES gerçek zamanlı bir mühendislik planı sağlar. Bu da operatörlerin hızlı bir şekilde inceleme payı kullanılmaksızın ne kadar malzemenin kesilmeye veya dolgulamaya gerekli olduğunu görmelerine olanak verir. Bu, yeniden işlemenin

muazzam şekilde indirgenmesini garantiler. Malzeme künyesi ve ocak katı kontrolü yine CAES sitemi ile başarılıdır. Yükleme operatörü, tüm gerçek zamanlı işlemler içerisinde hatasız bir şekilde makinenin o an ki pozisyonu hakkında gerekli olan madenli malzemeyi görebilir.

CAES sistemi yöneticilere, mühendislere ve makine operatörlerine bilimsel yararlar ile inceleme zamanının azaltılmasını içeren, daha az israflı bir zaman ve geliştirilmiş iş kalitesi sağlar. Bu sonuçlar malzemenin hareket ettiği her ton başına çok düşük bir maliyettedir.

Herhangi bir madencilik çalışmasının en önemli parametrelerinden biri de güvenliktir. CAES özellikle inceleme için tehlikeli ve zor olan araziler içinde değerlidir. İşçiler yerüstünde olmadığı zamanlarda büyük makine aksamına yakın tehlikeli alanlarda bile en güvenli konumdadırlar. CAES tehlikeli alanlarda manüel yer inceleme payına olan ihtiyacı minimize eder. CAES doğruluğu geliştirir, zamandan kazanç sağlar; her ton başına düşen en düşük harcama miktarına ve yerüstü işçisini korumaya yardımcı olur. Sistem, insan gücü ve zaman yoğunluğu metotları ile ilişkide bulunulan geleneksel incelemeyi aşmıştır. Artık diğer görevlerin planlanmasını yerine getirmede daha fazla zaman harcayacak olan inceleyici, CAES ofisinden yararlanmaktadır.

Baştan sona CAES sisteminin veri akışı ve onun parçaları ile olan etkileşimi Şekil 2.6.'da gösterilmektedir (Vega, 2001).



Şekil 3.6. CAES çalışma şeması (Vega, 2001)

3.2.2. Sanalmaden Sistemi; VirtualMine

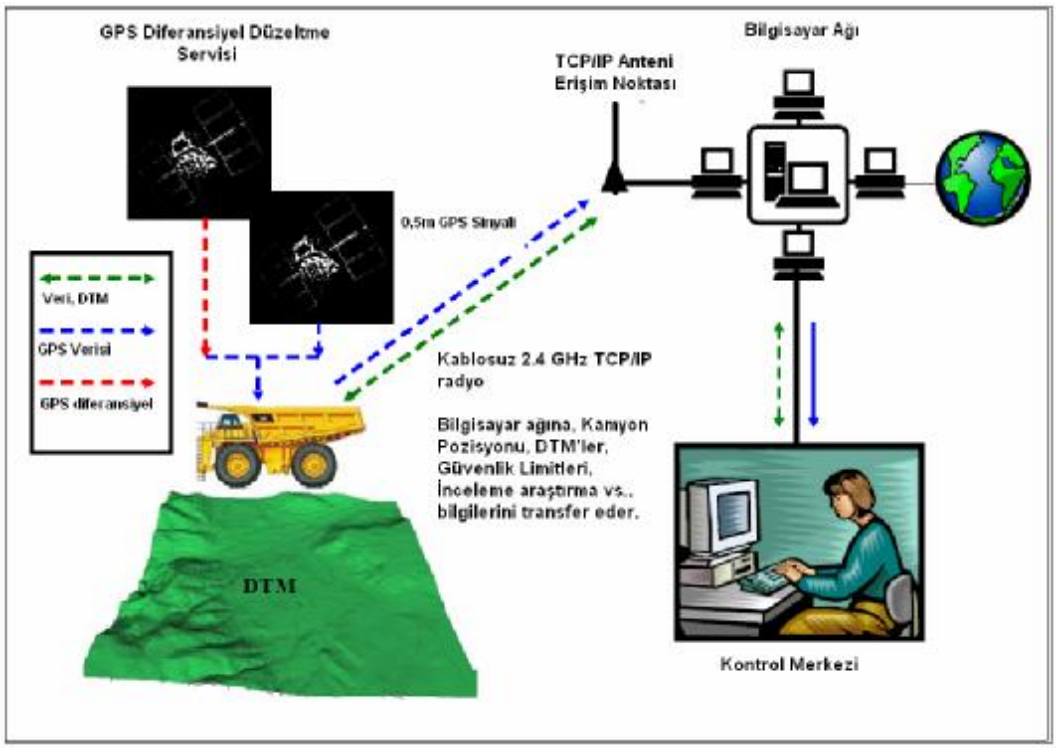
3.2.2.1. Sistemin Genel Açıklaması

VirtualMine Sistemi farklı güncel teknolojileri içinde barındırır; GPS taşınabilir bilgisayar sistemi, kablosuz iletişim ağı sistemi ve bir 3D haritalama ve grafiksel arayüz yazılım sistemi. Bu teknolojiler VirtualMine olarak adlandırılan gerçek zamanlı bir yazılım sistemi içerisine birleştirilmiş durumdadırlar.

Şekil 2.8.'de görüldüğü üzere sistem, kamyon kabini içerisine monte edilmiştir ve GPS sinyalini kamyon üzerine monte edilmiş olan GPS alıcısından alırlar. GPS sistemi kablosuz radyo antenlerinin iletişim ağı içerisinden referans noktasından alınan sinyal doğrulamasını kullanarak aracın doğru olan pozisyonunu hesaplar. Bu da kamyonun pozisyonunu Dijital Arazi Modeli'ne (Digital Terrain Model; DTM) uygun olarak hesaplar, DTM'leri üretir/günceller ve bu bilgiyi, IEEE 802.11b (International Electric Electronic Engineering: Uluslararası Elektrik Elektronik Mühendisliği) kablosuz radyo ağını kullanan bir ağa bağlanmış olan merkezi bir veri tabanına gönderir. Referans bilgiyi paketler içinde alır; (x, y, z) ve bu paketleri haritalamada kullanır ve daha sonra baz istasyonu (referans noktası) bilgisayarındaki madenin DTM'si ne bağlı olarak kamyonun pozisyonunu gösterir.

Pozisyon ve arazi bilgisi kamyona yerleştirilmiş olan bir radyo yolu ile baz istasyonuna gönderilir. Baz istasyonu veriyi ana kablolu ağa bağlanan bilgisayardaki erişim noktası üzerinden alır. Eğer ağ internete yönlendirilmiş ise, güncellenmiş arazi haritaları üzerindeki ekipmanın izlenmesi, VirtualMine yazılımını kullanan ve internete bağlanmış herhangi bir bilgisayar tarafından da sağlanabilir.

Aynı işlem TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol: İletim Kontrol Protokolü ve İnternet Protokolü) kablosuz ağını (LAN bağlantısı) kullanan araçlara gönderilen bilgiler için de doğruluğunu korur.



Şekil 3.7. Merkezi Ofisten yönetilen bir kamyonun izlenmesi için kullanılan konfigürasyonun şematik gösterimi (Vega, 2001)

3.2.2.2 GPS Taşınabilir Bilgisayar Sistemi

CSM GPS (Colorado School of Mine; Kolorado Maden Okulu) sistemi Trimble donanımını kullanır. Bu sistem şimdilerde Caterpillar tarafından Gerçek Zamanlı Kinematik GPS olarak kullanılmaktadır. GPS alıcısı ASCII NMEA koduna göre ayarlanmıştır ve seri bir port üzerinde seyahat ederek bir bilgisayar ekranına

bağlıdır. Şekil 2.8 ve 2.9 donanımın bir Caterpillar 793 kamyonunun kabinine yüklenmiş olan kısmını göstermektedir.



Şekil 3.8. Dayanıklı düz bilgisayar panelinin ve GPS alıcısının CAT 793 kamyon kabinine yerleştirilmesi (Vega, 2001)



Şekil 3.9. CAT 793 kabinindeki dayanıklı düz bilgisayar panelinin yerleştirilmiş hali (Vega, 2001)

Şekilde görüldüğü gibi GPS Trimble 4400 alıcısı GPS antenine bağlıdır ve 900 MHz TCP Trimble radyosuna ayarlanmıştır.



Şekil 3.10. GPS alıcısı ve Trimble radyo mobil bir kamyona yerleştirilirken (Vega, 2001)

Şekil 2.9'da görüldüğü gibi yerleşik bilgisayar ve gösterim cihazı Xplore bir bilgisayar ekranı kullanılmaktadır. Xplore bilgisayar ünitesi seçilmesinin nedeni, çok sağlam gömülü bir bilgisayar olmasındandır. Ayrıca dokunmatik ekranı sayesinde klavyeye ihtiyaç duyulmaksızın operatörün, yazılımı kolaylıkla kumanda etmesine izin vermektedir.

Xplore Pentium III tabanlı, Windows '98 işletim sisteminde ve 500 MHz'lik işlem hızında çalışan bir bilgisayar sistemidir. 4 USB girişi ve 1 seri portu bulunan bu bilgisayar herhangi bir araca monte edilebilmektedir. Aynı zamanda IEEE 802.11b kablosuz radyo kartının yüklenebilmesine olanak sağlayan dahili bir PC yuvasına sahiptir.

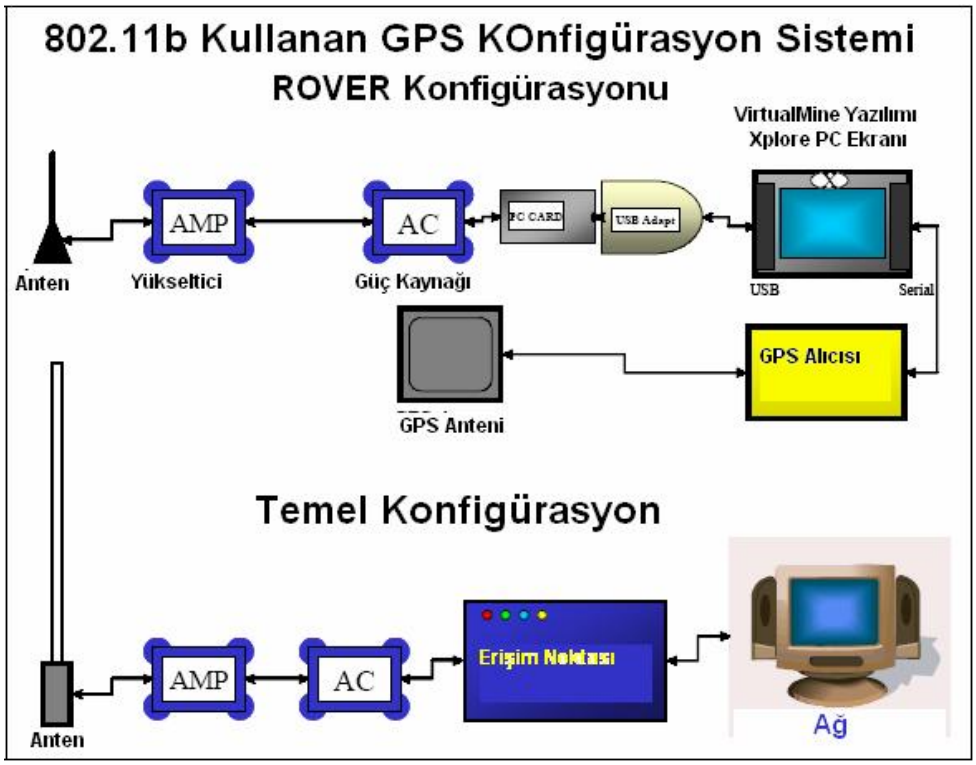
VirtualMine yazılımı ise dozer ve kamyonlar içerisindeki Xplore ünitesine yüklenmiştir ve yazılım Win98, Me, 2000 ve XP işletim sistemlerinde başarı ile test edilmiştir. Her ne kadar artık PII'ler (Pentium II) bulunmasa da yazılım en düşük PII sistem istemektedir.

3.2.2.3. Kablosuz Ağ Sistemi

Kablosuz ağ sistemi TCP/IP uyumludur ve Trimble'a uyumlu Trimmcomm 900 radyoları veya IEEE 802.11b uyumlu Orinoco'dan her ikisini de kullanabilmektedir.

Kablosuz ağ sistem tarafından maden araçları arasındaki koordinatları yaymak ve gerçek zamanlı pozisyonlarının izlenmesini korumak için kullanılır. Bu koordinatlar aynı zamanda gerektiğinde 3D Dijital Arazi Modeli'ni (Digital Terrain Model; DTM) oluşturmak için de sistem tarafından kullanılır. Sistem etkili veriyi iletmede örneğin, cevher/atık, tonaj derecesi, kamyon durumu, yol durumu vs.'de denenmiştir.

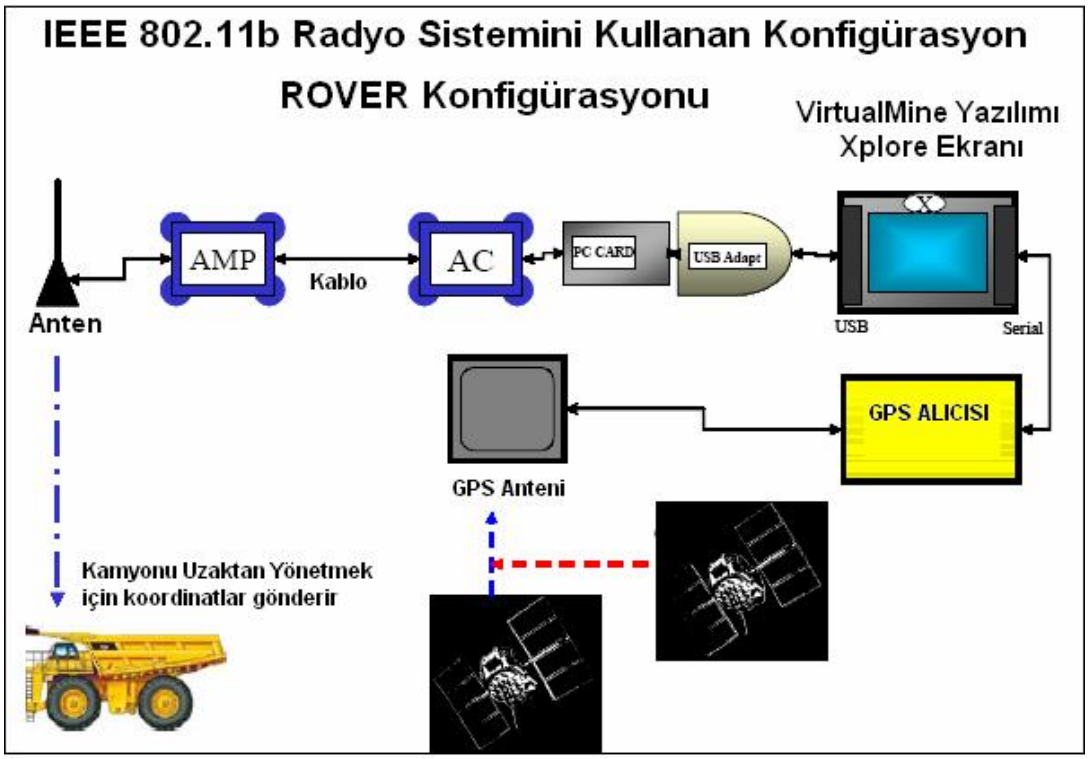
802.11b radyo sistemini kullanmak için sistem konfigüre edildiğinde, şekilde görüldüğü gibi, araç TCP/IP uyumlu bir erişim noktası içerisinden dahili bir ağa veri gönderir. Gezici (yani rover) 100 voltluk (AC) bir güç kaynağı tarafından beslenen bir 1 watt'lık yükselteçe bağlı bir 802.11b radyo kartı kullanır. Bu yapılandırma üzerinde erişim noktası ve VirtualMine yazılımını kullanan araç, merkez ofisten dahili ağ içersinde rahatlıkla izlenebilmektedir.



Şekil 3.11. Rover ve Erişim noktası için donanım konfigürasyonunun şematik gösterimi (Vega, 2001)

802.11b sistemlerinin varsayılan mesafeleri kabaca 200 metre kadardır. Yöneltici bir antene bağlanan 1 watt'lık yükselticiler kullanılarak bu mesafe yaklaşık 3 kilometreye kadar çıkarılabilir. Bu ucuz bir sistemdir ve 900 MHz'lik bir radyo sistemi gibi potansiyel hizmet verebilir.

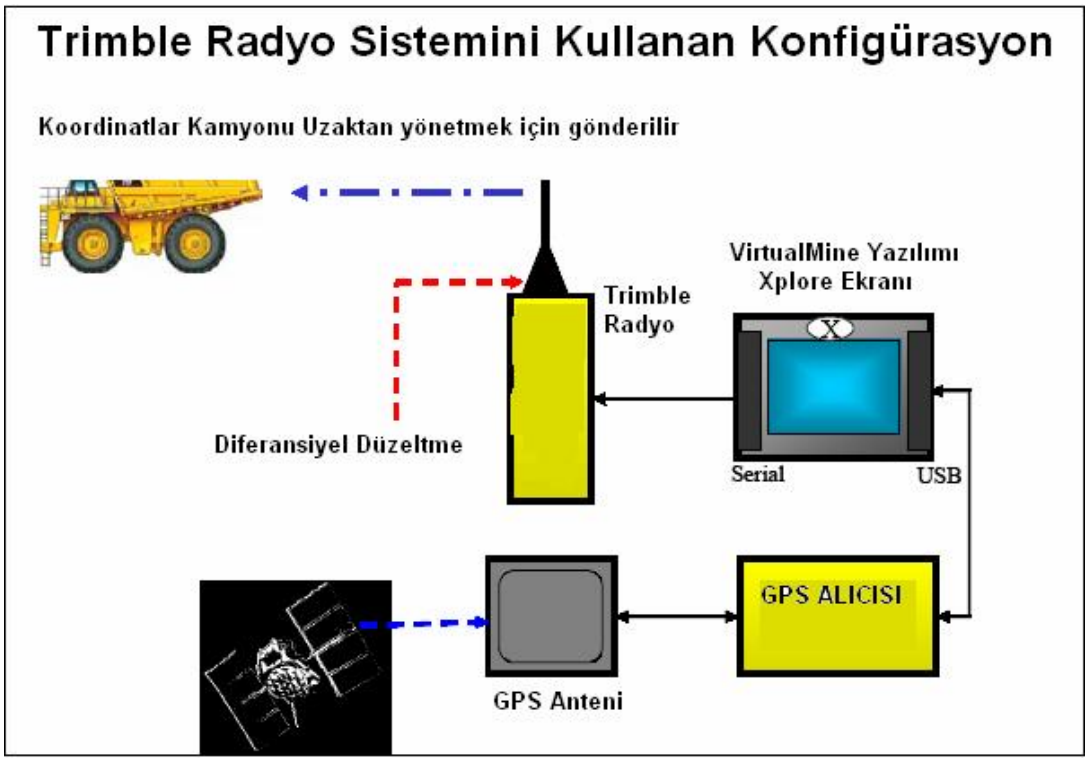
Şekil 3.11 802.11b radyolar kullanılması durumunda sistem yapılandırmasını şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3.12. 1 watt'lık yükseltici ile 802.11b protokolünü kullanan sanal gerçeklik kablosuz radyo iletişim sisteminin şematik gösterimi (Vega, 2001)

Trimble radyo sistemi kullanıldığında ise, şekilde görüldüğü gibi Trimble radyosunun iki fonksiyonu vardır. Birinci fonksiyonu, diferansiyel baz istasyonundan hata düzeltimini iletmek, diğer fonksiyonu ise, tıpkı güncel GPS koordinatlarını Trimble radyolarına iletmek gibi, gerçek zamanlı veriyi taşımaktır.

