

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK İŞLETMELERDE GIS/ GPS/ GPRS
TABANLI KAMYON SEVK VE ATAMA
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Hasan Kemal ÖZER

Şubat, 2012
İZMİR

AÇIK İŞLETMELERDE GIS/ GPS/ GPRS TABANLI KAMYON SEVK VE ATAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı

Hasan Kemal ÖZER

Şubat, 2012

İZMİR

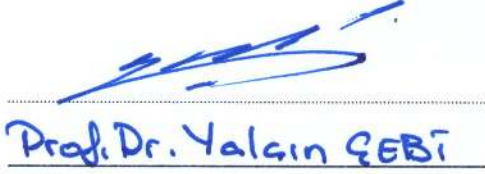
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HASAN KEMAL ÖZER, tarafından PROF.DR. ERCÜMENT YALÇIN yönetiminde hazırlanan “AÇIK İŞLETMELERDE GIS/GPS/GPRS TABANLI KAMYON SEVK VE ATAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

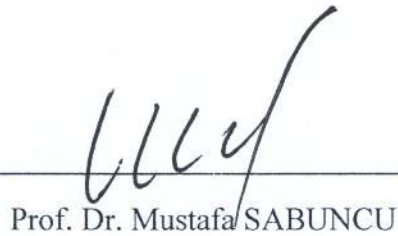
Yönetici



Prof. Dr. Yalçın ÇEBİ



Assoc. Prof. Dr. Necdet KOWAK



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜRLER

Tezi hazırlamam sırasında bilgilerini, deneyimlerini ve zamanını benimle paylaşan Sayın Hocam Ercüment YALÇIN'a ve beni yürekten destekleyen tüm hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca bilgisayar programını hazırlamada yardımlarını esirgemeyen Sayın Hasan UYAN'a, elektronik haberleşme ve PLC devresi tasarımıyla ilgili değerli bilgilerini benimle paylaşan Sayın Öğretim Görevlisi Özgür ÖZ'e teşekkür ederim. Son olarak beni yetiştiren ve üzerimde çok büyük emekleri olan annem Gülfiye ÖZER'e ve babam Mustafa ÖZER'e gönülden teşekkürü borç bilirim.

Hasan Kemal ÖZER

Babam Mustafa ÖZER anısına...

AÇIK İŞLETMELERDE GIS/ GPS/ GPRS TABANLI KAMYON SEVK VE ATAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Maden işletmelerinde, kazılarak açığa çıkartılan malzemenin kazı alanından taşınması gerekmektedir. Kazılarak çıkartılan malzeme değerli ise işlenmek için, hazırlama tesisi veya kırıcıya gönderilir.

Kazılarak çıkartılan malzeme değersiz ise pasa sahasına veya döküm sahasına gönderilmesi gerekmektedir. Maden işletmesindeki kazılı malzemenin taşınması işlemine, maden nakliyesi denilmektedir.

Maden işletmesindeki malzeme taşıma maliyeti, işletme maliyetinin % 30 – 45 arsındadır. Hazırlamış olduğum bu tez, taşıma maliyetini düşürmek amacı ile yapılan sistemleri ve bu sistemlerle ilgili yapılan çalışmaları anlatılmaktadır. Tez beş ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, maden işletmelerinde nakliyatın önemi, açık işletme ve kapalı ocak maden işletmelerinde kullanılan malzeme taşıma yöntemleri, açık maden ocaklarında kullanılan en yaygın taşıma yöntemi olan kamyon nakliyatı, kamyon nakliyatının avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir.

İkinci bölümde, kamyon nakliyat sisteminin geliştirilmesine yardımcı olan GPS sisteminin ne olduğu, frekansları ve özellikleri, ölçüm sırasında oluşan hata kaynakları ve çözüm yolları, GPS ile yapılan ölçüm türleri ve nokta hesaplama yöntemlerinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde, kamyon atama sistemlerinin tarihçesi, kamyon atama sisteminin türleri, kamyon atama sisteminde araç seçim prosedürleri, yapılan kamyon atama sistemlerinin örnekleri ve uygulama yerleri ve gelecekte olması istenen sistemlerden bahsedilmektedir.

Dördüncü bölümde, kamyon atama sistemini geliştirmek amacı ile yapılan sistemden ve hazırlanan devre, devre elemanları, yöntemlerden ve oluşturulan mantık sistemi ile oluşturulan bilgisayar programından, yapılan iki uygulama ve bu uygulamaların sonuçları, çalışma mantıklarından bahsedilmektedir.

Son bölümde, hazırlanan tezin amacı, elde edilen sonuçlar ve gelecekte yapılacak olan sistemlerin ne şekilde sonuçlanacağından bahsedilmektedir.

Anahtar Sözcükler: GPS, kamyon atama, rf,

DEVELOPMENT OF GIS/GPS/GPRS BASED TRUCK DISPATCH SYSTEMS FOR OPEN PIT MINES

ABSTRACT

The materials revealed by digging process must be carried from the excavation area in open pit mines. If the materials in question are of value, they are sent to preparation or crusher plants.

If the equipment is of no value, it must be transferred to tallow or moulding fields. Transportation process of excavated materials in open pit mines is called mine conveying.

The cost of material transportation in open pit mines ranges from 30-45 % of operating expenses. In this paper, systems established and studies performed to reduce the cost are reported. The dissertation is composed of five major chapters.

In the first chapter, the importance of transportation in mines, material transportation methods used in open and closed mine plants, truck industry which is one of the most common transportation methods employed in open mine plants, the advantages and disadvantages of truck transportation are dealt with.

In the second chapter, the use of GPS system providing aid for the development of truck transportation system, its frequencies and attributions, error sources and their solution ways, measurement sorts carried out by GPS and position calculation device are referred.

In the third chapter, the history of truck assigning systems, the kinds of truck assigning system, vehicle selection procedures in truck assigning system, the examples regarding truck assigning system executed and their implementation locations and systems which are demanded to be seen in the years to come are mentioned.

In the fourth chapter, the system carried out to develop truck assigning system and prepared circuit, the elements of circuit, methods and computer programmes created by logic system, two performed applications and the outcomes of aforementioned applications and logic of study underlying beneath it are dealt with.

In the last chapter, the purpose of dissertation being written, the results obtained from it and where the systems to be fulfilled in the years to come will lead to are discussed.

Keywords: GPS, truck dispatching, rf

İÇİNDEKİLER

SAYFA

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi

BÖLÜM BİR - AÇIK MADEN OCAKLARINDA NAKLİYE1

1.1 Giriş	1
1.2 Açık Ocak Maden İşletmelerinde Nakliyat İşlemi	2
1.2.1 Kamyon Nakliyatı	3

BÖLÜM İKİ - GPS SİSTEMİ (KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ)6

2.1 Giriş	6
2.2 GPS Sistemi	7
2.2.1 Uzay Bölümü	7
2.2.2 Kontrol Bölümü	9
2.2.3 Kullanıcı Bölümü	11
2.3 Uydu Sinyallerinin Özellikleri	11
2.4 GPS Sinyallerinden Faydalanarak Gözlemlenen ve Üretilen Büyüklükler	13
2.4.1 Tasarı Uzunluk Ölçüm Yöntemi	13
2.4.2 Navigasyon Ölçümlerinin Doğruluğu	16
2.4.3 Taşıyıcı Dalga Faz farkı Ölçüm Yöntemi	19

2.4.4 Fark Gözlemleri	21
2.4.4.1 Tekli Farklar	21
2.4.4.2 İkili Faklar	22
2.4.4.3 Üçlü Farklar	22
2.4.5 GPS İle Yapılan Ölçümler Sırasında Elde Edilen Olası Hata Kaynakları	23
2.4.5.1 Uydu Saati ve Alıcı Saati Hataları	24
2.4.5.2 Uydu Konum Hataları	25
2.4.5.3 İyonosferik Gecikme Etkisi	25
2.4.5.4 Toposferik Gecikme Etkisi	27
2.4.5.5 Faz Sıçramaları	28
2.4.5.6 Yansıma Etkisi	30
2.4.5.7 Seçici Kullanabilirlik	31
2.4.5.8 Değişen Rota Hatası	32
2.4.5.9 Uydu Konum Hataları	33
2.4.6 Uzaktan Konum Belirleme Kavramı	33
2.4.7 GPS' in Çalışma Prensibi	40
2.4.7.1 Uyduların Konumunun Önemi	40
2.4.7.2 Zamanlamanın Önemi	40
2.4.7.3 Geometrik Hesap	41
2.3.7.4 Almanak Bilgisi	42
2.4.8 GIS İçin Kullanılabilecek GPS Ölçü Yöntemleri	43
2.4.8.1 Mutlak Konum Belirleme	43
2.4.8.2 Rölatif Konum Belirleme	43
2.4.8.3 Gerçek Zamanlı Kinematik DGPS	44
2.4.8.4 Orta Dalga Radyo Sinyali Yayınlayıcılar	45
2.4.8.5 Uydu Diferansiyel Servisler	45
2.4.8.6 Veri Aktarmalı DGPS	46
2.4.8.7 RTK (Gerçek Zamalı Kinematik)	46

BÖLÜM ÜÇ - KAMYON SEVKİYAT SİSTEMLERİ50

3.1 Giriş	50
3.2 Kamyon Sevkiyat Sistemlerinin Tarihçesi	50
3.3 Kamyon Yükleyici Sistemi	52
3.3.1 Yükleyici Seçimi	54
3.3.2 Kamyon Seçimi	58
3.4 Bilgisayar Tabanlı Kamyon Nakliyatı Sisteminin Önemi ve Tarihi	61
3.5 Açık Maden Ocaklarındaki Taşıma Sistemlerinin Sınıflandırılması	63
3.6 Açık Maden Ocağındaki Sevkiyat Sistemleri	64
3.6.1 Manüel Sevkiyat Sistemi	65
3.6.2 Yarı Otomatik Sevkiyat Sistemi	66
3.6.3 Tam Otomatik Sevkiyat Sistemi	68
3.6.4 Açık Maden Ocağında Kullanılan Sevkiyat Sistemi Örnekleri	70
3.6.5 Açık Maden Ocağı GPS Tabanlı Sevkiyat Sistemleri ve Uygulama Örnekleri	85
3.6.5.1 Modüler Madencilik	85
3.6.5.2 Kamyon Yönetimi ve Bilgilendirme Sistemi	90
3.6.5.3 Quebec Carrier Madencilik Sistemi	91
3.6.5.4 Wenco	92
3.7 Maden Ocağında Kullanılan Döngü Sistemleri	93
3.7.1 Sabit Prosedür	94
3.7.2 Heuristik Atama Sistemi	94
3.7.2.1 Maksimum Kamyon Kullanarak (MAXTRU) Atama	95
3.7.2.2 Maksimum Yükleyici Kullanarak (MAXSHO) Atama	95
3.7.2.3 Eşleme Faktörü ile Atama	96
3.7.2.4 Öncelik Numarasına Göre Atama (PRIORITY)	98
3.7.3 Stokastik Sistem	99
3.7.3.1 Stokastik Sistemde Araç Tasfiye Problemi	100
3.7.3.2 Stokastik Sistemde Araç Sevkiyat Olasılıkları	102

3.7.3.3 Stokastik Optimizasyon	102
3.7.3.4 Stokastik Sistemde Şansa Dayalı Araç Sevkiyatı	103
3.7.3.5 Stokastik Sistemde Anlık Sevkiyat	105
3.7.3.6 Stokastik Sistemde Durum Çalışmaları	107
3.7.3.7 Stokastik Sistem Senaryo Bir	109
3.7.3.8 Stokastik Sistem Senaryo İki	109
3.8 Matematiksel Programlama Prosedürleri	110
3.8.1 Modüler Hiding Sevkiyat İşlemi	111
3.9 Açık İşletme Maden Ocağındaki Araç Sevkiyat Probleminin Çözümü ve Yaklaşım Karakteristikleri	116
3.9.1 N Yükleyici İçin Bir Kamyon Sevkiyat Stratejisi	119
3.9.2 Bir Yükleyici M Araç Sevkiyat Stratejisi	122
3.9.3 N Yükleyici İçin M Araç Sevkiyat Stratejisi	125
3.9.4 Matematiksel Programlama İşlemleri	129
3.9.5 İdeal Araç Sevkiyat Sistemi	130
3.10 Kamyon İzleme ve Atama Sistemi Çözümleme Yaklaşımları	133
3.10.1 Programlama	133
3.10.1.1 Lineer Programlama	133
3.10.1.2 Dinamik Programlama	134

BÖLÜM DÖRT - UYGULAMA.....136

4.1 Telsiz	136
4.2 Telsiz İle Haberleşme Sistemleri	140
4.3 Tiny Tracker Devresi İle Yapılan İşlemler	143
4.3 Yapılan Uygulamalar	150
4.3.1 Uygulama Bir	150
4.3.2 Uygulama İki	159
4.3.2.1 Radyo Modem	160

4.3.2.2 GPS	162
4.3.2.3 Program.....	170
4.4 Sistemin Çalışma Mantığı	176
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ.....	185
KAYNAKLAR	187
EKLER.....	194
1 Bilgisayar Programı Kodları:	194
2 Seri Porttan Bilgi Okuma	227
3 PLC’ nin Özellikleri	228

BÖLÜM BİR

AÇIK MADEN OCAKLARINDA NAKLİYE

1.1 Giriş

Maden ocaklarında kazı sonucunda elde edilen değerli veya değersiz malzemenin, maden ocağından taşınması gerekmektedir. Maden ocağında kazı sonucunda elde edilen değerli malzemenin işlenmek ve nihai ürün elde edilmek için ocaktan cevher hazırlama tesisine gönderilmesi gerekmektedir. Maden ocağında kazı sonucunda elde edilen değersiz malzemenin de ocaktan uygun bir döküm sahasına gönderilmesi gerekmektedir. Değersiz malzemenin ocak dışına taşınmasındaki amaç; kazı sonucunda daha alt kısımlardaki değerli malzemenin ortaya çıkartılmasıdır.

Maden ocakları işletme yöntemlerine göre açık maden işletmesi ve kapalı maden işletmesi olarak gruplara ayrılmaktadır. Maden ocağının işletme yöntemine göre çeşitli nakliyat yöntemleri geliştirilmiştir. Maden işletmelerinde kazılan malzemenin nakledilmesi için ortaya çıkan maliyet, işletme maliyetleri arasında çok büyük bir yer tutmaktadır. Açık maden ocak işletmelerinde en çok tercih edilen nakliye yöntemi kamyon – yükleyici nakliyat yöntemidir(Köse, H. 2001).

Açık maden ocağı işletmelerinde kullanılan kamyon – yükleyici nakliyatında, kamyonların ve yükleyicilerin daha verimli olarak nasıl kullanılacağı hakkında yeni fikirler ve öneriler ortaya atılmıştır. Bu fikirler ve öneriler doğrultusunda birçok teknoloji kullanılarak açık ocak maden işletmesinde, kazılan malzemenin taşınması işleminin daha verimli ve ekonomik olarak yürütülebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Açık ocak maden işletmesinde kazılan malzemenin nakledilmesi işleminin, yapılan araştırmaların sonucunda işletme maliyetinin % 40 – 60'ını oluşturduğu bulunmuştur.

Kazılı malzemenin nakledilmesinin, işletme giderleri içinde bu denli büyük bir yer tutması, bu maliyetin en aza indirilmesi için çeşitli yöntemlerin geliştirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Açık maden ocağı işletmesinde kazılı malzemenin taşınması işleminin maaliyeti, işletme maliyetleri içinde çok büyük yer tutmaktadır. İşletme maliyetleri içinde taşıma maliyetlerini en aza indirmekle, işletme maliyetlerinin daha düşük seviyelerde tutulacağı anlaşılmıştır. İşletme maliyetlerini en aza indirilmesi ile de daha fazla kar elde edilecektir.

Açık maden ocağı işletmesinde en çok tercih edilen kamyon – yükleyici taşıma yönteminde işletme maliyetlerini en aza indirmek için çeşitli kamyon yükleyici varyasyonları düşünülmüştür. Yapılan araştırmalarda ve uygulanan sistemlerde, açık ocak maden işletmesindeki nakliye işleminin maliyetinin azaltılması ile işletme maliyetlerinin düşürüldüğü ve işletme karının arttığı gözlenmiştir.

Bu sistemlerde kamyon ve yükleyicinin işletme içinde daha verimli olarak kullanıldığı ve işletme veriminin arttığı gözlenmiştir. İşletme içinde sürekli çalışan kamyonların ve yükleyicilerin işletme giderlerinin daha az olduğu ve daha verimli olarak çalıştığı anlaşılmaktadır. Bu sistemler kamyonları ve yükleyicileri zaman ve malzeme bakımından yönlendiren sistemlerdir.

Açık maden ocağı işletmesinde kullanılan kamyon – yükleyici nakliyat sistemi üzerinde çalışılarak yöntem geliştirilmeye ve ekonomik açıdan uygun yöntem ve sistem oluşturulmaya çalışılmıştır.

1.2 Açık Ocak Maden İşletmelerinde Nakliyat İşlemi

Açık maden işletmelerinde en önlemleri işlemlerin başında gelen yerinden kazılmış malzemenin taşınmasıdır. Taşınacak malzeme iki gruba ayrılmaktadır; değerli cevher ve atık malzeme (pasa). Kazılan malzemenin değerli ise işlenmek için stok sahasına, değerli değilse atık sahasına taşınması gerekmektedir.

Açık ocak maden işletmesinde kazılı malzemenin taşıma maaliyeti, toplam işletme maliyetinin % 30 – 45'i civarındır(Köse, H., 2001). Açık maden ocağı sınırları derinlere kaydıkça taşıma maliyeti kullanılan yol uzunluğu ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Açık maden ocağı işletmelerinde kazılı malzemenin ocak içinden taşınması için çeşitli taşıma yöntemleri ve sistemleri geliştirilmiştir. Açık maden ocağı işletmesinde kullanılan kazılmış malzeme taşıma sistemleri;

- Demiryolu nakliyatı
- Bantlı konveyör nakliyatı
- Skreyper nakliyatı
- Havai hat nakliyatı
- Hidrolik nakliyatı
- Kamyon nakliyatı (Köse, H., 2001)

Açık maden ocağı işletmelerinde kullanılan taşıma yöntemlerinden en çok tercih edileni ve her koşula kolay uyum sağlayanın sistem olan kamyon nakliyatıdır.

1.2.1 Kamyon Nakliyatı

Açık maden ocağı işletmelerinde işletme derinliği artması ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilen bir malzeme taşıma yöntemidir. Yöntemin tercih nedenleri arasında nakliyatı yapılacak malzemenin iri boyutta olması, küçük işletmelerde (10-15 yıllık), seçici üretim ve taşımada, demir yolu ve bant sisteminin uygulanması güç olduğu durumlarda, vb. durumlarda tercih edilir.

Açık maden ocağı işletmelerinde kamyon ile yapılan malzeme taşıma yönteminin belli başlı avantaj ve dezavantajları vardır.

Avantajları:

- Yükleme yerinin değişmesinde kolaylıkla uyum sağlar

- Yükleme işleminde daha hareketlidir
- Seçici üretim olanağı sağlar
- Taşınana malzeme boyutu önemli değildir
- Yükleme başlanma süresi kısadır
- Nakliye hızı değiştirilebilir
- Daha yüksek eğimlerde kolaylıkla çalışabilir
- Araçların bozulması sistemi tamimiyle durdurmaz

Dezavantajları:

- Lastiklerin çabuk aşınması
- Bakım ve onarımları pahalı
- Zor arazi koşullarında motor ömürleri az
- Yüksek işçilik gerekli
- İklimle bağlı
- Arazların giderilmesi için atölye gerekli (Köse, H., 2001).

Açık maden ocağı işletmelerinde kullanılan kamyon nakliyatında, kamyonların daha verimli çalışması için çeşitli yöntem ve sistem arayışlarında bulunulmuştur. Bu araştırmalarda kamyonların işletme içinde çalışması sırasında boşa geçirdikleri zamanları en aza indirilmesi nasıl sağlanacağı hakkında fikirler ortaya çıkmıştır.

Açık ocak maden işletmesinde kamyonların dolu gidiş, boş dönüş zamanları ve yükleme için bekledikleri zamanları en aza indirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Kamyonların bir şekilde stok ve atık sahasında yaptıkları manevra, boşaltma süreleri ve yükleme sırasında yaptıkları manevra, dolum süreleri dışında kalan süreleri azaltma için kamyonların sürekli çalıştırılması gerektiği anlaşılmıştır.

Kamyonların ve yükleyicilerin takip edilmelidir. Kamyonların boşa beklememesi ve yükleyicilerin boşa durmaması için, hem kamyonların hem de yükleyicilerin sürekli olarak nerede ve ne yaptığı bilinmelidir.

Bunun için kamyonları uygun bir şekilde kullanılacak konumda tutan ve verim artırmaya yönelik birkaç sistem geliştirilmiştir. Kamyonların yerini bilinmesiyle, boşta bekleyen yükleyici kalmaması sağlanarak işletmenin verimini artırmış olunur.

Bu işlem için kamyonların yerinin belirlenmesi amacı için GPS (Global Position System – Küresel Konumlama Sistemi) sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde GPS verileri bir bilgisayar programı yardımı ile monitörde araçların konumları görünmekte ve ne yaptıkları bilgisini de içermektedir.

Kamyonların ve yükleyicilerin konum bilgileri kazılı malzemenin taşınması için çok önemlidir. Bu konum bilgilerini GPS (Küresel Konumlama Sistemi) sistemi ile sağlanmaktadır.

BÖLÜM İKİ

GPS SİSTEMİ (KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ)

2.1 Giriş

1960'lı yılların başında, Amerika Deniz Kuvvetleri'ne ait Polaris adlı denizaltıların pozisyonlarının uydu destekli bir sistemle hassas olarak belirlenmesi amacıyla, Johns Hopkins Üniversitesi'nde gerçekleştirilen Transit Sistemi'nin (Doppler) bazı alanlarda yeterli olmadığı görüldü. Hareket halinde olan bir vasıtada yapılan ölçümlerde istenilen hassasiyete ulaşılamıyordu. Üç boyutlu konum belirleme ise sadece sabit (hareketsiz) istasyonlar için mümkündü. Sistemi destekleyen uydu sayısının az olması nedeniyle de konum belirlemede süreklilik sağlanamıyordu. Askeri açıdan ise, orta ve uzun menzilli silahların tahrip gücünün yanı sıra istenilen hedefi de vurması çok önemliydi.

ABD Deniz Kuvvetleri iki boyutlu hassas belirlemenin amaçlandığı "Timation" adlı bir projeyi finanse ediyordu. ABD hava kuvvetleri ise üç boyutlu belirlemenin hedeflendiği "System 621" adlı bir projeye sahipti. ABD Savunma Bakanlığı, 17 Nisan 1973 tarihinde alınan bir kararla her iki projeyi de "Navigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System (Navstar-gps)" adı altında birleştirerek projenin sorumluluğunu Hava Kuvvetleri Komutanlığı'na verdi. 27 Haziran 1977 tarihinde GPS amaçlı "Timation" programına ait olan ilk uydu "NTS - 2" uzaya gönderildi. (Perçin, A. 1998).

1978 yılı şubat ayında ise GPS sistemi için Rockwell firması tarafından yapılan NTS tipi uydu yörüngesine oturtuldu. GPS sistemini kuruluşundan itibaren tarihsel açıdan üç bölüme ayırabiliriz.

I. Hazırlık Dönemi (1974-1979): GPS isteminde koordinatlar zamana bağımlı olarak hesaplanır. X, Y, Z koordinatlarının yanı sıra bir de zaman bilinmeyenini ortaya çıkar. 4 bilinmeyeninin çözümü için en az 4 uyduya aynı anda eş zamanlı ölçü yapılması gerekir.

İlk hazırlık yıllarında, uydu geometrisinin sonuca negatif etkisini en aza indirilmesi amacıyla, sistemin yaklaşık 20.000 km. yükseklikte 12 saatlik periyotlarla uçan 55°'lik eğime sahip 24 uydudan oluşması planlanmış ve böylece dünyanın her yerinden en az 6 uyduya istenildiği an gözlem yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Sonraki yıllarda ise maddi nedenlerden dolayı ilk planlardan vazgeçilerek sistemin 6 yörüngede uçan 18 aktif ve 3 pasif desteklenmesi düşüncesine geçilmiştir. İstenildiği anda en az 4 uyduya gözlem yapabilme olanağı sağlayan son kombinasyonda uyduların eğim açısı (inklinasyon) 63°'dir.

II. Gelişme Dönemi (1979-1985): Sistemin teknik açıdan geliştirilmesine yönelik çalışmaların yoğunlaştığı dönemdir. Yeni uydular yörüngesine oturtulmuş ve ölçü aletlerinin geliştirilmesine ağırlık verilmiştir.

III. Tamamlanma Dönemi: Günümüzde toplam 29 adet uydu GPS Sistemi için görev yapmaktadır.

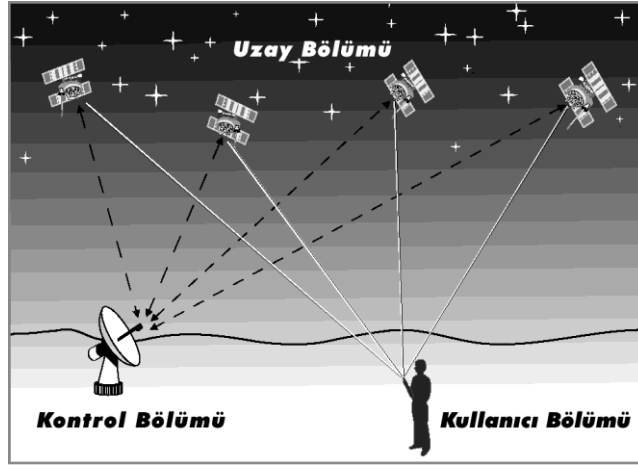
2.2 GPS Sistemi

NAVSTAR sistemi, uzay bölümü (uydular), kontrol bölümü (yer istasyonları) ve kullanıcı bölümünden (GPS alıcısı) oluşur (Mallı, T., 2006).

2.2.1 Uzay Bölümü

Uzay bölümü, en az 24 uydudan (21 aktif uydu ve 3 yedek) oluşur (Lee, 2003.) ve sistemin merkezidir. Uydular, “Yüksek Yörünge” adı verilen ve dünya yüzeyinin 20.000 km üzerindeki yörüngede bulunurlar.

Bu kadar fazla yükseklikte bulunan uydular oldukça geniş bir görüş alanına sahiptirler ve dünya üzerindeki bir GPS alıcısının her zaman en az 4 adet uyduyu görebileceği şekilde yerleştirilmişlerdir.



Şekil 2.1 GPS sistemi

Uydular saatte 7.000 mil hızla hareket ederler ve 12 saatte, dünya çevresinde bir tur atarlar. Güneş enerjisi ile çalışırlar ve en az 10 yıl kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Ayrıca güneş enerjisi kesintilerine karşı (güneş tutulması vs.) yedek bataryaları ve yörünge düzeltmeleri için de küçük ateşleyici roketleri vardır.

GPS projesi ilk uydunun 1978’de ateşlenmesiyle başlamıştır. 24 uyduluk ağ 1994’de tamamlanmıştır. Projenin devamlılığı ve geliştirilmesi ile ilgili bütçe ABD Savunma Bölümüne aittir.

Uyduların her biri, iki değişik frekansta ve düşük güçlü radyo sinyalleri yayınlamaktadır. (L1, L2) Sivil GPS alıcıları L1 frekansını (UHF bandında 1575,42 Mhz), ABD Savunma bölümü alıcıları L2 (1227,60 Mhz) frekansını dinlemektedirler (Çivril, Ö. 2006) . Bu sinyal “Görüş Hattında – Line of Sight” ilerler. Yani bulutlardan, camdan ve plastikten geçebilir ancak duvar ve dağ gibi katı cisimlerden geçemez.

Daha rahat anlaşılması için, bildiğimiz radyo istasyonu sinyalleri ile L1 frekansını kıyaslamak istersek; FM radyo istasyonları 88 ile 108 Mhz arasında yayın yaparlar, L1 ise 1575,42 Mhz’ i kullanır. Ayrıca GPS’ in uydu sinyalleri çok düşük güçtedirler. FM radyo sinyalleri 100.000 watt gücünde iken L1 sinyali 20-50 watt arasındadır. İşte bu yüzden GPS uydularından temiz sinyal alabilmek için açık bir görüş alanı gereklidir.

Her uydu yerdeki alıcının sinyalleri tanımlamasını sağlayan iki adet özel “pseudo-random” (şifrelenmiş kod) kodu yayınlar. Bunlar Korumalı (Protected – P code) kod ve Coarse/Acquisition (C/A code) kodudur. P kodu karıştırılarak sivil izinsiz kullanımı engellenir, bu olaya “Anti-Spoofing” adı verilir. P koduna verilen başka bir isimde “P (Y)” yada sadece “Y” kodudur. Bu sinyallerin ana amacı yerdeki alıcının, sinyalin geliş süresini ölçerek, uyduya olan mesafesini hesaplamayı mümkün kılmasıdır. Uyduya olan mesafe, sinyalin geliş süresi ile hızının çarpımına eşittir. Sinyallerin kabul edilen hızı ışık hızıdır. Gelen bu sinyal, uydunun yörünge bilgileri ve saat bilgisi, genel sistem durum bilgisi ve iyonosferik gecikme bilgisini içerir. Uydu sinyalleri çok güvenilir atom saatleri kullanılarak zamanlanır.

2.2.2 Kontrol Bölümü

Adından anlaşılacağı gibi, Kontrol Bölümü, GPS uydularını sürekli izleyerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerini sağlar.