Trimble radyo sistemi kullanıldığında, GPS alıcısı ve Trimble radyosu iki seri port yoluyla bilgisayara bağlanmak zorundadır. XPlore ünitesi bir tane seri porta sahip olduğundan seri bir USB/Seri adaptör ikinci seri port yerine kullanılmaktadır.



Şekil 3.13. Trimble radyo sistemini kullanan konfigürasyon (Vega, 2001)

900 MHz Trimble radyo sistemlerinin karmaşıklığı, TCP/IP protokolü altında kullanılan merkezi referans noktasına bir radyo ağı ile bağlandığında artar. Bu durumda karmaşık ve pahalı TCP/IP erişim noktalarına ihtiyaç duyar. Diğer tarafta ise, 802.11b radyo sistemleri üzerine kurulu bir erişim noktası, diğerlerine göre basit ve ucuzdur.

Açıklanan avantajlara ek olarak 802.11b, 900 MHz radyo sistemlerinden daha ucuzdur. Örnek olarak, 802.11b donanımı bir araçta yükselticiler, antenler ve kablosuz tesisatı ile birlikte 450$ civarında bir maliyete sahipken, buna eşdeğer Trimble sistemi ise 7.500$ civarlarındadır. 802.11b sistemlerinde kullanılan TCP/IP erişim noktası ağ kapasitesine bağlı olarak 400–2.000$ arasında iken, Trimble'da ise bu 100.000$'a kadar çıkabilir (Vega 2001).

3.2.2.4. Sanalmaden (VirtualMine) Yazılım Sistemi

VirtualMine yazılımının gelişimi ve görsel arayüzü VisualBasic kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım performansının bazı işlevleri şunlardır:

- Seri bir port boyunca GPS ünitesi tarafından gelen NMEA kodlarını okur ve çıkarır.
- NMEA kodlarını, orijinal yersel koordinatlarından (Enlem ve Boylam) UTM kodlarına dönüştürür.
- DXF maden haritalarını 3D VRML (Virtual Reality Modeling Language - Sanal Gerçeklik Modelleme Dili) haritalarına dönüştürür.
- 3D haritalar modeller ve yaratır.
- Yerel veya uzaktan yönetilen araçların pozisyonlarını izler.
- Uzaktan yönetilen araçtan arazi ve pozisyonal veri almak, TCP/IP kablosuz iletişim protokolünün iletim için işlenmesi şeklinde sıralanabilir.

4. GPS VE AÇIKOCAKLARDA GÜVENLİK

Son on yıldır, Maden Güvenliği Ve Sağlığı Yönetimi (Mine Safety and Health Administration - MSHA), kayda değer sayıda arazi yük kamyonları kazası raporladı. Bu kazalar bir çok insanın hayatını kaybetmesi, milyon dolarlara varan ekipman ve ürün harcaması ile sonuçlandı.

Her yıl güçlendirilmiş taşıma sistemi kullanılan madencilik operasyonları 20'den fazla ölümün yaşanması ile sonuçlanmaktadır. Bu kazalar, kamyonun daha küçük bir araç üzerine doğru geri geri gitmesi veya bir atık boşaltma damperinin köşe banketine doğru gitmesi esnasında oluşan kazalardır bunlar. Her iki kaza tipinde de kamyon operatörü, kamyonun kör noktalarındaki, arakasındaki ve yan arkalardaki tehlikeleri görmekte yetersizdir.

Yakınlık uyarı sistemi bir ocağa uygulandığında şu sağlanmalıdır;

- Sistem gerçek zamanlı olarak diğer araçlarda olduğu kadar, bir boşaltma yerinin köşesi ile ilişkili aracı izleyebilmeli ve sürücüyü bankete yakınlaştığında veya çarpışma anında uyarmalıdır.
- Sistem kullanıcıya basit görünmeli ve sürücünün anlayabileceği kolaylıkta olmalıdır. Yalın, anlatımsal bilgisayar grafikleri anlaşılırlık açısından güven vermelidir.
- Sistem, güvenli bankete veya diğer araçlara geldiğinde alt metrelerdeki araç pozisyonu ile ilgili doğrulamaları yapabilmelidir.
- Sistem istenildiğinde madenin geometrisine, uzak araç koordinatlarına güncellenebilmelidir.
- Sistem bir madencilik operasyonunda işletilebilirliği doğrulamak, etkinlik ve operatörün kabulüne göre test edilmiş olmalıdır (Vega, 2001).

GPS teknolojisi büyük açık maden ocaklarında, kamyonların iletimi ve alan incelemelerinde verimli şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Büyük açıkocaklarda ocak haritaları ve maden cürufunun haritaları gerçek zamanlı olarak inşaa edilmeye başlandı ve kamyonların yerleşik bilgisayarlarına doğrudan gönderilebilir oldu. Var olan GPS ekipmanı ile halihazırda yarım metrelik doğruluk seviyesi ile bir kamyona

verilen doğru koordinatlar hesaplanabilmekte ve bir atık boşaltma yerinin boşaltma köşesine tehlikeli derecede yaklaşıp yaklaşmadığı değerlendirilebilmektedir.

Bir açıkocakta ağır ekipmanın bir kaç parçasını koordinatlamak kolay bir görev değildir. Bunlar dörde ulaştığında yüksek kamyonlar olduklarını düşünürsek karmaşıklık etkeni yükselir.

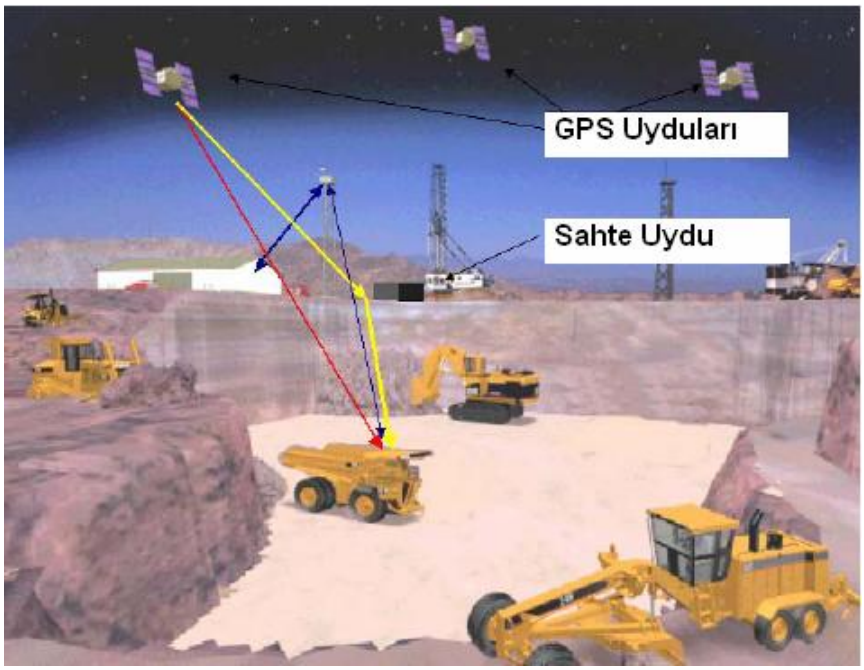
Birkaç ölümcül kazanın, kamyon sürücüsünün boşaltma görevini yerine getirirken gerçekleştiği görülmüştür. Bu işlem sürücüye on metre derinlikteki uçurumun köşesine doğru geri geri gelmeyi gerektirir ve başlangıçta tortu olan malzemeden oluşmuş bir yüzey üzerindedir.

Son yıllarda Dünyada, Department of Labor MSHA (Maden Sağlığı Ve Güvenliği Yönetimi - Mine Safety and Health Administration) kazaları istatistiksel olarak takip etmiş ve kazaların çoğunun boşaltma görevlerinden kaynaklandığını görmüştür. Kazaların kayda değer sonucu araştırıldığında, birçok insan yaşamı ve milyon dolarlık fırsat ve ekipman zayiatının ortaya çıktığı görülmüştür.

Colorado School of Mine'dan Doç. Dr. Kadri Dağdelen ve Dr. Antonia Nieto-Vega bu konuda bir araştırma yapmışlardır ve bugünün teknolojilerine erişebilir bir sistemi yaratmaya odaklanmışlardır. Örneğin;

- RTK Diferansiyel GPS,
- Daha iyi ve daha güvenilir radyo komünikasyonu,
- İnternet uyumlu VRML (Virtual Reality Modeling Language) Sanal Gerçeklik Modelleme Dili'nden TCP/IP protokolü ve Sahte Uyduların potansiyel kullanımıdır (Dagdelen ve Vega, 2001).

Aşağıdaki şekil bir açıkocaktaki Diferansiyel GPS ve Sahte Uydu kullanımını göstermektedir.



Şekil 4.1. GPS ve açıkocak kontrolü (Dagdelen ve Vega, 2001)

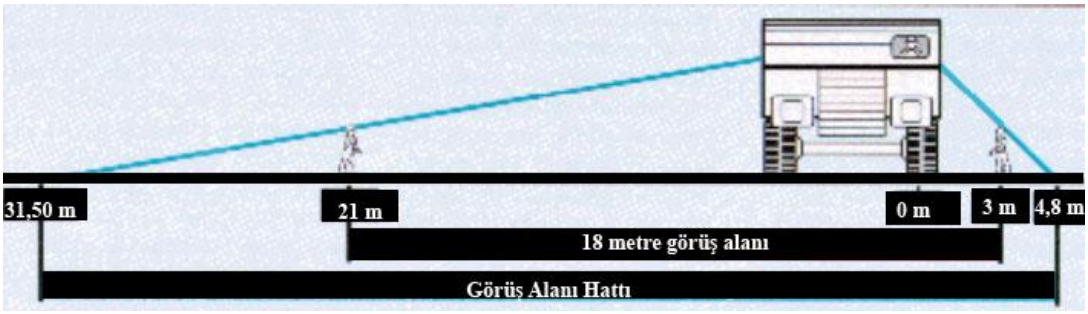
Sürdüğümüz en büyük aracı düşünelim; belki bir yerden kiraladığımız en büyük iş makinesi olabilir. İşte onu 25 kere daha büyük ve alabildiği yük miktarını da aynı şekilde inşa edin ve görüş açısını da çok daha küçük tutun. Şimdi bu dev araca bir açıkocak içerisinde, düzeltilmiş engebelerde, diğer araçlar ve yürüyen işçiler arasında manevra verdiğinizi düşünün.” diyor Todd M. Ruff, ve Thomas P. Holden (2002) “Dev Kamyonlar İçin Yakınlık Uyarısı” isimli yazılarında. Araçlar arasındaki ilişkiyi mukayese etmede destekçi olması bakımından aşağıdaki şekil incelenebilir.



Şekil 4.2. Maden ocaklarında araç mukayesesi (Ruff ve Holden, 2002)

Yüzey madenciliğinde bu büyüklükte bir kamyonu veya aracı kullanan her operatörün ona manevra vermesi gündelik aşılamaz bir sorun haline gelmiştir. Sonuç olarak her yıl, yüzey madenciliğinin bir parçası olan nakliye ekipmanları ile daha küçük bir araç, işçi veya diğer bazı etkenlerin birbirleri ile çarpışması sonucunda bir açıkocakta kazalar meydana gelebilmektedir. Diğer kazalar ise maden ekipmanı operatörünün bir toprak setin, stok noktasının veya boşaltma yerinin üzerine doğru geldiğinde ortaya çıkmakta ve ölümü ile sonuçlanabilmektedir.

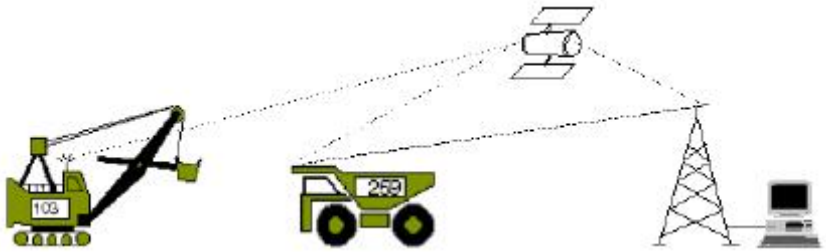
Bu kazaları önleyebilmek için Washington'daki Spokane Mesleki Güvenlik ve Sağlık için Ulusal Araştırma Enstitüsü Laboratuarı'ndan (Spokane Research Laboratory of the National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH) araştırmacılar, büyük bir GPS üreticisi ile ortaklaşa olarak kablosuz ağ iletişimleri ve Diferansiyel GPS teknolojisi üzerinde kenar algılama ve yakınlık uyarısı temeline dayanan bir sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem, operatöre en yakın ekipmanın, küçük aracın, yaya işçilerin ve durağan engebelerin yerlerini sunmaktadır. Bu sistemin etkili olabilmesi için ise 2 metre veya daha iyi bir doğruluk gereklidir (Ruff ve Holden, 2002).



Şekil 4.3. Devasa kamyonlarda görüş mesafesinin temsil edilmesi (Miller,2005)

Ekip ilk denemelerini yolcu arabalarının bulunduğu bir park yerinde gerçekleştirdi. O zamandan buyana hazır bir maden sistemi geliştirdiler ki bu sistem, bir GPS alıcısı ve antenini, LCD monitöre sahip küçük bir bilgisayarı, Yakınlık Uyarı Yazılımı ve 900 MHz internet protokollü (IP) radyoyu içerir. Adı geçen bu ekip bu sistemi Arizona'da Morenci'de Phelps Dodge Mine'da, nakliye ekipmanının 2 parçasında ve 2 servis aracında test etti.

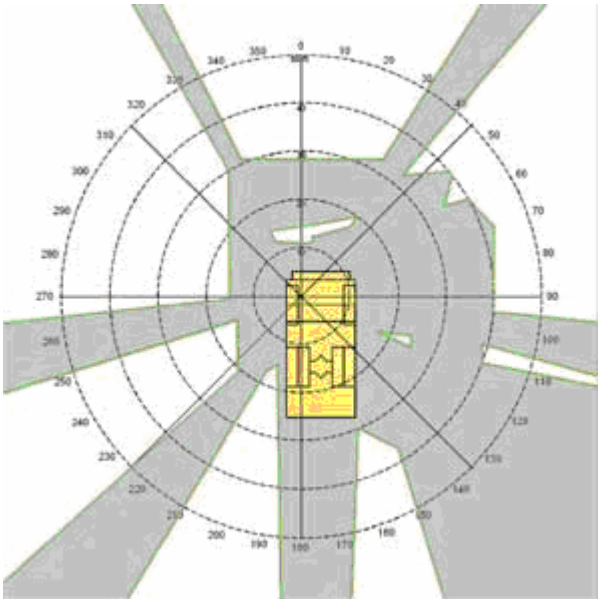
Maden ocaklarındaki nakliye araçlarının büyüklüklerinden bahsettik. Buna göre GPS yüklü bir sistem ile bu araçların birbirlerine göre olan durumlarının nasıl gözlendiği veya gözlenmesi gerektiğine de bakılması gerekmektedir. Bir kere damperli kamyon, ekskavatörün civarına geldiğinde yavaşlar ve durur (Verma, Anand, Montu, Kumar, Paul, Gopinath ve Singh, 2004). Bekleyeceği konum önceden program aracılığı ile ayarlanmış olup, ekskavatöre göre durması gereken alan içerisine girdiğinde GPS aracılığı ile damper operatörünün monitörüne program otomatik olarak uyarı gönderecek ve bu şekilde operatör körnoktalar ile kısıtlanan görüş alanına rağmen doğru noktada ve doğru zamanda durmayı başarabilecektir.



Şekil 3.4. Damper ekskavatörü beklemektedir (Verma, Anand, Montu, Kumar, Paul, Gopinath ve Singh, 2004)

4.1. Kör Noktalar

Nakliye elemanlarının her türünün en büyüğüne olan yönelim, operatörün görüş alanını içeren güvenlik sorunlarını artırır. Maden ekipmanının bir kısmındaki kör noktalar genişletilebilir. Şekil 3.5'teki gösterim 50 ton kapasiteli yapı malzemesi, kum, çakıltaşı operasyonlarında kullanılan bir boşaltma kamyonunun kör noktalarını göstermektedir. Gri olarak taranan bölge operatörün zemini göremeyeceğini göstermektedir. Madencilik operasyonlarında 360 ton'luk kapasiteye kadar ulaşan devasa kamyonlar kullanılır ki bu da kamyonun önündeki kör noktayı 12 metreye kadar çıkarabilir. Arka ve sağ taraftaki körnoktalar ise buna rağmen daha büyüktür. En son oluşan kazalar, açıklamalara göre, kör noktalar içeren bir boşaltma kamyonu, boşaltma noktasına geri geri giderken, daha küçük olan bir kamyonetin üzerine doğru yöneldiğinde ve ön uç noktasındaki yükleyicinin zemindeki bir işçiye çarpması şeklinde oluşan kazalar olarak anlatılmıştır (Ruff ve Holden, 2002).



Şekil 4.5. Gri alanlar 50 ton kapasiteli bir kamyonu süren sürücünün göremeyeceği bölgeleri göstermektedir (Ruff ve Holden, 2002).

4.2. Karşılaştırmalar

Birkaç teknoloji, büyük ekipmanın etrafındaki körnoktaları izleme problemini kabul etmiştir. Buna rağmen bu güne kadar madenler geniş ölçüde video kameralar kullanmıştır. Ekipman etrafında radar veya elektromanyetik fark etme bazlı sistemler geliştirilmiş ve çeşitli alanlarda test edilmiş olduğu halde bu sistemler geniş ölçüde kullanılmamaktadır.

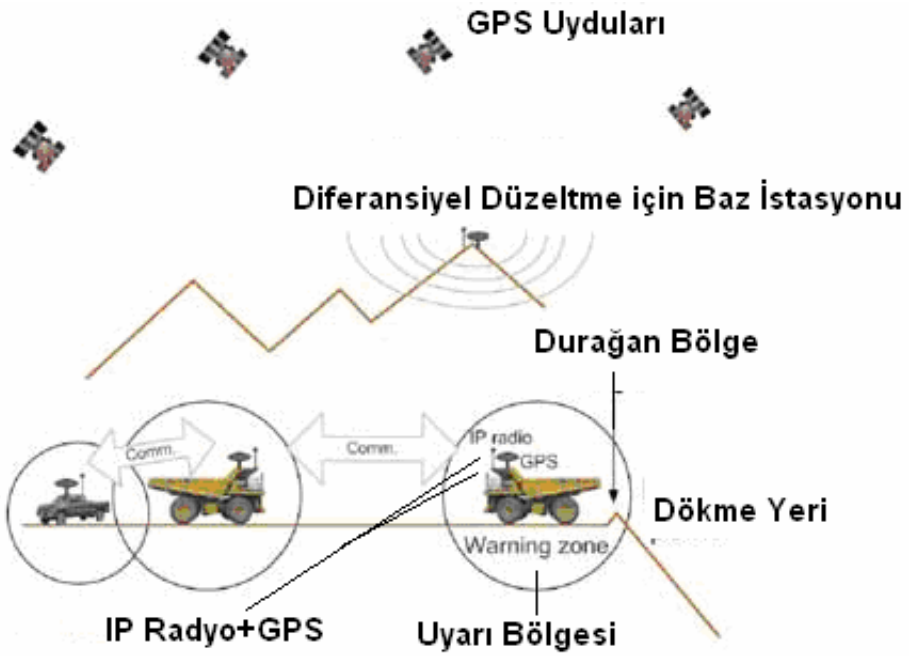
Bugün çoğu yüzey madenciliği yapan madenler GPS bazlı konumbelirleme teknolojisini, inceleme araştırma için yaptıkları gündelik operasyonlarında, cevher kütlesi belirlemede, kamyonlar hakkında veri gönderme ve izlemede, matkaplama ekipmanının hassas pozisyonlamasında ve meyil kontrolünde operatöre gerçek zamanlı asistanlık etmede kullanmaktadır. Bir sonraki mantıklı adım; ekipman, araç, yaya işçi ve durağan yapıları izlemek için GPS kullanmak ve operatörü bunlardan herhangi birine tehlikeli derecede yaklaştığında uyarmaktır. Madencilik uygulamalarında yakınlık uyarısı için GPS kullanmanın avantajları şunlardır:

- Şu an mevcut olan GPS altyapısını çoğu madenlerde kullanma yeteneği,
- Sistemin doğru lokasyon ve izleme yetenekleri,
- Yanlış alarmlar verilme ihtimalini sıfıra düşürme,
- Engebeleri tanımlamadaki yeterlilik,

- Arayüzler ve uyarı bölgeleri oluşturmadaki yeterliliktir (Ruff ve Holden, 2002).

3.3. Sistemin Gelişimi ve Test Edilmesi

Madencilik ekipmanı için GPS bazlı yakınlık uyarı sisteminin betimlemesi Şekil 3.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. GPS bazlı Yakınlık Uyarı Sisteminin sunumu (Ruff ve Holden, 2002)

Şekilde görüldüğü gibi, sistem; indirgenen görüş ile tüm ekipmanlarda, bir maden alanındaki bütün daha küçük araçlar ve yaya işçiler 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 depolanmalıdır. Ve bir alarm arayüzü; diğer araçlar, işçiler ve durağan engeller ekipman etrafındaki sunulan tehlike bölgeler içerisinde olduğunda sesli ve görsel uyarı sunması açısından gereklilik arz eder.

GPS bazlı Yakınlık Uyarı siteminin geliştirimi 2000'li yıllarda başlamış ve bu ekip prototiplerini, açık hava laboratuar ortamlarında test etmiştir. İlk sistem standart bir GPS, kablosuz ağ bileşenleri ve diz üstü bilgisayarları içeriyordu. İki yolcu aracını kapsayan hazırlık testleri kavramın yapılabilir olduğunu göstermiştir. Bu sistem bir hazır madende 2 yıl içerisinde sonuçlandırılmış ve kullanılabilirliğini Nisan 2002'de Phelps Dodge Morenci Bakır Madeni'nde kanıtlanmıştır.

Ekip GPS bazlı Yakınlık Uyarı Sistemi'nin (Proximity Warning System - PWS) kullanılabilirliğini ispatlayabilmek için ilk önce bir prototip geliştirdi. Harcamaları minimumda tutmak için kolaylıkla erişilebilir olan bileşenleri kullandılar. Her bir sistem:

- Toplama, işleme ve veri iletmek
- Yakınlık Uyarı Sistemi yazılımını çalıştırmak ve
- Araç operatörüne görüntü sunabilmek için bir diz üstü bilgisayar içermiştir.

Aynı zamanda ekip lokasyonu belirleyebilmek için, standart 12 kanal GPS alıcı ve anteni kullanmıştır. Bir sahil güvenlik denizfeneri diferansiyel düzeltmeler sunmak için ve bir PCMCIA ağ kartı (IEEE 802.11b) diz üstü bilgisayarlar arasında ki iletişimi sağlamak amacı ile kullanılmıştır. Dinamik testler için her bir sistem yolcu araçları içerisine monte edildi.

Prototip sistem, biri yerel biri de rover görevi gören iki aracın kullanıldığı bir dizi işlemsel ve performans testlerinden geçti. Amaçları sistem özellikleri ile değişik yerlerdeki güncel operasyonları karşılaştırmaktı. Bu GPS alıcısını düzgün bir şekilde kurma, kontrol ve izleme ve bilgiyi kablosuz yerel ağ bağlantısı (LAN) üzerinden alma yeterliliğini taşıyordu. Anahtar işlem, kablosuz LAN bağlantısının düzgün iletişim mesafesinin hesaplanması idi. Kablosuz LAN kartlarının yüklü olduğu iki diz üstü bilgisayarda çalışan Yakınlık Uyarı Sistemi yazılımını kullanan maksimum (11 Mbps) ve minimum (1Mbps) sinyal değerleri arasında test edildi.

Sistem, uzaklıklar 60 metrenin altına bölündüğünde gayet iyi çalıştı ve hiç veri kaybına yol açmadı. 60 metrenin üzerinde performansın düştüğü görüldü. Maksimum iletim mesafesi 11 Mbps sinyal için 120 m, minimum menzil ise 1 Mbps için 220 m olmuştur. Daha iyi anten tasarım ve yerleşimi ile daha uzun menzillerde sinyal alımı daha güvenilir hale getirilebilir. Kablosuz iletişimin diğer önemli testi

ise alana yeni bir araç dahil olduğunda ortak ölçümleme zamanıydı. 60 metreye kadar olan mesafelerde, bir saniyeden daha az bir sürede yeni araç ilişkilendirilmiş veya tanınmıştır (Ruff ve Holden, 2002).

4.4. Performans Testleri

İkinci bir test aşaması da sistemin performansını değerlendirmek açısından yapılmıştır. Bu safhada beş durum incelenmiştir: statikten statiğe, statikten kinematiğe, kinematikten statiğe, kinematikten kinematiğe ve dikey farklılık.

Tüm testler, durağan yerel araç ve rover aracında bir Yakınlık Uyarı Sistemi kullandı. Testler doğrultusunda her iki aracın da verileri kaydedildi; bunlar:

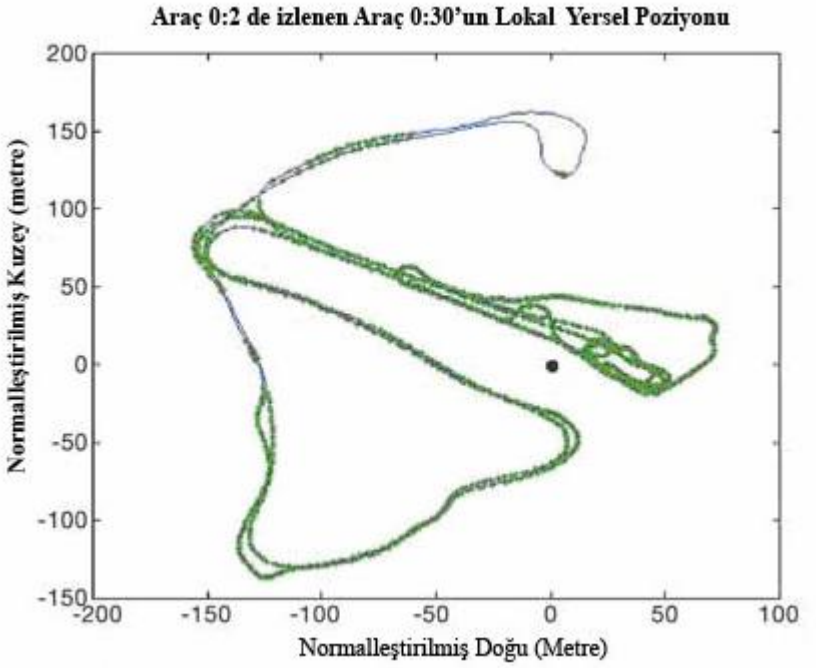
- Yakınlık Uyarı Sisteminin bilgiyi doğru şekilde iletme kapasitesi ki GPS zaman bantları kullanan yerel ve rover araçlarından alınan veriler karşılaştırılarak ölçümlenmiştir.
- Rover araç bilgisinin gecikmesi,
- Gerçek zamanlı araç pozisyonunun doğruluğu,
- Rover aracın değişken hareket bilgilerine olan tepkiler,
- Lokal aracın değişken hareket bilgilerine olan tepkilerdir (Ruff ve Holden, 2002).

4.5. Gezicinin (Rover) İzlenmesi

Lokal aracın Yakınlık Uyarı Sistemi, iletilen bilgiye uygun olarak rover aracın yörüngesini izlemiştir. Rover, sistem tarafından bir GPS zaman işaretleyicisi kullanan yerel Yakınlık Uyarı Sistemi tarafından karşılıklı iletilen bilgiye uygun fark edilen rover verisinin kaydedilmesi ile depolanan, gerçek zamanlı verinin karşılaştırması ile birçok hatalar hesaplanmıştır. Aslında, bilgi tüm gecikme hatalarını ortadan kaldırmak için eşleştirilmiştir. Sonuçlar şunu göstermiştir ki, veri iletimlerinin bozulması ile sisteme tanıtılan hataların önemsiz olduğunu göstermiştir. Sistem 0,5 saniyeden daha az bir gecikme ile ölçümlenmiştir.

Aşağıdaki şekil gösteriyor ki radyonun kapsama alanı 100 metrelik bir menzil içerisinde mükemmel olduğunu göstermiştir. Durağan yerel aracın pozisyonu şeklin orta sağına yakındır (siyah nokta). Zayıf mavi çizgi, gezicinin doğru yörüngesini

göstermektedir ve yeşil noktalarda fark edilen pozisyonları göstermektedir. Mavi çizgili bölgeler geniş çaplı komünikasyon bozukluğundan meydana gelmemektedir. Bu, kısa menzilli radyonun (frekansının) görüş hattını gösterir. Görüş boşluğunun elektrik şebekesindeki kaynağında 100 metreden daha fazla meydana geldiği de belirtilmelidir (Ruff ve Holden, 2002).



Şekil 4.7. Rover'ın izlenmesi (Ruff ve Holden, 2002)

Prototip testlerinin sonuçları, bir GPS bazlı Yakınlık Uyarı Sisteminin uygulanabilirliğini kanıtlamıştır. Geliştirilen sistem madencilik ekipmanı üzerinde test edilmesi gerekmektedir ki bu da sağlam bir radyo ekipmanı ve bilgisayarlı hesaplama platformları gerektirir. Yakınlık Uyarı Sistemi yazılımını çalıştırabilmek için bir bilgisayar seçildi. Mevcut 586 tabanlı Windows CE ve entegreli, tek frekanslı, yedi kanallı, diferansiyel GPS alıcısı seçildi. 900 MHz IP radyo ve GPS anteni standart olan ürünlerdi ve Tarım ve Madencilik uygulamaları için üretilmişlerdi.

Ekip, Kompakt Ölçüm Kayıdı (Compact Measurement Record) diferansiyel düzeltme mesajlarını dağıtmak için, çift frekanslı, RTK GPS alıcısı ve bir başka 900 MHz IP radyo içeren bir baz istasyonu kullandı. GPS alıcısını dahili bilgisayara,

düzeltilen lokasyon çıktılarını PWS yazılımına sunmak için CMR düzeltme yayınını almaya ayarladılar.

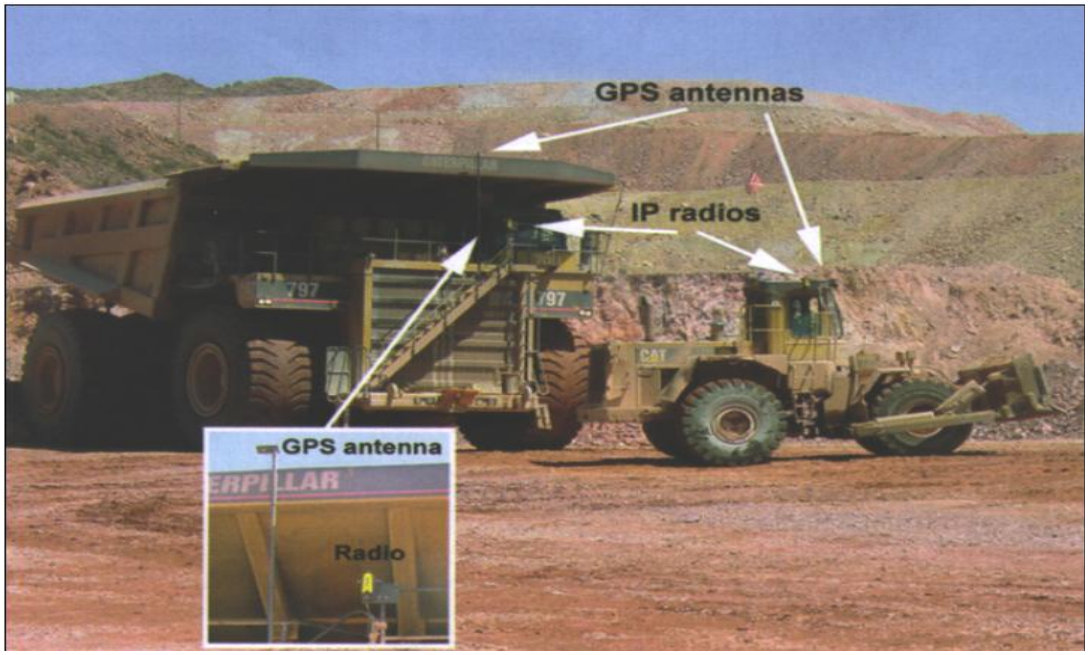
Madencilikteki uygulaması bir bakıma prototipteki uygulamasına benzemektedir, tabii birkaç ayar ile birlikte. Önceden de anlatıldığı gibi sistem GPS'i aracın yeri veya sistemin yüklü olduğu herhangi bir madencilik ekipmanının yerini hesaplamak için kullanır. PWS aynı zamanda diferansiyel düzeltmeleri baz istasyonundan alır. Daha sonra IP radyo, PWS yazılımı ile donatılmış alandaki diğer tüm araçlara, saniyede bir düzenlenen araç lokasyonunu dağıtır. IP radyo aynı zamanda, diğer araçların lokasyonlarını alır ve onları belirlenmiş mesafeler içerisindeyseler, bilgisayar ekranında gösterir (Ruff ve Holden, 2002).

4.6. Yerinde Testler

Testler için Phelps Dodge Morenci Bakır Madenindeki tüm araçlardaki aşağıdaki donanımların her birine PWS sistemi yüklenmiştir:

- 360 ton kapasiteli bir yük kamyonuna,
- Kauçuk lastikli dozere,
- 2 servis kamyonuna (veya kamyonetine).

Araçlardaki her bir sisteme, diferansiyel düzeltme bilgilerini sunabilmek için, baz istasyonu yakındaki bir tepe üzerine kurulmuştur. PWS madendeki mevcut RTK GPS ağına paralel olarak çalıştı. GPS antenleri ve IP radyolar geçici ama sağlam bir şekilde yerleştirildi.



Şekil 4.8. PWS yerleştirilmiş bir yük kamyonu (Solda) ve Dozer (Sağda) (Ruff ve Holden, 2002)

En son işlem olarak da her bir araca bilgisayar yerleştirildi; bu da kalıcı yüklemeydi. PWS yazılımı bu bilgisayar üzerinde çalıştı ve merkezde kendi aracının gösterildiği bir ekran oluşturuldu, merkezden dışa doğru ise, algılama bölgesi yarıçapı, uyarı bölgesi yarıçapı, sistem durumu ve diğer araçlar veya durağan engellerin sunulduğu ikonlarla her bir aracın uyarma ve algılama bölgesi arası boyutuna uygun olarak düzenlenmiştir.