Dünya üzerinde 5 adet kontrol istasyonu bulunmaktadır. Bunlardan dördü insansız, biri insanlı ana kontrol merkezidir (U.S. Coast Guard Navigation Center 1996). İnsansız kontrol merkezleri, topladıkları bilgileri ana merkeze yollarlar. Ana merkezde bu bilgiler değerlendirilerek gerekli düzeltmeler uydulara bildirilir.

1. Falakon Air Force Station, Kolarado (ABD)
 - Ana Kontrol İstasyonu
 - Monitör İstasyonu
2. Kwajalein
 - Monitör İstasyonu
 - Yer Anteni
3. Diego Garcia (Hint Okyanusu)
 - Monitör İstasyonu
 - Yer Anteni

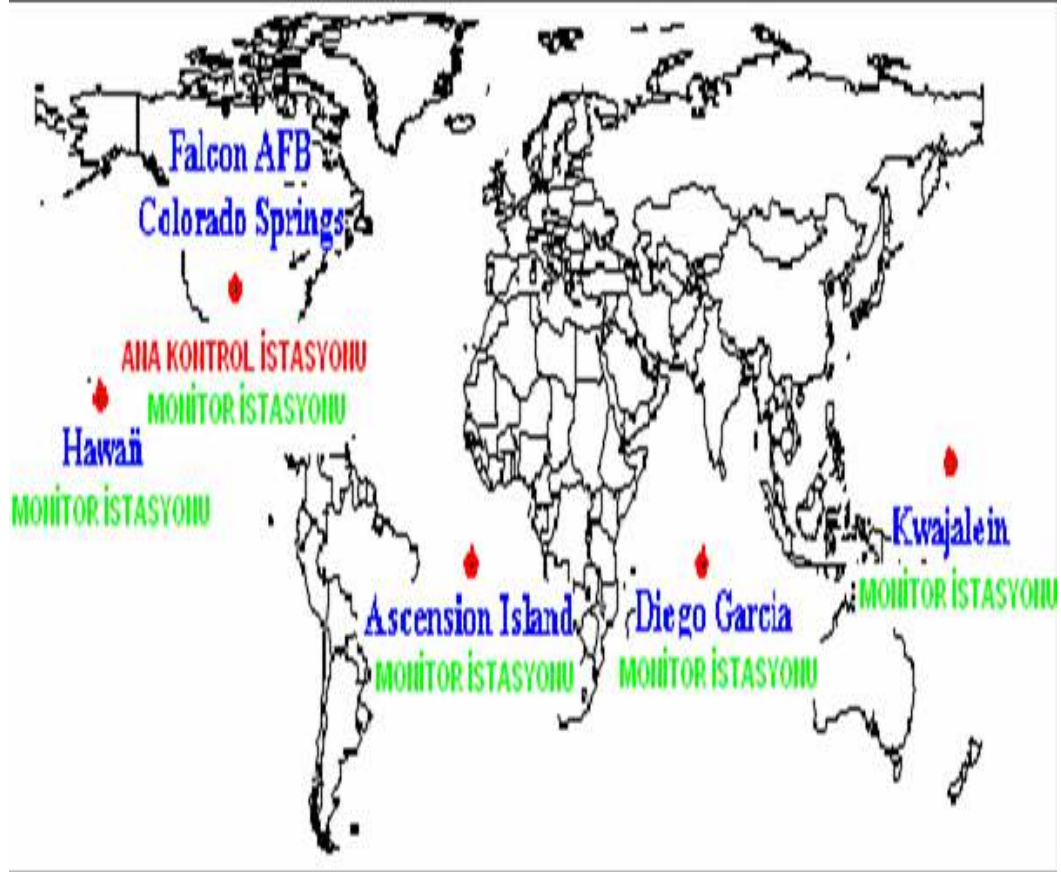
4. Ascension (Kuzey Atlantik)

- Monitör İstasyonu

- Yer Anteni

5. Havaî

- Monitör İstasyonu



Şekil 2.2 GPS yer kontrol bölümleri

GPS kontrol bölümü tarafından kontrol edilip hesaplana bilgilerinin içeriği şöyledir:

- Uydunun durumu
- C/A Kod' dan P kod' a geçiş zamanı bilgisi
- Uydu yörünge parametreleri
- Uydu saat düzeltme parametreleri
- Uydu zaman bilgisi
- Uydulara ait almanak bilgisi

2.2.3 Kullanıcı Bölümü

Kullanıcı bölümü yerdeki alıcılardır. Çeşitli amaçlarla GPS kullanarak yerini belirlemek isteyen herhangi bir kişi, sistemin kullanıcı bölümüne dahil olur. Kullanıcı bölümü şu kısımlardan oluşur:

- Alıcı anten (sensör)
- Alıcı (Receiver)
 - Ekran ünitesi
 - Veri işlemi
- Güç kaynağı

Yetkili olmayan kişi veya kurumların GPS anteni kurarak navigasyon ve konum belirleme için uydudan yayılan sinyaller belirli bir şekilde değiştirilir. Bu işleme seçime bağlı ulaşılabilirlik olarak tanımlanır.

2.3 Uydu Sinyallerinin Özellikleri

GPS sistemini çalışması için uydudan yayılan sinyallerin yeryüzündeki alıcılara ulaşması gerekir. Sinyaller yer küreye ulaşmadan atmosfer tabakasından geçmek zorundadır. Atmosferin katmanlarında iyonosfer 100 MHz' den küçük frekanslarda sinyalin ulaşma süresinde gecikmelere neden olmaktadır.

10 GHZ' den büyük frekanslar ise troposfer katmanında sinyal kaybına uğramaktadır. Bu sorunların giderilmesi için, GPS uydularından yayılan sinyaller iki frekans üzerinden gönderilir. Bu frekanslara taşıyıcı dalga adı verilmektedir. Bu frekans taşıyıcılar LİNK 1 (L1) ve LİNK 2 (L2) olarak isimlendirilir.

İki ayrı frekans seçilmesinin amacı sinyallerin iyonosfer katmanından geçerken ortaya çıkan zaman kaybının belirlenmesidir. Her uyduya sinyallerin ulaşım süresinin tespit edilmesinin sağlandığı PRN kodu vardır.

L1 sinyalinin yapısı;

L1 ve L2 frekansları, $f_0 = 10.23$ MHz standart uydu frekansının katları olarak elde edilir.

$F_0 = 10.23$ MHz (Temel Frekans)

$L1 = FL1 = 154 \times F_0 = 1575,42$ MHz

$L2 = FL2 = 120 \times F_0 = 1227,60$ MHz

L1 ve L2 frekansları için dalga boyları,

$$\lambda_{L1} = \frac{C}{f_{L1}} = \frac{29.979.245.800 \text{ cm/sn}}{1575.42 \times 10^6 \text{ 1/sn}} = 19.04 \text{ cm}$$

$$\lambda_{L2} = \frac{C}{f_{L2}} = \frac{29.979.245.800 \text{ cm/sn}}{1227.600 \times 10^6 \text{ 1/sn}} = 24.45 \text{ cm}$$

L2 sinyalinin görevi;

- L1 frekansı kesilmesi veya L1 frekansını elektronik olarak karışması ile yedek bilgi taşınması (geri dönüş-backup).
- İyonosferden sinyal geçerken yaşanan bozulmayı düzeltme.

GPS sisteminde iki farklı kod kullanılmakta şu anda ve her kod PRN numarası ile belirlenmektedir. P kod (Precise / Protected Code) $F_0 = 10.23$ Mhz frekanstadır. 267 günde bir tekrar etmekte ve her bir uyduya bunun bir haftalık bölümü yüklenmektedir.

Uydu PRN numaraları da ilgili uydunun sahip olduğu P kod haftasına göre belirlenmektedir. Örneğin PRN 9 o uydu P Kod' unun 9 haftasına ait bilgileri gönderiyor demektir. C/A Kod (Clear / Coarse Acquisition, Clear / Access); $F_{0/10}$ frekansına sahip olup her mili saniyede tekrara etmesidir. P Kod L1 ve L2 bulunurken C/A Kod yalnızca L1' de bulunur. C/A kodu dalga boyu 300 m olup herkese açıktır. P Kod 30 m dalga boyun sahiptir ve askeri amaçlı kullanılmaktadır (ABD, NATO ve izinli sivil havacılık kuruluşları). P kodu Y kodu adı altında olup Y Kodundan P Koduna geçiş için donanıma (AOC = Auxiliary Output Chip) sahip yetkili merciler tarafından kullanılır. Buda P Kod gizli hale getirmektedir.

2.4 GPS Sinyallerinden Faydalanarak Gözlemlenen ve Üretilen Büyüklükler

Gps ile iki büyüklük gözlenir;

1. Tasarı uzunluk
2. Taşıyıcı düzgün faz veya taşıyıcı düzgün faz farkı

Navigasyon amacı çalışmalarda pseudorange yöntemi, taşıyıcı dalga fazı ise daha yüksek doğruluk (net çözüm) isteyen çalışmalarda kullanılır.

2.4.1 Tasarı Uzunluk Ölçüm Yöntemi

Uydu tarafından yarılan sinyallerin alıcıya ulaşması ile geçen zamanın ışık hızı ile ölçülendirilmesi sonucunda oluşan uzaklıktır. Uydudan gelen sinyaller ile alıcı kendisi bir PRN kodu üretir ve her iki PRN kodu karşılaştırır Tasarı Uzunluk C/A yada P kodu yardımı ile ölçülür. Uydu ve alıcı saatlerinden kaynaklı hatalar ölçüm sonunda oluşan uzunluğu geometrik olarak hesaplamada biraz farklı çıkaracaktır. Saat hatalarının sebep olduğu sapma “ Tasarı Uzunluk ” adı verilmektedir. Saat hatasının olmadığı durumda sinyallerin ulaşmasına atmosferik etki olmadığı kabul edilirse sinyalin kat ettiği zaman farkı Tasarı Uzunluk olarak adlandırılır.

$$P_R^S = c(t_R - t^S), c[(t_R + \Delta t_R) - (t^S + \Delta t^S)] = P_R^S + I_R^S + T_R^S$$

$$c(t_R - t^S) = P_R^S + (\Delta t^S - \Delta t_R)c + I_R^S + T_R^S$$

Yukarıdaki eşitlikte:

t^S : Uydu saati zamanı

t_R : Alıcı saati zamanı

Δt^S : Si uydu saatinin GPS zamanında olan farkı

Δt_R : Rii alıcı saatinin GPS zamanında olan farkı

I_R^S : İyonosfer etkisi

T_R^S : Troposfer etkisi

C: Işık hızı

P_R^S : Uydu ile alıcı arasındaki t_1 epöğündaki topocentrik uzaklıktır.

Önemli olan alet kurulan yerin koordinatları olup bunlar PSR topocentrik uzaklıkla bulunmaktadır.

Bu ise:

$$P_R^S = \|S - R\|$$

şeklinde gösterilir.

Burada;

$$R = (X_R, Y_R, Z_R)^T$$

alıcı kodlar;

$S = (X_S, Y_S, Z_S)^T$ Uydu kodları ise;

$$P_R^S = \|S - R\| = \sqrt{(X^S - X_R)^2 + (Y^S - Y_R)^2 + (Z^S - Z_R)^2}$$

$$c(t_R - t^S) = \|S - R\| + (\Delta t^S - \Delta t_R)c + I_R^S + T_R^S$$

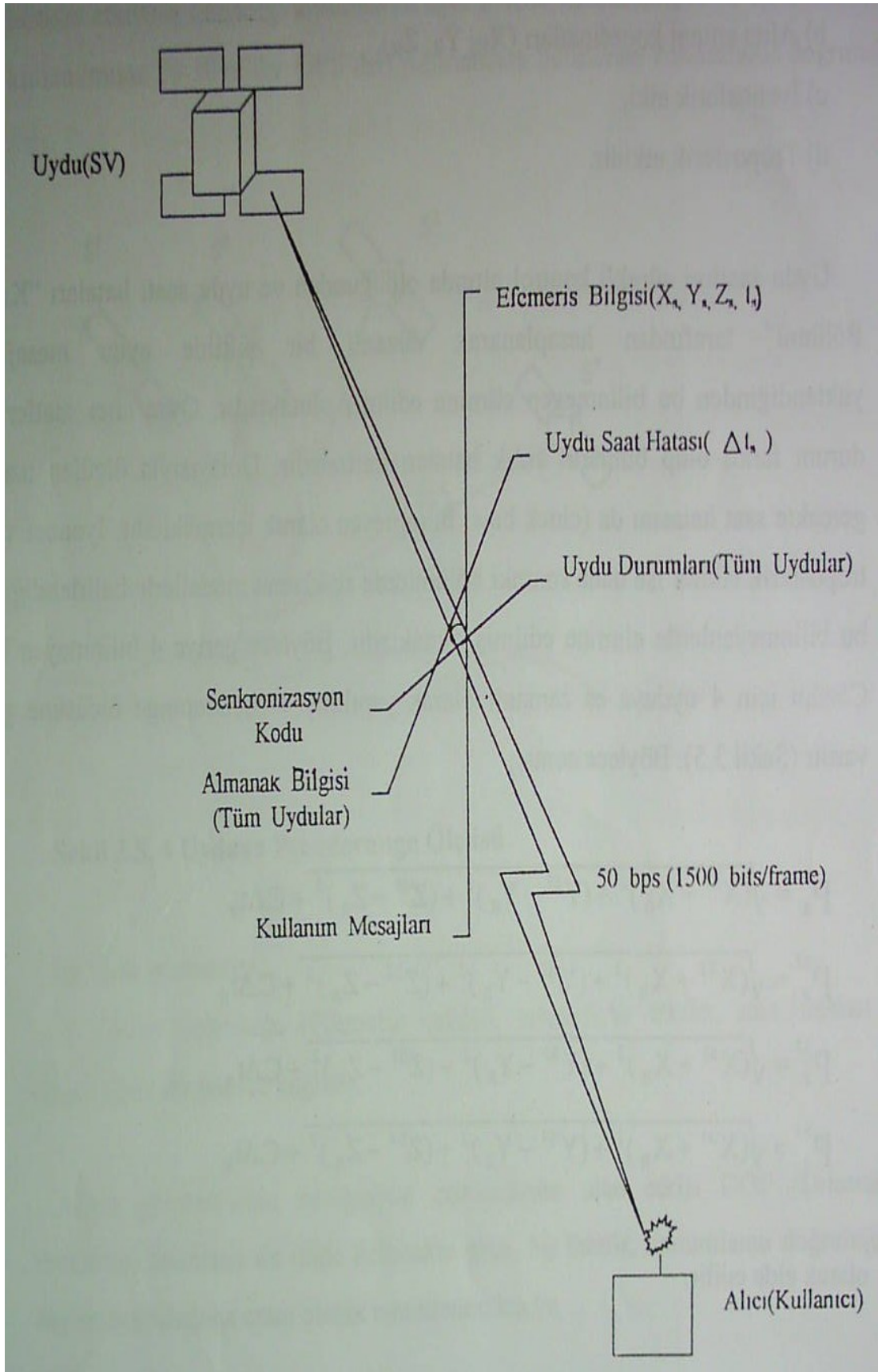
haline gelir.

Düşük hassasiyetin yeterli olduğu anlık konum belirleme uygulamalarında genellikle pseudorange yöntemi kullanılmaktadır. Uydu konumunun yörünge bilgilerinden belli olduğu kabul edilirse 7 bilinmeyene katlanmaktadır.

Bunlar;

- 1- Uydu saat hataları
- 2- Alıcı saat hataları,
- 3- Alıcı anteni koordinatları X_R ,
- 4- Alıcı anteni koordinatları Y_R ,
- 5- Alıcı anteni koordinatları Z_R ,
- 6- İyonosferik etki,
- 7- Troposferik etkidir.

Uydu saatleri sürekli kontrol altında olduğundan ve uydu saati hataları “Kontrol Bölümü” tarafından hesaplanarak düzenli bir şekilde uydu mesajlarına yüklendiğinden bu bilinmeyen elimine edilmiş olmaktadır. Oysa alıcı saatleri için durum farklı olup bunların anlık hataları belirsizdir.



Şekil 2.3 Uydu mesaj bilgileri ve akış şekli(Perçin, A.,1998)

Dolayısıyla ölçülen uzunluk gerçekte saat hatasını da (clock bias) bilinmeyen olarak içermektedir. İyonosferik ve troposferik etkiler ise daha sonraki bölümlerde açıklanan modellerle belirlendiğinden bu bilinmeyenlerde elimine edilmiş olmaktadır. Böylece geriye 4 bilinmeyen kalır. Çözüm için 4 uyduya eş zamanlı olarak yapılmış 4 tasarı uzunluk ölçüsüne gerek vardır.

Böylece sonuç;

$$\begin{aligned} P_R^{S1} &= \sqrt{(X^{S1} - X_R)^2 + (Y^{S1} - Y_R)^2 + (Z^{S1} - Z_R)^2} + C\Delta t_R \\ P_R^{S2} &= \sqrt{(X^{S2} - X_R)^2 + (Y^{S2} - Y_R)^2 + (Z^{S2} - Z_R)^2} + C\Delta t_R \\ P_R^{S3} &= \sqrt{(X^{S3} - X_R)^2 + (Y^{S3} - Y_R)^2 + (Z^{S3} - Z_R)^2} + C\Delta t_R \\ P_R^{S4} &= \sqrt{(X^{S4} - X_R)^2 + (Y^{S4} - Y_R)^2 + (Z^{S4} - Z_R)^2} + C\Delta t_R \end{aligned}$$

olarak elde edilir.

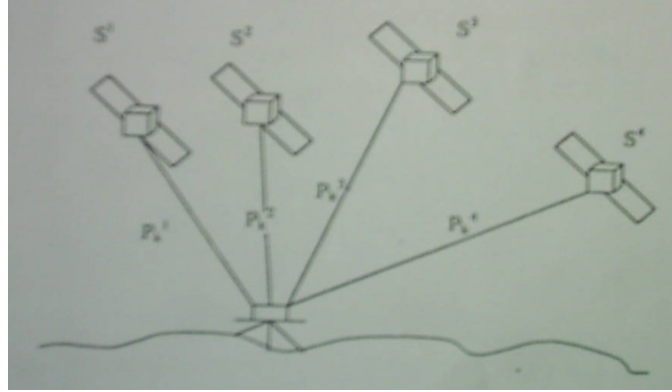
Söz konusu 4 eşitlikten yararlanarak alıcı saati hatası da alıcı koordinatları ile birlikte hesaplanmaktadır. Bu yöntemle alıcılarda pahalı otomatik saatler yerine daima ucuz olan kuartz-kristal saatlerin de kullanılabilme olanağı sağlanmış olur (Perçin, A. 1998).

2.4.2 Navigasyon Ölçümlerinin Doğruluğu

Navigasyon amaçlı çözümün doğruluğu, SA (Selective Availability) gibi yapay bozucu etkilerin olmadığı durumlarda eğer P-Kod kullanılmışsa 10-20 m, C/A- Kod kullanılmışsa 20-30 m dir.

GPS' den yararlanarak belirlenen konumlarda doğruluk;

- 1- Uydu geometrisi,
- 2- Ölçüm doğruluğu (Efemeris hataları, atmosferik etkiler, saat hataları vb.) olmak üzere iki faktöre bağlıdır.



Şekil 2.4 GPS çalışma şekli (Perçin, A.,1998)

Uydu geometrisinin navigasyon çözümlerine olan etkisi DOP (Dilution of Precision) faktörleri ile ifade edilmekte olup, bu faktör, konumlama doğruluğunun ölçüm doğruluğuna oranı olarak tanımlanmakta ve $\sigma = DOP \cdot \sigma_0$ Eşitliği ile verilmektedir.

Burada;

σ = Konum doğrultusu

DOP= Uydu geometrisi

σ_0 = Tasarı uzunluk ölçüm doğrultusu

Birçok DOP faktörü hesaplamak mümkün olup bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a) GDOP (Geometric Dilution of Precision); uydu geometrisinin hesaplanan nokta koordinatlarına ve alıcı saatine toplam etkisini ifade etmektedir. Teorik ve bilimsel çalışmalarda uygulanır.

$$GDOP = \sqrt{q_x^2 + q_y^2 + q_z^2 + q_t^2}$$

b) PDOP (Position Dilution of Precision); uydu geometrisinin hesaplanan 3 boyutun koordinatlarına etkisini ifade eder. 3 boyutlu konumun önemli olduğu uygulanmalarda kullanılır.

$$PDOP = \sqrt{q_x^2 + q_y^2 + q_z^2}$$

c) HDOP (Horizontal Dilution of Precision); uydu geometrisinin hesaplanan yatay koordinatlara (enlem ve boylam) etkisini ifade eder. Denizcilikle ilgili uygulamalarda kullanılır.

$$HDOP = \sqrt{q_X^2 + q_Y^2}$$

d) VDOP (Vertical Dilution of Precision); uydu geometrisinin hesaplanan nokta yüksekliğine etkisini ifade eder. Yükseklik bilgisinin önemli olduğu uygulamalarda (Örn: Havacılık) kullanılır.

$$VDOP = \sqrt{q_Z^2}$$

e) TDOP (Time Dilution of Precision); uydu geometrisinin zaman bilgisine etkisini ifade eder. Zaman transferi uygulamalarında kullanılır. (Perçin, A.,1998)

$$TDOP = \sqrt{q_t^2}$$

Tablo 2.1 DOP faktörü türleri ve karşılaştırılması (Perçin, A.,1998)

PDOP	İyi	PDOP<6
	Dikkatli Olunmalı (Sınır Değer)	PDOP = 6 - 10
	Tercih Edilmemeli	PDOP > 10
HDOP	İyi	HDOP ≤ 4
VDOP	İyi	VDOP ≤ 4,5
TDOP	İyi	TDOP ≤ 2

DOP faktörleri yalnızca navigasyon amaçlı kullanılmayıp günümüzde birçok görel konum belirleme uygulamalarında da kullanılmaktadır. Noktalar arasında oluşturulan baz vektörlerinden yararlanarak oluşturulan kofaktör matrisinden hesaplanan DOP faktörleri görel DOP (RDOP, Relative Dilution OF Precision) olarak ifade edilmektedir.

NATO standartlarına uygun olarak kabul edilen DOP değerleri Tablo. 2.1 'de verilmektedir. (Perçin, A. 1998).

2.4.3 Taşıyıcı Dalga Faz farkı Ölçüm Yöntemi

Faz farkı gözlemi genel olarak t^S zamanında uydudan yayınlanan L1 ya da L2 sinyalinin taşıyıcı fazı ile t_R zamanında alıcı tarafından üretilen sabit frekans sinyalinin fazı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Taşıyıcı dalga fazının dalga boyu P ve C/A kodlarının her ikisinin dalga boylarından daha kısa olduğu için taşıyıcı dalga faz farkı ölçüsünün duyarlılığı 'pseudorange'dan daha fazladır. Örneğin L1 taşıyıcı sinyalinin dalga boyu yaklaşık 20 cm dir. Atmosferik etkiler, relatif ve diğer etkiler dikkate alınmazsa anlık faz farkı;

$$\phi^S(t^S) - \phi_R(t_R)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Burada;

$\phi^S(t^S)$: t^S zamanda uydudan yayılan sinyalin fazı

$\phi_S(t_S)$: alıcının uydu sinyalini aldığı t^R zamanındaki fazını ifade eder.

t^S ve t_R zamanları birbirinden farklıdır. Sinyalin uydudan alıcıya ulaşması için geçen zaman Δt ile gösterilirse uydu ile alıcı arasındaki uzaklık $P = c \times \Delta t$ ile hesaplanabilir. Bu eşitlikte c boşluktaki ışık hızıdır. Yukarıdaki formül ancak ve ancak ortam etkilerini ihmal ettiğimiz zaman geçerli olup yaklaşık olarak $p = 20200$ km ve de $c = 299.792.458$ m/sn için $\Delta t = 0,067$ sn. elde edilir. Sonuç olarak taşıyıcı dalga faz farkı için temel gözlem eşitliği;

$$\phi_R^S(t_R) = \phi^S(t^S) - \phi_R(t_R) + Noise$$

İle ifade edilmekte olup burada;

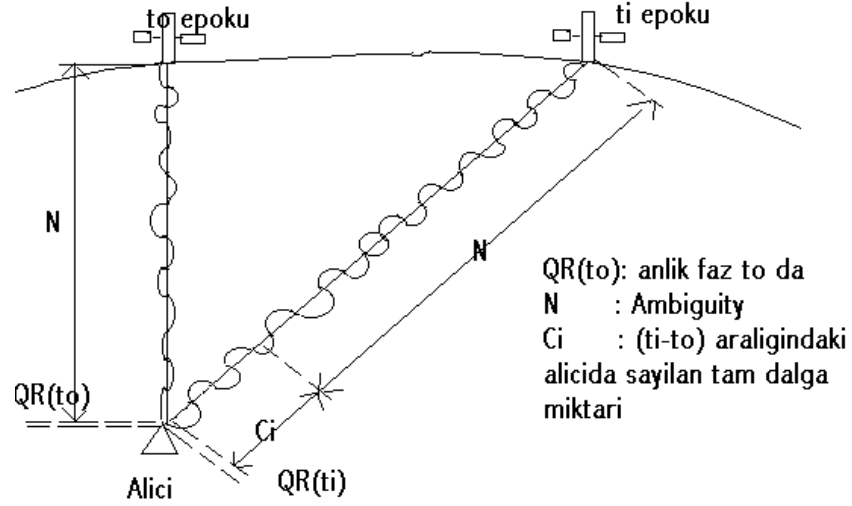
S: Uyduyu

R: Alıcıyı

ϕ : Fazı

t^S : Uydu zamanını

t_S : Alıcı saati zamanını ifade eder.



Şekil 2.5 Anlık faz ve faz belirsizliği (Perçin, A.,1998)

Bir alıcıda ilk ölçünün yapıldığı t_0 epokunda yapılan anlık faz farkı ölçüsü yalnızca taşıyıcı dalganın en son parçasıdır. Uydu alıcı arasındaki N sayısındaki tam dalga boyu sayısı belirli değildir (Şekil 2.5). Buna “Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıç Belirsizliği” adı verilir.

Ölçülen ilk epok için taşıyıcı dalga fazı belirsiz olduğundan bu da $\phi^S(t^S) - \phi_R(t_R)$ eşitliğine bilinmeyen olarak girecektir. Bu durumda başlangıç faz belirsizliği N_R^S ile gösterilirse $\phi_R^S(t_R) = \phi^S(t^S) - \phi_R(t_R) + N_R^S$ eşitliği elde edilir.

İyonosferik ve troposferik etkilerinde dikkate alınması durumunda eşitlik daha da karmaşık hale gelmekte ve uzunluk biriminde kısaca;

$$\phi_R^S(t_R) = -\lambda \phi_R^S(t_R) = P_R^S + c(d^2 - d_R) + \lambda N_R^S - d_{ion} + d_{trop}$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Burada λ dalga boyu ve $\lambda = c/f$ dir.

ϕ : Taşıyıcı dalga fazı ölçüsü

$\phi = -\lambda \times \phi$: Taşıyıcı dalga farkı ölçüsü (birimsel)

d^S : Uydu saat hatası

d_R : Alıcı saat hatası

d_{ion} : İyonosferin neden olduğu uzunluk hatası

d_{trop} : Troposferin neden olduğu uzunluk hatası

N_R^S : Taşıyıcı dalga fazı (Perçin, A.,1998)

2.4.4 Fark Gözlemleri

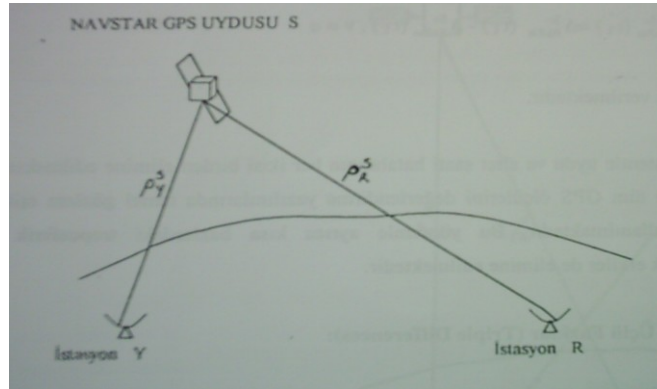
GPS’de gözlenen temek büyüklükler kod ve faz ölçüleri olup bunlara Sıfır Farklar (Zero Difference) adı da verilmektedir. Fark gözlemleri kod ve/veya gözlemlerinden yararlanılarak oluşturulur. Farklar yardımıyla alıcı saati hataları, uydu saati hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi birçok ortak hata kaynağı elimine edilebilmektedir. Genel olarak değişik gözlem fark kombinasyonları mevcuttur.

Bunlar;

- a) Alıcılar arasında,
- b) Uydular arasında,
- c) Ölçü epokları arasında ya da L1 ve L2 frekansları arasında oluşturulmaktadır.

2.4.4.1 Tekli Farklar

Tekli farklar, alıcı kurulan noktalar arasında oluşturulan kod ya da faz ölçüsü farklarıdır. Tekli farklar iki değişik noktadaki alıcılardan aynı bir uyduya eş zamanlı olarak yapılmış gözlemler arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.6 Alıcılar arasındaki tekli farklar.

$$\Delta R_2^S R_1(t_1) = P^S R_2(t_1) - P^S R_1(t_1)$$

fark ölçümleri için fark gözlem eşitliği;

$$\Delta \Phi R_2^S R_1 = \Phi_{R_2}^S(t_1) - \Phi_{R_1}^S(t_1) \text{ ile verilir.}$$

Bu yöntemle esas olarak uydu saatlerindeki hatalar elimine edilmektedir. Tekli faz uydular arasında aynı bir alıcı noktası için oluşturulur ise bu durumda alıcı saati hataları elimine edilmiş olur.

2.4.4.2 İkili Farklar

İkili farklar kısaca iki Single Difference arasında alınan farktır. Başka bir ifadeyle, aynı zaman periyodunda (epok) iki farklı uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır.

İkili fark gözlemleri;

$$\Delta\Delta\Delta_{RkRm}^{SvSv}(\bar{t}_1) = \Delta_{RkRm}^{Sv}(\bar{t}_1) - \Delta_{RkRm}^{Sv}(\bar{t}_1), v \neq u \text{ (Perçin, A.,1998)}$$

eşitliği ile verilmektedir.

Bu yöntemle uydu ve alıcı saati hatalarının her ikisi birden elimine edilmektedir. Genellikle tüm GPS ölçülerini değerlendirme yazılımlarında temel gözlem eşitliği olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle ayrıca kısa bazlardaki troposferik ve iyonosferik etkiler de elimine edilmektedir.

2.4.4.3 Üçlü Farklar

Triple Difference, ikili farkların iki farklı epoku arasında alınan farktır.

$$\Delta\Delta\Delta_{RkRm}^{SuSv}(t_1, t_{1+1}) = \Delta\Delta_{RkRm}^{SuSv}(t_{1+1}) - \Delta\Delta_{RkRm}^{SuSv}(t_1), \text{ (Perçin, A.,1998)}$$

eşitliği ile ifade edilmektedir.

Üçlü fark gözlemlerinin oluşturulmasındaki temel gaye Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıç Belirsizliği'nin (Initial Phase Ambiguity) elimine edilmesidir.

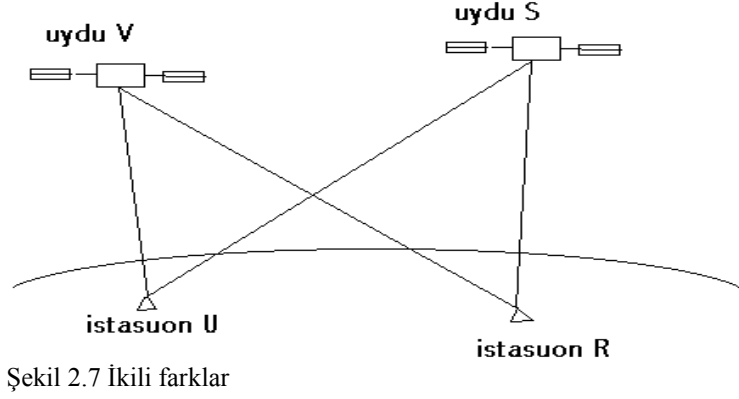
Sonuç olarak, R sayıda alıcının, T sayıdaki gözlem anında (epok), S sayıdaki uyduyu gözlediği düşünülürse, bu durumda elimine RXSXT sayıda faz ölçüsü olacaktır.

Bu ise bize;

(R-1) XSXT sayıda bağımsız tekli faz farkı,

(R-1) X(S-1)XT sayıda ikili faz farkı,

(R-1) X(S-1)X(T-1) sayıda üçlü faz farkı oluşturabileceğimizi gösterir.



GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde daha hassas sonuçlar vermesi bakımından faz ölçüleri kullanıldığından söz konusu farklar genellikle faz ölçüleri için yapılmaktadır (Perçin, A.,1998).

2.4.5 GPS İle Yapılan Ölçümler Sırasında Elde Edilen Olası Hata Kaynakları

GPS ölçülerini etkileyen sapmalar ve sistematik hatalar 4 grupta toplanır.

Bunlar;

1. Uydulara bağlı sapmalar,
 - Yörünge maddelerindeki sapmalar
 - Uydu saati modellendirilmesindeki sapmalar
2. Ölçüm noktasına bağlı sapmalar
 - Alıcı saati sapmaları
 - Ölçü noktasındaki koordinatlardan kaynaklanan sapmalar
3. Ölçülere bağlı sapmalar
 - İyonosferik gecikme etkisi
 - Troposferik gecikme etkisi
 - Taşıyıcı dalga faz başlangıç bilinmeyi (Ambiguity)

4. Diğer sapmalar

- Faz sıçramaları (Cycle Slips)
- Sinyal yansımaları (Multipath)
- Anten faz merkezi kayıklığı
- Ölçülerin raslantısallığı

2.4.5.1 Uydu Saati ve Alıcı Saati Hataları

Uydular kodlanmış mesajlarla birlikte zaman bilgisi de yayınlamaktadırlar. Uydu ile alıcı arasındaki uzaklık ise sinyalin uydudan çıkıp alıcıya ulaştığı anda arada geçen zamanın ışık hızı (c) ile çarpışması ile hesaplanır. Burada uydu ve alıcı saatlerini belirli bir sınır içerisinde aynı zamanı gösterdikleri kabul edilir.

Oysa zamanda meydana gelebilecek herhangi bir kayıklık (offset) ise doğrudan doğruya uydu-alıcı uzaklığında bir sapmaya neden olacaktır. Uydularda “Rubidium”, “Cesium” ve “Hydrogen Masers” gibi atomik saatlerin kullanılmasına rağmen, bu çok hassas saatler bile zamanla bazı düzenli ve düzensiz değişmelere maruz kalırlar.

Bu yüzden uydu saatleri yer kontrol istasyonlarından sürekli olarak kontrol edilmekte ve en az yılda bir kez her bir uyduya saat düzeltmesi mesajları yüklenmektedir.

GPS uyduları arasındaki senkronizasyon nanosaniye, GPS zamanı ile (Universal Time Coordinated) UTC zamanı arasındaki senkronizasyon ise 100 nanosaniye mertebesindedir. GPS alıcıları ise kristal kuvartz saatlerle donatılmışlardır. Düşük doğruluklu çalışmalar için bu saat hataları ihmal edilmekle birlikte uygulamada genellikle koordinat bilinmeyenleri ile birlikte çözülme (Perçin, A.,1998).

Bununla birlikte hataların 1 ppm’in altında tutulabilmesi için alıcı saatleri UTC ile yaklaşık 7 milisaniye mertebesinde uyumlu olmalıdır. Ayrıca alıcı saatleri arasındaki uyum ise 3 mikro saniye mertebesinde tutularak bu hataların 1 cm’nin altında kalması sağlanır.

2.4.5.2 Uydu Konum Hataları

En zor modellendirilebileni efemeris hatalarıdır. Efemeris hataları yörüngelerinin daha iyi hesabını gerektirmektedir. Hesaplama işlemi ise uydulara etki eden kuvvetlerin yer izleme istasyonlarından doğrudan ve yeterli derecede ölçülememesi nedeniyle çok hassas olmamaktadır. Efemeris hataları, hesaplanacak olan bazın uzunluğu ile orantılı olarak;

$$\frac{db}{b} = \frac{dr}{P_R^S}$$

P_R^S = Uydu alıcı uzaklığı

b: Baz uzunluğu

dr: Uydu konum hatası

db: Baz uzunluğu hatası

Efemeris hataları GPS mesajlarında kasıtlı olarak da artırılabilir. Günümüzde 10-20 m doğruluğa sahip olan yayın efemerisi kullanılarak görelî konum belirlemede 0,5 ile 1 ppm arasında değişen doğruluklar elde edilmektedir.

Bununla birlikte efemeris parametrelerinin doğruluğu Amerikan Savunma Dairesi tarafından iki şekilde kontrol edilir (azaltılır):

1. Selective Availability (SA): Uydu konum bilgilerinin (Yayın Efemerisi) doğruluğu kasıtlı olarak azaltılır.
2. Uydu saat bilgilerine yapay hatalar yüklenir (Clock Dithering).

2.4.5.3 İyonosferik Gecikme Etkisi

İyonosfer genel olarak, elektromanyetik dalgaların yayılmasını etkileyebilecek kadar serbest elektron yoğunluğuna sahip üst-atmosfer tabakası ($\approx 70-3000$ km) olarak tanımlanmaktadır.

Elektromanyetik dalgalar iyonosfer tabakasından geçerken birçok etkiye maruz kalmakta olup bunlardan en önemlisi iyonosferik gecikme etkisidir. Söz konusu etki faz gözlemleri için birinci dereceden bir eşitlikle;

$$\nu = \frac{41}{f_1^2} x \frac{E}{\cos Z_{ion}}$$

E: Uydu ve alıcı arasındaki toplam elektron miktarı

f_1 : Frekans

Z_{ion} : Gözlenen uydunun zenit uzaklığı(Perçin, A.,1998).

Eşitliklerde görüldüğü gibi etki frekansa bağımlı olduğundan L1 ve L2 frekanslarından yararlanarak iyonosferden bağımsız L3 lineer kombinasyonu;

$$L3 = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} x L1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} x L2$$

şeklinde elde edilir veya

L3 lineer kombinasyonu:

$$P_R^S(L3) = \alpha P_R^S(L1) - \beta P_R^S(L2)$$

$$\alpha = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} = 2,54573, \beta = \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = 1,54573$$

şeklinde verilir (Perçin, A.,1998).

L3' den yararlanılarak iyonosferin elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkisi büyük ölçüde giderilebilmektedir. Öte yandan bu eşitlik eğer GPS ağındaki baz uzunlukları 100 km ve daha büyükse iyonosferik etkinin elimine edilmesinde en etkili yöntem olarak karşımıza çıkar.

Ancak küçük ölçekli ağlar için aynı oranda etkili sonuçlar verdiği söylenemez. Çünkü L3 frekansının gürültüsü L1 ve L2' nin her birinden daha fazladır. Bu nedenle küçük ölçekli ağlarda L3 lineer kombinasyonu yerine L1 ve L2 gözlemlerinin kullanılması daha duyarlı sonuçlar verir.

İyonosferik etkinin göz ardı edilmesi ise GPS sonuçlarını ölçek faktörü olarak etkileyecektir. Yani iyonosferik etkinin dikkate alınmadığı bazlarda, hesaplanan baz uzunlukları gerçek değerinden daha kısa olacaktır. Diğer yandan küçük ölçekli bazlar için iyonosfer etkisinin neden olduğu bu ölçek faktörünün etkisini görmek oldukça zordur. Örneğin; 1 ppm, 1 km' lik bir bazda 1 mm' ye karşılık gelmektedir.

Hesaplamalarda L3 gözlem tipinin kullanılması durumunda iyonosfer etkisi doğrudan elimine edilmiş olacağından söz konusu faz gözlemleri yalnızca alıcı ve uydu saat hataları ile troposferik gecikme etkisi için düzeltme almalıdır.

2.4.5.4 Toposferik Gecikme Etkisi

İyonize olmamış atmosferin uydu sinyalleri üzerindeki kırılma etkisi diye de isimlendirilir. Troposferin 40 km' ye kadar olan kısmı uydu sinyalleri üzerinde esas atmosferik etkiye sahip olan kısmıdır. Atmosferin 40 km-80 km arasındaki kısmının etkisi göz ardı edilebilecek kadar azdır. Troposferik etki, uydu ile konum belirlemede oldukça önemli bir hata kaynağını oluşturmaktadır. Bu hata diğer hatalar gibi çift frekans yöntemiyle giderilememektedir.

Troposferik gecikme etkisi ısı, nem ve basıncın bir fonksiyonu olup ölçü noktasının yüksekliğine bağlı olarak bir değişim sunar. Esas olarak iki şekilde dikkate alınır. Birinci durumda (Lokal Model), GPS ölçüsü yapılan her bir noktada 15 ya da 30 dakika aralıklarla ısı, basınç ve ıslak ısı (Nem H.) değerleri de ölçülmektedir. Bu değerler Saastamoinen'in ya da Hopfield'in formüllerinde yerine konarak troposferik düzeltme değeri hesaplanır (Perçin, A.,1998).

Eğer GPS ölçüsü yapılan noktalarda atmosferik parametreler ölçülmemiş ise bu durumda 'Global Model'den söz edilebilir. Burada ekstrapolasyonla elde edilen meteorolojik parametreler kullanılır. Standart deniz seviyesi değerleri kullanılarak (Global Model) elde edilen parametreler Saastamoinen'in ya da Hopfield'in formüllerinde yerine konularak troposferik gecikme etkisi bulunur. Lokal Model GPS ağları için oldukça sorunludur.

Bunlar;

1. Öncelikle atmosferik parametrelerin ölçülmesinde kullanılan standart meteorolojik aletlerin yeterli derecede duyarlılığa sahip olmaması,
2. GPS noktalarında ölçülen atmosferik parametrelerin noktanın üzerindeki atmosferi iyi temsil edememeleridir.

Bu nedenle küçük ölçekli GPS ağlarındaki hesaplamalarda GPS noktalarında ölçülen atmosferik parametreleri doğrudan kullanma genellikle tercih edilmemektedir. Çünkü küçük ölçekli ağlarda mm mertebesindeki doğruluklarla uğraşmaktadır.

Oysa, kullanılan standart meteorolojik aletlerin küçük sistematik hataları, ‘Standart Atmosferik Model’in kullanılmasıyla gelebileceklerden daha büyük sapmalara neden olmaktadır. Eğer küçük ölçekli bir GPS ağındaki noktalar arasındaki yükseklik farkı 100 m’den fazla ise bu durumda formüller yeterli doğruluğu sağlamayacaktır.

‘Lokal Model’in büyük ölçekli GPS ağlarında (100 km ve daha büyük) kullanılması daha uygundur. Büyük ölçekli standart troposfer modellerinde su buharı radyometreleri kullanılarak elde edilecek olan gözlenmiş atmosferik parametrelerin kullanılması daha da hassas sonuçlar verecektir.

2.4.5.5 Faz Sıçramaları

Uydu sinyalinin izlediği yol ile alet arasında bir engel bulunuyorsa sinyal alete ulaşamaz ve kesinti boyunca yapılan faz ölçüleri de doğru olmayan tesadüfi değerlerdir. Uydunun hareketlerinden dolayı, nokta – uydu arasındaki görüş tekrar sağlanır veya sinyalin alete ulaşmasını engelleyen faktör ortadan kalkarsa ölçme işlemi tekrar normal hale dönüşür.

Bununla birlikte, engel öncesi ölçülerdeki tam dalga sayısı ile engelin ortadan kalkması sonucu yapılan ölçülerdeki tam dalga sayısı birbirleriyle uyuşmazlar.

Her iki konumdaki tam dalga sayıları arasındaki farka ‘Faz Sıçramaları (Cycle Slip)’ adı verilir. ‘Faz Sıçramaları’nın belirlenme stratejisi, GPS ölçüleri değerlendirme programlarının en önemli kısımlarından birini oluşturur. Faz sıçramaları Multipath Etkisi (Sinyalin alete yansiyarak ulaşması) ve alet hatasından kaynaklanarak da meydana gelebilir. GPS ölçülerinde faz sıçramalarını arama işlemine ölçülerin temizlenmesi denir.

Faz sıçramalarının aranmasında, zamana bağımlı olarak uydu koordinatları ile gözlem istasyonunun bilinen koordinatlarından faydalanılır. Gözlem istasyonunun konumu için pseudo-uzaklık ölçüleriyle belirlenen koordinatlar yeterlidir. Bilinen yaklaşık istasyon ve uydu koordinatlarından yola çıkarak, koordinatlara göre olması gereken tekli, ikili ve üçlü farklar hesaplanır. Yapılan ölçüler arasında alınan tekli, ikili ve üçlü farklar ile de ölçülere göre gerçek değerler bulunur. Olması gereken ve gerçek değerler arasındaki fark belirlenir (Koordinatlar yardımıyla bulunan değer – Ölçülerle bulunan değer).

Daha sonra farklara en yakın bir polinom fonksiyonu hesaplanarak, bu fonksiyonla uyuşmayan farklar kaba hata veya ‘Faz Sıçraması’ olarak kabul edilir. Ölçüler arasında tekli ve ikili farklar alındığı takdirde, faz sıçraması durumunda fark tam sayıya yakındır. Üçlü fark da sonuç daha belirgin hale gelir. Bir kez fark alma yöntemi uygulandıktan sonra belirlenen faz sıçramalar da göz önüne alınarak düzeltilmiş koordinatlar hesaplanır. Düzeltilmiş koordinatlar yardımıyla tekrar fark alma yöntemlerine göre faz sıçramaları rastlanır. İşlem (olması gereken değer-gerçek değerler arasındaki fark) belirli bir sınırın altında kalıncaya kadar tekrarlanarak, ölçüler faz sıçramalarından arındırılmış hale getirilir.

Tam sayıya yakın olmayan değerler faz sıçramaları olarak işlem görmezler. Bunlar iyonosfer veya başka hatalardan kaynaklanan kalıntı hatalıdır. Çıkan değerlerin tam sayıya yakın olup olmadığı veya sınırın nasıl belirleneceği kararı değerlendirme programları için geliştirilmiş çeşitli stratejilere göre yapılır. Belirlenen faz sıçramalarının sayısı yardımıyla çalışan dalgayla ilgili olarak (L1, L2, L3, L4, L5) ‘Ambiguity’ler hesaplanır (Perçin, A.,1998).

Ölçülen faz sıçramalarından arındırılması takiben ikili farklar ile noktalar arasındaki koordinat farklarını bulunması yoluna gidilir. Kesin uydu koordinatlarının hesaplanabilmesi için uydu sinyalinin gerçek gönderilme zamanını (t_i) bilinmesi gerekir. Sorun iteratif yöntemle çözülür.

Önce, ölçüm esnasında dünyanın dönmesinden kaynaklanan gözlem noktası yer değişiminin, uydu sinyalinin gözlem noktasına ulaşım süresi etkisi göz önüne alınmayarak ölçüle (t_i) yardımı ile yer noktasının koordinatları hesaplanır.

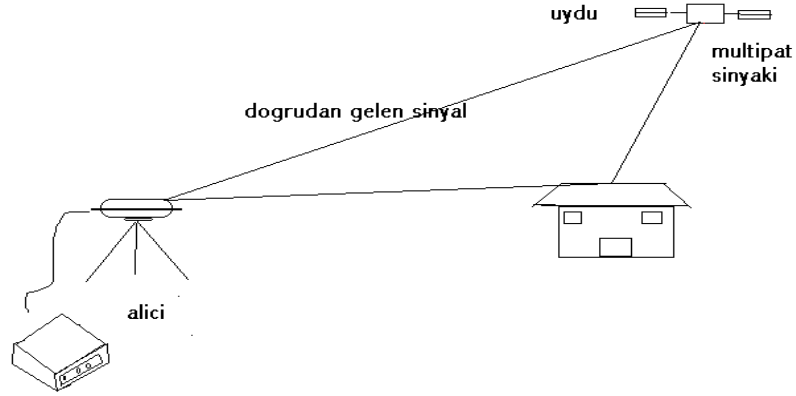
Yer noktası ve uydu koordinatları yardımı ile aradaki uzaklık bulunur. Daha sonra t_i hesaplanır. Belirlene yeni simgelerde tekli farklar alınır ve düzeltilmiş istasyon koordinatlarıyla düzeltilmiş alet saat hataları bulunur. İşlem, uydu sinyallerinin gönderme zamanındaki değişimin belirli bir değerin altında kalmasına kadar devam ettirerek, yer noktasının koordinatları, alet saat hataları ve uygun sinyallerinin gerçek gönderilme zamanları hesaplanır.

Daha sonra da hesaplanan değerler yardımı ile faz sıçramalarından arındırılmış Taşıyıcı – Faz ölçümleri arasında ikili farklar alınarak istasyonlar arasındaki koordinat farkları (bir istasyonun koordinatları sabit tutularak) elde edilir.

2.4.5.6 Yansıma Etkisi

Yansıma uydudan gönderilen sinyalin birden fazla yol izleyerek alıcıya ulaşmasıdır. Yansıma etkisinin nedenini alıcı anteni civarındaki yansıma özelliğe sahip olan yüzeyler ve uydu antenlerinden gelen yansımalar oluşturmaktadır.

Yansıma, uydu sinyalinin alıcı antenine ulaşmadan önce anten çevresindeki arazi yada çeşitli cisimler nedeniyle yansımalar oluşmaktadır. Yansıma, kod faz gözlemleri üzerindeki etkisi alıcı anteninin etrafındaki arazi yapısına, anten yüksekliğine ve anten dizaynına bağlıdır.



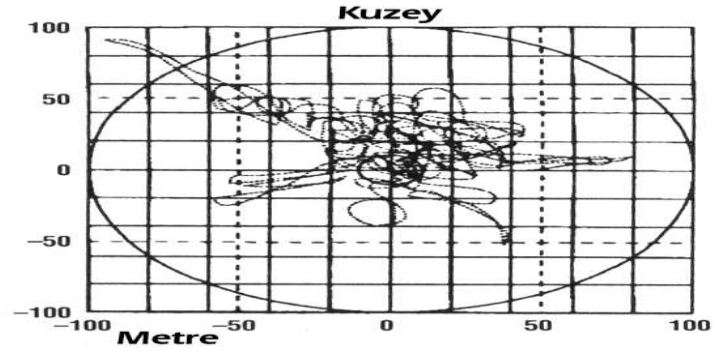
Şekil 2.8 Yansıma etkisi

Yansıyan tasarı uzunluk gözlemleri için yaklaşık 10 m, faz gözlemleri için ise genel olarak birkaç cm'yi geçmemektedir. Uydu anteni düzenleri ile bu değer birkaç mm'ye düşürülebilmektedir.

2.4.5.7 Seçici Kullanılabilirlik

Yukarıda anlatılan doğal hatalardan daha kötüsü, ABD Savunma Bölümü tarafından yapılan "Kasti Hatalardır". Bu "Seçici Kullanılabilirlik" politikasının altında yatan amaç ise, karşı güçlerin GPS sisteminin ABD ve yandaşlarına karşı kötü niyetli kullanımını önlemektir.

ABD Savunma Bölümü tarafından GPS uydu saatlerinde ve uyduların yörüngelerinde baz küçük sapmalar oluşturulur. Bu sapmalar, sistemin sivil kullanımındaki hassasiyetini önemli ölçüde azaltır. Eğer sabit bir GPS alıcısını hareketinin konum grafiğini, Seçici Kullanılabilirlik devrede iken çizmek istersek, pozisyonumuzun 100 m çapındaki bir daire içinde dolaştığını görürüz. Askeri alıcılarda bulunan kod çözücü anahtarlar, hangi hataların devrede olduğunu ve ne kadar olduğunu söyler, böylece hatalar giderilebilir. Bu yüzden askeri GPS alıcıları, çok daha hassas ölçüm kabiliyetine sahiptir.

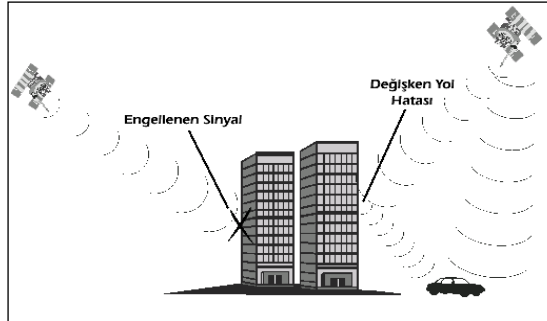


Şekil 2.9 Seçici kullanılabilirlik

2.4.5.8 Değişen Rota Hatası

Dünya yüzeyine ulaşan GPS sinyalleri GPS alıcısına ulaşmadan önce katı cisimler tarafından yansıtılır veya engellenir. Bu hata formuna ‘Değişken Rota (Multipath) Hatası’ denir.

İlk olarak antene gelen sinyal direkt gelirse daha hızlı ulaşır, sonradan yansıtılarak gelen sinyal diğerinden daha geç ulaşır ve bu sinyaller birbirleriyle karışarak gürültülü sonuç yaratırlar.



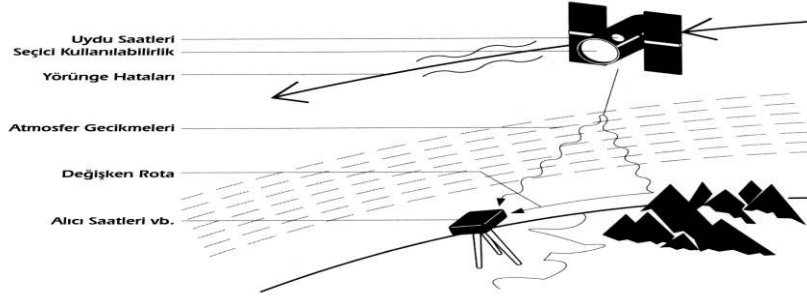
Şekil 2.10 Değişen rota etkisi

Zamanlama GPS için kritik bir faktör olduğu için GPS uyduları atom saatleri ile donatılmışlardır. Ancak atom saatleri de mükemmel değildir. Zamanlamada oluşan çok ufak hatalar, mesafe ölçümünde küçümsenmeyecek yanlışlara yol açar.

2.4.5.9 Uydu Konum Hataları

Uyduların uzaydaki pozisyonları ise hesaplamanın başlangıç noktasıdır. GPS uyduları yüksek yörüngelere yerleştirilmişlerdir ve dünyanın üst atmosferinin bozucu etkilerinden etkilenmezler.

Buna karşın tahmin edilen yörüngelerdeki ufak kaymalar yapabilirler. Buda pozisyon hatalarına yol açar. Zamanlama GPS için kritik bir faktör olduğu için GPS uyduları atom saatleri ile donatılmışlardır. Ancak atom saatleri de mükemmel değildir. Zamanlamada oluşan çok ufak hatalar, mesafe ölçümünde küçümsenmeyecek yanılgılara yol açar.



Şekil 2.11 GPS in bütün hata kaynakları.

Uyduların konumların düzeltme amacı ile yer istasyonlarından aldıkları düzeltme sinyalleri ile olmaları gereken konuma üzerlerinde bulunan güneş pilleri ve roketleri sayesinde konaçlanırlar. Böylelikle oluşabilecek olan mesafe hataları ortadan kaldırılmış olmaktadır.

2.4.6 Uzaktan Konum Belirleme Kavramı

Durağan ve hareketli cisimlerin konumlarını saplamaya konum belirleme denir. İki şekilde konum belirleme işlemi yapılır. Bunlar;

1. İyi tanımlanmış bir koordinat sistemine göre üç koordinat noktası yardımı ile,
2. Koordinatları belli bir noktadan koordinatları belli olamayan noktaya göre, konum belirleme işlemi yapılır.

İyi tanımlanmış bir koordinat sistemi, dünyaya göre yönlendirilmiş ve konumlandırılmış bir sistem belirtir. X^{CT} , Y^{CT} , Z^{CT} dik koordinat sisteminin orijini olarak seçilen C noktası dünyanın kütle merkezi olarak belirtilsin. Z^{TC} eksenini ise orijinden geçen ve coğrafi kuzeyi gösteren doğru olsun. Konumu belirlenecek olan P noktasını belirleyen CP vektörü olsun ve $R^{CT} = [X^{CT}, Y^{CT}, Z^{CT}]$ ile gösterilir.

Bu özel koordinat sistemi, konvansiyonel arazi sistemi olarak tanımlansın. İlk belirtilen sistem nokta konum belirleme, ikincisi de bağlı konum belirleme sistemi olarak adlandırılır.

Kullanılan koordinat sistemi bu önermelerden sonra dikkate alınmadan herhangi biri üzerinden hesaplama yapılabilir. Dünya kütle merkezi orijin olarak kabul edilir. Bu nedenle özellikle kinematik uygulamalarda nokta konum belirleme yerine gerçek konum belirleme kullanılır.

Konumu belirlenecek olan cisim duruyorsa statik konum belirleme, hareketliyse kinematik veya dinamik konum belirleme kullanılır. Bunlardan ilki ölçmede ikincisi de navigasyonda kullanılır.

Bağlı konum belirleme, özellikle iki nokta birbirlerini arazide görüyorsa tercih edilen yöntemdir. Birbirini gören noktaların konumlarını hesaplamak koordinat sistemine göre daha kolaydır.

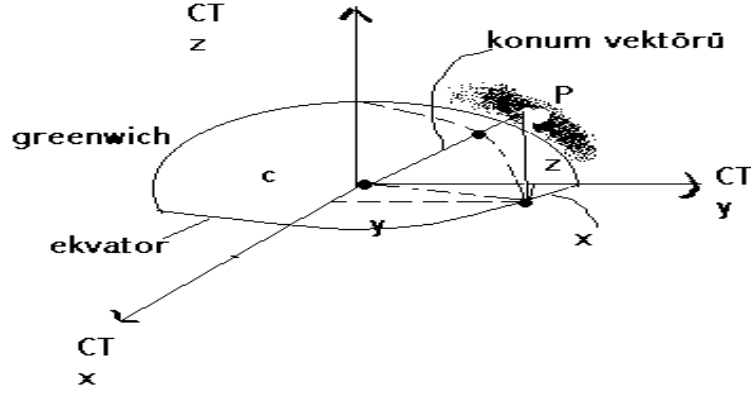
Burada herhangi bir bölgesel konum belirleme sistemi kullanılır. P_1 noktası ve R_1 konumunun bir koordinat sisteminde değerlerinin bulunduğu ve $R_{12}(x, y, z)$ noktalar arasındaki vektörün aynı koordinat sistemi içinde hesaplanabilir.

$R_{12} = R_1 + R_2$ olur. R_{12} farklı bir koordinat sisteminde ise o zaman transformasyonla aynı sisteme çevrilir. Bunun için R dönme matrisi ve W_x , W_y , W_z , dönme açıları olarak gösterilir ise;

$$R_{12} = R(W_x, W_y, W_z) R_{12}$$

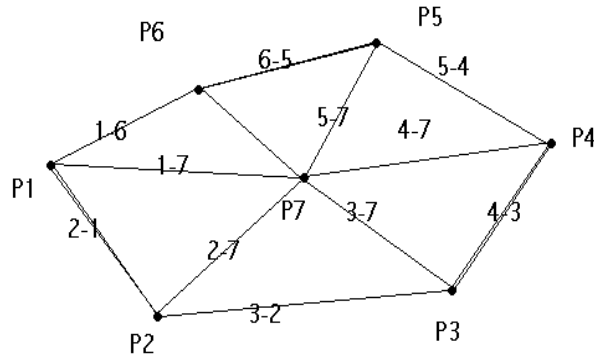
eşitliği kullanılır.