Yük kamyonuna şekilde görüldüğü gibi monte edilen donanım, 30 metre yarıçaplı bir uyarı bölgesi ve 60 metrelik bir algılama bölgesine sahiptir (Ruff ve Holden, 2002).



Şekil 3.9. PWS yazılımı ve göstergesi (Ruff ve Holden, 2002)

4.7. Alarm Seviyeleri

Dozer ve servis kamyonları için bölgeler 20 ve 40 metrede kuruldu. Sistem ne zaman diğer bir araç veya durağan engel bu bölgelerden birine girse sesli bir alarm vermektedir. Aynı zamanda ekranın merkezine doğru yaklaşırken diğer aracın rengi (her iki bölgenin dışında) yeşilden sarıya (algılama bölgesi içinde), sonrada kırmızıya (uyarı bölgesinin içinde) dönüşmektedir. Araç veya nesne algılama bölgesine girdiğinde sistem bunun tespit edildiğini göstermek için kısa sesli bir uyarı verir. Eğer uyarı bölgesine girerse muhtemel bir çarpışmayı göstermek için daha vurgulu bir ses verir.

4.8. Tam Koruma

Açıkça, bu testler yüzeyde dolaşan işçiler için koruma oluşturacak bir sistem olmaksızın yapılmıştır. İşçiler için, kişisel PWS'yi içeren bir minyatür, GPS donanımını, küçük bir işlemciyi ve bir IP radyo ekipmanını gerektirir. Sistem işçinin kemerinde veya yelek cebinde olmaya ihtiyaç duyacaktır. Kişisel sistem için mevcut bir donanım bulunmaktadır ve gelecek yıllar için Mesleki Güvenlik ve Sağlık Ulusal Enstitüsünde (National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH) yazılımın geliştirilmesine başlanacaktır.

4.9. Gelecek Olaylar

Bir maden ağında tam verimlilik alabilmek için, GPS tabanlı PWS sistemi, tüm araç ve maden donanımları üzerinde kurulmuş olmalıdır. İşlevsellik ve de maliyet her bir aracın yapısına göre değişecektir. Örneğin, servis kamyonları ve yükleyiciler basit bir sistem ile yüklenebilirler. Bunun için şu anki bilgisayarlı gösterime gerek yoktur. Böyle bir sistem mevcut GPS anten ve alıcısını kullanabilir, düşük maliyetli bir işlemci ve bir IP radyonun tek bir pakette bir aracın tepesine yerleştirilebilir. Sistem diğer bir araç veya donanım parçası yakında olduğunda araç kabininde basit bir sesli uyarı üretecektir. İndirgenen görüş, daha büyük madencilik donanımlarına bağlı olarak daha pahalı ve fonksiyonel bir sistemi gerektirecektir (Ruff ve Holden, 2002).

4.10 Şuan ki Yakınlık Algılama Sistemleri

Geçtiğimiz birkaç yıldan bu yana, Dağdelen, Vega ve Ruff tarafından yapılan araştırma projeleri, araç ve insanların algılanmasına yardımcı olmak için rehberlik etmiştir. Operatör görüşünü yükseltmek için birinci yaklaşım aynalar kurmaktı. Aynalar belirgin bir güvenlik yardımıdır, bununla beraber kör noktaların tamamını kapsamada başarılı değildirler ve aynaların biçim ve boyutları tarafından etkilenebilen objeler arasındaki mesafe ve boyutu algılamadan operatöre yardımcı olamıyorlardı (Fesak, 1996). Araç tasarım ve lokasyonlarındaki en son ilerlemeler, video kameraları ve diğer modern “Kör Alanları İzleme Sistemleri”, “Körnokta” tehlikelerini hatırı sayılır seviyede azatlamada titiz uyarı cihazlarının kuruluşu kadar iyidir. Ölümcül kazalar geçmiş yıllar boyunca, etkin yakınlık uyarı cihazları, kameralar, aynalar veya gelişmiş araç tasarımlarının kullanılmamasıyla, sürücünün görüşü engellendiğinde ortaya çıkmıştır (Fesak, 1996). MSHA laboratuarları göstermiştir ki, aracın yan ve arkasındaki video kameraları büyük araçların etrafındaki güvenliği etkin biçimde geliştirebilmektedir (McAteer, 2000). Operatör kabinindeki bir monitör araç etrafındaki kör noktaları görebilmesi için operatöre büyük yardım sağlar. Bununla birlikte kameraların görüşü, sis, çamur veya geceleyin ekrandaki parıldamalardan dolayı etkilenebilirler. Bir kamera sistemi, özel bilgilerin yüklenmesi ve kamera adedine bağlı olarak 7000 $’a kadar varan bir maliyet

çıkarabilir. Tipik olarak, tek bir 320 ton kapasiteli bir yük kamyonunun maliyeti pekala da 2 milyon doların üzerinde bir maliyet çıkarabilir (Miller,2005).



Şekil 4.10. GPS ile önlem alınmayan ocaklarda meydana gelebilecek korkunç kazaya bir örnek (Miller,2005)

4.11. GPS Maliyet Analizi

GPS'in tanımından, çalışma prensibine, faydalarından, üstünlüklerinden bahsettik şimdiye kadar. Şunu düşünecek olursak, bir insanın böylesi teknolojiyi son raddesine kadar uygulayan bir sistemi kullanmak için, teknik üstünlüklerinin yanında maliyetleri bakımından da üstünlüklerini görmesi gerekir ki anlatılan sistem onun için cazip bir hal alsın.

Günümüz dünyasında insan gücünün yerini makineleşme almaktadır; bu, kurulum aşamasındaki maliyetlerin yüksek, daha sonrasında ise hem kısa zamanda çok iş hem de daha az masraf ile üretim olması demektir. Türkiye'de maden ocaklarında pek kullanılmasa da yurtdışında GPS sistemi maden ocakları için neredeyse bir zorunluluk halini almıştır. Acaba GPS sistemini bir açıkocakta uygulamak işletmeciye ne kadarlık bir maliyet getirecek ve onu ne kadarlık bir maliyetten kurtaracaktır? Acaba eski yöntemler ile kurulmuş bir güvenlik sistemi ile GPS sistemi kurulduktan sonra alınan önemlerle kurulan güvenlik ağı arasındaki maliyetler nasıl bir farklılık gösterecektir?

Bu soruların cevabını St. Ives maden işletmesindeki araştırmaların sonuçlarına bakarak bulabiliriz sanırım.

Bir GPS sisteminin kurulduğu, tüm yarar ve mali tasarrufların araştırıldığı bu çalışma sadece St. Ives açıkocağı dikkate alınarak yapılmıştır. Çizelge 3.1, makine tipine göre sınıflandırılmış GPS rehberlik sistemlerinin her biri için tüm olası yararları ve maliyet tasarruflarının erişilebilirliğini göstermektedir (Jarosz ve Finlayson, 2003).

Olası maliyet tasarrufları yine her bir makine tipine göre tüm GPS rehberlik uygulamaları için erişilebilirdir ve Çizelge 3.2'de derlenmiştir. Aylık ve Yıllık tasarruflar maliyet analizleri kurularak hesaplanmıştır. Çizelge 3.2'de hedeflenen olası yıllık tasarruflar her bir cihazdaki GPS rehberlik sistemleri ile analiz edilerek verilmiştir.

Çeşitli maden makineleri için GPS rehberlik sistemi maliyetlerinin kestirimi, diğer maden ocaklarından veriler elde edilerek benzer sistemlerin satınalma fiyatları üzerinden baz alınmıştır. Maliyetler, GPS rehberlik sistemi yüklü tam bir madencilik donanımı alınırsa önemli ölçüde daha ucuz olacaktır (Jarosz ve Finlayson, 2003). Görüldüğü üzere, toplam maliyetler üzerinden yıllık yaklaşık %43'lük bir tasarruf sağlanmaktadır.

Çizelge 4.1 Makine Tipine Göre tüm maliyet tasarrufları ve yararlar (Jarosz ve Finlayson, 2003)

GPS Rehberlik Sistemleri İle Olası Yararlar ve Maliyet Tasarrufları					
Faydalar ve Maliyet Tasarrufları	**GPS Rehberliği Uygulan Ekipmanlar**				
	Eks. / Kepçe	Dozer	Greyder	Kamyon (Nakliye)	Delme & Patlatma
Yanlış Tanımlanmış Yüklemeleri İndirgeme*	**X**				
Doğru Zemin Kaldırma*	**X**	**X**	**X**		
Artırılan Üretkenlik*	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Boş Zamanı İndirgeme	**X**	**X**		**X**	**X**
Maden Ocağı Planlamasının Geliştirilmesi	**X**			**X**	**X**
Maden Ocağı Dizayn etmek	**X**	**X**			**X**
Madencilik Alttabaka Blokları	**X**				
Kazı Yolları Olmadan	**X**	**X**			
Patlatma Bilgisi Üstünlüğü	**X**	**X**			
Araştırma Gereksinimlerinin İndirgenmesi	**X**	**X**			**X**
24/7 Araştırma Asistanlığı*	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Çalışma Alanı Boşlukları*	**X**	**X**			
Zemin Seyrelmesi&Cevher Kayıplarının İndirgenmesi		**X**	**X**		
Zeminin İlk Kaldırılma Derecesini Tesis Etmek	**X**	**X**	**X**		
Zemin Kaldırma		**X**			
Cevherli Bölgelerde Atık Kaldırma	**X**	**X**	**X**		
Atık Boşaltma Yapısı		**X**			
Yükleme Veya Doldurma Çukurları		**X**			
Malzeme Takibi*	**X**			**X**	
Doğru Maliyet Kontrolü				**X**	
Tonaj/Kamyon Belirlemesi	**X**			**X**	
Parçalamanın Geliştirilmesi*					**X**
İşgücü Maliyetinin İndirgenmesi	**X**	**X**		**X**	**X**

* Gösterilen uygulamalar, tatmin edici maliyet tasarrufları ve/veya yararları sağladığı var sayılmıştır.

Çizelge 4.2. Olası Maliyet tasarrufları (Jarosz ve Finlayson, 2003)

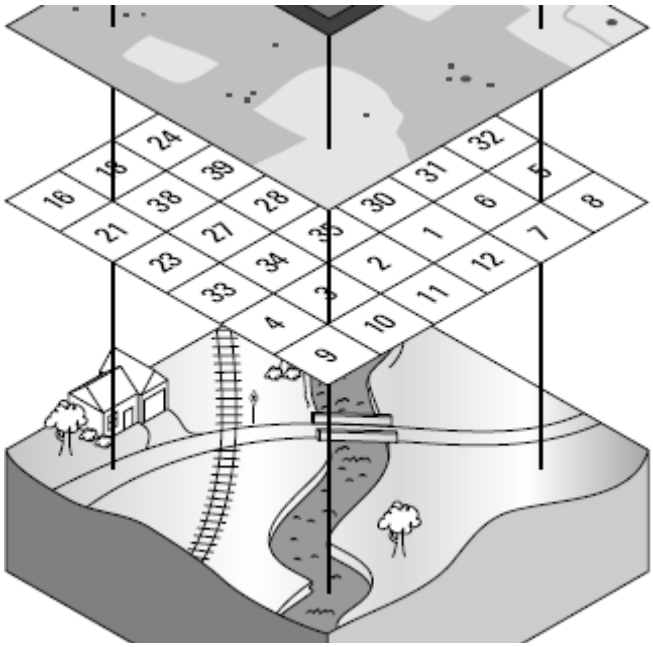
Olası Maliyet Tasarrufları (A$)					
GPS	**Maliyet Tasarrufları**	**Aylık**	**Yıllık**	**Edilen Tas.**	**Ayarlama**
Makine	**Uygulama**	**Tasarruf**	**Tasarruf**	**%**	**Yıllık Tasarruf**
	Yanlış Tanımlı Yüklemeler	297,123	3,565,476	50	1,782,738
Ekskavatörler	Doğru Zemin Kaldırma	93,150	1,117,800	50	558,900
Kepçe	Üretkenliğin Yükseltilmesi	19,000	228,000	25	57,000
	Ocak Dizaynı	4,138	49,650	50	24,825
	Zemin Kaldırma Dizaynı	19,244	230,929	50	115,465
Dozer	Cevher Sınırları İçerisinde Dereceleme/ Ayarlama	10,491	125,892	25	31,473
	Malzeme İzleme	90,772	1,089,264	50	544,632
Kamyonlar	Yanlışsız Yükleme Maliyetleri	45,221	542,652	75	406,989
	Parçalamanın Geliştirilmesi	17,603	211,236	50	105,618
Delme&Patlatma	Minimal İnceleme Gereksinimleri	11,250	135,000	25	33,750
	Minimal Delme Gereksinimleri	6,667	80,000	25	20,000
TOPLAM		**614,658**	**7,375,899**	**43**	**3,681,390**

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Ocak İçi Araç İzleme Ve Emniyeti İçin Bilgisayar Programı (İZEM_GPS)

Buraya kadar anlatılanlar; GPS'in genel ve gerekli kısımlarına bir bakış, GPS'in madencilikte işlemlerinde uygulanması ve özellikle açıkocak işletmelerde ki güvenliğin sağlanması üzerineydi. Açıkocaklardaki güvenliğin sağlanması derken, araştırmanın temelini oluşturan noktalarından biri olan maden aracının ocak içerisindeki şev topuklarına veya şev başlarına yaklaştığı andaki güvenlik durumunun sorgulanmasıdır. Bunun yanında; iki aracın birbirine göre güvenlik durumları (çok fazla birbirine yaklaştıklarında oluşacak kazalar), bir kamyonun boşaltma noktasının köşesine geldiğindeki güvenlik durumu veya diğer durumlar şuan için bu araştırmayı bağlamamaktadır.

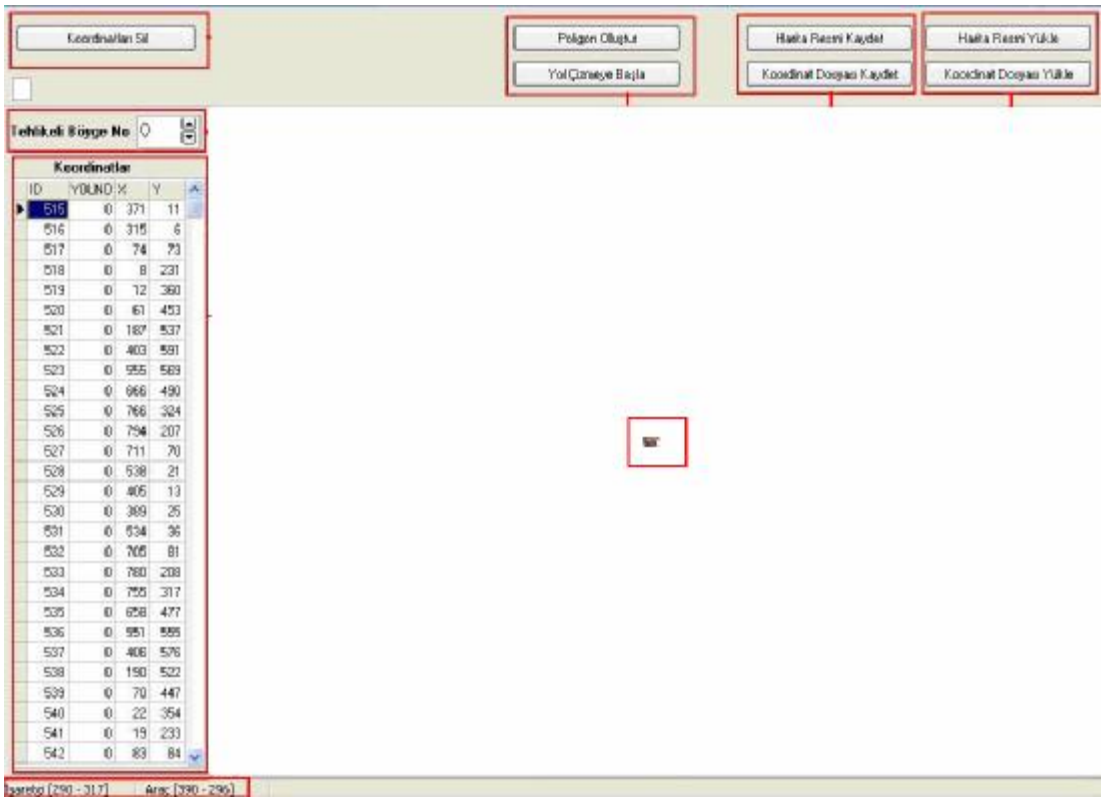
Örnek teşkil etmesi bakımından bir açıkocak modeline uygulanan GPS yazılımına; İZEM_GPS (İzleme ve Emniyet; IZEM) adı verildi. Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki, örnek ocağın haritası sayısal bir haritadır. Yani bu şu demektir; tüm GPS uygulamalarındaki haritalar sayısal haritalardır. Çünkü; bilgisayarlar bir haritayı sisteme tanıttığımız gibi algılayamazlar, nasıl ki bilgisayardaki bir 'A' harfinin gerçekteki değeri sayısal bir değer ise, haritalarında bu şekilde tanıtılması gereklidir. Dijital haritalar denilen bu haritalar, değişik yöntemlerle elde edilebilirler, hatta buna en büyük örnek; baş kısımlarda da anlatıldığı gibi GIS yani Coğrafik Bilgi Sistemleri yazılımları verilebilir. Bunu daha iyi göstermek için şöyle bir örnek verilebilir; Şekil 4.1.'de de görüleceği üzere, arazinin topografik yapısı, karelere bölünen alan üzerinde sayısal olarak tanımlanmaktadır. Haritada kullanıcı, bu sayısal değerleri değil, haritanın gerçek yapısını görmektedir, program veya bilgisayar ise onun içeriğindeki sayısal değerler üzerinden işlem yapmaktadır.



Şekil 5.1. Dijital (Sayısal; Smart Map) haritanın gösterimi (McNamara, 2004)

İZEM_GPS programında oluşturulan haritaların sayısal yapısında, "iki noktanın bir doğru oluşturur" mantığından yola çıkılmıştır. Şekil 5.2.'de programın genel ara yüz görünüşü verilmiştir.