Kinematik konum belirlemede R_{12} ve R_2 'nin zaman fonksiyonları olduğuna dikkat etmek gerekir. Konum belirlemede ağ noktaları üzerinden de işlem yapılmaktadır. Konumları belirlenecek olan noktanın konumu, noktalar ağı arasında birbiri ile bağlantılı olarak belirlenmektedir. Kinematik konum belirlemede R_{12} eşitliği kullanılır.



Şekil 2.12 Yerküre koordinat hesaplama

Noktalar ağıнын yanında, nokta ağı yardımı ile de nokta koordinatı hesaplaması yapılabilmektedir. Bu şekilde yapılan ölçümde referans nokta yarımı ile hesaplama gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.13 Bağlı konum belirleme

Üç noktası bilinen analiz sisteminde, belirlenen yükseklikleri aynı fakat X ve Y koordinatları farklı olan noktaların belirlenmesi ile 3. noktanın bu sistemde izlenmesi gereken nokta olması ile 2 bilinmeyenli 3 denklemin çözme mantığı ile matematiksel olarak ifade edilir.

$$|A|^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

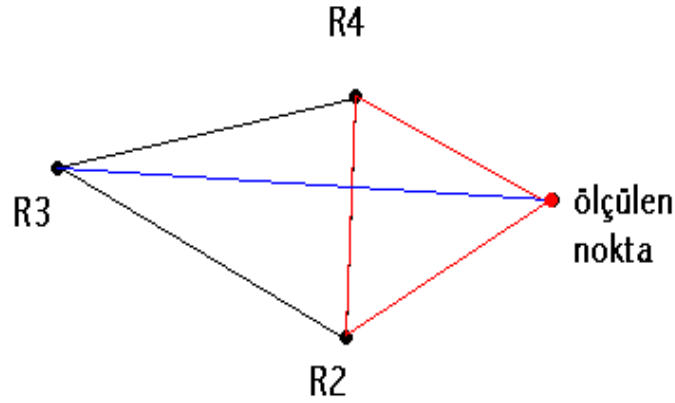
$$|B|^2 = (x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2$$

$$|C|^2 = (x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2$$

Burada temel alına noktaların daha önceden ölçümleri (koordinat tayinleri) yapılmıştır. Bu koordinat tayinleri ister küresel sisteme göre yapılsın isterse istemin kendi belirlediği koordinatlarla yapıla bilinir ve dada çok sistemin kendi belirlediği koordinatlar tercih edilmiştir.

Bu tercihin nedeni olarak da küresel koordinattın hesaplama gereksinimlerini gidermek olduğundan. Yukarıdaki formülde A, B, C mesafeleri sinyallerin geliş zamanlarını ve geliş süreleri hesaplanılarak ortaya konulmuştur. Üç nokta analiz kullanmanın diğer bir nedeni de daha kesin bir sonuç vermesinden dolayıdır.

Bu sistemde, dört üçgen oluşmakta ve bu oluşan dört üçgenden üçü belirlenmesi gereken nokta ile oluşur. Buda herhangi bir frekansa göre ölçümde yanlışlık olması durumunda yanlışlığın giderilmesi için önemli olmaktadır.



Şekil. 2.14 Üç nokta analizi

Bu sistemde yapılan ölçümlerin sağlıklı olması için referans noktalar arasında mesafe ölçümleri alınmakta ve elde edilen frekanssal ölçümler ile karşılaştırılarak (yanılma payı) elde edilen yeni sonuçlara göre kesin nokta tayini yapılmaktadır. Sistemdeki referans noktalar genellikle hareketsiz sabit yapıların üzerine monte edilmektedir (işletme ana binası vb.).

Dört noktası bilinen, sistem de x, y, z koordinatları farklı olan dört noktanın koordinatları hesaplanması ile (koordinat ataması) beşinci istenilen koordinatının bulunması için yapılan matematiksel işlemdir.

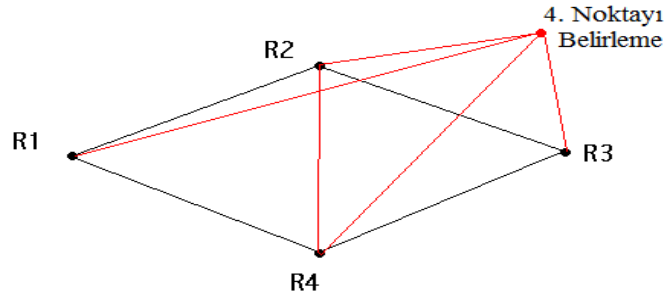
$$|A|^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

$$|B|^2 = (x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2$$

$$|C|^2 = (x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2$$

$$|D|^2 = (x_4 - x_1)^2 + (y_4 - y_1)^2 + (z_4 - z_1)^2$$

Matematiksel mantıkla çözülmektedir bu sistemde koordinat noktalara ya kurumsal yada küresel sistem verileri kullanılarak elde edilir. Dört nokta analizi de yüksekliğinde devreye girmesi ile üç bilinmeyenli dört tane denklem elde edilir buda matematikte çözümü kolay olan denklem sistemidir. Matematiksel olarak sistemin çözümü vardır.



Şekil 2.15 Dört nokta analizi

Sistem daha sonraları noktaların altında veya yanlarında üretim yapılması planlandığından noktaların yerinin değiştirilmesi gibi problemlerle karşılaşıldığında sistemde aksamalara neden olduğunda tercih edilmedi.

Konum belirlemede kullanılan yöntemlerden biride GPS ile ölçme yöntemidir. Ölçü modelinin oluşturulmasında, ulaşılması istenilen hassasiyet ile ölçü süreleri önemli bir faktördür. GPS ile konum belirleme işlemi üç modelde ifade edilir.

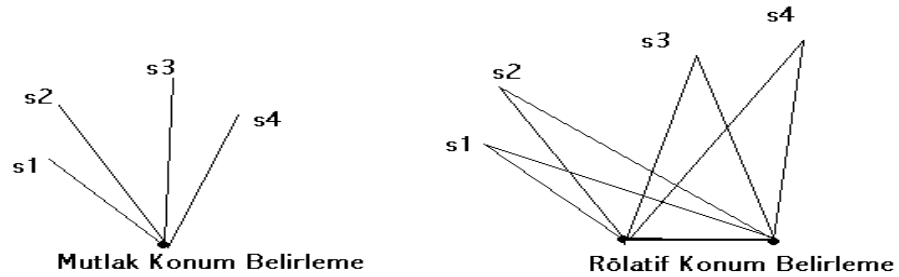
Bunlar;

1. Statik konum belirleme
2. Hızlı statik konum belirleme
3. Dinamik konum belirleme

Statik ölçü yöntemi, 20 km büyük alanlarda 1 saat ve daha fazla süreyle yapılan eş zamanlı ölçü yöntemidir. Bu ölçüm için, noktada sabit tutulan GPS yardımı ile ölçüm yapılır. Sabit noktaya gözlem noktası da denilir. Gözlem noktasının koordinatını belirlemek için en az 4 uydudan gelen sinyaller yardımı ile gerçekleşir.

Bu ölçüme mutlak konum belirleme denilir. Eğer aynı uydularla 2 GPS cihazı ile ölçüm yapılıyorsa buna rölatif konum belirleme denilir. İki veya daha fazla GPS kullanılarak yapılan ölçümlere ise multi - rölatif konum belirleme denilir. Rölatif konum belirleme yöntemi statik ölçü yöntemi için en çok tercih edilenidir.

Hızlı statik ölçme yöntemi, 20 km altındaki uygulama alanlarında kullanılır. Hızlı statik ölçme yöntemi daha az hassasiyet gerektiren ölçümler için tercih edilir. Kinematik ölçme yöntemi, kısa mesafelerde birkaç dakika süreyle eş zamanlı sinyallerin alınması şeklinde oluşur.



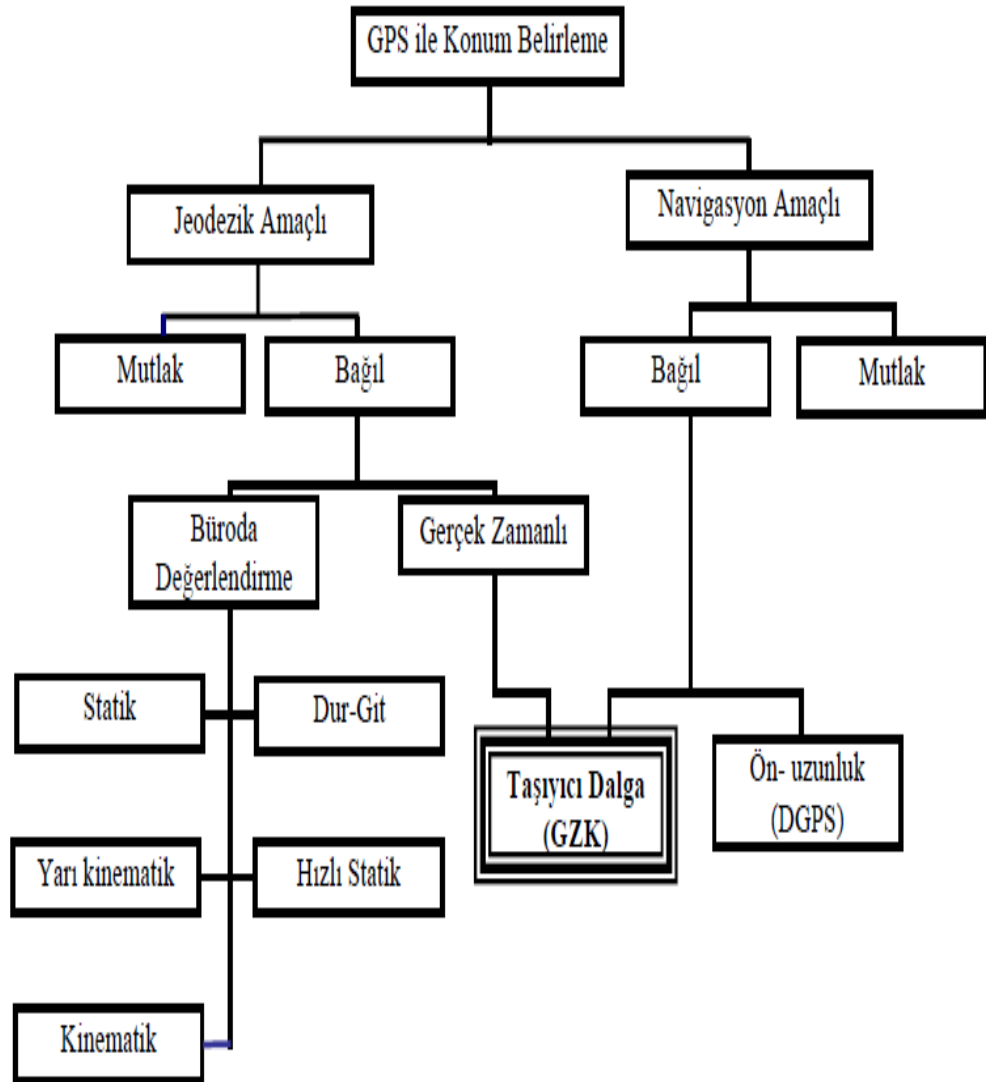
Mutlak – kinematik modelde alet bir süre koordinat tanınan bir nokta da bekletilir, nokta ile uydular arasındaki tam dalga sayılarının belirlenmesini sağlar. Daha sonra da noktadan ayrılarak koordinatı belirlenecek ikinci noktaya hareket edilir.

Noktaya ulaşıldıktan sonra nokta üzerinde birkaç dakika beklenmesi ile ölçüm gerçekleşir. Yöntemin avantajı, kısa bir sürede noktalar arasındaki koordinat farkının belirlenmesidir.

Rölatif – kinematik GPS ölçü sistemi, bu sistem en çok jeodezi ile ilgilenen işlemlerde tercih edilir. Sistemde antenler, önce koordinatları bilinen iki nokta arasında bekletilir.

Daha sonra GPS ölçü aletlerden biri sabit kalırken diğeri hareket ettirilir ve koordinatı belirlenecek olan noktada biraz beklendikten sonra koordinatı belirlenecek diğerk noktalara hareket ettirilir.

Böylelikle koordinatı belirlenecek olan çok sayıda noktanın kolaylıkla ölçümü yapılır. Antenlerden biri sabit kaldığı için bu yöntememutlak – kinematik konum belirleme denilir.



Şekil 2.17 GPS ile konum belirleme

2.4.7 GPS' in Çalışma Prensipleri

2.4.7.1 Uyduların Konumunun Önemi

GPS alıcısı yerini belirlemek için, öncelikle uyduların kesin yerini bilmelidir ve onlara ne kadar uzaklıkta olduğunu bulmalıdır.

Şimdi GPS' in uyduların yerini nasıl öğrendiğini inceleyecek olursak; Alıcı uydudan iki çeşit bilgi alır. Bunlardan birisi, uyduların konumlarını bildiren “almanak veri – almanak bilgisi” dir. Almanak bilgisi sürekli olarak yollar ve GPS' in hafızasında saklanır.

Bu sayede GPS her uydunun yörüngesini bilir ve olması gereken konumu hesaplar. Uydular konum değiştirdikçe almanak bilgisi yenilenir.

Uydu yörüngelerinde ufak sapmalar meydana gelebilir. Bu sapmaların hesaplanması için kontrol bölümü uyduların yörünge bilgilerini sürekli olarak izler. Elde edilen bu hata verileri Ana kontrol merkezine ulaştırılır ve düzeltilerek buradan uydulara geri gönderilir. Bu düzeltilmiş kesin konum bilgilerine Ephemeris Data – Geçici Bilgi adı verilir. Bu bilgiler güncelliğini 4 ila 6 saat arasında korur. Ephemeris bilgisi daha sonra kodlanarak GPS alıcısına gönderilir. Almanak ve Ephemeris bilgilerini alan GPS alıcısı, uyduların kesin konumlarını sürekli olarak belirler.

2.4.7.2 Zamanlamanın Önemi

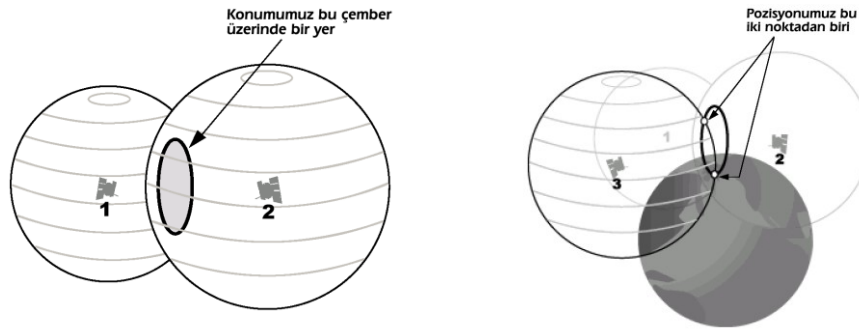
GPS alıcısının uyduların kesin konumlarını bilmesinin yanı sıra uydulara olan uzaklığını da bilmesi gerekir. Bu sayede, dünya üzerindeki yerini hesaplayabilir. Bunun için basit bir formül kullanılır. Uyduya olana uzaklık; gönderilen sinyalin geliş süresiyle, hızının çarpımına eşittir ($\text{Geliş Süresi} \times \text{Hız} = \text{Mesafe}$). Uzaklığı belirlemek için kullanılan bu formülde, hızı zaten bilmekteyiz. Radyo dalgasının hızı, atmosferdeki ufak etkiler sayılmazsa, Işık Hızına eşittir. ($c = 300.000 \text{ km/sn}$)

Bundan sonra, formülün zaman kısmının hesaplanması gerekir. Çözüm uydulardan gelen kodlanmış sinyallerin içinde saklıdır. Gönderilen koda “Pseudo - Random Kod” adı verilir. Böyle adlandırılmasının sebebi, çok düzensiz bir sinyal olmasıdır. GPS alıcısı da aynı kodu üreterek, uydudan gelen kodla eşleştirmeye çalışır. Bu iki kodu karşılaştırarak aradaki gecikmeyi tespit eder, bu gecikme miktarı ile ışık hızının çarpımı mesafeyi verir.

Yaklaşık olarak bir uydudan sinyalin dünyaya ulaşma süresi 0,06 saniyedir. Saniyenin binde birinde oluşacak bir hata, mesafe ölçümünde 300 km’lik bir kaymaya sebep olacaktır. GPS alıcısının saati, uydudaki saatler kadar hassas değildir.

Alıcıya bir Atom Saati koymak ise çok pahalı ve çok hantal olur. Bu yüzden, uyduya olan mesafe ölçümü, “Tasrı Uzunluk” olarak adlandırılır. Bu bilgiyi kullanarak pozisyon belirlemek için, 4 uydu kullanılarak saat hatasını minimuma indirinceye kadar ölçüm yapılır.

2.4.7.3 Geometrik Hesap

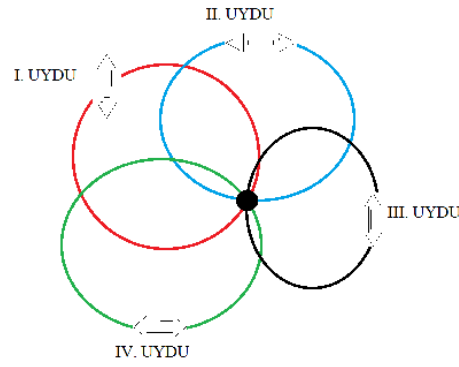


Şekil 2.18 Geometrik hesaplamalar

Uyduların yerlerini ve uydulara olan uzaklıkları biliyoruz. Diyelim ki, birinci uyduya olan uzaklık 20.000 km; bizim yerimiz, merkezi uydu olan ve 20.000 km çapındaki kürenin yüzeyi üzerindeki her hangi bir nokta olabilir. İkinci bir uyduya da 21000 km uzaklıkta olalım.

Bu durumda, ikinci küre birinci küre ile kesişerek ara kesitte bir çember oluşturur. Eğer buna 22.000 km uzaklıkta üçüncü bir uydu eklersek, üç kürenin ortak kesim noktası olan 2 nokta elde ederiz.

İki olası pozisyon belirlenmesine rağmen bu iki nokta arasında büyük koordinat farkları mevcuttur. Bu iki noktadan hangisinin gerçek pozisyon olduğunu bulmak için, GPS alıcısına yaklaşık yükseklik verisinin girilmesi gerekir. Bu iki şekilde GPS geriye kalan iki boyut içinde kesin pozisyon belirlenebilir. Fakat üç boyutta yer belirlemesi için GPS dördüncü bir uydu daha kullanır. Dördüncü uydunun oluşturduğu ve diğer uyduların oluşturdukları kürelerin kesiştirtmesi sonucunda bu kürelerin ortak kestirim noktası kesin konumu belirtir.



Şekil 2.19 Dört uydu ile konum hesaplama

2.3.7.4 Almanak Bilgisi

GPS sürekli olarak, uyduların konumları ile ilgili bilgileri depolar. Depolanan bu bilgiye Almanak Bilgisi denir. GPS uzun süre çalıştırılmazsa, daha önce toplanmış olan Almanak bilgisi güncelliğini yitirir. Buna GPS' in “soğuması” adı verilir.

GPS “soğuk” iken çalıştırılırsa uydudan bilgi toplaması uzun sürebilir. Uydulardan alınan bilgiler dört ile altı saat güncelliğini korur, bu süre içinde GPS tekrar açılır ise bu durumda GPS “sıcak” olarak nitelendirilir ve çalışmaya başlaması çok daha kısa süre alır. GPS' lerin özellikleri arasında “Sıcak” ve “Soğuk” başlatma süreleri yer alır.

GIS' e veri toplamak için GPS ile santimetre ile 100 metre duyarlık arasında konum belirleyen ölçü yöntemleri kullanılabilir. Bunlar mutlak ve rölatif olarak iki ana başlıkta toplanabilir (Perçin, A.,1998).

2.4.8 GIS İçin Kullanılabilecek GPS Ölçü Yöntemleri

2.4.8.1 Mutlak Konum Belirleme

Bir noktanın mutlak konumu denince seçilmiş bir referans sistemine göre noktanın yeryüzü üzerindeki yeri anlaşılır. GPS ile WGS-84 sisteminde bir noktanın mutlak konumu, konumu belirlenecek nokta ile 4 veya daha fazla uyduya olan mesafeler kullanılarak uzay geriden kestirme yöntemi ile belirlenebilir.

GPS kod ölçüleri kullanılarak bir noktanın mutlak konumu %95 olasılıkla yatayda 100 metre düzeyde ise 150 metre duyarlıkla belirlenebilir. Bunun sebebi SA (Seçici kullanılabilirlik) denilen GPS uydu sinyallerine bilerek getirilen duyarlık bozucu etkiler, uydu almanak bilgilerinin hassas olmayışı ve sinyalin atmosferde troposfer ve iyonosfer tabakalarından geçerken gecikmeye uğramasıdır.

Ayrıca yer noktasındaki yansıma (sinyalin alıcıya doğrudan ulaşamaması) ve alıcı donanımındaki parazit nedeniyle konum duyarlığı da düşebilir. Bu etkiler GPS alıcısının açık olduğu süre boyunca her bir epok için belirlenen konum bilgilerinin ortalaması alınarak (mutlak konum belirleme) azaltılabilir ve bu sayede ortalama 5 metre hassasiyetinde konum bilgisine ulaşılabilir.

2.4.8.2 Rölatif Konum Belirleme

Bir noktanın konumu diğer bir noktaya göre belirleniyorsa buna rölatif konum belirleme denir. Rölatif konum belirleme sayesinde uyduya ve GPS ölçülerine bağlı hatalar minimuma iner veya ortadan kalkar. Bu nedenle hassas konum belirleme çalışmalarında bu yöntem kullanılır.

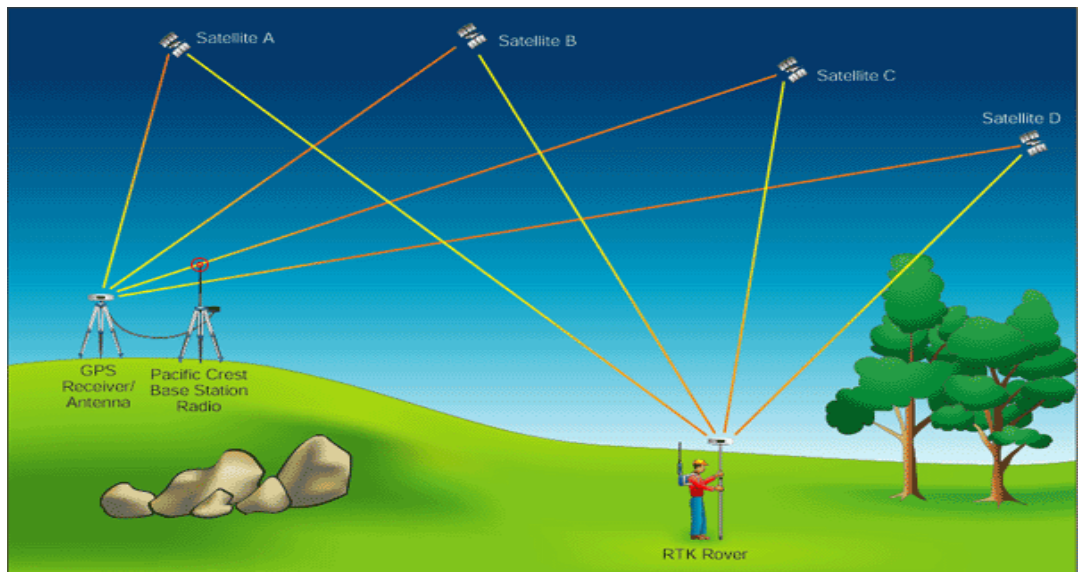
GIS için genellikle ya mutlak konum belirleme ya da rölatif konum belirleme türlerinden olan DGPS (Differential GPS) veya RTK GPS (Real-Time Kinematik GPS) kullanılır.

2.4.8.3 Gerçek Zamanlı Kinematik DGPS

Bu yöntem kod ölçülerini kullanır. İki adet GPS alıcısından birisi referans olarak seçilen noktanın üzerine kurulur. Referans noktasının koordinatlarının daha önceden hassas bir şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir.

Bu alıcı, üzerine kurulduğu nokta ile sinyal aldığı uydular arasındaki psoydo uzunlukları kullanarak mutlak konum belirler. Bulduğu konum bilgilerini daha önceden bilinen konum bilgileriyle karşılaştırır ve bu sayede hesapladığı düzeltmeleri bir radyo vericisi yardımıyla gezici olan ikinci alıcıya gönderir.

Gezici GPS alıcısı bu düzeltmeleri bir radyo alıcısı yardımı ile alır. Bu sayede hassa psoydo uzunluk ve dolayısıyla da hassas konum bilgisine ulaşılmış olunur. Arazide anlık olarak konum bilginse ulaşılabildiği için bu yöntem gerçek zamanlı DGPS olarak da bilinir. Bu yöntem de koordinat bilgilerindeki hassasiyet 1 m civarındır.



Şekil 2.20 DGPS yöntemi

2.4.8.4 Orta Dalga Radyo Sinyali Yayınlayıcılar

Orta Dalga Radyo Sinyali Yayınlayıcıları gerçek zamanlı diferansiyel sistemleri ilk önce denizcilik ve navigasyon amaçlı kurulmuştur. Topoğrafik olarak geniş bir bölgeye hakim bir yere orta dalga sinyal gönderen bir radyo istasyonu kurulur. Burası referans istasyon görevi yapar ve hesapladığı diferansiyel düzeltmeleri 24 saat boyunca kullanıcılara ücretsiz olarak yayımlar. Radyo istasyonunun sinyal yayınlayabilme mesafesi 75 ila 450 km arasında değişmektedir. Sistemin hassasiyeti ve sinyal alabilme mesafesi kullanılan GPS alıcısının kalitesine ve özelliklerine göre değişmektedir.

Sistemin hassasiyeti radyo istasyonundan uzaklaştıkça düşmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı sistemin maliyetinin bu sisteme uyumlu bir tek GPS alıcısının fiyatıyla sınırlı olmasıdır. Çünkü DGPS için gerekli olan düzeltmeler radyo istasyonu tarafından ücretsiz olarak isteyen GPS kullanıcılarına yayınlanmaktadır. Bu nedenle iki GPS alıcısı yerine bir tek alıcı ile DGPS yapılabilir. Ayrıca bu sistemin GIS açısından en büyük avantajı sistemin GPS/GIS veri toplama sistemleriyle entegre bir şekilde çalışabilmesidir.

2.4.8.5 Uydu Diferansiyel Servisler

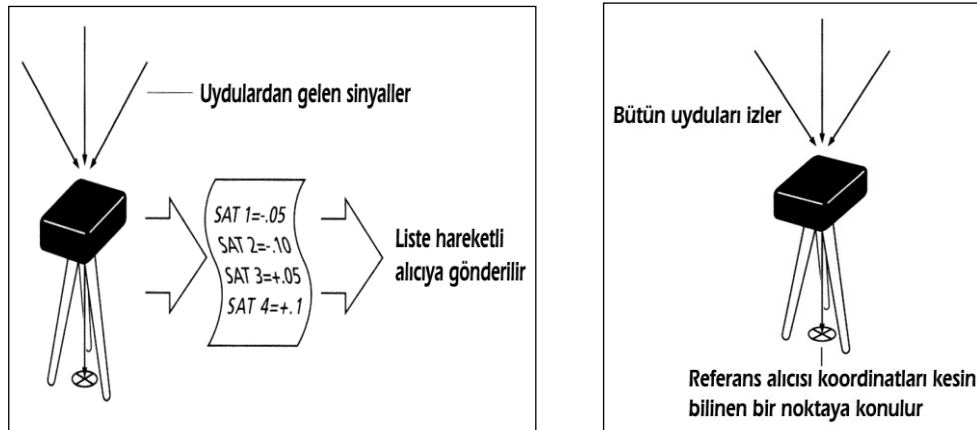
Gerçek Zamanlı DGPS' in bir diğer uygulama şekli de ölçülere getirilen düzeltmelerin gezici alıcılara haberleşme uyduları vasıtasıyla sunulduğu sistemdir. Bu sistemde diferansiyel düzeltmeler dünya üzerinde bir istasyondan değil de uzaydaki haberleşme uydularından yayımlanır. Bu sayede çok daha geniş alanlara düzeltmeler ulaştırılabilir. Bu özelliği ile diğer gerçek zamanlı DGPS uygulama şekillerine üstünlük sağlar.

Bu amaçla kullanılan uydular geostationary uydulardır ve gönderilen sinyaller GPS sinyallerine oranla daha zayıftır. Uydu diferansiyel sistemi kullanıldığı zaman elde edilecek hassasiyet yaklaşık yarım metre civarındadır.

Düşük maliyetli alıcılarda bu hassasiyet daha da düşer. Ayrıca sistemin hassasiyeti toplanan veri tipine, kullanıcının çalıştığı çevreye bağlı olarak değişmektedir. Bu sistemde kapsama alanları içinde olacak şekilde birçok referans istasyonları mevcuttur. Her bir istasyon ana referans istasyonundaki gibi düzeltmeleri hesaplayabilir. Bu sayede ana referans istasyonundan uzaklaştıkça oluşan hassasiyet kaybı ortadan kalkmaktadır.

2.4.8.6 Veri Aktarmalı DGPS

DGPS' in diğer bir şekli de veri aktarmalı DGPS dir. Bu yöntemde radyo modemi kullanılmaz. Arazide eş zamanlı olarak toplanan ölçüler ham veriler halinde referans ve gezici alıcılarda bulunan veri kartlarına kaydedilir. Bu ölçüler daha sonra büroda bu amaçla yazılmış yazılımlarla değerlendirilerek 1 metre hassasiyetinde konum bilgisi elde edilebilir.



Şekil 2. 21 Veri aktarmalı DGPS' de bilgi toplam ve İletme

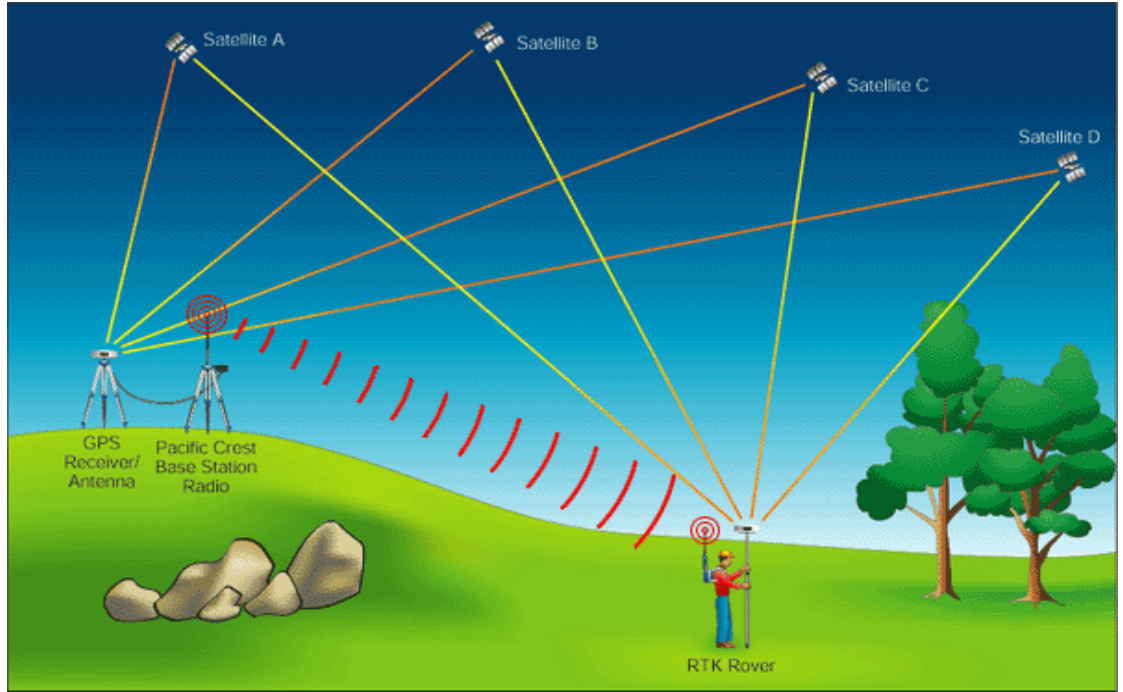
2.4.8.7 RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik)

Gerçek zamanlı ölçü teknikleri içerisinde en hassas sonuç veren ölçü yöntemidir. RTK GPS, çalışma ilkesi bakımından tıpkı DGPS 'e benzer. RTK GPS 'in DGPS 'ten tek farkı kod ölçüleri yerine taşıyıcı dalga faz ölçülerini kullanmasıdır. Taşıyıcı dalga faz ölçüleri kod ölçülerine göre daha hassas olduğu için RTK GPS çok daha hassas sonuç verir.

Yöntemin hassasiyeti $1-2\text{cm} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S$ ($S=\text{km}$. cinsinden referans ile gezici arasındaki mesafedir). Ancak bu yöntem $S < 50 \text{ km}$. ise anlamlı sonuç verir.

GPS, hızlı, ucuz ve güvenilir veri toplayabilmesinden dolayı son yıllarda tüm dünyadaki GIS uygulayıcıları tarafından en çok tercih edilen veri toplama yöntemleri arasına girmiştir.

GPS ile toplanan veriler kullanılan alıcıların teknik özelliklerine, kapasitelerine ve kullanılan GPS ölçme tekniğine göre hassasiyet ve maliyet açısından çeşitlilik göstermektedir.



Şekil 2.22 RTK (Geçek Zamanlı Kinematik)

GIS' de veriler iki temel bileşenden oluşur. Bunlar veriye ait konum bilgisi ve bu konumu karakterize eden öz nitelik bilgisidir. Bir coğrafik detayın konumu denilince bir koordinat çifti veya koordinatlar dizisi anlaşılır ve her coğrafik detay nokta, çizgi veya alandan (poligon) oluşur. Öz nitelik bilgisi ise konumu belli coğrafik detaya ait tanımsal bilgilerdir. Mesela bir yola ait öz nitelik bilgisi yolun uzunluğu veya genişliği, bir ağaca ait öz nitelik bilgisi ise ağacın cinsi olabilir. Bu nedenledir ki GIS' de konuma bağlı analizler ve sorgulamalar coğrafik detayların konumsal bilgilerinin yanında öz nitelik bilgilerinin de olması ile gerçekleştirilebilir.

Konumsal veri ile birleştirilmiş öz nitelik bilgisi coğrafik detayların özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. GPS / GIS veri toplama yöntemleri değişen ve gelişen teknolojiye paralel olarak çeşitlilikler göstermektedir. Otomatik veri toplama sistemleri geliştirilmeden önce GIS için veriler GPS ile çok ilkel biçimde toplanabiliyordu. Arazide herhangi bir coğrafik detaya ait koordinatlar alıcının ekranından okunmak suretiyle öz nitelik bilgileriyle birlikte bir kâğıda yazılmakta bu konum ve öz nitelik bilgileri bir GIS yazılımına teker teker elle girilmekteydi.

Daha sonra konum bilgilerini hafızasında depolayabilen GPS alıcıları üretildi. Bu sayede arazide konum bilgileri kâğıda yazılırken yapılacak hatalardan kurtulmuş oldu. Fakat bu konum bilgileri bir GIS veri tabanına halen elle aktarılabilmekteydi. Bir sonraki aşamada GPS verilerini otomatik olarak GIS veri tabanına aktarabilen sistemler geliştirildi. Fakat GIS için gerekli olan öz nitelik bilgileri GIS veri tabanına eskiden olduğu gibi elle aktarılabiliyordu. Daha sonra her bir coğrafik detaya ait öz nitelik verilerini nokta, çizgi veya alan bilgileri olarak farklı veri kütüklerinde depolayabilen sistemler geliştirildi.

Fakat bu sistem kullanıcının yalnızca bir tip veri toplayabilmesine imkân sağlıyordu. Bu nedenle örneğin çizgi şeklinde bir coğrafik detaya ait veri toplanırken bunun yol mu yoksa sınır bilgisi mi olduğu yine elle girilmekteydi. Daha sonra geliştirilen diğer bir GPS/GIS veri toplama şekli de bağımsız giriş notları ile nesne tanımlamadır. Bu veri toplama GIS verileri yoğun ve komplike değilse kullanılır. Burada verilerin, GIS nesne ve öz nitelik bilgileriyle uyumlu olması gerekmektedir çünkü bir nesne bağımsız olarak çok farklı olarak tanımlanabilmektedir.

Her ne kadar GPS/GIS veri toplama sistemleri istenilen hassasiyette konumsal veri verebilse de GIS uygulamalarında önemli olan sistemin aynı zamanda öz nitelik bilgilerini de yüksek kalitede ve etkin bir şekilde toplayabilmesidir. Bu da ancak standart terminolojinin varlığıyla mümkündür. Standart terminoloji özellikle subjektif öz nitelik bilgisi için önemli olan, "toplanan verinin doğru yorumlanmasını kolaylaştırır. Tutarlı olmayan bir terminoloji ve veri yapısı toplanan verinin bir GIS ortamına aktarımını zorlaştırır.

Bugün kullanılmakta olan GPS/GIS veri toplama sözlükleri coğrafik detayları ve bunlara ait öz nitelik bilgilerini listeleyebilmektedir Tablo 1. Bu sözlükler GIS veri yapı modelinden oluşturulmuştur. Her coğrafik detay nokta, çizgi ve alan olarak tanımlanmıştır ve bunların her biri için GPS verisi farklı şekilde toplanabilmektedir. Mesela arazide GPS kullanıcısı konumunu belirlediği coğrafik detayın adının elektrik direği olduğunu, tipinin nokta olduğunu, girilen öz nitelik bilgisinin direğin yüksekliğini ifade ettiğini ve bu bilginin sayısal karakterde olduğunu veri sözlüğü kullanarak rahatlıkla kaydedebilmektedir. Ayrıca bu veri sözlükleri kullanıldığında öz nitelik tipini özelleştirmek suretiyle arazide girilecek veri için belli bir alan ayrılabilir. Mesela yükseklik bilgisi için üç basamak yer ayrılmışsa buraya en fazla üç basamaklı sayısal bir bilgi girilebilir.

Bazı GPS/GIS veri toplama sistemleri bir GIS tablosunu transfer ederek bunu bir veri toplama sözlüğüne çevirir. Kullanıcı verileri bu tabloyu doldurarak toplar. Bu sayede toplanan verinin daha tutarlı ve güvenilir olması sağlanmış olur. GPS de hassasiyet arttırmak için DGPS kullanılır. Basit GPS otonom olarak çalışır. Başka bir deyişle, tek bir alıcı ile dünyanın herhangi bir yerinde iyi sonuçlar alınabilir.

Ancak, DGPS iki alıcının birlikte kullanımından oluşur. Biri sabit diğeri hareketli olarak çalışır. Burada sabit alıcı DGPS sisteminin hassasiyetinin anahtarıdır. Bu sabit istasyon uydulardan alınan ölçüm değerlerini referans değerleri olarak kullanır.

- Referans Alıcısı Hataları Ölçer
- Hata Düzeltmeleri Hareketli Alıcıya Gönderilir
- Düzeltme Faktörlerinin Gönderilmesi

GPS ve kullanım alanı hakkındaki bilgiler bu şekilde olup bu teknolojinin madencilikte kamyon nakliyatını geliştirmekte nasıl kullanılacağı hakkında bilgi verelim. GPS yardımı ile araçların konum bilgileri alınmaktadır. Alınan bilgiler sayesinde aracın nerde olduğu ve ne yaptığı bilinmektedir. Aracın boş beklemekte veya kuyruk oluşturmasını engellemek için konum bilgilerinin bilinmesi gerekmektedir. Kamyon nakliyatında GPS kullanımının sağladığı faydaları ve yöntemler hakkında bilgi verelim.

BÖLÜM ÜÇ

KAMYON SEVKİYAT SİSTEMLERİ

3.1 Giriş

Açık maden ocaklarında kazılı malzemenin atık veya stok sahsına taşınması gerekmektedir. Açık maden ocaklarında kazılı malzemenin yükleme ve taşıma işlemi için kamyon – yükleyici sistemleri tercih edilmektedir. Kamyon – yükleyici sisteminde taşınan malzeme, genel işletme maliyetinin % 40- 60 arasında bir maliyetle taşındığı hesaplanmıştır (Gamache, M. 2002). Taşıma maliyetini azaltma işlemi için çeşitli sistemler ve yöntemler ortaya konulmuştur. Bu bölümde, kamyon yükleyici sistemini ekonomik hale getirmek için uygulanan ve uygulanmakta olan sistem ve yöntemler hakkında bilgi verilecektir.

3.2 Kamyon Sevkiyat Sistemlerinin Tarihçesi

Açık maden ocağı işletmelerinde en çok tercih edilen malzeme taşıma yöntemi kamyon nakliyatıdır. Günümüz teknolojilerindeki gelişmeler ile kamyonla yapılan taşıma işleminin de daha ekonomik ve teknolojik olması gereği duyulmuştur. Açık maden ocağı işletmelerinde, ilk düşünülen sistem kamyonların taşıma kapasitelerinin artırılması ile daha büyük yükler taşımalarını sağlamaktır. Daha büyük taşıma kapasiteli kamyonları kullanma isteği ile kamyon üretim piyasasında büyük gelişmeler yaşanmıştır. Büyük taşıma kapasiteli kamyonların kullanımı ile küçük tonajlı kamyonların kullanım ihtiyacı azalmıştır.

1930’lu yıllarda kamyon – yükleyici sisteminde 150 Hp motor gücüne sahip ve 15 ton ile 20 ton kapasiteli kamyonlar kullanılmaktaydı. 1959 yılında 50 ton kapasiteli kamyonlar Butte Anaconda Firmasında kullanılmaya başlandı. 1960’lı yılların başlarında, 11 m³ olan kepçe hacimli yükleyiciler kullanılmaya başlandı. 1960’lı yılların ortalarında kamyon ve yükleyici hacimleri hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır.

Bu zamanda kamyon taşıma kapasiteleri 100 tona ve yükleyici kepçe hacimlerinde 15 m³'e ulaşmıştır (Bonates, E. J. L. 1992).

Kamyon kapasitelerindeki artış ile maden ocaklarındaki yıllık maden üretim miktarları arttı. Açık maden ocaklarında daha fazla sayıda kamyonu ihtiyaç duyulmasına neden oldu. Bazı açık ocak madenlerinde, kamyon sayıları 150 civarını buldu. Açık maden ocaklarındaki kamyonların sayılarının artması yönlendirme işlemini zorlaştırmaya başladı.

Açık ocak madenciliğinde, kullanılan kamyon - yükleyici nakliyat sistemi çok büyük operasyonel esneklik ve çok yönlülük nedeniyle tercih edilmektedir. Açık işletmelerde kamyonlar çok çeşitli rampalarda ve eğimlerde çalışabilmektedir. Açık ocaklarda kamyon nakliyatı çok tercih edilmesine rağmen kamyon nakliye maliyetleri, toplam işletme maliyetlerinin % 50'sinden fazla olmaktadır.

Açık ocak madenlerinde taşıma maliyetlerinin yüksek olmasına; daha yüksek tonaj çıkışları, daha büyük ve derin çukurlardan taşıma mesafeleri ve artan enerji maliyetleri de eklenir. Açık ocak madencilik birim operasyon maliyetleri dağılımı tablo 3.1. de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Açık maden ocağı maliyet dağılım tablosu (Bonates, E. J. L. 1992).

Yapılan İşlem	Toplam Maliyet Oranı(%)
Sondaj	8
Patlatma	8
Yükleme	18
Taşıma	47
Genel	19

Açık maden ocağı işletmelerinde kazılı malzemenin taşınma maliyetlerini azaltmak için dört yönteme başvurulmaktadır.

Bunlar;

1. Çalışma koşullarını iyileştirmek
2. Taşıma ve yükleme kapasitelerini arttırmak
3. Kamyonları yenilemek
4. Taşıma ve yükleme noktalarının kontrolü

Çalışma koşullarını iyileştirmek, açık ocak maden işletmesinde taşıma işlemi için kullanılan yolların, bekleme yerlerinin, dolum ve boşaltım noktalarının iyileştirilmesidir. Daha verimli yükleme işlemi ile de kamyonun çalışma verimi arttırılmaya çalışılır.

Taşıma ve yükleme kapasitelerini arttırmak, kamyonların taşıma hacminin ve yükleyicilerin yükleme hacminin arttırılması işlemidir. Kamyonların zorlu arazi koşullarında çalışması ile motorlarının aşırı zorlanması, hareket iletim organlarının yorulması ile de işletme bakım ve onarım maliyetleri artmaktadır. Bu giderin en aza indirilmesi için kamyonların belli bir zaman periyodunda yenilenmesi gerekmektedir. Taşıma ve yükleme noktalarının kontrolü, yükleme ve boşaltma noktalarının kontrolü ile uygun ekipmanların uygun noktalara sevki ile hem yükleyicilerin boş kalmaması hem de boşta bekleyen kamyonlar engellenmiş olur. Bu şekilde daha etkin kamyon ve yükleyici kullanılması sağlanabilir.

Kamyon – yükleyici sistemi açık maden ocaklarında en çok tercih edilen taşıma sistemidir. Çok ekonomik bir sistem değildir ancak çok kolay uyum sağlamaktadır. Kamyon – yükleyici sistemi açık maden ocağında yapılan delme, patlatma ve taşıma sistemlerinde kolay uyum sağlamasından ve her tür arazi koşulunda uygulanmasından dolayı tercih edilir. Bu sistemin maliyet giderlerini azaltmak için kullanılan kamyonların ve yükleyicilerin daha verimli ve ekonomik kullanılmasının yolları aranmaktadır.

3.3 Kamyon Yükleyici Sistemi

Kamyon – yükleyici sistemi, uygun sayıda (optimum) kamyon kullanmak daha düşük maliyetlerle daha fazla malzeme taşımak için oluşturulmuş bir sistemdir.

Kamyon – yükleyici sisteminde, ekipman seçimi bazı önemli faktörlere bağlı olarak belirlenir. Bu faktörler doğal koşullara ve maden özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Doğal faktörler; madenin bulunduğu alandaki topografya, yer altı suyu, cevher ve pasa durumu, hava şartları ve zemin türünü içerir.

Bu faktörlere ek olarak, projeden kaynaklanan etmenler de vardır. Bunlar; madenin rezerv durumu, madenin tenör durumu, işletmenin ekonomik ömrü, madenin üretim miktarı, vb. gibi faktörlerdir. Bu faktörler, madenin üretimi için oluşturulacak olan birim maliyeti ve seçilecek kamyon – yükleyici sisteminin türünü etkilemektedir.

Uygun (optimum) ekipman seçimi ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak üç temel öge üzerinden değerlendirilebilir. Bunlardan ilki sermaye maliyetini minimum seviyede tutmak, ikincisi ekipmanların planlanması ve son olarak da birim üretim maliyetlerinin minimum optimizasyonudur.

Bazı durumlarda projede doğal faktörlerden çok ekonomik faktörler önemli olmaktadır. En önemli faktörlerden biri de işletmede üretilen malzemenin ekonomik olması ve sistemin işletme maliyetinin belirlenmesidir. Çok sayıda ekipman kullanımı genellikle maliyet açısından üç temel yük meydana getirir.

Bunlar;

- 1- Araçların Yatırım Giderleri
- 2- İşletim Gideri
- 3- Bakım Gideri

Açık maden ocağı işletmelerin planlama yapılırken, işletme için planlanan ekipmanların tahmini maliyetlerinin ve işletme giderlerinin hesaplanması gerekmektedir. Açık maden ocağında kullanılacak olan ekipmanların tahmini çalışma verimleri ve koşulları belirlenmelidir. Açık maden işletmesinde kullanılabilecek diğer nakliye yöntemlerinin maliyetlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Maliyet açısından farklı alternatif yöntemler üretilmeli ve değerlendirilmeye alınmalıdır.

Açık maden ocağı işletmesi için kullanılacak olan ekipmanların maliyetlerine eklenecek olan ilk yatırım ve faiz ile ilgili her türlü yıllık ücret, vergi, sigorta ve sermayeye dayalı her türlü amortisman giderleri işletme maliyetleri içerisinde dağıtılmaktadır.

Bu gibi durumlarda kullanılan ekipmanların kullanım ömrünün belirlenmesi gerekir. Bu da ekipmanların bir yaklaşımla tahmini kullanım sürelerinin ve ekonomik ömrünün belirlenmesini gerektirir.

Bir ekipmanın optimum kullanım ömrü ve ekonomik ömrü doğru orantılı olarak değişmektedir. Ekonomik ömrü; revizyonu, yedek parçası, elektrik, yağ, yakıt, emek ve çalışma koşulları ile kullanım süresi belirler. Açık maden ocağında kullanılan ekipmanların kullanımdan kaynaklanan giderler mevcuttur. Bunlar; araç tamir atölyeleri, yedek parça, işçilik giderleri ve benzeri giderlerdir.

Açık maden işletmelerinde kullanılan yükleyici – kamyon sisteminin en önemli özelliği kamyon kasa hacmi ve yükleyicinin kepçe hacmidir. İşletme maliyetini minimum seviyede tutmak için çok iyi hesaplamalar yapılmalıdır.

Kamyon kasa hacminin yükleyici kepçe hacmine oranı işletme maliyeti için önemlidir. İşletmenin ekonomik ömrünü, kamyon kasa hacminin yükleyici kepçe hacmine oranı belirlemektedir. Bu şekilde geleneksel kamyon – yükleyici kombinasyonunda minimum maliyet elde etmek ve maksimum kar sağlamak amaçlanır.

3.3.1 Yükleyici Seçimi

Bir açık maden ocağı işletmesinde, yükleyici seçmek ve bunu en iyi şekilde değerlendirmek için belli başlı şartlar vardır. Bunlar; yüklenecek olan malzemenin türü, açık işletmedeki basamak yüksekliği, basamak şev açısı, yükleyicinin kolunun çalışma açısı, yüklenecek araç kapasitesi, üretim kapasitesini karşılayacak çalışma hacmi, finansman, vb. dir.

Yükleyicinin gücü, yükleyicinin kepçe hacmi ile doğru orantılıdır. Toplam yükleyici sayısı üretilen maden miktarı, vardiya başına yapılacak yükleme miktarına ve yükleme operasyonunda kullanılacak ekipman ve bu ekipmanların yerlerinin durumuna bağlı olarak değişir.

Genellikle operatörler maksimum kullanım için yükleyici ve kamyon hacimlerini eş tutmaya çalışırlar. Kamyon – yükleyici sisteminde ön belirleyici olarak yükleyiciyi belirlemeye çalışarak işleme başlanılmaktadır. İdeal yükleyici hacmi hesaplaması aşağıdaki şekilde olur.

$$\text{ÜRETİM} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Saat}} \right) = \frac{60 \left(\frac{\text{Dak}}{\text{Saat}} \right) \times \text{Kamyon Hacmi (Ton)}}{\frac{\text{Kamyon Kasa Hacmi (yrd}^3\text{)}}{\text{Kepçe Hacmi (yrd}^3\text{)}} \times \text{Kepçe Dolum Süresi (Dak)} + \text{Kamyon Bekleme Süresi}}$$

Yukarıdaki denklemde, yükleyicinin dolum için kol döngü zamanı, boş kamyonun yükleyiciye yanaşma zamanı, toplam maksimum iki dakika olarak belirtilmektedir. Denklemde kamyon kasa hacmine karar verilmiş değildir ancak denklemin, yükleyicinin kol döngü açısı 360^0 olduğunda kullanımı uygun değildir.

Yükleyici verimini hesaplamak için;

$$\text{ÜRETİM} = \frac{\text{VD} \times \text{SF} \times \text{FF} \times \text{E} \times 3600 \left(\frac{\text{sn}}{\text{saat}} \right)}{\text{YÜKLEYİCİ DÖNGÜ SÜRESİ (sn)}}$$

Eşitliği kullanılır. Burada;

VD = Yükleme Kapasitesi, Bölüm veya Tonu

SF = Kabarma Faktörü

FF = Dolma Faktörü

E = İş Verimi

kavramlarını ifade etmektedir

Yükleyici için döngü zamanı hesaplanırken en önemli hesaplama kriteri, kazılı olan malzemeyi kepçeye doldurması, dolu olan kepçenin belli bir açı ile döndürülmesi ve kepçenin boşaltılması süresidir. Kepçe döngü süresidir.

Bir açık ocak maden işletmesi planlanırken, kamyonların ve yükleyicilerin çalışma şartları göz önünde bulundurularak çeşitli kamyon yükleyici kombinasyonlarının oluşturulması gerekmektedir. Uygun maden planlama ve tasarım simülasyonu için ekipman değiştirilmesi, filo şartları ve sevk prosedürlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kombinasyonlar ile her bir simülasyon, sermaye (ilk yatırım) ve işletme maliyetleri doğru olarak hesaplanabilir ve optimum taşıma sistemleri belirlenebilir. Bu simülasyon sistemi kullanılarak iyi taşıma ağı (nakliye yöntemi) belirlenir ve uygulanabilir.

Maden ocağı için üretilen simülasyonlar, uygun tekniklerin neler olduğunu belirlemek ve problemlerin çözümü için kullanılabilir. Sorunları modellemek için, deneyler yapmak ve alternatif yöntemler belirlemek için test yapmak mümkündür. Yapılan denemeler ve yöntemler sonucunda en uygun veya en yakın optimum çözüm bulunarak sorunların çözülmesine olanak sağlanmaktadır.

Simülasyon modellemeleri madencilik faaliyetlerinin performans ortalamasını tahmin etmek için kullanılır. Simülasyon modellemesi, maden ocağı için uygun politikalar ve istatistiksel bilgiler ile madenin modellenmesi için çok önemli bilgiler sağlamaktadır. Simülasyonlar oluşturularak, ekipman seçimlerinde daha doğru ve daha kolay karar verilmektedir. Aşağıdaki tablo 3.2’de yükleyicinin performans ortalaması ile ilişkilendirilen değerler verilmiştir.

Tablo 3.2 Yükleyicinin performans ortalaması (Bonates, E. J. L. 1992).

Çalışma Durumu	İş Verimi (%)	Yükleme Süresi (dak / saat)
Çok İyi	92	55
İyi	83	50
Orta	75	45
Vasat	67	40

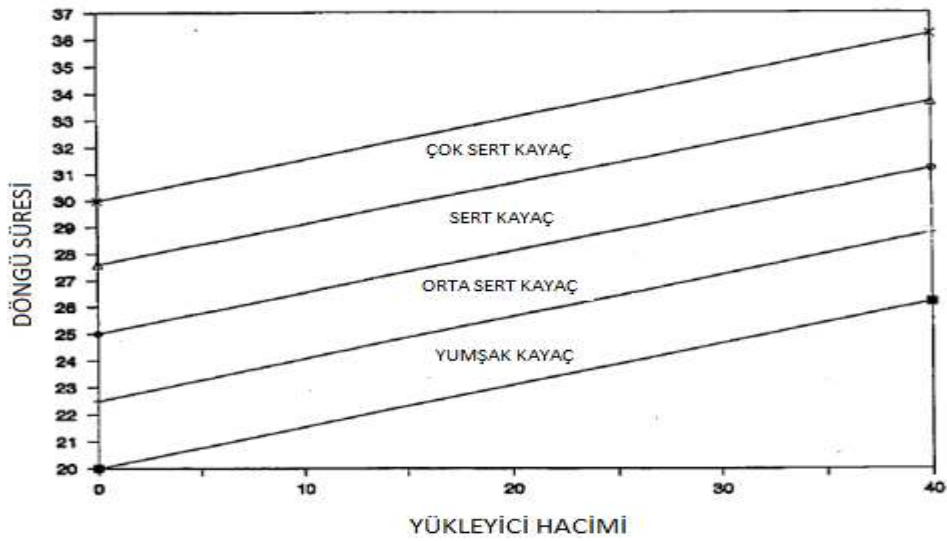
Açık maden ocağı işletmesi için gerekli yükleyici sayısını hesaplamak için aşağıdaki formülden yararlanılır.

$$NOS = \frac{YILLIK \ ÜRETİM}{YILLIK \ ÇALIŞMA \ SAATİ \times YÜKLEYİCİ \ KAPASİTESİ \left(\frac{t}{saat}\right)}$$

Yukarıdaki eşitlikte NOS yükleyici sayısını göstermektedir.

Tahmini yükleyici sayısı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$YÜKLEYİCİ \ SAYISI = \frac{NOS}{EFEKTİF \ FAYDA}$$



Şekil 3.1 Ortalama yükleyici döngü zamanı (Bonates, E. J. L. 1992).

Yükleyicinin verimi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$EFEKTİF \ FAYDA = \frac{TNWH}{TNH} \times 100$$

Yukarıdaki eşitlikte;

TNWH = Kamyonun bir vardiyedeki çalışma süresi toplamı

TNH = Kamyonun çalıştığı tüm vardiyelerdeki süre toplamı

$$KULLANILABİLİR \ FAYDA = \frac{TNWH}{TNWH + TSBH}$$

Yukarıdaki eşitlikte;

TNWH = Kamyonun bir vardiyedeki çalışma süresi toplamı

TSBH = Kamyonun tüm vardiyelerdeki bekleme süresi toplamı

Genellikle yükleyicinin etkin kullanım oranı %65 civarındadır. Ekipmanın bekleme sürelerinin ve çalışır durumda bulunduğu zamanın fazla olması veriminin düşük olma sebepleri arasındadır. Buda yükleyicinin etkin kullanım oranının düşük oluşuna bağlıdır.

Yükleyicinin sayısının hesaplandığı formülde çıkan sonuç ondalıklı ise sonuç bir üst sayıya yuvarlanır. Bu yuvarlama, fazla ekipman kullanılmasına ve/veya fazla işletme maliyetine yol açar. Yükleyici seçimi tahmini olarak yapıldığından nihai seçim için kamyon seçimi değerlendirmeye alınmalıdır.

Açık işletmede yükleyicilerle birlikte çok sayıda ekipman da kullanılır. Bu yardımcı elemanlar yükleme işlemini kolaylaştırmak için kullanılmaktadır.

Yardımcı elemanların daha verimli kullanımı ile yükleyici sisteminde gerekli bekleme zamanının ve boş zamanların ortadan kaldırılması ve vardiya başına yüklenecek malzeme miktarı ve yükleyici sayısının net olarak belirlenmesi ile yükleyici ve işletme verimi arttırılacaktır.

3.3.2 Kamyon Seçimi

Açık ocak maden işletmelerinde kamyon nakliyatı kullanımı, yüksek eğimlerde rahat çalışmasından dolayı tercih edilen bir yöntemdir. Nakliye kamyonlarının kasa hacimleri ve boyutları ile kamyon tahrik sistemleri çok farklı şekillerde üretilir. Bu seçim sırasında yükleyicinin yükleme hacmi, taşınacak malzemenin taşıma maliyeti, taşınacak mesafe, vb. durumlar kamyonların özelliklerini belirler. Açık ocak maden işletmelerinde taşınan malzemenin etkin taşınması için uygun ekipman ve yöntem seçmek çok önemlidir. Aşağıdaki şekil 3.2’de basitleştirilmiş bir akış şeması gösterilmektedir. Kamyon sayısını belirlemek için saatlik kamyon taşıma kapasitelerini belirlemek gerekir.