GPS cihazlarındaki çalışma mantığı ile bu programın mantığı aynıdır. GPS cihazlarında; araç üzerine yerleştirilen GPS cihazının uydudan aldığı koordinatlar, ana merkezdeki veya araç içerisine monte edilmiş olan LCD bilgisayar ekranı üzerindeki haritada işlenmekte, buna göre aracın hareketleri ve emniyet durumları da gözlenebilmektedir.



Şekil 5.2. İZEM_GPS yazılımının genel görünümü

Şekilde de görüldüğü gibi; programın ana merkezinde; hareket edecek ve takip edilecek olan araç, sol tarafta; koordinat verilerinin tutulduğu bölüm, sol alt köşede; araç ve harita çizmek için yararlanacağımız Mouse'un anlık koordinatlarını gösteren, koordinat sayaçları. Sağ üst köşede de; harita çizme, mevcut harita ve koordinatları yükleme ve oluşturulan harita ve koordinatları kaydetme butonları yer almaktadır.

5.1.1. Ocak İçerisindeki Emniyetsiz Bölgelerin Oluşturulması

Çalışan bir açıkocak içerisinde emniyetsiz bölgeler; şev topukları, şev başları, yerleşik binalar vs… gibi yerlerdir. Güvenlikli bölgeler ise bunların haricindeki çoğunluğu yollardan oluşan bölgelerdir. Bir aracın şev topuğuna veya şev başına geldiği andaki durum emniyetsiz durumdur. Yalnız burada önemli olan şudur ki, aracın yol kenarına tam şekilde yanaştığı anda oluşacak bir emniyet duvarının hiçbir anlamı yoktur. Bu yüzden, her iki taraf içinde (şev başları ve şev topukları için)

belirli bir emniyet payı bırakılmalıdır ki, araç buralara tam yanaşmadan tam bir güvenlik sağlanabilsin.

İZEM_GPS programında da emniyetsiz bölgeler; yollar haricinde bırakılan şev başları ve şev topuklarıdır. Güvenliksiz bölgeler, mevcut haritadaki şevlerin çizimi ile değil, bu şevlerin alt ve üstlerine bırakılan emniyet paylarının da çizilmesi ile oluşturulmaktadır. Basit bir örnek verilecek olursa; 2 boyutlu bir haritada, 8 metre olarak verilen şevin üst ve alt kısımlarına eklenecek olan 3'er metrelik emniyet payları ile bu bölgenin kalınlığı 11 metre olacaktır. Ve program sadece şevi değil, güvenlik payları ile olan kısımların bütününü çizecektir. Programda harita çizilirken güvenliksiz bölgeler çizilmektedir. Bunların her biride bir poligon olacak şekildedir. Harita çizilirken oluşturulacak olan bu poligonlar programda 3 aşamadan biri ile yapılabilmektedir. Bunlar;

1. Ekrandan mouse ile emniyetsiz bölge tanımlama,
2. Veri dosyası ile bölge tanımlama,
3. Oluşturulan bölgeleri klavyeden yeniden tanımlana şeklindedir.

5.1.1.1. Ekrandan Mouse İle Emniyetsiz Bölge Tanımlama

IZEM_GPS programında işlem ilk önce harita yani poligonların oluşturulması ile başlamaktadır. Poligonlar, başta da açıklandığı gibi; iki noktanın bir doğru oluşturması mantığı ile çizilmektedir. Poligon yani güvenliksiz bölge adım adım şu şekilde oluşturulabilir;

♦ Harita çizimine önce program arayüzünde görülen, sağ üst köşedeki (Şekil 5.3.) "Poligon Oluştur" ve "Yol Çizmeye Başla" butonlarından alttaki Yol Çizmeye Başla butonunu aktif hale getirerek başlanır. Bu aktif hale geldiğinde, butonda "Yol Çizmeyi Bitir" şeklinde bir yazı oluşacaktır.



Şekil 5.3. Harita çizim konsolu

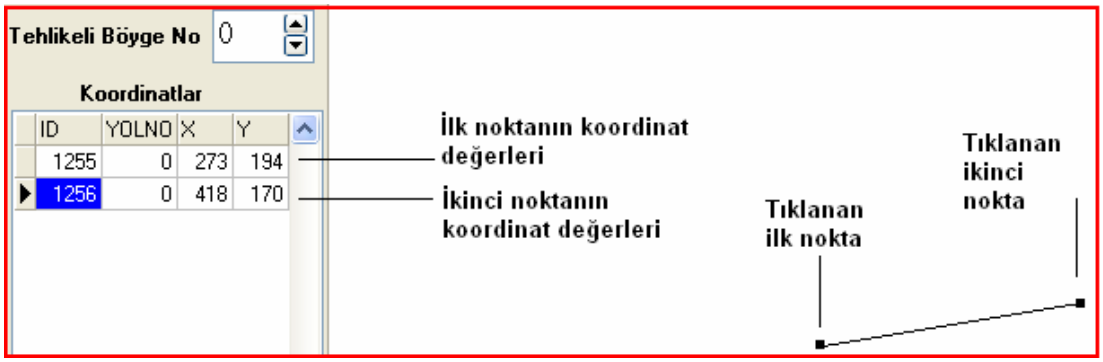
♦ Sol tarafta bulunan "Tehlikeli Bölge No" konsolunun bulunduğu yer ocak içerisindeki ve çizilen haritadaki kat sayısını göstermektedir (Şekil 5.4.). İlk çizilecek katman "0" olarak atanacaktır. Bu daha sonra koordinatlar üzerinde oynama yaparken hangi katmanda işlem yapılacağını göstermesi bakımından kolaylık sağlayacaktır.



Şekil. 5.4. Tehlikeli bölge gösterim konsolu

♦ Beyaz alan içerisinde haritanın ilk katını teşkil edecek olan poligonun başlangıç noktası mouse yardımı ile işaretlenir. Burada da, sol alt köşedeki "İşaretçi" adı ile geçen ve imlecin (x,y) koordinatlarını gösteren koordinat sayacından yararlanır.

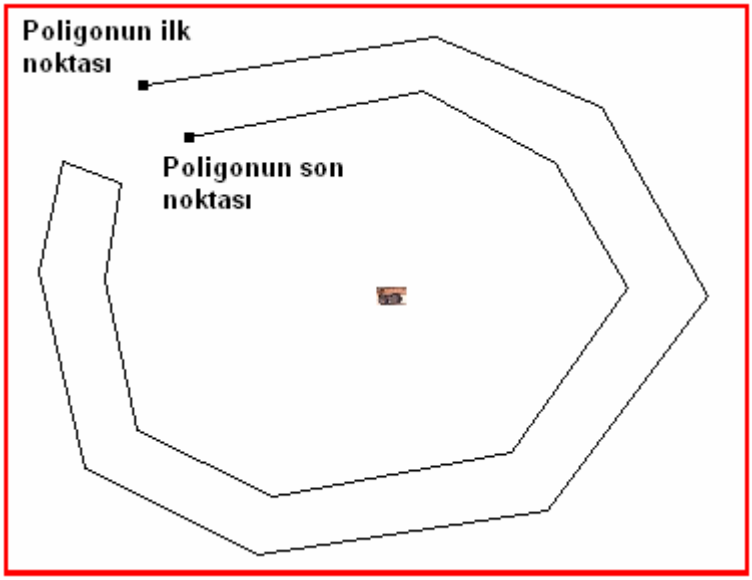
♦ Beyaz alanda poligonun ilk noktası tıklandığında, sol tarafta koordinatların tutulduğu yerde, bu ilk noktanın x ve y koordinat değerleri görülür (Şekil 5.5.). Daha sonra ikinci bir yere tıklandığında, program ilk nokta ile bu tıklanan ikinci nokta arasında bir doğru oluşturur.



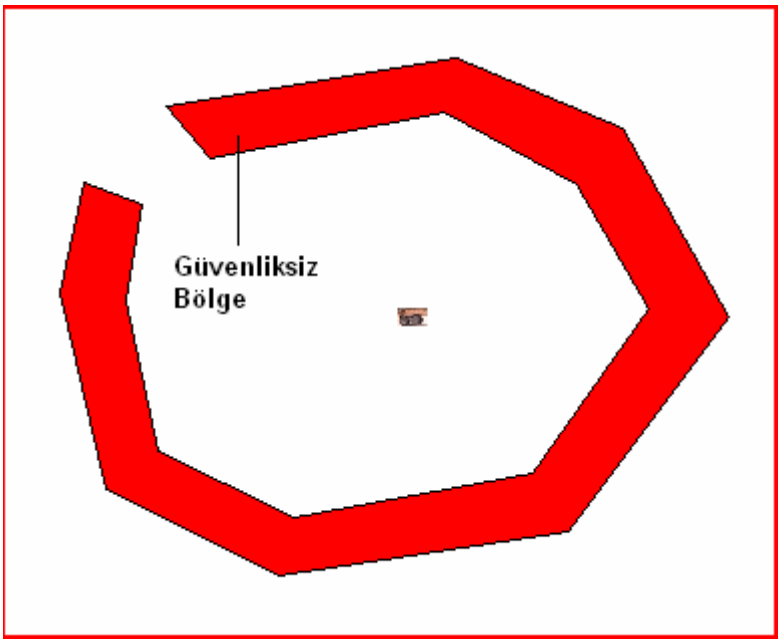
Şekil 5.5. Poligonun koordinat değerleri

Şekilde de görüldüğü gibi, sol tarafta ilk çizilen doğrunun koordinat değerleri bulunmaktadır. İlk doğrunun oluşturulmasından sonra, mouse ile gerekli yerlere tıklanarak poligon hatları çizilir (Şekil 5.6.). Poligon çizilirken ilk nokta ile son noktanın birbirine birleştirilmesinde Şekil 5.3.'de de gösterilen iki butondan yararlanılır. Önce "Poligon Oluştur" butonuna basılır ve program ilk nokta ile son nokta arasındaki boşluğu otomatik olarak bir doğru ile kapatır. Ve buranın

güvenliksiz olduğunu belirtmesi bakımından kırmızı renk ile boyar (Şekil 5.7). Bu poligon; şev ve şev için bırakılan üst ve alt güvenlik paylarını birlikte taşır.



Şekil 5.6. Poligon çizimi



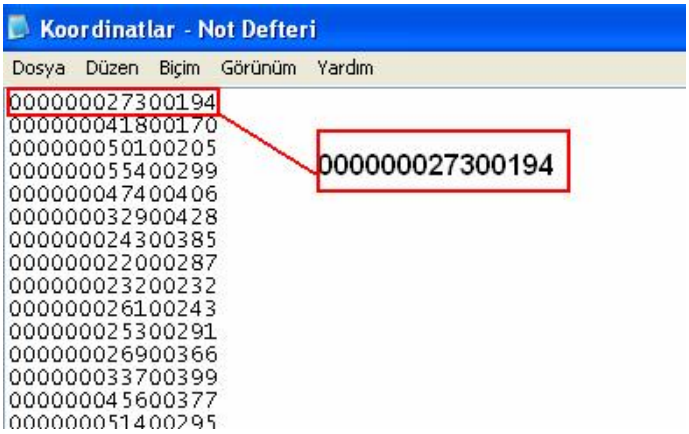
Şekil 5.7. Poligonun kapatılması ve güvenliksiz bölgenin oluşturulması

♦ Poligon çizimi bittikten sonra, "0" olarak adlandırdığımız bu katmanın tüm bilgileri sol taraftaki, Koordinatlar isimli bölümde saklanmaktadır. İkinci bir katman çizileceği zaman bu işlemler baştan itibaren takip edilir.

5.1.1.2. Veri Dosyası İle Emniyetsiz Bölge Tanımlama

Mouse yardımı ile poligon oluşturmak yerine, verilen koordinat değerlerini el ile direkt girmesi istendiğinde bu işlem kullanılır. Bu işlemde kelime işlemci yardımı ile koordinat girişi yapılabilmekte ve daha sonra bu koordinatlar program tarafından kaydedildiği yerden çağırılabilmektedir. İzlenmesi gereken adımlar şunlardır;

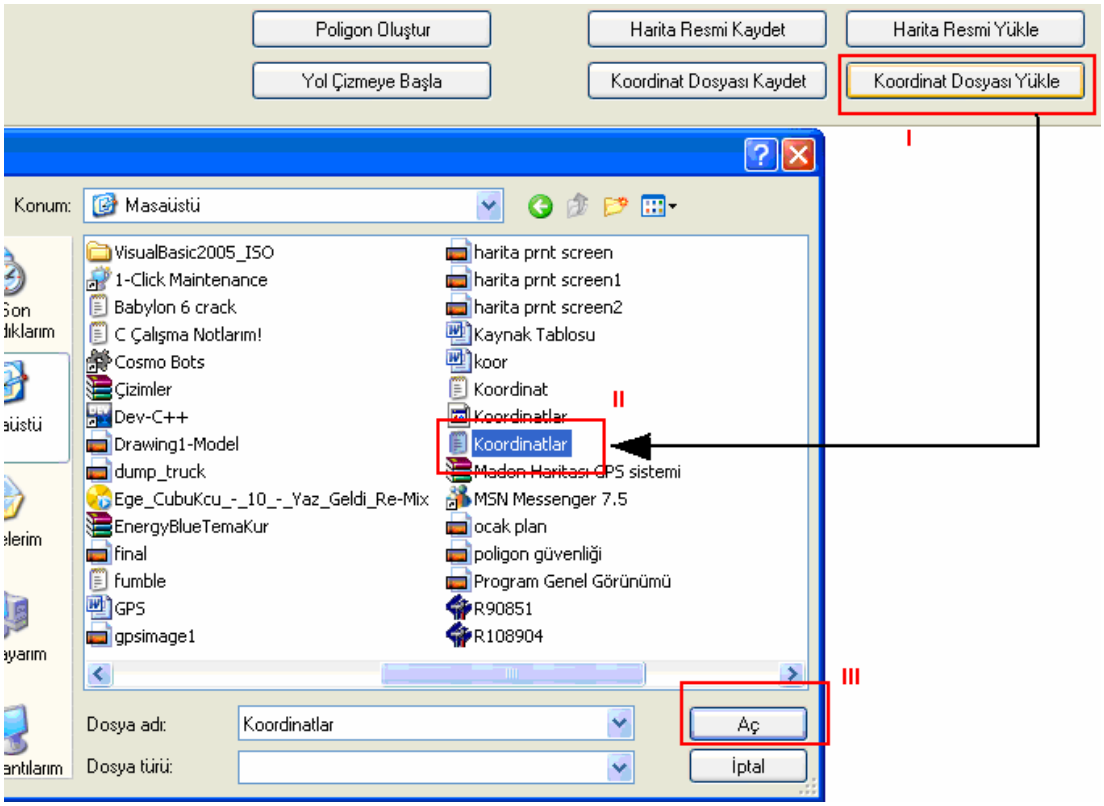
♦ En basit kelime işlemci olan ve hemen hemen her bilgisayarda bulunan "Not Defteri" programı açılır. Ve koordinatlar ilk noktadan son noktaya doğru girilir (Şekil 5.8.).



Şekil 5.8. Not Defteri yardımı ile koordinat girişi.

Şekilde görüldüğü gibi, anlamsız görünebilecek bir sayı dizisi vardır. Bunun anlamı şudur; görülen sayı dizisi 15 hanedir, bunlardan ilk beşi katman sayısını, ikinci beşlik kısım x koordinatına ait, ikinci beşlik kısım ise y koordinatına ait kısımdır. Matematiksel olarak bir sayının başındaki sıfırların bir anlamı olmadığından, aynı zamanda koordinatların 5 hanelik olabileceği düşünüldüğünden bu şekilde yapılmıştır. Yani, sayı dizisindeki ilk "00000" anlamı, 0. katmanda olduğunu gösteriyor, "00001" olsaydı; 1. katmana ait olduğunu gösterecekti. Aynı dizide x koordinatının değeri "00273", y ise "00194"'tür. Not Defterine yazarken bu etmen göz önüne alınarak yazılmalıdır. Bütün bunlar yazılıp, koordinatlar yazıldıktan sonra, gerekli görülen bir isim verilerek, bilgisayarda, daha sonra program tarafından çağrılmak üzere kaydedilir.

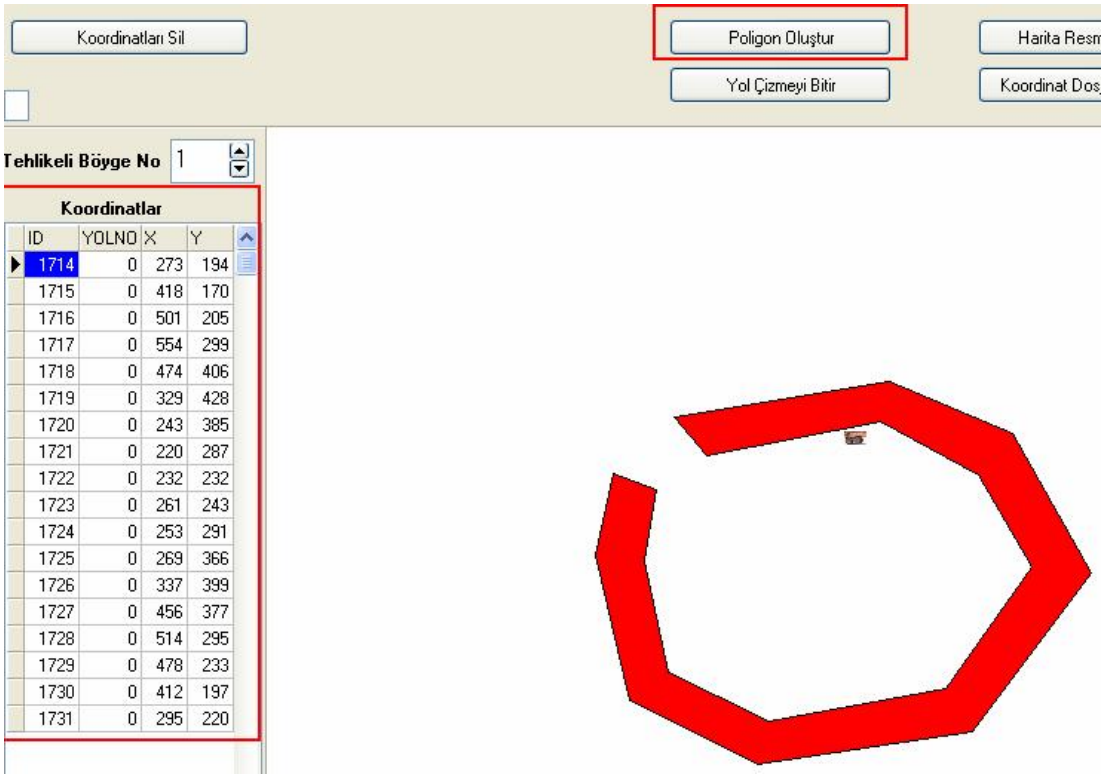
♦ Program çalıştırıldığında, sağ üst köşede bulunan “Harita Resmi Yükle” ve “Koordinat Dosyası Yükle” butonlarından alttaki olan “Koordinat Dosyası Yükle” butonundan yararlanılır (Şekil 5.9.).