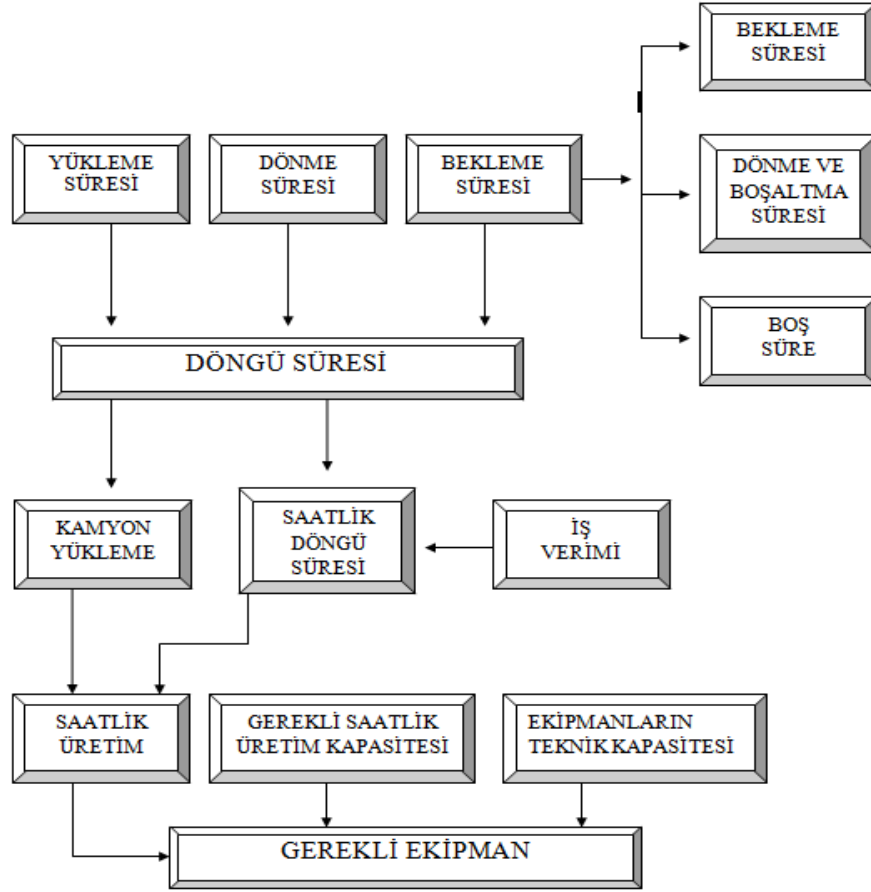
$$\text{KAMYONUN SATLIK ÜRETİMİ} = \frac{E \times P \times 60 \left(\frac{\text{dak}}{\text{saat}} \right)}{CT}$$

Burada;

E: kamyonun verimlilik oranı (%)

P: kamyonun taşıyacağı malzeme miktarı (ton)

CT: teorik döngü zamanı



Şekil 3.2 İşletme akış diyagramı (Bonates, E. J. L. 1992).

Verimlilik hesaplanırken, kamyonların çalışma verimi, teorik döngü süreleri ve kamyonun tahmini taşıma yükü belirlenir. Kamyonun verimlilik oranı hesaplanırken, yükleyicinin döngü zamanı, boş bekleme, vardiya başlangıç ve bitiş zamanı ile arıza zamanı, vb. zaman bileşenleri alınarak bulunur. Kamyon döngü zamanı dört zamandan oluşur, bunlar da; kamyonun boş seyahati, kamyonun dolu seyahati, kamyonun yüklenme zamanı ve kamyonun bekleme suresi olarak belirtilir.

Kamyon sayısı hesaplanırken;

$$KAMYON SAYISI = \frac{SAATLİK GEREKLİ ÜRETİM KAPASİTESİ}{KAMYONUN SAATLİK KAPASİTESİ}$$

Kamyon verimliliği belirlenirken, kamyon kullanım koşulları ile kamyon kullanım yerleri göz önünde bulundurularak verim hesaplaması yapılabilir.

$$\text{GEREKLİ KAMYON SAYISI} = \frac{\text{KULLANILAN KAMYON SAYISI}}{\text{KAMYON FAYDASI} \times \text{FAYDA}}$$

veya

$$\text{GEREKLİ KAMYON SAYISI} = \frac{\text{KULLANILAN KAMYON SAYISI}}{\text{EFEKTİF FAYDA}}$$

Yukarıdaki denklemde belirtilen kamyon verimi ve kamyon kullanım durumu aynı şeyi ifade etmektedir. Kamyonların verimleri genellikle %75 civarındadır.

Açık işletmelerde, yükleyicilerin kamyonları doldurmak için harcadıkları süre tahmini olarak hesaplanır.

Eğer kamyon ve yükleyici arasındaki uygun oran doğru belirlenmez ise yükleyici bekleme zamanı veya kamyonun bekleme süresi artar. Bunun için optimum bir döngü zamanı belirlenmelidir.

Her iki durumda da verimliliği hesaplama formülü:

$$\text{YÜKLEYİCİYE GÖRE KAMYON SAYISI} = \frac{\text{ORTALAMA DÖNGÜ SÜRE}}{\text{ORTALAMA YÜKLEME SÜRESİ}}$$

Bu formülde edilde edilen sonuç 1.0'in altına ise sistem çalıştırılmaz, 1.0'in üzerinde ise sistem çalıştırılır. Sistem ne kadar döngü zamanına yakın bir değer verirse o kadar iyi bir ekipman seçimi ve yönlendirilmesi olmuş sayılır.

Kamyonla nakliye sisteminin dezavantajı, yükleme işlemini kolaylaştırmak için çok fazla kamyonun sisteme eklenmesidir. Bu da bekleme süresini artırmakta ve işletme verimini azaltmaktadır. Kamyonla nakliyat sisteminde bu tarz aksaklıkları gidermek ve verimi arttırmak için bilgisayar destekli sistemlerden yararlanılması düşünülmüştür.

3.4 Bilgisayar Tabanlı Kamyon Nakliyatı Sisteminin Önemi ve Tarihi

Açık maden ocağı işletmelerinde bilgisayar destekli kamyonla sevkiyat 30 yıldan beri kullanılmaktadır. İlk bilgisayar destekli kamyon atama sistemi Almanya’da bir kireç ocağında kullanılmaya başlanmıştır (Bonates, E. J. L. 1992).

Almanya’daki bu ocakta kullanılan programda uygun kamyon sayıları belirlenmiştir. Bu gelişme ile dünyadaki pek çok açık maden ocağında bilgisayar destekli kamyon ile nakliyat sistemi kullanılmaya başlanmıştır.

Kamyon sevkiyat sistemini, açık maden ocaklarında uygulamak daha başarılı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bunun nedeni; kamyonların bekleme sürelerinin ve yükleyicinin boş çalışma süresinin azaltılmasıdır. Bilgisayar destekli kamyon ile sevkiyat sistemi % 5-% 15 oranlarında kamyon sayılarında azalmaya neden olmakta ve % 35 oranında işletme verimini arttırmaktadır.

Yüksek işletme verimi eldesi ile daha çok ekipman alımından uzaklaşmaktadır ve bu da işletme maliyetini azaltmaktadır.

Oldukça yakın bir zaman içinde açık maden ocağı işletmelerinde bir veya birçok bilgisayar destekli kamyon sevkiyat sistemi kullanılacaktır. Bu şekilde daha derin ve düşük tenörlü, atık olarak görülen madenler değerlendirilebilecektir.

Bilgisayar ile sorgu yapılarak maden ocağında kullanılan kamyonların verim süreleri arttırılmaktadır. Verim sürelerinin arttırılması ile birlikte maden ocağında kullanılan ekipmanların işlem verimi de artmaktadır. Programın amacı kamyon – yükleyici arasındaki çalışma performans ortalamasını arttırmak, kamyon ve yükleyici için geçen boş zamanı, ve benzeri ekonomik gider olarak gösterilebilecek olan materyalleri minimuma indirmektir. Sistem ilk önce günlük üretim ile elde edilecek olan malzemeleri, sevkiyat kriterini ve bu sevkiyat için gerekli kamyon miktarını hesaplamaktadır. Madenlerde kamyonların sevkiyat kriterlerini, sevkiyat yöntemleri belirlemektedir.

Madenlerin yapılarına, ocağın ve üretilen madenin türüne göre çeşitli sevkiyat kriterleri ve modelleri geliştirilir. Bu modeller çeşitli matematiksel hesaplamalarla bulunur. Bu sistemlerde uygun sevkiyat kriterini belirlemek için, sürekli değişim gösteren hesaplamalar yapılmaktadır. Sistemde uygun kamyon ve yükleyici yönlendirilmesi yapılarak en ideal verim sağlanmaktadır.

Bu da sistem verimini arttırmak suretiyle işletme verimini artırmaktadır. Verimdeki artış, işletmenin sevkiyat sistemi için kullanmış olduğu ekipmanların maksimum fayda ile çalışmalarını ve sevkiyat sisteminde kullanılan araçların sistem içinde kullanmakta oldukları giderleri minimum seviyede tutmaktadır.

Bilgisayarlı sevkiyat sistemi ile, açık işletme sınırı diye belirtilen sınır biraz daha alt seviyelere indirilebilmektedir. Bu sistemle kamyonların taşıma maliyetleri ve yeni ekipman yatırımları azalacak, işletme verimi ve işletmedeki ekipmanların verimi artacaktır. Yapılacak olan sistem ile açık ocaktaki üretimlerde oluşan anlık değişimler kolaylıkla karşılanabilecek ve değişen koşullara rahatlıkla uyum sağlanabilecektir.

Bilgisayar destekli açık maden ocağı nakliyat sisteminde kullanılan matematiksel programlama türleri (doğrusal, heuristik, stokastik ve döngüsel programlama türleri) ile sistem kendisi için en uygun programlamayı kullanarak yaptığı sevkiyat işlemini gerçekleştirmektedir.

Matematiksel programlama türlerinin çıkış nedeni, kamyon sevkiyat kriterleridir. Kamyon sevkiyat kriterleri, maden ocaklarının özellikleri ve kullanılan ekipmanların türlerinin değişmesi sonucunda oluşur.

Kullanılan sevkiyat kriterleri, daha önceden var olan maden sevkiyat problemlerini gidermek için geliştirilmeye çalışılmıştır. Kamyon sevkiyat kriterleri, kamyon sevkiyat problemlerini ve buna bağlı olarak çözüm yöntemlerini ortaya çıkarmaktadır.

3.5 Açık Maden Ocaklarındaki Taşıma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Açık maden ocağı işletmelerinde kamyon ve yükleyiciler maden alanının büyüklüğüne göre dağılım gösterirler. Madenlerde nakliye yönteminin belirlenmesi için üretim ile ilgili ekipmanların faaliyet durumunun izlenmesi önemlidir. Yükleyiciler ve kamyonlar arasındaki iletişim bağının kurulması ile atama işlemi daha da kolaylaşmaktadır. Bu şekilde araçların birbirleri ile koordineli olarak çalışması, madencilik sektöründeki gelişimi hızlandırmaktadır. Yapılan analizler geçmişte görülen çeşitli durumların daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu da kamyonların dinamik yükleyicilere atama işleminin geliştirilmesine imkan sağlamıştır. Sevkiyat sistemlerinin kullanılması ile, işletmenin verimi artmakta ve bu verimlilik artışı, araçların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Daha yüksek verim elde etmek için sevkiyat sistemlerinin en uygun duruma getirilmesi gerekmektedir.

Yakın zamana kadar bilgisayar destekli açık ocak işletmelerinde sevkiyat sistemleri sadece büyük çaplı maden ocaklarında kullanılmaktaydı. Fakat günümüzde daha küçük çaplı maden ocaklarında da bilgisayar destekli nakliyat sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bunu nedeni, daha düşük maliyetlerin ve daha yüksek verimin elde edilmesidir. Açık maden ocaklarında yapılan yıllık, aylık ve günlük üretim planlaması ile yapılacak sevkiyat işleminin toplam süresi, kamyonların dinamik olarak atanması ile hesaplanır.

Nakliye sistemleri 1982 yılında beş şekilde, maliyet ve otomasyon düzeyine göre sınıflandırıldı (Bonates, E. J. L. 1992). Bu sınıflandırma tablo 3.3' de gösterilmektedir. Bu nakliye sistemlerinden dört tanesi bilgisayar destekli sevkiyat sistemidir. Bilgisayar destekli sevkiyat sistemi gelecekteki uygulamalara ve değişikliklere kolaylıkla adaptasyon sağlayabilecektir.

Madenlerde sevkiyat sistemi üç genel kategoride incelenir.

- 1- Manüel
- 2- Yarı otomatik
- 3- Tam otomatik

Genellikle açık ocak madenciliğinde kullanılan sevkiyat sistemi yarı otomatik sistemdir. Çalışmakta olan bir açık maden ocağı işletmesinde, kısa vadede sevkiyat operasyonlarının iyileştirilmesi, ekipman filosu ve kamyon sevkiyat yönteminin daha iyi çalıştırması ile gerçekleştirilebilir. Bu koşulları sağlamak, verim artışını ve birim maliyetleri azaltmak için uygun yöntemler ve ilkeler belirlenmelidir. Bu şekilde her bir açık maden ocağı kolaylıkla sevkiyat operasyonuna adapte edilebilir.

Tablo 3.3 Nakliye yöntemleri ve uygulama yerleri (Bonates, E. J. L. 1992).

Nakliye Yöntemi ve Sistemi	Uygulama Yeri	Maliyeti
Manüel Sistem ve Manüel Nakliye	Black Lake 1976 – 1982	10 000 \$
Bilgisayar Yardımlı İstatistik ve Manüel Nakliye	Quebec Cartier Madencilik – Gagnon	50 000 \$
Bilgisayar Yardımlı Simülasyon ve Manüel Nakliye	Black Lake 1982 -	100 000 \$
Bilgisayar / Sensor Lokasyonlu ve Otomatik Nakliye	Quebec Carter Madencilik Dağı- Wright	1 000 000 \$
Bilgisayar / Telsiz Üçlemeli ve Otomatik Nakliye	Dallas Bölge Polisi	1 500 000 \$

3.6 Açık Maden Ocağındaki Sevkiyat Sistemleri

Açık maden ocaklarında dinamik kontrollü sevkiyat sistemleri 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Açık ocaklardaki sevkiyat sistemlerinin başlıca sağladığı faydalar; maden işletmesindeki üretimi raporlama ve planlama, kamyon filolarının sayılarını belirleme ve kamyon filolarının verim artışını sağlamaktır.

Günlük üretilen maden hacminin artması ile maden ocağında kullanılan yükleyicilerin, kamyonların ve döküm alanlarının sayıları artmaktadır. Maden ocağında kullanılan ekipmanların sayısının artması maden ocağındaki sevkiyat ve yönetim sistemini zorlaştırmaktadır.

Sistemi daha kolay idare etmek amacı ile bilgisayar destekli sistemlerden yararlanılmaktadır. Bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı düşüncesiyle çeşitli bilgisayar destekli sevkiyat sistemleri ortaya çıkarılmıştır.

3.6.1 Manüel Sevkiyat Sistemi

Açık maden ocağında yükleyicilerin ve kamyonların yönlendirilmesi herhangi bir bilgisayar programı kullanılmadan yapılıyor ise bu sistem manüel sistem olarak adlandırılır.

Kamyonların vardiya başında uygun olan yükleme noktasına ve yükleme işlemi tamamlandıktan sonra uygun olan bir boşatma noktasına sevk edilmesi ile gerçekleşir. Formen; üretim şartlarından, yükleyicilerin, döküm sahalarının ve kamyon filolarının mevcut durum bilgilerinden yararlanarak atama yapar.

Manüel sistemde iki yönlü telsiz ile iletişim sağlanmaktadır. Formen, hakim bir noktada bulunarak uygun aracı uygun olan yükleyiciye yönlendirmektedir. Bu yönlendirme işlemi için telsiz sistemini kullanmaktadır. Yükleyici tarafından doldurulan kamyon, formenin telsiz yönlendirmesi sayesinde uygun boşaltma noktasına yönlendirilmektedir.

Bu sistemin çalışması için formenin uygun bir yükseklikten (hakim noktadan) tüm maden ocağını ve ekipmanları görmesi gerekmektedir. Ekipmanların uygunluk durumuna göre, uygun kamyonu uygun yükleme ve boşaltma noktasına yönlendirecek bir operatöre ihtiyacı vardır. Sistem, formenin sevk ve koordinasyonuna bağlı olarak işlemektedir.

Manüel sevkiyat sistemi 1960'ların başlarından itibaren kullanılmıştır (Temeg, V.A. 1997). Manüel sevkiyat sistemi sadece küçük çaplı maden ocaklarında kullanılmaktadır. Manüel sevkiyat sisteminin uygulanmasında bazı uygulama zorlukları vardır.

Bunlar;

- Bu sistemde, formen operatörleri herhangi bir sorgulama işlemi yapmadan istediği şekilde istediği yere yönlendirebilmektedir.
- Bu sistemde, formenin maden içindeki tüm operasyonları tek tek kontrol etmesi oldukça zordur. Örneğin 30 kamyon ve 10 yükleyici için her birinin yaptığı işi not etmek, değerlendirmek ve uygun yönlendirmeyi yapmak çok zordur.
- Bu sistemde formen bütün çakışan ekipmanlara hakim olacak şekilde bir noktaya konuşlanmalıdır, uygun olan yönlendirmeyi en uygun biçimde yapmalıdır.

Açık maden ocağında kullanılan manüel sevkiyat sisteminde formen, madendeki yükleme ve boşaltma noktalarını bilmelidir. Formen, kamyon ve yükleyici operatörleri ile iletişim halindedir. Formen, yükleme ve boşaltma noktasına uygun olan herhangi bir aracı yönlendirir.

Manüel sevkiyat sisteminde, operatör oldukça deneyimli ve işletme durum bilgilerine sahip biri olmalıdır. Formenin yönlendirmesi, sadece kişisel bilgi ve deneyimleri aracılığı ile gerçekleşmektedir. Manüel sevkiyat sisteminde, kamyonlar yüklü veya boş oldukları zaman, bekleme süreleri içinde formen ile iletişim halindedirler.

3.6.2. Yarı Otomatik Sevkiyat Sistemi

Yarı otomatik sevkiyat sistemi, bir bilgisayar programı ile araçların konumlarının ve durumlarının formene bildirilmesidir. Formen, bilgisayardan aldığı bilgi ile araçlardaki operatörlerle iletişim haline geçmektedir. Uygun olan araçları uygun olan yükleme ve boşaltma noktasına yönlendirmektedir.

Bu sistemin sağlamış olduğu avantaj, kayıt ve üretim raporlarının oluşturulmasına kolaylık sağlamaktır. Formen, araç operatörleriyle, telsiz aracılığı ile iletişim kurup yönlendirmeyi sağlamakla görevlidir. Yarı otomatik sevkiyat sistemleri iki gruba ayrılır;

- Aktif sevkiyat
- Pasif sevkiyat

Aktif sevkiyat sisteminde; formen, maden ocağındaki araçların yerlerini bilir, uygun olan araçları uygun olan yükleme veya boşaltma noktalarına kendi yaptığı hesaplamalara göre sevk eder.

Pasif sevkiyatta ise formen, araçların yükleme ve boşatma noktalarının konumlarını bilgisayar programı yardımı ile bilir, araçların son durumları hakkında bilgiye sahiptir. Bilgisayar programı yardımı ile uygun olan araç uygun olan yükleme ve boşatma noktası hesaplanır. Formenin buradaki görevi, bilgisayar programının yapmış olduğu sorgu neticesindeki sonuçları telsiz aracılığı ile operatörlere bildirmektir.

Yarı otomatik sevkiyat sisteminde maden ocağındaki yükleme, boşaltma ve kamyonların durumu bir bilgisayar programı yardımı ile bilinmektedir. Bilgisayar programı sayesinde uygun olan araçlar uygun olan yükleme ve boşatma noktaları belirlenir ve eşleme yapılarak formene bildirilir.

Formen, maden ocağı içindeki araçlarla iletişim haline geçer ve bilgisayar programı sorgulaması sonucu yapılan eşlemeyi operatörlere bildirir. Bu sistemde kamyonların ve yükleyicilerin boş bekleme süreleri azalmaktadır.

Yarı otomatik sevkiyat sisteminde kullanılan bilgisayar programı yardımı ile gerekli tenör oranları, üretim hedefleri, kazı oranları karşılaştırılmaktadır. Bu sistemde kamyon ve yükleyicilerin arıza durumları dikkate alınır.

Yarı otomatik sistemde kamyon sayılarındaki artış ve işletme verimliliği oranı doğrusal olarak artmaktadır. Yarı otomatik sevkiyat sistemi, Papua Yeni Gine’de bulunan Bougainville Bakır Madeni’nde ve Güney Afrika’da bulunan Palabora Maden Firması’nda uygulanmıştır (Bonates, E. J. L. 1992).

3.6.3 Tam Otomatik Sevkiyat Sistemi

Otomatik sevkiyat sistemi, bir bilgisayar programı yardımı ile maden ocağındaki araçların konumları ve durumları hakkında bilgiyi bilgisayara iletmektedir.

Bilgisayardan alınan bilgiye göre matematiksel sorgulamalar ile elde edilen sonucun bir aracı operatör olmaksızın kamyonlara bildirmesi ile sevkiyat işlemini gerçekleştirmektedir.

Tam otomatik sevkiyat sistemi; araç konumunu bildiren bir GPS cihazından, aracın bilgilerini gönderen ve bilgi alan bir sistemden, aracın durumuna dair bilgilerin girildiği bir tuş takımı ve monitörden, araçtan gelen bilgileri alan ve araca bilgi gönderen bir sistemden, sorgulama yapmak için kullanılan bir bilgisayar programı ve bir bilgisayar sisteminden oluşur.

Tam otomatik sevkiyat sisteminde yönlendirici bilgisayar programı olduğundan, operatör matematiksel sorgulama sonucunda uygun olan noktaya, bilgisayar aracılığı ile yönlendirilir. Sistem, değişen maden koşullarına göre yeni sorgulamalar yaparak atamalar gerçekleştirmektedir. Otomatik sevkiyat sisteminin birçok avantajı vardır.

Bunlar;

- Hızla değişen durumları değerlendirmek ve buna göre hareket etmek.
- En iyi yönlendirmeyi sağlamak, eşleme ve alternatif çözümler üretmek.
- İletişim dijital ortam hızı ile sağlanmaktadır.
- Madendeki değişen koşullara anında uyum sağlar.
- Madendeki bütün araçlarla kolaylıkla iletişim halindedir, bütün araçların bilgileri gelmekte ve araçlar bilgi gönderilebilmektedir.

Otomatik sevkiyat sisteminde kamyon yükleme gereksinimlerinin veya maliyetlerinin %5 ve %35 oranlarında azaldığı hesaplanmıştır. Bu sistemin yararları taşınan malzeme türüne taşıma ağ yapısı türüne, özel sevkiyat işlemlerine göre değişebilmektedir. Diğer yararları ise minimal yük, kayıp rota ve hassas üretim raporlarını da içermesidir.

Otomatik sevkiyat sisteminin büyük maden sistemleri için de sağladığı bazı yararları vardır. Bu yararlar, kamyonun lastik performansının ve kullanım ömrünün arttırılmasıdır.

Otomatik sevkiyat sisteminin dezavantajı ise yüksek yatırım maliyetidir. Bu fiyat artışı, maden ocağında yapılmak istenen ve eklenen özelliklere göre artmaktadır. İstenilen eklentilerin çokluğu maliyeti arttırmakta ve sistem küçük çaplı maden ocağı işletmeleri için ekonomik olmaktan çıkmaktadır.

Tam otomatik sevkiyat sisteminde, maden ocağındaki ekipmanların yerleri ve durumları hakkında bilgi bir bilgisayar programı aracılığı ile alınır. Maden ocağındaki ekipmanlardan gelen bilgilere göre sevkiyat sistemi bilgisayar programı aracılığı ile gerçekleştirilir.

Tam otomatik sevkiyat sisteminde araçların içindeki LCD ekranlar vasıtası ile araçların nereye gidecekleri ve ne yapmaları gerektiği operatörlere bildirilir. Sistemde bilgisayar başında yine bir yönlendirici olarak tabir edilen personel bulunur. Personelin görevlendirme amacı sistemin akışı hakkında bilgi ve veri girişi sağlamaktır. Bilgisayar başındaki personel, sistem sorgulamalarına ve yönlendirmelerine karışmamaktadır. Tam otomatik sevkiyat sisteminin birçok avantajı vardır.

Bunlar;

- Tam otomatik sevkiyat sisteminde hızla değişen durumları değerlendirmek ve değişimlere göre uyum sağlamak kolaydır.

- Tam otomatik sevkiyat sisteminde operasyonla politikalara uyan alternatif çözümler üretmek mümkündür.
- Tam otomatik sevkiyat sisteminde maden ocağındaki veri ve bilgi akışı dijital ortam üzerinden gerçekleşmektedir.
- Tam otomatik sevkiyat sisteminde ocaktaki bütün araçlar ile tam iletişim sağlanmaktadır.

Tam otomatik sevkiyat sisteminde taşıma maliyetleri incelendiğinde % 5 ile % 35 oranlarında azalma olduğu görülmüştür. Sistemde kamyon filosu ile taşınan malzeme miktarının arttığı gözlenmiş, bekleme zamanı ve boş zamanın azaldığı görülmüştür.

Bilgisayar programı yardımı ile maden ocağının günlük üretim bilgileri ve istatistiksel verileri elde edilmektedir. Sistem sayesinde büyük maden ocaklarında (kamyon sayıları fazla olan), lastik ömürlerinin daha uzun olduğu ve araçların daha az bakım masrafı gerektirdiği anlaşılmıştır.

Tam otomatik sevkiyat sisteminin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması nedeni ile büyük çaplı maden ocaklarında kullanımı daha uygundur. Bu sevkiyat sistemi küçük çaplı madencilik işletmelerinde ilk yatırım maliyetinin yüksek olması sebebiyle tercih edilmemektedir.

3.6.4 Açık Maden Ocağında Kullanılan Sevkiyat Sistemi Örnekleri

Yarı otomatik sevkiyat sistemi, örnek ocak uygulamalarından biri olan Hodson ve Barker sevkiyat sistemidir (Bonates, E. J. L. 1992). Bu sistem yarı otomatik sevkiyat sisteminin pasif olarak adlandırıldığı mantık üzerinden çalışmaktadır. Hodson ve Baker sevkiyat sisteminde, bilgisayar programı ile kamyonların uygun yükleyici ve boşaltma noktalarına sevki belirlenir.

Fakat bilgisayar ile elde edilen sonuçlardan çok yönlendirici tarafından uygun noktalara yönlendirme yapmaktadır. Bilgisayar programı sadece bilgi kayıtlarını tutmak amacını gerçekleştirir.

Hodson ve Barker sevkiyat sisteminde yönlendirici tam bir kontrole sahiptir. Sevkiyat sistemi çeşitli çevrim süreleri ve eşlemeler ile ton başına uygun maliyet üzerinden çalışmaktadır. Hodson ve Barker sevkiyat sistemi iki adımda gerçekleşir (Bonates, E. J. L. 1992). Birinci adımda, her yükleyici için bir kamyon tahsisi yapılır. İkinci adımda ise yükleyicilerin boş bekletme sürelerini ortadan kaldırmak için, uygun olan boşaltmadan dönen kamyonlar kullanılır.

Bu sistemin asıl amacı, uygun kamyon sayısına bağlı olarak kamyonlar arasındaki doğru sevkiyat aralığını belirlemektir. Hodson ve Barker sevkiyat sistemi, Fortran dilinde yazılmış bir bilgisayarlı sına programıdır. Fortran programlama dili “c” ve assembler programlama diline göre daha yavaş cevap vermektedir. Sistemin hızlı cevap vermesi ise kamyon sayısının hesaplanması, sevkiyat süreleri, boşta oldukları süreler ve bekleme süreleri açısından önemlidir.

LAB Chrysotile Inc. Sevkiyat Sisteminde, sistem bir bilgisayar programı ile maden ocağında kullanılan ekipmanların durumları ve konumları belirlenir. Burada yönlendiricinin görevi, bilgisayar programı ile elde edilen eşlemeyi operatörlere telsiz aracılığı ile iletmektir. Sistem, ekipman durumunu gösterir ve günlük üretim raporlarını verir.

Yarı otomatik LAB Chrysotile Inc. Sevkiyat Sistemi 1981 yılında Hewlett-Packard 9845c ile gerçekleştirilmiştir (Bonates, E. J. L. 1992). Sistemin gerekli yatırımlarla verimli ekipman kullanımı, yükleyici filosundaki verim artışı ve işletme maliyetlerini düşürdüğü gözlenmiştir.

Ekranda dinamik olarak hareket eden kamyonların değişen konumları bulunmaktadır. Vardiya boyunca kullanılan ana ekranın bir gösterimi aşağıda şekil 3.3’de verilmiştir.

Ekrana bilgi eklemek için bilgisayarın renk özelliklerinden yararlanılmaktadır. Yönlendirici ana ekrana baktığında maden ocağındaki bütün ekipmanların durumlarını ve yerlerini görmektedir.

Programa yönlendirici aracılığı ile bilgi girişi yapılarak yükleyicilerin ve kamyonların sevk durumları belirlenmektedir. Programda kamyonların kodları renkli kutucuklar ve kamyon numaraları ile gösterilmektedir.

Yükleyici sayıları da ekranda görünmektedir. Yönlendiriciler günlük sevkiyat operasyonlarında yükleme ve boşaltma noktalarına ve sevkiyat mesafelerine aşina olduklarından bunlar ekranda görünmeden de sevkiyatı gerçekleştirebilirler. Yönlendirici ekrandaki kamyonların hareketlerini ve durumlarını ekranda görünmeden önce tahmin eder. Ekranı yansıyan kamyonların ve araçların her birinin farklı bir renk kodu vardır.