Şekil 5.9. Veri dosyası çağırma

Şekilde de görüldüğü gibi, koordinat dosyası yükleme butonu ile açılan pencere, koordinatların kaydedildiği dosyanın konumunu bulur, daha sonra bu dosyayı seçer ve “Aç” butonuna basarak bu koordinatların program içerisindeki yerlerini almalarını sağlarız. Burada görülen Koordinatlar isimli Not Defteri dosyası, örnek olarak çizilen poligona ait koordinatlardır.

♦ Koordinatları yükledikten sonra, sol taraftaki Koordinatlar bölümünde bunlar görünecektir. Sonrasında “Poligon Oluştur” butonuna bastığımızda, program poligonu çizecek ve bu poligon arasındaki alanı Emniyetsiz Bölge olarak atayıp, içerisini kırmızıya boyayacaktır (Şekil 5.10.).



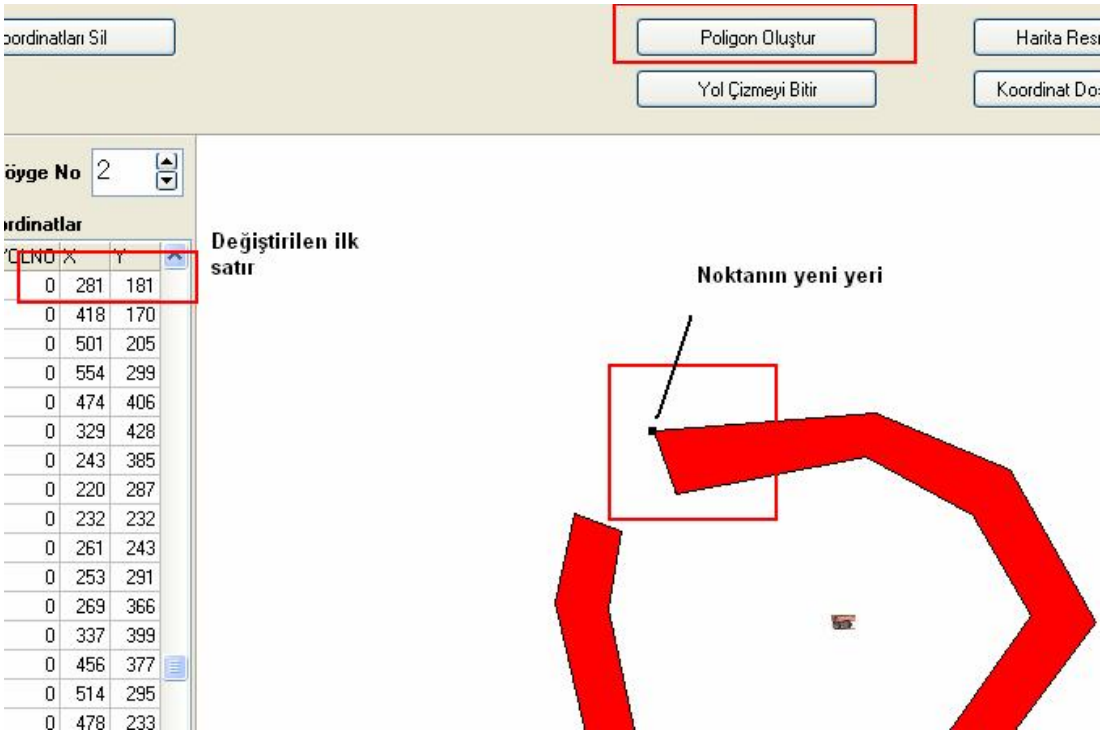
Şekil 5.10. Koordinat yükledikten sonra emniyetsiz bölge oluşturulması

5.1.1.3. Oluşturulan Emniyetsiz Bölgelerin Klavyeden Yeniden Tanımlanması

Burada da iki durum söz konusudur;

1. Mouse ile yanlış koordinat oluşturmak veya el ile girilen yanlış veriyi düzeltmek,
2. Sürekli üretim halindeki açıkocak haritasının değişimine ayak uydurmak için.

Bunlardan ilkini açıklayacak olursak; diyelim ki; ilk satırda bulunan 273,194 değeri yanlış girilmiş ve düzeltilmek istenirse, imleç ile düzeltmek istenilen koordinat üzerine tıklanıp yeni değerinin girilmesi yeterli olacaktır. Örneğin, bu ilk satırdaki değerler (273, 194) değilde (218,181) olacaksa, ilgili satırdaki değerleri klavyeden girilecek yeni değerleri ile değiştirilmesi ve sonrasında ise yine "Poligon Oluştur" butonuna tıklanması yeterli olacaktır. Program bunu otomatik olarak algılayacak ve poligonun yeni şeklini buna göre düzenleyecektir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Poligon Noktasının düzeltilmesi

Burada değiştirilen iki koordinat değerini, aynı şekilde yazıldığı Not Defterinden de değiştirmek mümkündür. Bunun için koordinatlar arasında uzun uzun arama yapılmasına gerek yoktur. Not Defterinin bul özelliğini kullanarak, düzeltilmesi istenilen koordinatın eski değerini yazıp arattırmak ve onu yeni değeri ile değiştirmek yeterli olacaktır.

5.1.2. Aracın İzlenmesi ve Emniyet Kontrolü

Poligonlar çizilip, koordinatlar belirlenip, gerektiğinde düzenlenip, kayıt yapıldıktan sonra ocak haritası oluşmuş olacak, aynı zamanda güvenliksiz ya da emniyetsiz bölgelerde kırmızı olarak belirlenmiş olacaktır.

Poligonlar çizilip, emniyetsiz bölgeler oluşturulurken, program bu poligonlara ait koordinat verilerini saklar, her bir poligonun alanını hesaplar ve daha sonra aracın emniyet sorgulamasını veya kontrolünü yapmak için, algoritmadaki bir döngü içerisinde yeniden çağırmak üzere tutar.

Yani daha açık belirtilecek olursa; Program poligon oluştururken bölge bilgisini ve poligonu oluşturan noktaların koordinatlarını lokal bir veritabanına

kaydediyor. Poligon oluştur komutu ile birlikte veritabanına kaydedilmiş nokta ve bölge bilgilerini kullanarak poligonu oluşturuyor. Klavyeden aracı hareket ettirmek için yukarı, aşağı, sağa, sola komutları gönderiliyor ve araç iki boyutlu düzlemde koordinatları verilen komutun yönüne göre yön değiştirir. Aracın her hareketinde 4 köşesinin koordinatları bir fonksiyona gönderilmektedir. Bu fonksiyon veritabanında kayıtlı koordinatlara göre oluşturduğu poligonun alanını hesaplayıp, araç için denk gelen köşe koordinat noktaları poligon alanına giriyor mu diye kontrol eder. Eğer kesişiyorsa, program ekrana bir uyarı mesajı vermektedir. Veritabanında her çizdiği poligon için bölge numarası verildiği için aracın hangi tehlikeli bölgeyi ihlal ettiği de bilgi olarak ekrana yansımaktadır.

Her bölgenin koordinatları sırayla diziye atılıyor dizinin boyutu hesaplanıyor ve döngü başlatılıyor. Döngü içinde aracın koordinatları dizi elemanları ile büyük küçük karşılaştırması yapılıyor. Program her poligon için 4 köşesinin koordinatlarını bu poligon alanları ile karşılaştırıyor.

1.poligon; 1.köşe

1.poligon; 2.köşe

1.poligon; 3. köşe

1.poligon; 4. köşe

2.poligon; 1. köşe vs… şeklinde..

Program poligonun başlangıç noktasından itibaren bir döngü çalıştırıp her bir noktası için şu denklemi kontrol etmektedir;

x < poligon[sonnoktasının x değeri] - poligon[ilknoktasının x değeri] * (kamyonun y değeri) - poligon[ilknoktasının y değeri] / (poligon[son noktasının y değeri] - poligon[ilknoktasının y değeri] + poligon[ilknoktasının x değeri].

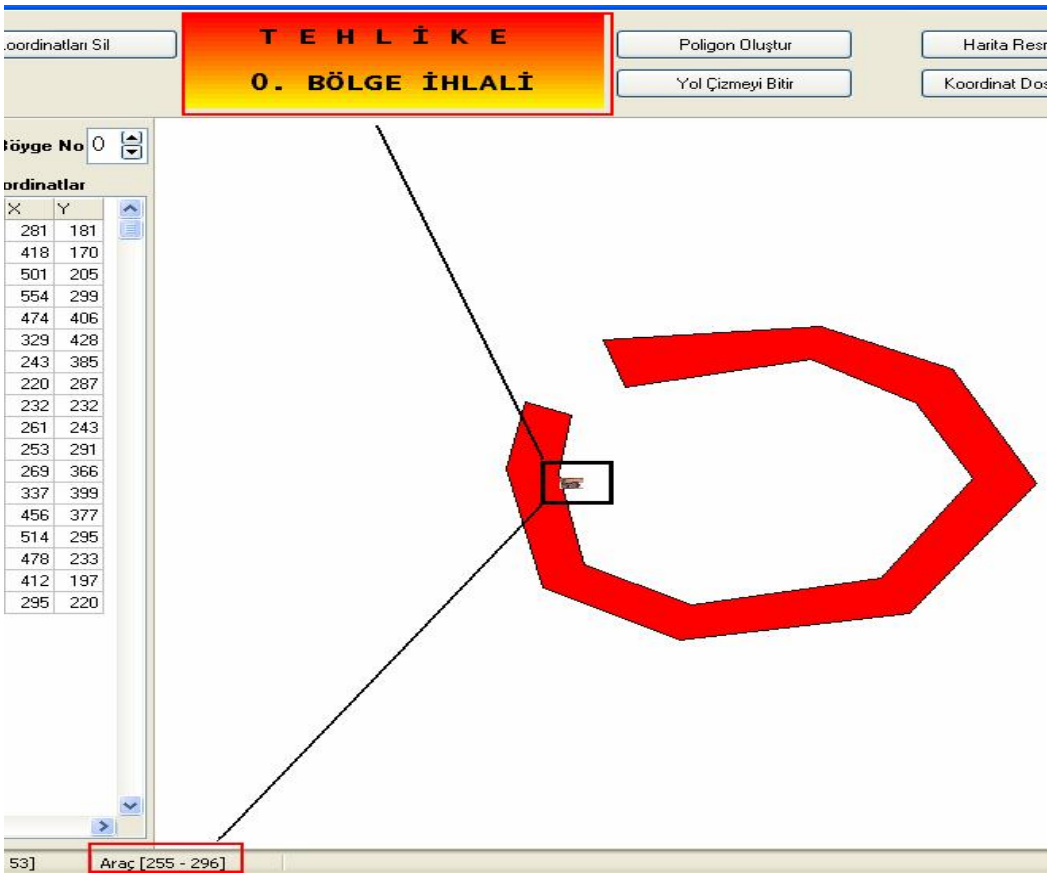
Burada girdilerle oluşan bu eşitsizlik doğru olarak sonlandırırsa false değerini döndürmektedir. Buradaki ilknokta diye bahsedilen değerler ise; poligonun baştan başlayıp döngü içinde ilerleyen bütün noktaları demektir, sonnokta ise sabittir.

Programa dönülecek olursa, emniyet sorgulaması için şu adımlar izlenir;

♦ Poligonlar tamamlanarak harita ve güvenliksiz bölgeler oluşturulur.

♦ Araç, klavye aracılığı ile 4 farklı yönde hareket ettirilerek, harita üzerinde gezdirilir. Aracın herhangi bir köşesi bu poligonlardan birini ihlal edecek olursa,

program aracın bulunduğu katman, koordinat bilgisi ve görsel bir uyarı ile kullanıcıyı uyaracaktır (Şekil 5.12.).



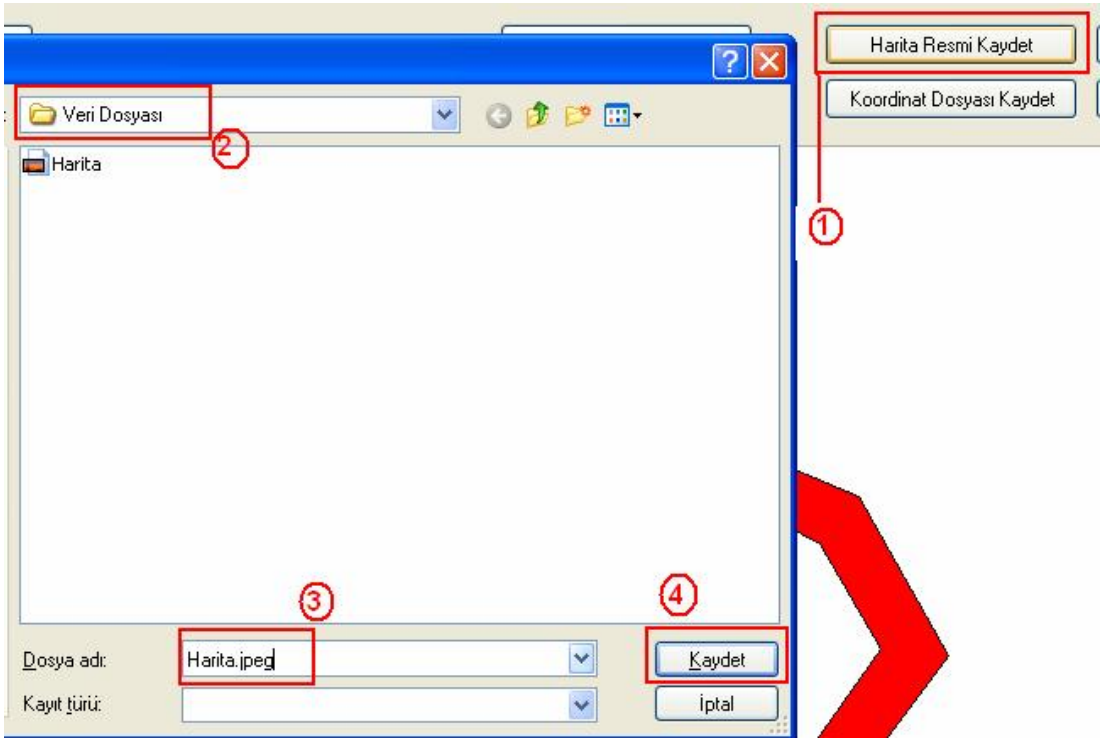
Şekil 5.12. Programın emniyet kontrolü yaptığı durum

Şekilde görüldüğü gibi, programın üst tarafında sarı-kırmızı tonlarda bir uyarı arayüzü bulunmaktadır. Burada araç sola doğru hareket ettirilmiş, aracın sol alt köşesi poligonu ihlal ettiğinde uyarı yazısını ekrana yansıtmıştır. Aracın poligona girdiği yer "0" katmanı olduğundan, program aracın bulunduğu bölgeye ait emniyet ihlalini ekrana yansıtmaktadır. Sol alt köşede ise, aracın bulunduğu noktanın, Enlem ve Boylamı yani x ve y koordinatları görülmektedir. Bu şekilde, merkezde aracı monitörlerden izleyen uzmanlar, aracın ocağın hangi noktasında olduğunu bilebileceklerdir.

5.1.3. Harita ve Koordinat Verilerinin Kaydedilmesi

Bütün işlemler yapıldıktan sonra, bunlar daha sonra çağrılmak üzere bilgisayarda herhangi bir noktaya kaydedilebilmektedir. Bunun için program arayüzünde bulunan "Harita Resmi Kaydet" ve "Koordinat Dosyası Kaydet" butonları kullanılmaktadır.