YÜKLEYİCİ	52	53	54	55	56
BEKLEME			84	95	
	88	90	94	85	
	87	96	97		82
		89			83
KUZEY DÖKÜM				74	
GÜNEY DÖKÜM					
KIRICI					78
İSTASYON 1	73				
İSTASYON 2					
BAKIM					

YAKIT	ÇAY MOLASI	ÜRETİM	BİLGİ	KAMYONUN DURUMU	YÜKLEYİCİ	GERİ DÖNÜŞ
-------	------------	--------	-------	-----------------	-----------	------------

Şekil 3.3 Ana ekran (Bonates, E. J. L. 1992)

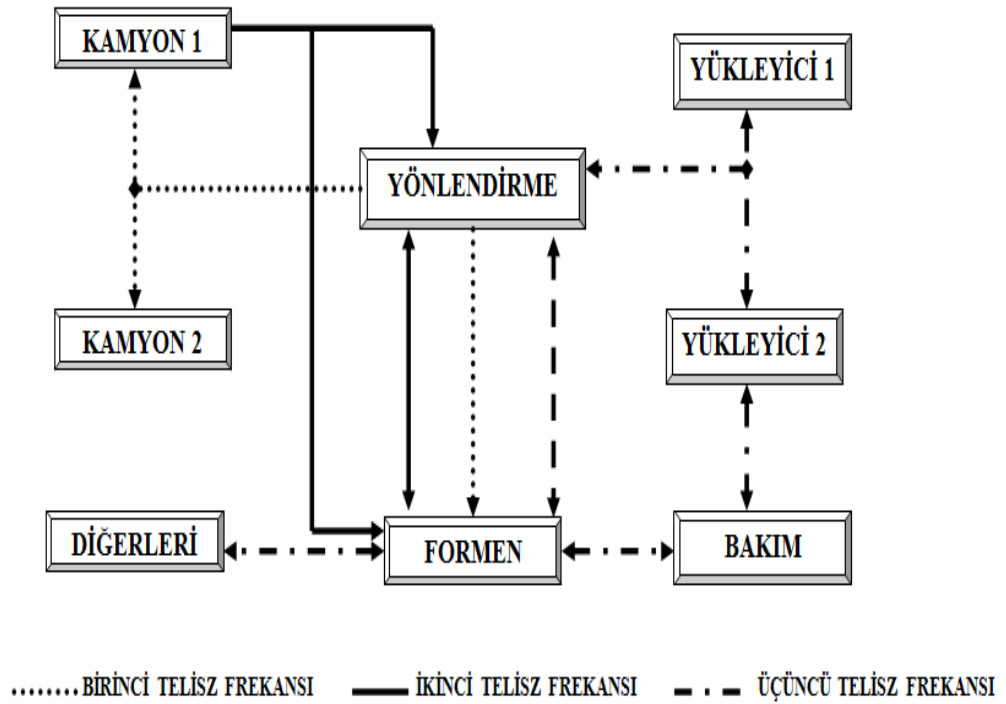
Bunlar:

- Cevher taşıyan ve yükleyen için kırmızı
- Pasa taşıyan ve yükleyen için mavi
- Örtü malzemesi için sarı
- Kamyonların boşaltma noktasından sonraki boş halleri beyaz
- Herhangi bir ek donanım için siyah

Kamyon - yükleyici operasyonunda, maden ocağının çeşitli bölgelerinde uyarı amaçlı LCD ekranlar konularak kamyonların yönlendirilmesi daha kolay sağlanabilir.

Bu işlem ilk yatırım için ek maliyet getirirse de maden ocağındaki sevk sistemi için kolaylık ve güvenlik tedbiri için önem ifade etmektedir. Sevkiyat sisteminde yönlendirici ile operatörler arasında bir iletişim kurulmalıdır.

Bu iletişim radyo frekansı (telsiz) ile gerçekleştirilir. Şekil 3.4 de Black Lake Maden Firması'nın telsiz iletişimi gösterilmektedir.



Şekil. 3.4 Telsiz iletişimi (Bonates, E. J. L. 1992)

Bu sistemde:

- 1- Yönlendirici bir frekansla tüm kamyon ve operatörlerle iletişime geçer (sesini durdur)
- 2- Kamyon operatörleri yönlendiriciye başka bir frekansta ulaşırlar. Üçüncü bir frekansta tüm maden ocağındaki yükleyici, formen, vb. çalışanlarla iletişim kurulur.
- 3- Mesainin yoğun olduğu saatlerde gereksiz konuşmalardan kaçınılmalıdır.
- 4- Formenler ve operatörler, yönlendirici ile iletişimi izlemek için bir radyo sistemi kurulmuştur.

Bu sistemin çalışması oldukça kolaydır. Yönlendirici, vardiya başı ile her yükleyici için kamyon filosundan atamalar yapar. Yönlendirici kamyonu yüklenecek malzemenin cevher veya pasa olup olmadığına kara verir. Yönlendirici, formen ile iletişime geçer. Formen, yükleyiciye yakınlığını avantaj olarak kullanarak uygun kamyonların uygun yükleyiciye atamasını yapar. Kamyonların çeşitli nedenlerle mola vermesi neticesinde, yerine yükleyiciye en yakın kamyonlar tahsis edilir.

Yönlendirici, bilgisayar programının yapmış olduğu yönlendirmeden farklı bir yönlendirme yapmak için programa giriş yapabilir. Yönlendirici, bilgisayar programından gelen sorgulamaya göre kamyon atamasını yapar. Yönlendirici tarafından klavye ile programa bilgileri girilir. Bu bilgiler programda sınılandıktan sonra görüntülenir. Sistemde yönlendirici tarafından yapılan müdahaleler ile % 6 oranında verimlilik artışı sağlanmış olur.

Bu sistem için yapılan ilk maliyet gideri, sistemin sağlamış olduğu işletme ve iş verimindeki artış ile yapılan ilk yatırım maliyetini karşılamaktadır. Sistemin ekonomik olarak kullanımı sağlanmaktadır.

Tam otomatik sevkiyat sisteminin, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması nedeni ile büyük çaplı maden ocaklarında kullanımı daha uygundur. Bu sevkiyat sisteminin küçük çaplı madencilik işletmelerinde kullanılması ilk yatırımın maliyetinin yüksek olması nedeniyle tercih edilmez.

Tam otomatik sevkiyat sisteminin uygulama alanlarından biri de Arizona'daki Tyrone Maden Firması'dır (Bonates, E. J. L. 1992). Bu firmada kullanılan sistem başarılı bir uygulamadır. Trone Maden Firması'nda da bu sistemin kullanılma nedeni verimliliğin en üst düzeye çıkartılmasıdır.

Trone Maden Firması'nda uygulanan bilgisayar programı iki bölümden oluşur. Birinci bölümde, gerçek zamanlı operasyonel işlemlerin takibi gerçekleştirilir. İkinci bölümde ise yönlendirici tarafından günlük madencilik hesaplamaları yapılmaktadır.

Yükleyici durumları, yükleyici arızaları, yükleyicinin boş olup olmadığı ve yükleyicinin konumu bilgisayar programı yardımı ile belirlenmekte ve sistem bu durumlara uyum sağlamaktadır.

Bilgisayar ile yapılan hesaplamalar sonucu operatörler hangi yükleyiciye gideceğini bilir ve vardiya süresince araçların konumlarını ve durumlarını monitörden takip edebilir.

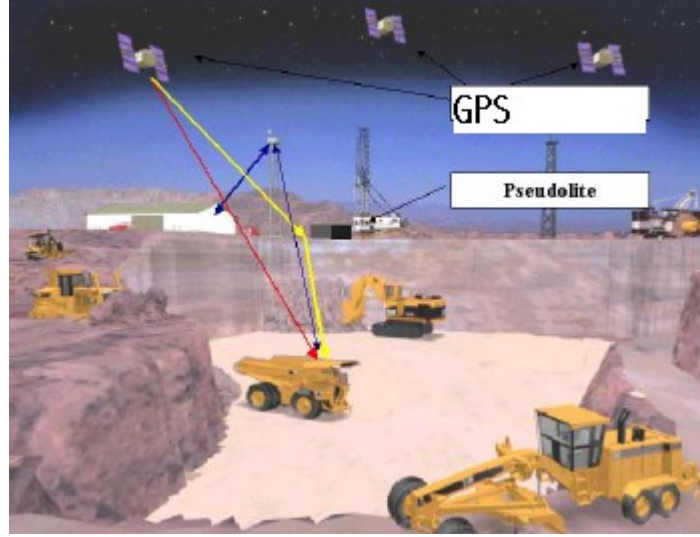
Yükleyiciler bulundukları durum ile ilgili bilgiyi, arıza durumlarında veya boş kaldıkları nda sisteme bilgi verilir. Sistem 1980'lerin başında ortaya çıktı. Sistem ile birlikte %11'lik bir verim artışı söz konusu olmuştur.

Otomatik sevkiyat sistemi Quintette kömür madeninde kullanılmıştır. Sisteme farklı özellikler eklemek suretiyle programda daha farklı işlemler yapmaktadır. Kamyon ve yükleyicilerin yükleme, boşaltma noktaları ve yakıt ve bakım atölyeleri ve işlemleri de sisteme eklenmiştir.

Bu maddende sevkiyat işlemi yükleyici üzerinden döngü süreleri ve dağıtım kriterleri olmaktadır. Bu ihtiyaçların belirlenmesi ile birlikte program bu verilere göre sına ve yönlendirme yapılmaktadır.

Bu sistemde mikro işlemcilerle desteklenmiş panolar ile operatörler ve sistemdeki ana bilgisayar iletişim haline geçer.

Maden ocağından gelen bilgiler neticesinde yönlendirici programda sadence düzeltme amacı ile müdahale eder.



Şekil 3.5 Açık işletmede GPS ile kamyon atama

Burada yönlendirici kamyon ve yükleyici arasındaki iletişimi ve maden üretim bilgilerini takip ederek operasyonun denetimini sağlamaktadır.

Yönlendirici insan gücü atamalarını da gözden geçirir, programda meydana gelen aksaklıkları ve veri girişini, veri iletişimini kontrol etmektedir. Programda hava ve yol durumları da belirtilir.

1983 yılı da yapılan sistem analizinde manuel sistemden % 10 daha verimli olduğu anlaşılmıştır (Yegulalp, T. M. 1983). Colorado Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde SQL uyumlu veri tabanına girişi sağlayan, state-of-the-art 3D (3 boyutlu) arabirimini kullanarak kamyonların emniyetini, GPS ve kablosuz network sistemleriyle üretkenliği artırmanın yolları hakkında kaynak projesi yürütülmektedir.

Bu proje, madencilikte GPS kullanımının güncel prosesini açıklar ve güvenilir olan sistem yaratma çalışmalarındaki çeşitli çıkarları araştırır.

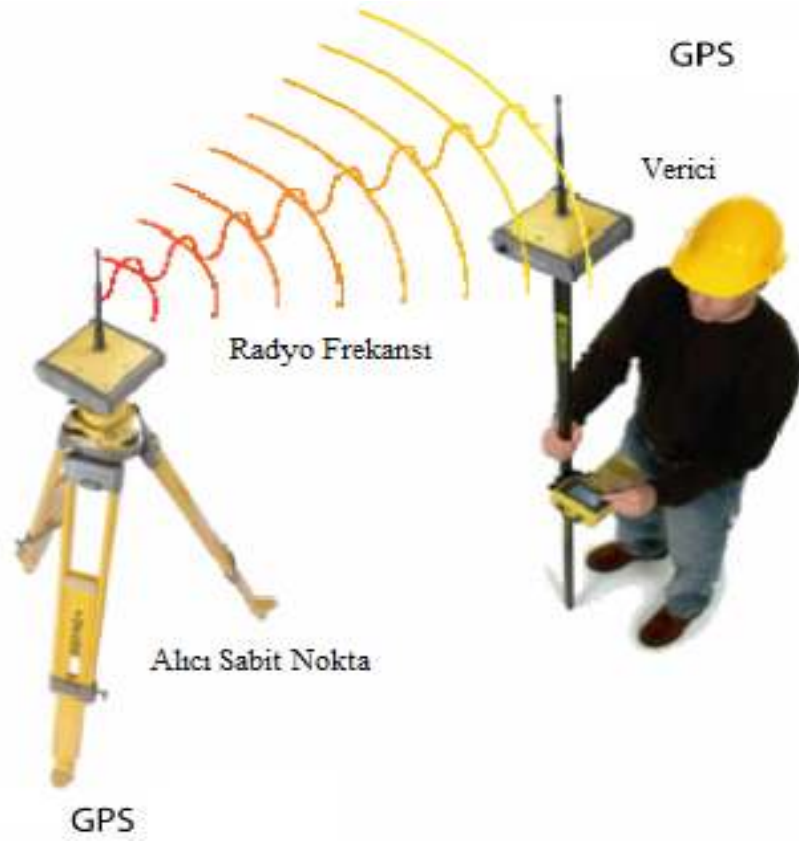
Kamyon şoförlerinin onlarca metre yükseklikteki uçurum kenarlarında bile güvenli şekilde boşaltma yapabilmesini sağlamaktadır. Bu arzuların gerçekleşmesi için bazı koşulların gelişmesi gerekir. Gerçek zamanlı izleme sistemi sayesinde sürücü atık kısmına çok yaklaştığında veya yüzey çökme riski gösterdiğinde, bu akıllı sistem, sürücüyü uyarır.

Döküm sahasında sanal bir emniyetli şeridi oluşturmak, kamyonun güvenli hareketine ve gerçek zamanlı kamyon karakteristiğinin tespitine izin verecektir. Metrenin altında hata payına sahip doğru bir GPS sisteminin kullanımı, kamyonların maden sahası içindeki her hareketini izlemeyi sağlar. Bunun için differansial GPS-RTK (Real Time Kinematics) teknolojisine ihtiyaç duyulur. Taşıyıcı evrede kullanılan Carrier Phase Differential (CPD) denir. Gerçek zamanlı nakliyat evresi farklılığı RTK (Real Time Kinematik) diye adlandırılır. Kamyonlardaki titreşim sensörlerini kullanarak rampa yüzey koşullarını belirleme, çarpışma uyarısı, çökme riskine karşı uyarı mekanizması sistemin avantajlarından. Böylece, kamyonların ve ekskavatörlerin yüklenmesi sırasında emniyetini artırır.

Yakın gelecekte, gerçek zamanlı sürücüsüz sistemlerin kullanımı planlanmaktadır. Yüksek kaza sayısının ortaya çıkması; kamyonların atık sahasında yükleme yaparken, kamyonla atık sahasının yakınlığı, kamyonun ağırlığı ve materyalin dayanımına bağlı olarak potansiyel yer çökmesi tehlikelerinin birleşmesine borçludur.

Bugün var olan state-of-the-art teknolojilerini gerektiren bir sistem üzerinde odaklanmıştır:

- RTK- Differential GPS
- Daha iyi ve güvenilir radyo bağlantısı; Bluetooth lokal kablosuz şebekeler gibi.
- TCP-IP protokolü, internet uyumlu VRML Virtual Reality Modeling Language kullanımı
- Pseudolite kullanımının potansiyeli



Şekil. 3.6 GPS ve referans nokta ölçümü (sinyal iletimi)

Bu teknolojiler, basit ve uyumlu bir formda kamyon şoförü ve ana kontrol merkezinde bulunmalı ve aynı zamanda maden ocağındaki diğer mobil ekipmanlar arasında ve hatta dünya üzerindeki ofislerle gerçek zamanlı veri paylaşımı gerçekleştirilmelidir.

Bunun için GPS verilerinin okunduğu, saklandığı ve arama bilgileriyle karşılaşılan, daha sonrada bu verileri kamyondaki panel ekranında görüntüleyebilen Visual Basic dilinde yazılmış 2D iki eksenli interface geliştirilmiştir. Kamyon emniyetli olmayan bölgeye yaklaştığında, sesli ve görüntülü alarm serisi sürücüyü uyararak meydana gelebilecek kazalar önlenmiş olur.

Visual Basic algoritması, GPS ünitesi tarafından verilen kamyonun gerçek zamanlı pozisyonunu belirler. Ayrıca döküm sahasının 2D iki eksenli haritasını okur ve “emniyetli alan şeridini” oluşturur.

Bu yazılımın sonraki nesli, VRML (Virtual Reality Modeling Language) ye dayanan 3D üç boyutlu versiyonudur. VRML hakkında detaylı bilgi daha sonra verilecektir.



Şekil 3.7 Araçlardaki canlı monitörler

Hayali bir emniyet şeridi - çizgisi yaratmak, kamyonların ocak sahasında güvenli ve verimli bir şekilde hareket etmesine ve kamyon karakteristiğinin gerçek zamanlı takibine izin verir.

Kesinliği yüksek bir GPS sistemi kullanımı, kamyonun her hareketinin izlenmesini sağlar. Böylece RTK-Differential GPS pseudolites kullanımı, sistemin gerçekliğini ve uydu erişimini artırır.

Visual Interface'in gelişimi iki ana programa dayanmaktadır; NMEA (National Marine Electronics Association) Kodu: NMEA-0183 standardında, bütün karakterler ASCII formatında yazdırılır (nakliye dönüş ve besleme noktaları da). NMEA-0183 verileri 4800 baudta gönderilir.

Veriler “cümle” biçiminde iletilir. Her cümle “\$” işaretiyle başlar, sonraki iki harf “kullanıcı adı”, sonraki üç harf “cümlelerin içeriği” ve alan bilgisini virgüllerle ayıran sayı takip eder ve opsiyonel bir sağlamayla, daha sonra da nakliye dönüş-besleme alanıyla sona erer. Bir cümle en fazla “\$” ve CR/LF de dahil 82 karakter içerebilir.

Eğer saha bilgilerine ulaşılamıyorsa, saha basitçe omitted, fakat sınırlayan virgüller hala gönderilir, aralarında boşluk olmaz. Opsiyonel sağlama alanı bir “*” ve iki her sayıya dayanır. Bütün karakterler arasında özel OR yer alır, fakat “\$” ve “*” içermez. Sağlama bazı cümlelerde istenir.

Programın standardı, bireysel üreticilerin bazı cümle formatlarını tanımlamasına izin verir. Bu cümleler “\$P” ile başlar, 3 harfli üretici ismi ve üreticinin isteklerini içeren herhangi bir bilgi takip eder. Bundan sonra standart cümlelerin genel formatı yer alır.

Şu anda, şifreleri NMEA koduna çeviren bir TRIMBLE 4400 Dual Frequency GPS alıcısı kullanılıyor. PC' ye ulaşan NMEA kodlu verileri okuyan ve XYZ koordinatlarını çıkaran küçük bir VB programı geliştirildi.

VB programı, PC’ nin COM1 portuna bağlanan ve bir text terminaline dayanan VB Mine Terminal’ in modifiye edilmiştir. Bu program GPS ünitesinden gelen NMEA tabanlı ASCII kodunu okuyabilir ve XYZ koordinatlarını çıkarabilir. Terminal okuma ve enlem, boylam, irtifanın çıkarılışı gösterilmiştir.

Visual Basic projesinin ikinci kısmı bir DXF okuyucu modülün olduğu grafiksel görüntüleme için bir program içermektedir. Bu interface, kamyon sürücüsünün yanındaki bir LCD ekrana yüklenir, böylece sürücü harita üzerindeki pozisyonunu gerçek zamanlı takip edebilir. Grafiksel arabirimde yapılan 2D harita yazılımı, döküm sahasını ikiye ayrılmış ekranda dizayn edildi. Ekranın üst tarafında plan görünüşü ve eşdeğer section görüntüsü yer alır. Bu formatı kullanarak döküm sahasının dikey pozisyonu, yatay pozisyonu kadar iyi takip edebilir.

Program ayrıca kamyonun döküm sahasındaki pozisyonu ile sahanın emniyet sınırını temsil eden hayali bir çizgi görüntüler. Bu çizginin mesafesi kamyonun yükleme karakteristiği ile uyumlu olarak, döküm sahası köşelerini değişen kabul eder ve ayrıca yüzey koşullarını da dikkate alır.

Bu veriler, merkez ofisten kamyondaki programa bir model radyo linki vasıtasıyla veya direkt sürücüye iletilir. Kamyon bu emniyet sınır çizgisine yaklaştığı zaman sesli ve görüntülü uyarı sistemleri çalışmaya başlar.

VRML Projesi, 3D Interface Sistemi, 2D arabiriminden gerçek zamanlı 3D arabirimine yükseltmek için The Virtual Modeling Language-VRML kullanılıyor. VRML; internette 3D multimedya ve sanal paylaşım dünyasıdır.

Çok önceleri, CAD, animasyon ve 3D modelleme programları arasında veri paylaşım ve yayımlama için de facto standardı kullanılıyordu. Daha sonra VRML resmi standart haline geldi. VRML; MPEG-4, JAVA3D ve diğer gelişen standartları içerir ve bunlara referanstır.

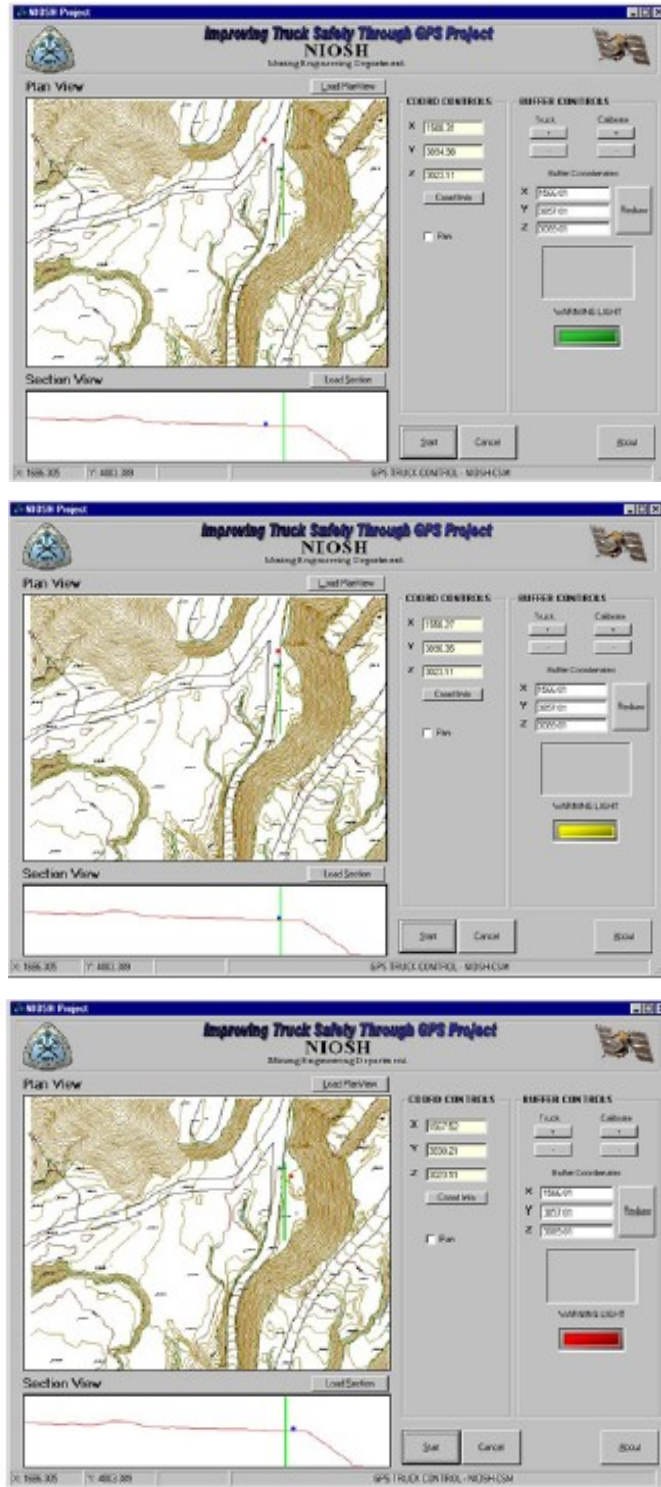
Bu proje için, bir VRML dünyası inşa etmeye yaklaşmak, ilk olarak DXF dosyalarını (kontur çizgileri, 3D poly-line formatında), VRML 3D çizgilerine dönüştürebilen bir VB programı yaratmaktır.

Böylece bir maden haritası DXF formatına getirilerek (en çok kullanılan ortak form), 2D görüntü kullanmak yerine gerçek zamanlı dinamik 3D görüntüsü elde edilebilir.

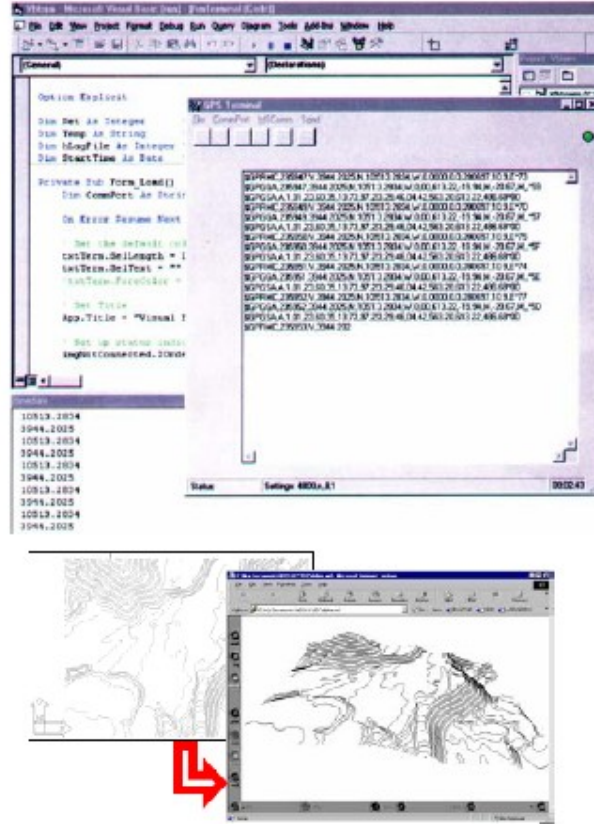
VRML’ de 3D görüntüleme, kullanıcıların standart bir klavye veya mouse kullanarak içinde gerçek zamanlı hareket edebileceği sanal bir dünya veya sanal bir maden gibi düşünülebilir.

Goggles ve Gloves gibi interaktif cihazlar, kullanıcının internet erişimi olan herhangi bir yerde bu sanal madenin kullanımına izin verir.

VRML’ de 3D görüntüleme, kullanıcıların standart bir klavye veya mouse kullanarak içinde gerçek zamanlı hareket edebileceği sanal bir dünya veya sanal bir maden gibi düşünülebilir. Goggles ve Gloves gibi interaktif cihazlar, kullanıcının internet erişimi olan herhangi bir yerde bu sanal madenin kullanımına izin verir.



Şekil 3.8 Açık işletmelerde kullanılan bilgisayar programlı araç atama ve güvenlik programı (Yegulalp, T. M. 1983)



Şekil 3.10 İşletmelerde kullanılan sisteme dataların yazılımı (Yegulalp, T. M. 1983)

İlk adım DXF' yi VRML translatorla çevirmek, VB' de bu DXF dosyasını (ASCII dosyası) okuyan bir program olmaktadır. Bu adım bir keresinde başarıyla tamamlandı ve program maden haritasından gelen araştırma bilgileriyle VRML' de 3D noktalar yaratabildi.

Sonraki adım, VRML' de 3D çizgileri oluşturmak için bu noktaların çizgilere dönüştürülmesiydi. Böylece madenin 3D haritası yapılabilir.

Bir sonraki adım kamyonun 3D görüntüsünün yaratılması, GPS ünitesinden gelen bilgilerle kamyonun haritadaki yerini XYZ koordinatlarıyla belirlemesidir. 3D bir planla teslim edilen, kamyonla emniyetli alan sınırı birbirini etkileyerek, böylece kamyon sınıra yaklaşır veya geçerse alarm sistemi çalışacaktır.



Şekil 3.10 İşletmeden elde edilen verilerle bilgisayarda oluşturulan 3 boyutlu işletme haritası (Yegulalp, T. M. 1983)

Sitemin bir başak özelliği de kamyonları izlerken kamyonların gittiği güzargahın haritası (yol haritası) belirlenmektedir. Günümüzde bu sistem ile işletmenin gidişatı ve ileriye dönük planlama yapılabilinmektedir.

Kamyonların gidiş geliş yönünün çizimi, haritanın raster koordinatları ile WGS84 GPS koordinatları arasındaki dönüşümde referans olarak kullanılacak olan tespiti kolay ve belirgin (kavşak vs.) en az 3 noktada belirli bir süre veri toplanmıştır.

Bir sonraki adım olarak ise, bu noktaların Apsis Araç Takip Programında bulunan Durak Raporlama. İşleviyle raporlanarak, harita üzerinde işaretlenmesi ve WGS84 konum bilgilerinin durak raporları dosyasında tespiti gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bir dönüşüm programı ile taranarak dijital hale getirilmiştir.

Haritasının tespit edilen bu 3 nokta yardımıyla, raster koordinatları ile WGS84 koordinatları arasındaki dönüşüm gerçekleştirilerek tüm harita WGS84 sisteminde koordinatlar üretir şekilde sayısal hale getirilmiştir. Programa, sayısal hale getirilmiş bu haritanın tanıtımı, sol üst ve sağ alt köşe WGS-84 koordinatları girilerek yapılmaktadır. Bu şekilde Apsis Araç Takip programına tanıtımı yapılan sayısal harita, araç takip işlemine hazır hale getirilmiş olmaktadır.

Böylece, çalışılan bölgeye ait veri dosyası açıldığında o bölgeye ait tanıtılmış harita otomatik olarak program tarafından ekrana getirilmektedir.