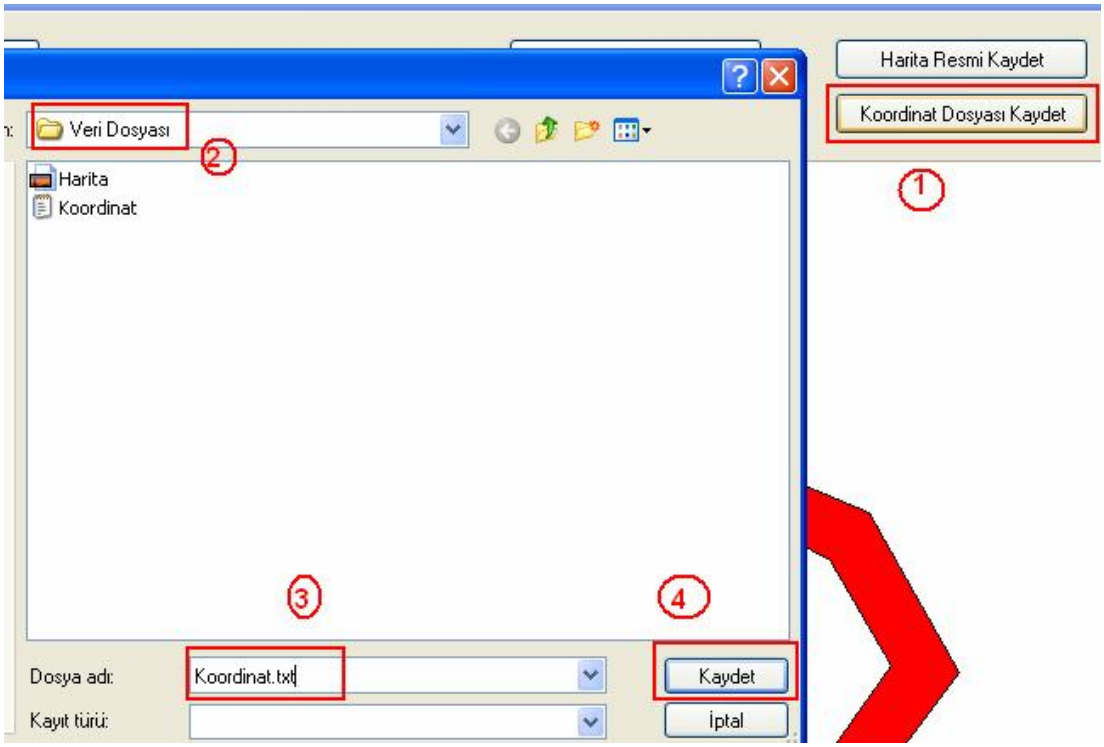
Oluşturulan poligonlu haritanın kaydedilmesi için "Harita Resmi Kaydet" butonuna basılır ve açılan pencerede, bilgisayardan daha sonra çağırmak üzere bu resme bir isim verip sonuna da ".jpeg" uzantısını ekleyip veya hiçbir işlem yapmadan kendi tanıyacağı uzantıda kaydedilir. Jpeg uzantısı ile kaydetmenin faydası, programı açmadan da resmi normal bir resim editöründe açabilamesini sağlamak bakımındandır (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Harita resminin kaydedilmesi

Aynı işlemler koordinat bilgilerini kaydetmek için de yapılır, yalnız burada diğerinden farklı olan işlem, "Koordinat Dosyası Kaydet" butonunun kullanılması ve yine bu veri dosyası veya kullanıcı tarafından seçilecek herhangi bir yere kaydedilecek olan bu koordinat bilgisinin, "Dosya Adı" yani 3. adım olarak görülen yerde uzantısının ".txt" olarak ayarlanması olacaktır. Bu da daha sonra bu

koordinatların programı açmadan Not Defteri işlemcisinde kontrol edilip düzenlemesini sağlayacaktır. Hiçbir uzantı belirtmeden programın kendi uzantısı ile kaydetmesi de sağlanabilir (Şekil 5.14.). Şekilde görüldüğü gibi numaraları sıra ile takip etmekte bu işlemi yapmak için yeterlidir. Daha sonra bu koordinatlar kullanılmak istenirse, sağ üst köşede bulunan "Koordinat Dosyası Yükle" butonuna tıklayarak, koordinatları kayıtlı bulundukları yerden çağırmak yeterli olacaktır.



Şekil 5.14. Koordinat verilerinin kaydedilmesi

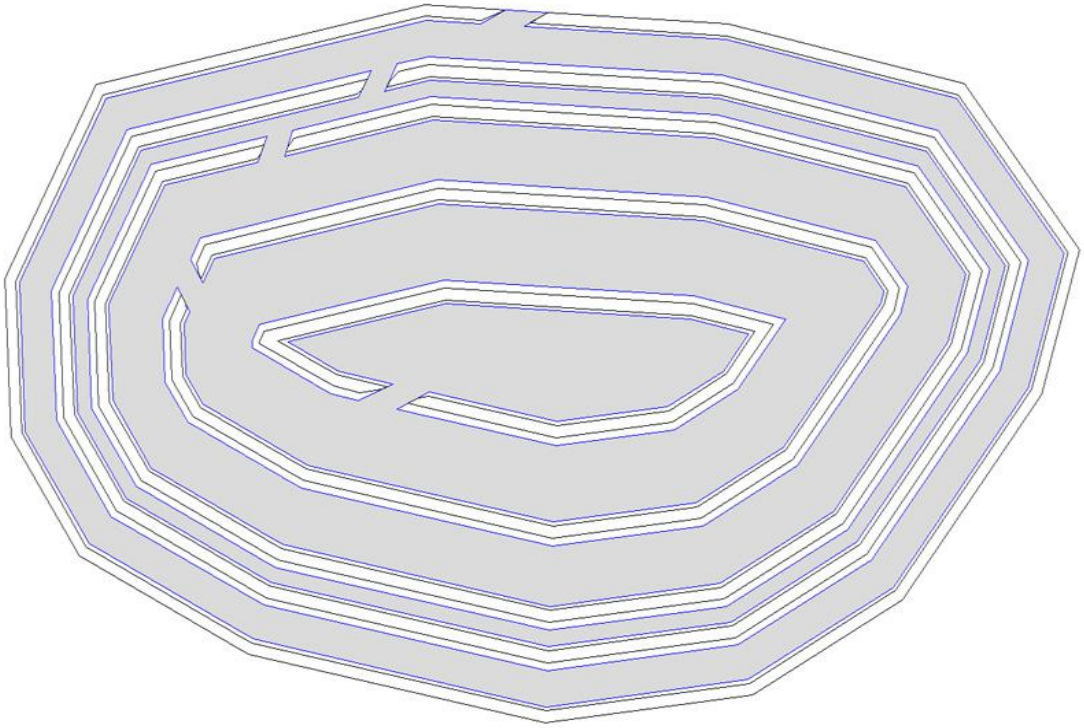
5.2. Geliştirilen Programın Sanal Ortamda Test Edilmesi

Programın işleyişi ve çalışma mantığına değindikten sonra asıl önemli nokta onun test edilmesidir. Test aşamasında, her ne kadar ülkemizde GPS teknolojisi kullanılıyor olsa da, araştırmanın özünde olan bir açık ocak içerisinde test edilmesi olanaksızdı. Çünkü; ülkemizde henüz hiçbir açıkocak içerisinde GPS teknolojisi uygulanmamış ve kullanılmamıştır. Bu şekilde olması dolayısı ile, test imkanını teorik ortamdan sanala ortama taşıyarak yapmaktan başka bir çözüm bulunamamıştır. Şu var ki, elde edilen bilgi ve program ile bunu bir ocağa uygulamak çok da zor değildir. Zira, inşaat yapılmadan önce maket ve projesinin oluşturulup

ölçülendirilmesi gibi, burada da teorik işlenip, sanal ortamında testi yapılmıştır. Bu yazılımın bir GPS cihazına adapte edilmesi ve sonrasında bir ocak içerisinde uygulanabilir hale getirilmesi zor değildir. Sonuçta, elde olan ve yapılması gerekenler ortadadır.

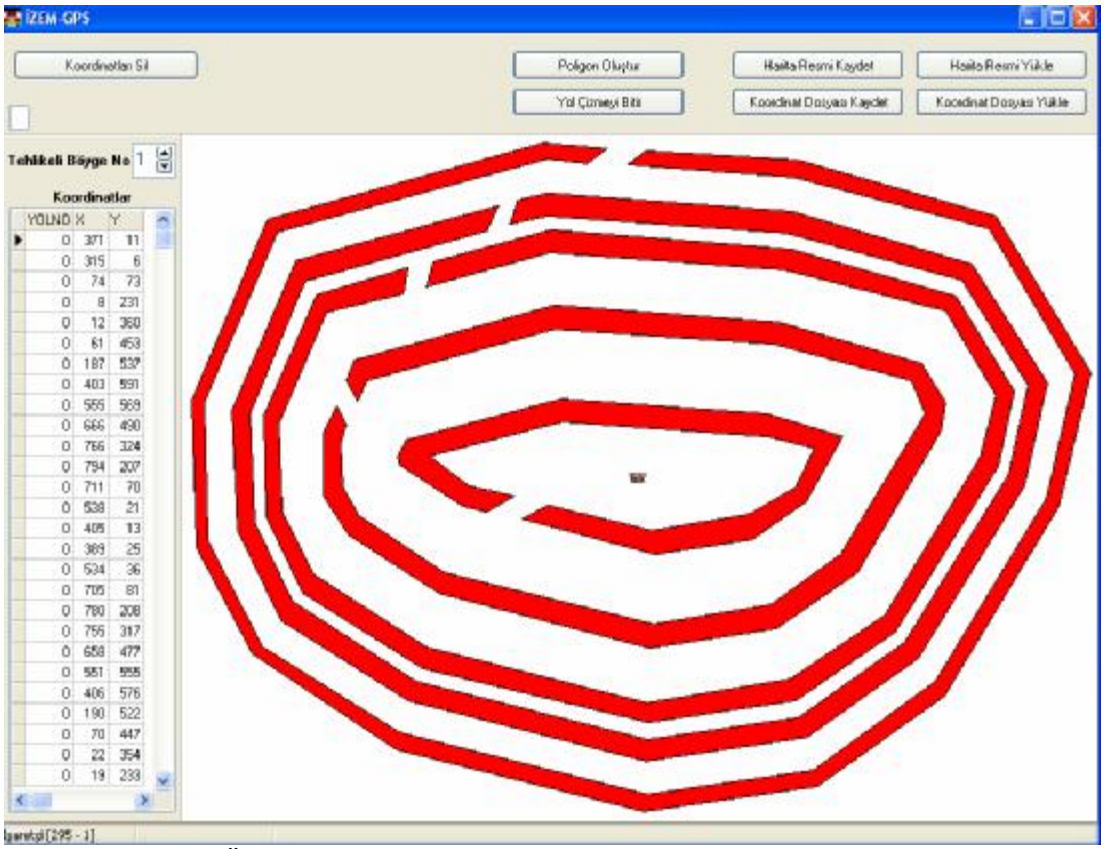
Bir ocak içerisindeki GPS cihazı, uydudan sinyaller alıp onu programa yansıtarak koordinatlarını ekran üzerine göndermesi yerine, burada araç klavye yön tuşları ile koordinatları alıp bunu ekran üzerine göndermektedir. GPS cihazının yerleşik olduğu araç ekranında veya ana merkez takip ekranlarında haritaları sayısal ise, burada da sayısal harita kullanılmış olup, bir ocağa uygulanması durumunda, kaynak kodundaki ayarlama ile harita kullanım sisteminin sanal ortamdan, gerçek sayısal harita ortamına taşınması zor değildir. Çalışılan bilgisayara bir GPS cihazı yerleştirip, programın kodunda ki değişiklik ile, aracı klavyeden değil, direk GPS uydularından aldığı sinyallerle gönderdiği koordinatları okutup takip etmekte zor olmayacaktır.

Programın test edilmesi aşamasında örnek bir açık ocak çizimi AutoCad programında oluşturuldu (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Örnek açıkocak çizimi

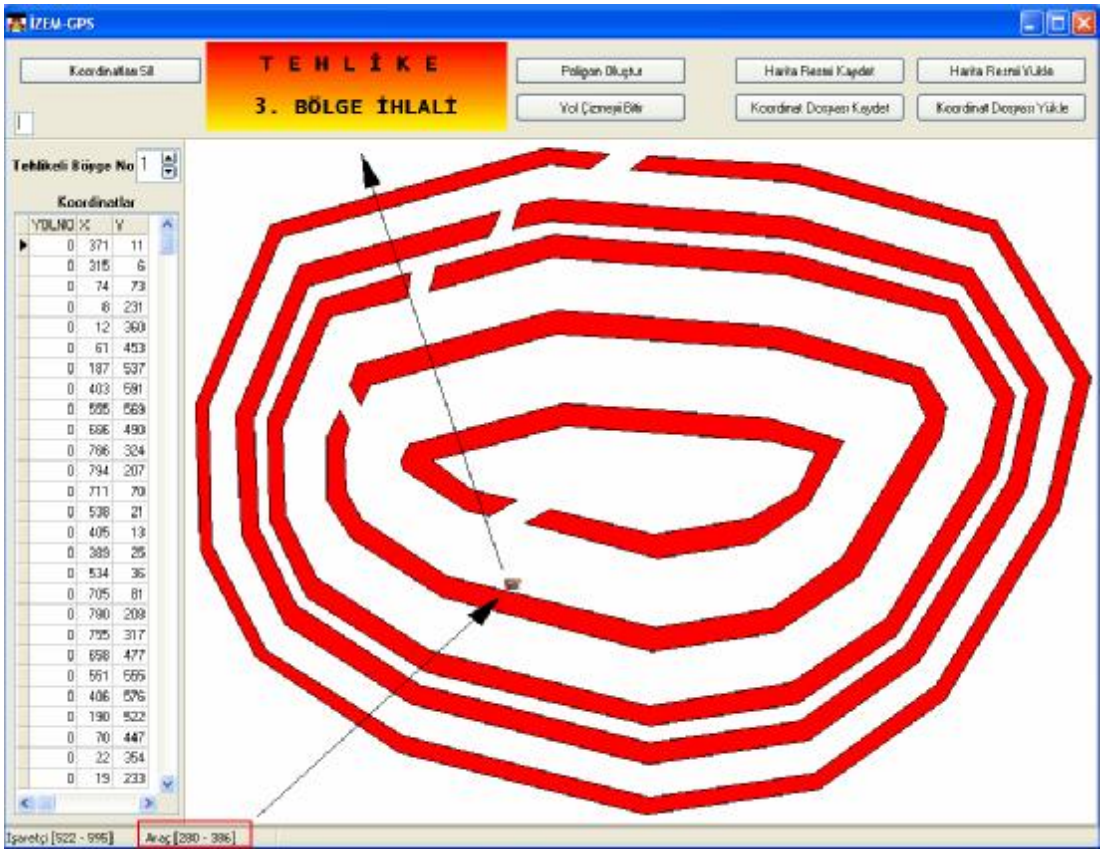
Bu ocakta, gri tonda görülen yerler, ocak içi nakliye elemanlarının hareket edeceği yollardır. Her bir yol bir üsttekine rampa ile bağlanmaktadır. Siyah çizgi ile hatları belli edilmiş beyaz yerler ise, ocakta katlar arasında oluşan şev noktalarıdır. Ve bu beyaz yolları çevreleyen mavi çizgiler ise, araçlar için bu noktalara bırakılan belirli güvenlik mesafeleridir. Programda bu haritadaki güvenliksiz bölgeler oluşturulurken, mavi hatların tamamı poligonlaştırılmış ve güvenliksiz olarak adlandırılmıştır. Şev noktasının tam dibinde verilecek bir emniyet uyarısının kullanıcı için hiçbir faydası yoktur. 800x600 piksel çözünürlükte olan bu haritanın her bir noktasının koordinatları belli olmasına rağmen, programın işleyişini test etmek bakımından poligonlar yeniden oluşturulmuş, koordinat bilgileri veri olarak kaydedilmiştir. Harita programa çağrıldığında, yukarıdaki ham şekli ile görülmektedir. Programda poligonlar oluşturulduktan sonra ise aşağıdaki şekildeki gibi görünmektedir (Şekil 5.16.). Burada yine güvenliksiz bölgeler, yani oluşturulan poligon alanlarının iç kısımları kırmızı renkte temsil edilmiştir.



Şekil 5.16. Örnek açıkocak çiziminde güvenliksiz bölgelerin oluşturulması

Program arayüzünün sol tarafında yine haritaya ait olan koordinat verileri görülmektedir. Bu böyle yapıldığı gibi, önceden oluşturulan koordinat noktaları not defterine kaydedilmiştir, dolayısı ile bu koordinatlar çağrılıp, poligon oluşturma işlemi yapıldığında yine aynı şekil görünecektir. Bu durumda geriye kalan tek işlem, ocak merkezindeki aracın klavye yön tuşlarından hareket ettirilmesi olacaktır. Şunu belirtmek gerekiyor, bu haritadaki emniyetsiz bölgeler, dıştan içe doğru çizilmeye başlamıştır. Yani katman olarak 0. katman, en dıştaki katmandır.

Araç hareket ettirildiğinde, ekranın sol alt köşesinde araca ait enlem ve boylam bilgileri, aracın konumuna göre görülebilecektir. En içteki katmandan aracı çıkarıp, bir üst katta emniyet sorgulaması yapılacak olursa aşağıdaki görüntü elde edilecektir (Şekil 5.17.).

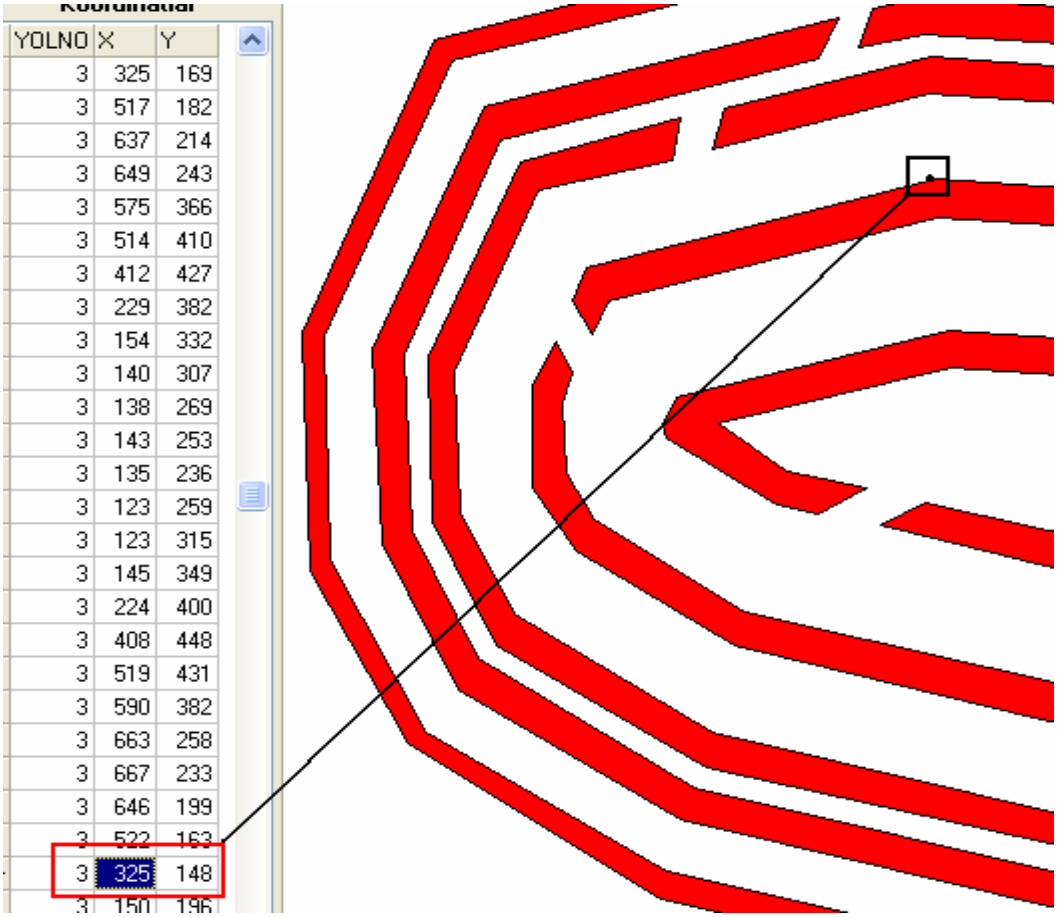


Şekil 5.17. Güvenliksiz bölgenin test edilmesi

Şekilde görüldüğü gibi, araç ikinci katın sol alt tarafında hareket ederken şev topuğuna yaklaşmıştır ve bunu algılayan program ekrana uyarı yazısını yansıtmıştır. Burada dıştan içe doğru poligonlar oluşturulduğundan, bu bölge 3. bölge olmuş,

programda buna göre uyarıyı göndermiştir. Bir diğer nokta ise; aracın buradaki enlem ve boylam bilgisi, sol alt köşede kırmızı bir kare ile çevrelenmiş yerde görülebilmektedir.

Üretime bağlı olarak, açıkocaklar stabil yapılar olmadığından yani sürekli olarak maden haritasının değiştiği göz önünde tutulursa programdaki haritanın da bu üretimden kaynaklığı değişikliklere adapte olabilmesi gerekmektedir. Daha öncede açıklandığı gibi; bu durumda ocağa ait koordinatların klavyeden değiştirilmesi ile bu sorunun üstesinden gelinebilmekte ve harita güncellenebilmektedir. Bunu yaparken kolaylık olması bakımından mouse koordinatı değiştirilmek istenen ilgili poligonun noktasına getirilir ve sol alt köşede bulunan işaretçi sayacından noktanın koordinatı okunarak, sol tarafta bulunan koordinatlar bölümünden ait olduğu katmana göre koordinat bulunarak yeni değeri ile değiştirilir (Şekil 5.18).



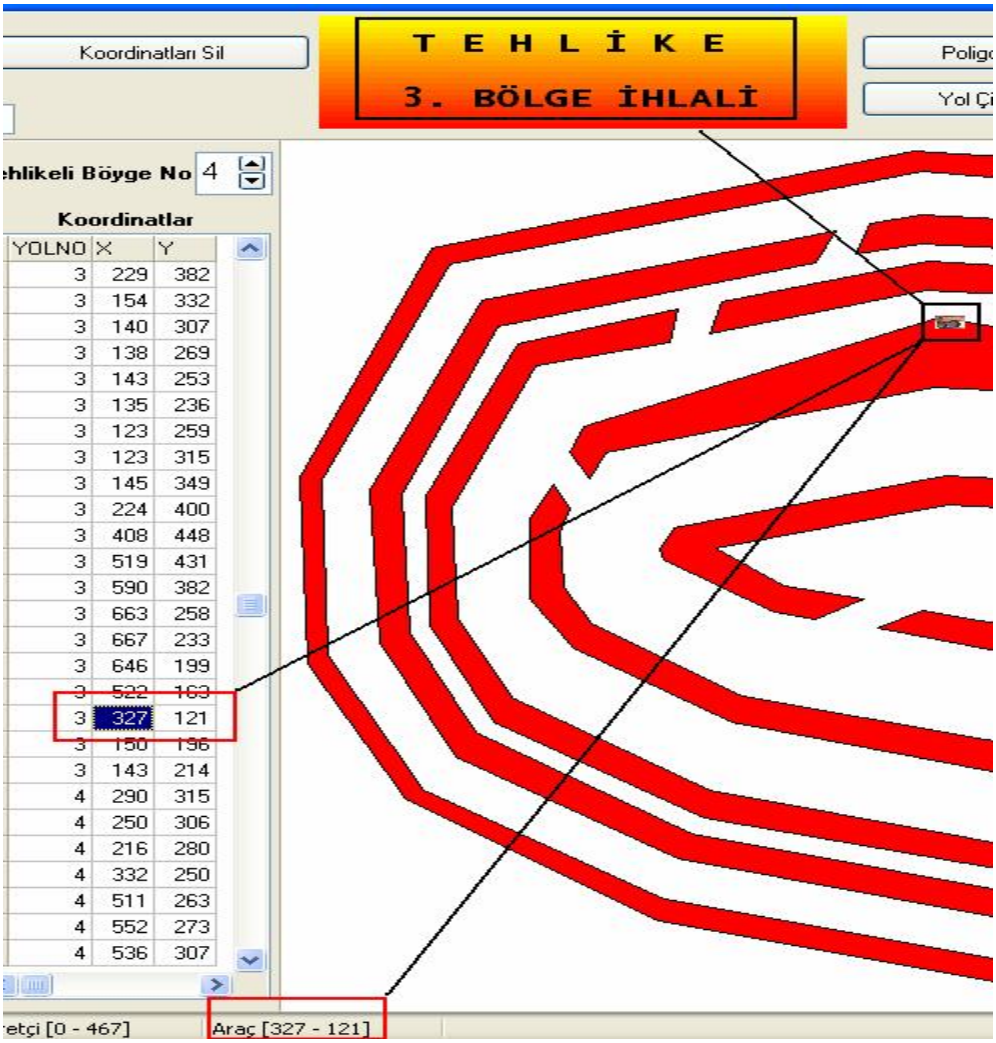
Şekil 5.18. Ocak planının değiştirilmesi

Şekilde de görüldüğü gibi, örneğin; 3. katmana ait olan (325,148) noktasında üretim geliştirilerek haritanın değişmesine neden olundu. Bu durumda o nokta imleç yardımı ile koordinat değeri okunup, koordinatların tutulduğu yerde bulunup değiştirilip, yeniden poligon oluşturma işlemi uygulandığında yeni ocak planının oluştuğu ve buranında emniyetsiz bölgeler içerisine girdiği görülecektir. Diyelim ki; bu noktanın yeni koordinatları (327,121) olacaksa, bu yeni değer eskisi ile değiştirilir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Değiştirilen ocak planı

Şekilde görüldüğü gibi, yeni ocak haritası elde edilmiş oldu. Poligon oluşturulduğunda program bu kısmı da emniyetsiz bölge olarak kırmızı renkte işaretlemiş oldu. Araç bu yeni bölgeye girecek olursa eğer program yine hatayı verecektir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Yeni poligon içerisinde güvenliksiz bölge kontrolü

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Aslında yerkabuğu, yüzeyinden çekirdeğine kadar bir cevher yumağıdır. İnsanoğlu, bu şaşırtıcı hazinenin üzerinde karıncalar gibi öbür canlılarla beraber kaynaşıp duruyor. Maden ve madencilik ta Taşdevrinden bu yana bizleri kendine çekti. Mağara kapısına ilk düşen yıldırım, onun tutuşturduğu odun alevinin kızıllığı, gitti gitti beynimizde bir buyruğa dönüştü, neticesinde ateş ve taş bizi bir değişime çağırdı. Obsidiyenden mızrak uçları, çakmaktaşlarından baltalar, balyozlar bu kıvılcımla yerlerini metal alaşımlı silahlara, kazmalara, uçaklara, uğrunda insanlığın birbirini öldürebileceği özünde sadece bir taş parçası olan kıymetli mücevherlere, bomba fünyelerine hatta içlerinde dünyayı yok edecek güçteki radyoaktif parçacıklara dönüşüm yaşandı. Tüm bu sayılanlarının yeryüzüne çıkarılmasını kolaylaştırmak, yeni mekanik oluşumları sağlamak üzere kazmalardan, küreklerden, çepinlerden ekskavatörlere, kepçelere, dozerlere varana kadar bir kıvılcımla başlamış olan uygarlık seyri önlenemez, dev bir ihtiyaç haline geldi ve insanoğlu bir türlü bulduğu bu madene, ocağa, cevhere doyamadı. Sözün özü, uygarlık madenle ilk adımının attı. Şu geldiği noktada ise insanoğlunun portresi, tamamı ile evreni, durmadan deşme, ondan bir şeyler çıkarma, onu işleme, biçimlendirme, kullanma çıkmazına dönüşmüş olduğudur. Galiba kendi tükenişine kadar dünya denen bu maden ocağını da tek bir fabrikaya dönüştürüp tüketmiş olacak…

Yukarıda değinildiği gibi, maden ocaklarına şüphesiz ihtiyaç duyulacaktır. Kepçenin, ekskavatörün, dozerin, greyderin ve hatta insanın da bu ihtiyaç içerisinde daima bir yeri olacaktır. Gelişen teknoloji, kolaylık sağladığı gibi güvenliği de beraberinde getirmektedir. Ocak içerisinde yer değiştiren nakliye elemanları ve bunların birbirleri ile olan ilişkilerinin takibinde bize yol gösterecek en büyük teknoloji ise GPS olacaktır. Bu teknoloji son derece önemlidir neredeyse olmazsa olmaz aşamasındayız. Çünkü; ocaklar büyümüş, ihtiyaç artmış, üretim maliyetlerinden kaçınma kurnazlıkları; kazma, kürek ve tahmin çağı geçmiş; dev kamyonlar çağına girilmiş; zaman kıymetli bir cevher halini almış; ocak içi güvenliğin aksaması ise affedilemez bir etmen olmuştur. Bu aşamada ilkel ya da eski yöntemlerle üretime devam edilemez çünkü bundan doğacak üretim kısırlığı ve

kazalar üretici için bir yıkım olacaktır. Bütün bunların üstesinden gelebilecek acil bir sistem GPS yani diğer adı ile Küresel Konumbelirleme Sistemi'dir. İlk bakışta sadece konumbelirleme adı ile sıradan veya kolay bir iş yapılıyormuş gibi görünse de bu sistem diğer tüm uygulama alanlarının haricinde maden ocaklarında, kamyonların konumlarının belirlenmesinden, ekipman ve işçi güvenliğinin sağlanmasına, üretim miktarının hesaplanıp optimize edilmesinden, maliyetlerin belirlenip düşürülmesine değin yardımcı olacak olan en uygun uzaysal sistemdir.

GPS sistemi yurdumuzda halen herhangi bir ocakta kullanım alanı bulamamış olsa da, şu anda filo takip adı altında benzeri bir çok alanda kullanılması bile sevindiricidir. Zira kendimize ait GPS yazılımları ile bu işi başkasına ihtiyaç duymadan yapabilmekteyiz. Hatta önceki konularda da değinildiği gibi Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUSAGA), jeodezik araştırmalarda GPS teknolojisini kullanarak bu işin sadece filo takibi ile sınırlı kalmayacağını göstermektedir.

Çalışmanın amacı: Dünyadaki örneklerine bakarak, yurdumuzdaki bir açıkocak maden işletmesinde GPS teknolojisini uygulayabilmektir. Sistem acil olan bir sistemdir ve uygulamalardaki gecikmeler de olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bu yüzden sistemin uygulanması da acil bir sorun olarak karşımıza çıkıyor!

KAYNAKLAR

ANONYMOUS, http://www.gpsturk.net/web/gpshakkinda.htm#nedir (30.08.2006)

ANONYMOUS, http://proje.bitek-o.org/biteko2002/BQ38YY9JIY/cgi-bin/GPS.doc (30.08.2006)

ANONYMOUS, http://en.wikipedia.org/wiki/Gps (30.08.2006)

ANONYMOUS, http://mf.erciyes.edu.tr/ogrgor/ogrt/234/kisisel/GPS.doc (01.09.2006)

ANONYMOUS, www.alan-turkey.com/ (30.08.2006)

ANONYMOUS, www.trimble.com/mn_drilling.shtml (30.08.2006)

ANONYMOUS, http://www.cat.com/cda/layout?m=62100&x=7 (30.08.2006)

ANONYMOUS, http://www.mining-technology.com/projects/greenhills/ (30.08.2006)

ALTIN, V..; 2005. Yeni Ufuklara: Uydu Sistemleri. Bilim ve Teknik Dergisi, (451): 2-15s.

DAĞDELEN, K., VEGA, A. N.; 2001. Improving Safety And Productivity Of Open Pit Mines Through GPS And Virtual Reality. 17th International Mining Conference and Exhibition of Turkey, Ankara, Turkey.

DAİ L., ZHANG J., RİZOS C., HAN, S. VEWANG 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.

DRİSCOLL, C.; 1998. Wireless Caller Location Systems. GPS World, 9(10), 44-49s.

ELFİCK, M., FRYER J., BRİNKLER R. VE WOLF P.; 1995. Elementary Surveying. Harper Collins, New York, U.S.A., 8. Basım, 321-344s.

EL-RABBANY, A.; 2002. Introduction To GPS: Global Posistioning System. Artech House, Boston, Londra, 1, 76s.

GARMİN CORPORATİON; 2000. GPS Guide for Beginners (Yeni Başlayanlar İçin GPS Rehberi). U.S.A., 20s.

GÜNEY, C., AVCI, Ö., DOĞRU, A.Ö., KILIÇ, C., ÇELİK, R. N.; 2002. Filo Yönetim Sistemi Tasarımı. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya, 550-562s.

Hereman, W., Murphy, W. S.; 1995. Determination of a Position in Three Dimensions Using Trilateration and Approximate Distances, MCS-95-07, Colorado School of Mines, Golden, CO.

HOFFMANN-WELLENHOF; LİCHTENEGGER H. VE COLLİNS J.; 2001. GPS - Theory and Practice (GPS - Teori ve Pratik). Springer Netherlands, Hollanda, Cilt No: 42, Sayı No: 4, 572s.

JAROSZ A., FİNLAYSON R.; 2003. GPS Guidance System and Reduction of Open Pit Mining Costs and Revenue Loss. Spatıal Scıences, Inaugural Conference of Spatial Sciences Institute, Canberra, ACT, Australia.

KIM, D. D., LANGLEY R. B., BOND J., CHRZANOWSKI A.; 2003. Local Deformation Monitoring Using Gps in an Open Pit Mine: Initial Study. GPS Solutions, (7), 176-185s.

LANGLEY, R. B.; 1991. The GPS Receiver: An Introduction. GPS World, 2(1), 50-53s.

LASER TECHNOLOGY INC.; 2001. Survey Laser For Forestry. PowerPoint Sunumu, http://wiche.edu/NWAF/NWAF2006Presentations/TomMcCoy.pdf

MAY, M. B.; 1993. Inertial Navigation and GPS. GPS World, 4(9), 56-66s.

MILLER S. J.; 2005. In-rest Vehicle GPS Proximity Warning in Surface Operations. Master of Science in Mining and Minerals Engineering, Blacksburg, VA, 139s.

NAVİDİ, W., MURPHY W., HEREMAN W.; 1998. Statistical Methods in Surveying by Trilateration, Department of Mathematical and Computer Sciences, Colorado School of Mines, Golden. CO.

NOLAN, J., GOUREVİTCH S., VE LADD J.; 1992. Geodetic Processing Using Full Dual Band Observables. 5th International. Technical Meeting, Satellite Div., Institute of Navigation, Albuquerque, NM, 1033-1041s.

PEHLİVAN, H.; 2005. Kara Ulaşımında GPS Teknolojisi Uygulamaları. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İ.T.Ü., İstanbul, 544-551s. (Yayınlanmamış).

RUFF T. M., HOLDEN, T. P.; 2002. Proximity Alert For Monster Truck. GPS World, 13(7), 1-3s.

SEYMOUR, C., WİLLİAMS, D.; 2003. The Role Of High Precision GPS Machine Guidance In Mining. Mining Risk Management Conference, Sydney, NSW, 1-17s.

SEYMOUR, C.; 2005. Applications For Gps On Shovels And Excavators. Automated Positioning Systems, Brisbane, Australia, www.infomine.com/publications/ docs/Seymour2005.pdf, 5s.

SHAW, M., SANDHOO K. VE TURNER D.; 2000. Modernization of the Global Positioning System. GPS World, 11(9), 36-44.s

SHİELDS, S., FLİNN 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 ile Yaklaşma ve İnişlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Tasarımı. A.Ü. Sivil Havacılık Anabilim Dalı Doktora Tezi, Eskişehir. (Yayınlanmamış)

UZEL, T., KARTAL, F., GÜLAL, E., ERKAYA H. VE HOŞBAŞ R. G.; 1998. GPS/GLONASS İkili Sistemi. Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, (85), 53-59s.

VANİCEK, P., VE KRAKİWSKY E. J.; 1996. Geodesy: The Concepts. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Hollanda, 2. Basım, 697s.

VEGA, A. N.; 2001. Development Of A Real-Time Proximity Warning And 3D Mappıng System Based On Wireless Networks,Virtual Reality Graphics, And Gps To Improve Safety In Open-Pit Mines. Mining Engineering Department Colorado School of Mines Golden, CO, U.S.A., 149s. (Yayınlanmamış).

VERMA K., ANAND V. K., MONTU A., KUMAR J., PAUL J., GOPINATH A., SINGH R P.; 2004. GPS Based Mine Production Monitoring System. Map India Conference, India. 1-20s.

WELLS, D. E., BECK, N., DELİKARAOĞLU, D., KLEUSBERG, A., KRAKİWSKY, E. J., LACHAPELLE, G., LANGLEY, R. B., NAKİBOĞLU M, SCHWARZ, K. P., TRANQUİLLA, J. M., VANİCEK, P.; 1987. Guide

To GPS Positioning. Canadian GPS Associates, Fredericton, New Brunswick, 503s.

YAPRAK, S., YAPRAK, H.; 2005; Harita Üretiminde GPS Dur Ve Git Yöntemi İle Elektronik Takeometri Tekniğinin Karşılaştırılması. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(4), 627-636s.

ZOGG, J. M.; 2002. GPS Basics. U-Blox ag. www.u-blox.com, GPS-X-02007, 94s.

http://www.wherifywireless.com/UserImages/00000035_GPS%20constellation%20copy.gif (30.08.2006)

http://www.geocities.com/mikecraymer/images (30.08.2006)

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Rize, İkizdere'de doğdu. İlköğrenimini Mersin'de muhtelif ilkokullarda tamamladı. Ortaokul ve lise eğitimini ise Mersin İmam Hatip Lisesi'nde bitirdi. 1998 yılında, Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümüne girdi ve 2002 yılında mezun oldu. Yine 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.