Açık işletmede toplanan verilerin sayısal harita ile uyuşumunun kontrolü de yine program içinde mümkün olabilmektedir. Bu kontrol için, sayısal hale getirilmiş haritanın sol üst ve sağ alt köşe WGS84 koordinatları, boş bir resim dosyası olarak tanıtılır. Toplanan dataların bu boş resim dosyası üzerine çizgisel olarak dökümü sağlanır.

Daha sonra üzerinde sadece veri toplanılan yerlerin çizgisel olarak gösterildiği resim ile daha önceden sayısallaştırılan resim haritanın yazıcı çıktısı alınıp çalıştırılmak suretiyle kontrol sağlanır ve uyuşmazlıkların tespitine çalışılır. Bu şekilde elde edile haritalar, kullanıcılar için ana bilgisayardan yüklenir. Bu şekilde sürücülerin yönlendirilmesi daha kolay olmaktadır.

3.6.5 Açık Maden Ocağı GPS Tabanlı Sevkiyat Sistemleri ve Uygulama Örnekleri

Açık işletme madenciliğinde sevkiyat sistemine entegre olarak geliştirilen GPS yardımı ile kamyon atama sistemleri, modüler madencilik, kamyon yönetim ve bilgilendirme, Quebec Cartier madencilik, üretimin izlenmesi ve kontrolü sistemlerinden yararlanılarak yapılmaktadır.

3.6.5.1 Modüler Madencilik

Sistemin amacı elimizde bulunan ekipmanlar ile maden üretimini maksimize etmek ve otomatik bir sevkiyat gerçekleştirmektir. Bu kamyonun atama için seçilen taşıma güzergâhının optimizasyonu ile gerçekleşir.

Sistem en iyi yüklemeyi sağlamak için kamyonların taşıma kapasitelerini, nakliye güzergâhını ve boşaltma notlarının konumlarına göre atama yapılmaktadır. Bu bilgilerin yanında, sistem veri toplama ve transferi, veri depolama, dinamik ortamda ekipmanlardan alına veri iletişimi sağlamak için sofistike cihazlar kullanılır.

Sistem lineer programlama ve dinamik programlama problemlerinin çözümlerinde içinde bulundurulur. Lineer programlama, optimal nakliye olanakları ve istenen malzeme akışını oluşturmak için kullanılır.

Bu iki durumda da, sistem içindeki boş bekleme süreleri ve yükleyici boş zamanı en aza indirmek için daha sonradan dinamik programlama kullanılmış ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Kullanılan hesaplamada, kamyonların mevcut yerleri, hız faktörleri, yükleyicinin konumu, yükleyicinin kazma oranı ve tüm maden ocağındaki ekipmanların durumu göz önünde bulundurularak hesaplanır.

Dinamik programlamaya dayalı kamyon atamasında, bir kamyon atamasından sonra, birkaç dakika sonra program ardından oluşacak atamayı da hesaplamaktadır.

Uygun kamyon bulmak için program yükleyici, boşaltma noktası ile kırıncı ve bunların bağlı oldukları yollar üzerinden hesaplama yapmaktadır.

Kamyon, boşaltmadan dönüşünde yönlendirildiği yükleyicinin arızalanması durumunda, sistem hemen kamyonu yeni bir yükleyiciye yönlendirmektedir. Bu işlem mikro işlemcili operatör paneli ve sistem arasındaki iletişim ile gerçekleşir.

Operatörlerin kullanmış oldukları araçlar içindeki panel ekipmanları sürekli konum ve durum bilgilerini güncellemek amacı ile kullanılır.

Bu bilgiler sayesinde, yönlendirmesi yapılan kamyonu yükleyiciye varış zamanını ve yapılacak olan taşıma işleminin yeri hakkında bilgi sağlar.

Ana bilgisayar tarafından yapılan tüm atamalar kontrol edilmektedir. Sistem madencilik bilgileri ve maden ocağındaki ekipmanların performans ortalama kayıtlarını da tutmaktadır.

Bu programın, farklı maden ocaklarında kullanılması için çeşitli sistem entegrasyonlar yapılmıştır. Bu programa yapılan çeşitli sistem entegrasyonlar ile dünya üzerinde 12 firma tarafından kullanılmaktadır (Bonates, E. J. L. 1992).

Bu firmalar;

- 1- Phelps Dodge – Tyrone, Yeni Meksika, ABD - Bakır
- 2- Qunintete Kömür Ltd. – Birleşik Columbia, Kanada - Kömür
- 3- Phelps Dodge – Morenci, Arizona, ABD - Bakır
- 4- Bougainville Bakır Ltd. – Pnaguna, Papua Yeni Gine - Bakır
- 5- Demir Cevheri Firması Kanada – Labrador, Kanada – Demir Cevheri
- 6- Palabora Maden Firması – Güney Afrika - Bakır
- 7- Chino Maden Firması – Yeni Meksika, ABD - Bakır
- 8- Empire Demir Madencilik Ortaklığı – Michigan, ABD, Demir Cevheri
- 9- Bong Maden Firması – Bong Şehri, Liberya – Demir Cevheri
- 10- Cananea S.A. Mineral Firması – Sonora, Meksika - Bakır
- 11- Mt Newman madencilik Firması Ltd. – Newman, Avustralya – Demir Cevheri
- 12- Uluslar Arası Kaynaklar – Barranquilla, Kolombiya – Kömür,

Bu sistemi kullanan madencilik firmalarının her birinin koşulları ve büyüklükleri birbirinden farklı olduğundan, sistem her işletme için ayrı ayrı yapılandırmalar yapılmıştır.

Bu sistemde kullanılan kamyonları ve yükleyicilerin içindeki operatör panoları (mikro işlemcili üniteler) kamyonlar için ve yükleyiciler için ayrı ayrı gösterilmiştir. Aşağıda verilen operatör panel örnekleri Carol Lake madencilik firmasına aittir.

KAMYON BİLGİSAYAR EKRANI						ONAY	
BEKLEME	YÜKLEYİCİ HAREKETİ		HAZIR	YÖNLENİŞ SAYISI	1	2	3
VARIŞ	YOL KAPALI		İPTAL	TEKRAR ÇAĞIRMA	4	5	6
ATANMIŞ	CEP DOLU	YEDEK	DÖNMÜŞ	SEÇME	7	8	9
					SİL	0	○

Şekil 3.11 Kamyon Bilgisayar Ekranı (Pearcey, J.D., 1985)

YÜKLEYİCİ BİLGİSAYAR EKRANI						ONAY		
CEVHER		ÇEKME KABLOSU	YÜZEY DÜZELTME	HAZIR	YÖNLENİŞ SAYISI	1	2	3
PASA		DİŞ DEĞİŞTİRME	KISA HAREKET	İPTAL	GERİ ÇAĞIRMA	4	5	6
KAYA KIRMA	GERİ HAREKET	FARKLI FORMASYON	UZUN HAREKET	ARZALI	SEÇME	7	8	9
					SİL	0	○	

Şekil 3.12 Yükleyici Bilgisayar Ekranı (Pearcey, J.D., 1985)

Sistem, vardiyanın başlaması ile yönlendiricinin vaz 11/780 bilgisayar sitemine bağlı 4 terminalle bilgi kurar. Kısa bir sürede yönlendirici, ekipman atamış olduğundan sistem tarafından bilgilerin kontrolü ve temini sağlanır.

Sisteme ilk önce operatörün kullandığı aracın kart numarası gider. Daha sonra operatör tarafından durumu hakkında bilgi veriri (paneli kullanarak).

Yönlendirici, bilgisayar ile iletişime geçen operatörün isteğini kabul etme ve kabul etmeme seçeneği vardır. Eğer yönlendirici kabul ederse, sistem kamyonu istediği yükleyiciye yönlendirmektedir. Eğer yönlendirici isteği kabul etmez ise, kamyon için kendi bir atama girmelidir.

Atamalarda maden ocağındaki tüm yolların kesişme noktaları (düğüm, bağlantı noktaları) göz önünde bulundurularak atama gerçekleştirilir. Kamyon uygun yükleme ve boşaltma noktasına yönlendirilir. Kamyon ilk yüklenmeye başladığında kamyon operatörü sisteme yüklendiğini bildirir.

Yükleme bitiğinde yükleyici operatörü, kamyonu ne yüklediğini girer ve kamyon uygun boşaltma noktasına yönlendirilir. Kamyonda meydana gelebilecek sorunlar ve arızalar için kamyon operatörü kamyon içindeki panel yarımı ile bilgilerini yönlendiricinin olduğu bilgisayara bildirir.

Yükleyici üzerindeki paneller, yükleyici operatörü sadece kamyonu yüklediği malzemenin türünü seçerek onaylar. Yükleyici üzerindeki operatör paneli üzerinde yüklenen malzemenin özellikleri ve çeşitliliğine göre panel oluşturulmaktadır.

Kamyon operatörlerinin durum ve arıza bilgilerini belirttikleri gibi yükleyici operatörlerinde araç içindeki panelden durum ve arıza bilgilerini belirtebilmektedirler. Sistemden kasıtlı olarak herhangi bir aksama (gecikme) olması durumunda sistem uyarı sinyali vermeye başlar.

Model tam bir maden yönetim sistemi olarak kabul edilir. Sistem daha önceki uygulamalardan meydana gelen kombinasyon ve düzenlemeleri karşılaştırmak sonucu ile gerçek verilere dayalı bir sonraki adım için simülasyon yapabilmektedir.

Sistemin kullanımına göre eklenen yakıt, vardiya değişimi, kamyon yükleyici eşleşmeleri, ocak kısıtlamaları, öncelikli boşaltım kısıtlamamaları, araç kuyruğu sınırlamaları, tek ve çift yedekleme bakım kontrol noktaları vb. diğer seçenekleri isteğe göre eklenmektedir.

Kullanılan donanım çevre koşulların etkilemeyecek şekilde planlanmıştır. Link operatörü sistem komutlarına hızlı tepki verecek şekilde mikro işlemci tarafında gerçekleştirilmektedir.

Operatörlerin kullandıkları panellerin üst kısmında yönlendiricini bulunduğu ana bilgisayardan gelecek komutları anlamasını kolaylaştırmak için bir ekran vardır.

Modüler madencilik ile % 10 ila % 14 arasında verimlilik elde edildiği bildirilmiştir (Pearcey, J.D., 1985). Sistemin sıkıntısı yazılım ve donanım maliyetleri ve sistem bakımındır. Sistemde belirtilen güzergâh dışın çıkan aracı farklı bir işaret ifade eder ve kamyon güzergâhı hakkında yanlış bilgi iletir.

Sistemin en büyük yanlışların olması sabit bir hız ile değil kamyonları kendi istedikleri hıza hareket etmesidir. Doğrusal sistemde bu sıkıntını ortadan kalkması için sistem belli zaman aralıkları ile kapatılıp açılır.

3.6.5.2 Kamyon Yönetimi ve Bilgilendirme Sistemi

Otomatik sevkiyat sistemlerinden önce kullanılan programlarda maden işletmeleri için raporlama yoktu (Bonates, E. J. L. 1992). Sistemin amacı, taşıma güzergâhlarının uzunluğu, fonksiyon ve etkileri, kamyon ve yükleyicileri tüm taşıma güzergâhlarını görmek ve raporlamak amacı ile geliştirilmiştir.

Sistem için geliştirilmiş mikro işlemciler ile sistem içinde veri iletim, araç yön izleri, yük tartı sensörleri, döküm noktaları, araç kontrol durum tuşları içermektedir. Mikroişlemciler verilen bilgiler doğrultusunda sensörler aracılığı ile bağlanır.

Aracı yön değiştirme işleminde, yönelimini mikro işlemciler aracılığıyla değiştirmektedir. Kamyonun sevkiyatı sırasında döngü zamanlarını mikro işlemci belirlemektedir. Kamyon içindeki yük sensörleri kamyon kapasiteleri ve yükleyicileri eşlemek için kullanılır. Kamyon yük sensörü ile yük durumunu ana bilgisayara bildirmektedir. Kamyonun yük durumu sistem için önemlidir. Yük sensörü ile kamyonun içindeki malzeme türü bildirilir ve uygun boşaltma noktaları hesaplanır.

Mikroişlemciler vasıtası ile radyo frekansı IR denilen kızıl ötesi frekanslar oluşturulur. Bu frekanslar maden ocağındaki tüm ekipmanlara iletilmektedir. Sistemde iki çeşit sinyal vardır. Bunalar akıllı ve akıllı olmayan sinyallerdir. Bu sinyalleri maden ocağındaki ileticimi için tabelalar kullanılarak veriler ana bilgisayara aktarılmaktadır.

Sistemdeki tabelalar akıllı ve akıllı olmayan tabela olarak ikiye ayrılır. Bu tabelalardan akıllı olmayanları veri iletimi için çok önemlidir. Buda kamyonların konum bilgilerini ana bilgisayara iletmek için geçerlidir. Toplam çevrim süresini hesaplamak için araca bir kilometre sayacı monte edilebilir. Bu kilometre sayacı mil ve tekerleklerin devrimleri sonucunda gidilen mesafeyi hesaplamaktadır. Aracın vitesi üzerindeki sensör sayesinde aracın yönü mikroişlemciye aktarılmaktadır.

Burada kilometre sayacı sayesinde çevrim mesafesi süre bakımından hesaplanmaktadır. Buda yükleme işlemi sonrası boşalan yükleyici için yeni kamyonun ne kadar sürede gelmesi gerektiğini belirlemek için kullanılır.

Sistem olası yükleme için kamyon ve yükleyici eşlemesinde kamyonların marka, model ve kapasiteleri çevrim süreleri boş ve dolu çevrim sürelerini veri olarak saklamaktadır. Bu verileri eşliğinde atama için uygun ekipman belirlemektedir.

Sistemin ayırım için kullandığı özellikler kamyonların özellikleri ve kapasiteleri, yükleyici kamyon eşlemeleri (uygun yükleyiciler), çevrim süreleri, yüklü sevkiyat süreleri.

3.6.5.3 *Quebec Carrier Madencilik Sistemi*

Quebec Carrier madende kullanılan nakliye sistemi, tam otomatik sistemdir (Farrell, T. W., 1988). Sistem matematiksel programa algoritmasına göre çalışmaktadır. Sistemdeki matematiksel algoritma iki aşmaktan oluşmaktadır.

Birinci aşama, doğrusal programlama modeli ile yükleyici üretimini maksimize etmek için gerekli çalışma koşullarını belirlemek ve hesaplamak gerekmektedir. İstenilen üretim şekline uygun makine tipleri ve yükleyiciler alınmalıdır. Hesaplama madenin ihtiyaçları doğrultusunda uygun makine parkı ile oluşmaktadır. Yükleyici, konum ve üretim oranları arasında bir kombinasyon sonucu bir etkileşim olmaktadır. Bu kombinasyonlar çok büyük olduğundan ancak vardiya başlarında sistemin çalıştırılması ile sistemin doğru çalışması sağlanmaktadır.

İkinci aşamada ise matematiksel programlama modeli üretim planını oluşturmak için kullanılır. Bu program kamyonların bekleme süreleri ve cevher sınıfları ile ilişkili lineer olmayan bir ağ akış algoritmasına dayanmaktadır. Bu aşama, ilk adımda sağlanan sonuçların netleşmesi için kullanılmaktadır.

Sistem yükleyici oranlarını miktarını belirlemek, nakliye ağını, güzergâh seçimi, malzeme miktarları ve malzeme kalitesini belirlemeli amacı ile kullanılır. Bu aşamada doğrusal olmayan programlama kullanılır.

Bu sistemi CVRD olarak da adlandırılır ve Conceica maden işletmesi Brezilya’ da kullanılır (Bonates, E. J. L. 1992). Sistem kazanımları opsiyonel ve büro kazanımları diye ikiye ayrılır. Operasyonel kazanımlar, sistemin yönlendirme ve bekleme süresini azaltarak veya sınıfsal hesaplamaları dikkate alarak uygun nakliyat güzergâhları belirlemektir. Büro tipi kazanımlar ise üretim raporların ve gerekli istatistiksel verileri elde edilmesidir.

3.6.5.4 Wenco

Sistem gerçek zamanlı performans ortalaması bilgileri, otomatik kamyon sevkiyatı ile tam maden yönetimi sağlamaktadır. Sistemde veri olarak ve göndermek için mobil bir veri terminali oluşturulur. Sistemde operatörlerin kullanacağı panellerin üzerinde durmalarını ifade eden tuşlar bulunmaktadır. Bu tuşlar ile bilgisayar aracı son durumu hakkında bilgiye sahiptir.

Bu şekildeki panellerdeki düğmeler mikro işlemci ile durum bilgisini belirtir. Kamyon üzerinde ki panelde 20 tane tuşun 18 tanesi kamyonun durum bilgisi içindir. Bu durum bilgileri farklı renk kodları ile ifade edilmiştir.

Sistem mikro işlemciden gelen durum bilgisine göre hesaplama yapmaktadır. Bu hesaplama ile kamyonların, yükleyicilerin bekleme ve eşleşme oranları daha kolay gerçekleşmektedir. Bu şekilde uygun ve verimli bir nakliyat gerçekleşmektedir. Bu sistem için maliyet %4 -%5 arasında artış olduğu gözlenmiştir (Bonates, E. J. L. 1992). Bu artışın sebebi işletmende çalışanları sistem için eğitimi, kurulum masrafları olarak açıklanabilir. Sistemin çalışmaya başlaması ile üretim maliyetinin %10 -%12 oranında azaldığı gözlenmiştir.

3.7 Maden Ocağında Kullanılan Döngü Sistemleri

Maden ocağında kullanılan yarı otomatik ve otomatik sevkiyat sistemleri için yönlendirici tarafından kamyon operatörleri için yönlendirme yapmak için kamyonların mantıksal bir atama ile yönlendirilmesi gereklidir. Sevkiyat sistemleri için daha fazla malzeme taşımak yani daha fazla kamyon olması verimi arttıracakı düşünülmüş fakat bunun maksimum verim eldesi için uygun olmadığı anlaşılmıştır.

İlk olarak sevkiyat prosedürlerini belirlemek için hangi maden ocağı için olduğu belirlenmelidir. Bu şekildeki yaklaşımla sevkiyat problemleri için doğru bir yaklaşımdır. Maden ocağında iki yükleyici olsun bunlardan bir yükleme yaparken diğeri boşta beklemektedir ve bir yükleyicide kuyruk oluşurken diğeri yükleyici boşta beklemektedir. Eğer bunun için uygun bir matematiksel yönlendirme prosedürü olsa bu sorun ortadan kalkacaktır.

Maden ocağındaki ekipmanların uygun sevkiyatı için uygun bir matematiksel programlamadan yararlanılmalıdır. Bu modeller çok basit veya çok karmaşık olabilir. Madenlerde kullanılan matematiksel operasyonlar sabit, heuristic, stokastik ve matematiksel işlemler modellendirme olarak açıklanır.

3.7.1 Sabit Prosedür

Maden ocağında sabit işlemlerle kamyon yönlendirme sisteminde, önceden belirlenmiş olan kamyonlar yükleyici boş kalmayacak şekilde yönlendirilmesi ile elde edilir. Sistemde çalışan yükleyicilerden bir arızalanması durumunda veya yükleme işleminin uzaması sonucu boşta bekleyen kamyon sayısı ve kamyon kuyrukları oluşmasını önlemek için sadece kamyonlar diğer yükleyicilerle sabit olarak eşlenmektedir.

Sabit işlemlerle kamyonların sabit yükleyiciye atanması verimsiz bir uygulama olduğu anlaşılmıştır. Sistemin eksikliği yükleyici ve buna atana kamyonların bakım için ayrılması, yükleme işleminin durması ve nakliyenin aksaması anlamına gelmektedir. Sabit eşleşme ile yükleyicinin mola vermesi ile yükleyiciye tahsis edilen kamyonların beklemesi anlamına gelmektedir. Bu sistemde yükleyicinin önünde bekleyen birkaç kamyon bulunmaktadır. Buda sistemin verimini düşük olduğunu göstermektedir.

3.7.2 Heuristik Atama Sistemi

Madenlerde heuristik atama sistemi veya algoritması oldukça kolay bir matematiksel formülasyondan oluşmaktadır. Heuristik atama sistemi üç alt oluşum sistemi olarak tanımlanmaktadır. Birinci aşaması problemin tanımlanması ve tatminkâr bir çözüm eldesidir.

İkinci aşamada bilgisayar yardımı ile sistemdeki eksiklikler ve organizasyon planı yapılmaktadır. Son olarak operatörün kararları ve daha ilerleyen evrelerin simülasyonunu yapma seçeneği sunulmaktadır. Sistem ile dönem hedefleri, anlık durumlar ve gelecek planlaması yapılabilmektedir.

Heuristik sistemdeki atama işlemlerini bir kişinin yönlendirmesi doğrultusunda olduğundan çeşitli sorunlara ayak uydurmakta zorluk çekmektedir. Yönlendirme optimal olamama ihtimali vardır. Maden ocağındaki nakliye sistemi dinamik olduğundan statik prosedürlerle çözünde istenilen sonuçların eldesi olamayabilir.

Açık ocak madenciliğinde kullanılan çeşitli heuristik atama işlemleri vardır.

Bunlar;

- Kamyon sayısının artırmak ile
- Yükleyici sayısını arttırma ile
- Eşleme faktörü ile
- Öncelik numarasına göre atama

3.7.2.1 Maksimum Kamyon Kullanarak (MAXTRU) Atama

Maden ocağında maksimum kamyon kullanılan sistemde sistemin mantığı kamyon sayısını artırarak yükleyicinin boş beklemesini ortadan kaldırmaya çalışılır. Bu işlemde kamyonların ortalama nakliyat süreleri, yükleyicileri yükleme süreleri, yüklenmek için bekleyen kamyon sayısı kamyon sayısını belirlemek için önemlidir. Sistemde kamyonlar bekleme yapmadan doldurulmasını hesaplamak için ortalama yükleme süreleri dikkate alınır.

Sistemin matematiksel formülasyonu;

$$SA_K = \min_j (TBL_j + [nLT_j + FT + TT_j])$$

SA_K = Yükleyiciye göre atanmış kamyon

J = Bütün pozisyonlardaki yükleyici sayısı

TBL_j = Yükleyicide bekleyen kamyon süresi

n =Yükleyicide bekleyen kamyon sayısı

TL_j = Ortalama yükleyici bekleme süresi

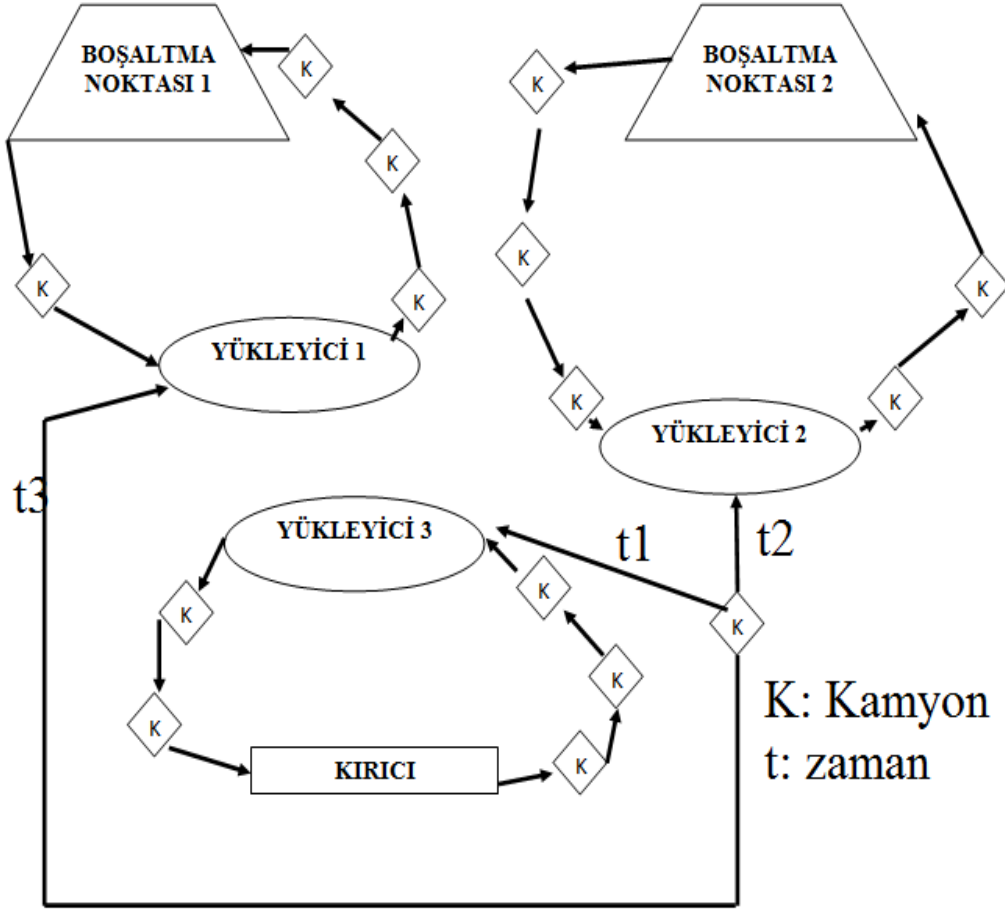
FT = Kamyon bekleme dışında geçirdiği zaman

TT_j = kamyonun döngü zamanı

3.7.2.2 Maksimum Yükleyici Kullanarak (MAXSHO) Atama

Maden işletmesinde yükleyici sayısını artırarak sistem gerçekleştirilir. Sitemdeki yükleyicinin ayısını arttırarak döngüdeki kamyonların diğer yükleyiciye gönderiminde bekleme sürecinde olacağı göz önünde bulundurularak uygun olan yükleyiciye yönlendirilmesi şeklinde ifade edilebilir.

Burada uygun olan kamyon uygun olan yükleyiciye yönlendirilmesi önemlidir boş bekleme zamanlarının azaltılması için uygulanır.

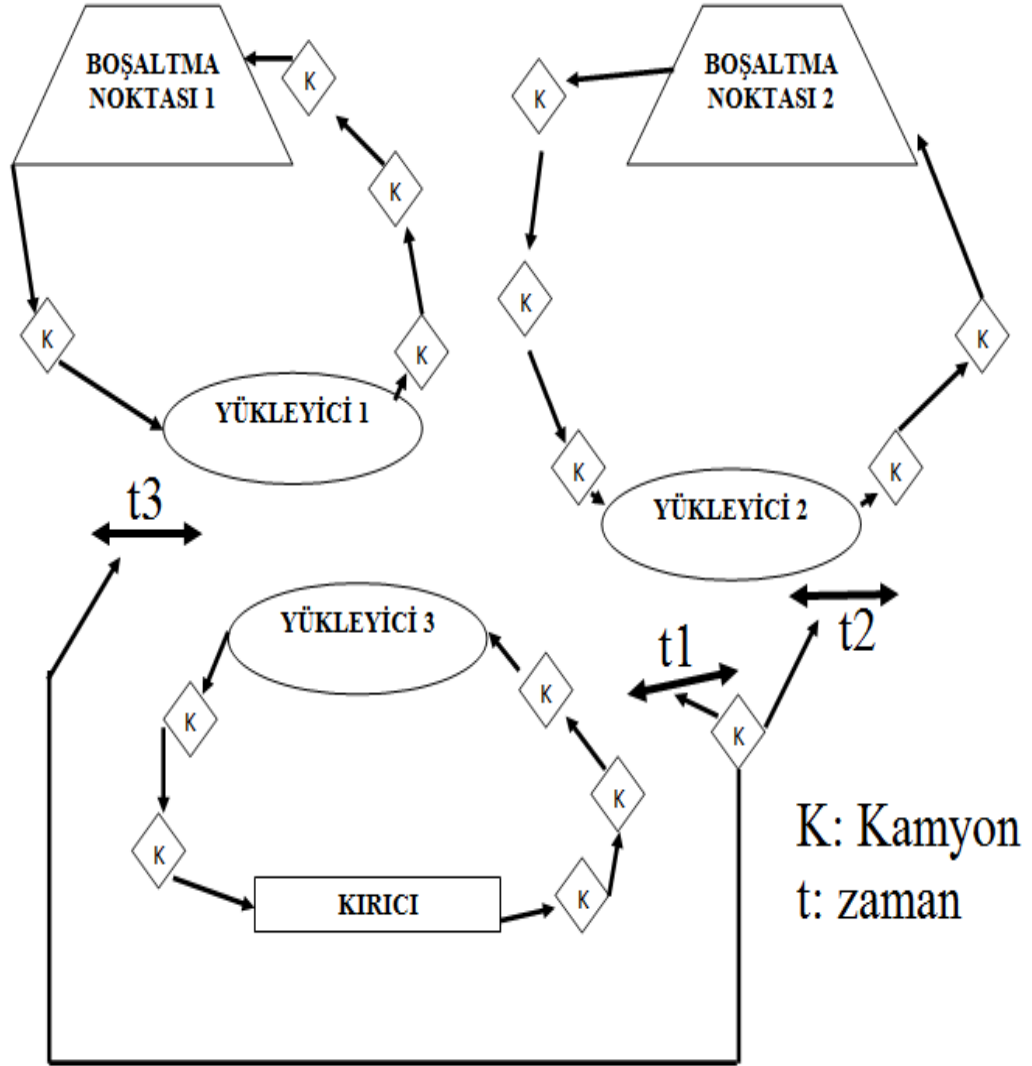


Şekil. 3.13 Maksimum kamyon yöntemi (Bonates, E. J. L. 1992)

3.7.2.3 Eşleme Faktörü ile Atama

Maden ocaklarındaki sevkiyat sistemi planlamada eşleştirme faktörü uygulaması son zamanlarda geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem yükleyici ile kamyon arasındaki dengeyi oluşturmak için formüle edilmiş ve uzun süre için kabul edilmiştir. İlk olarak yükleyiciye kamyon tahsis yapılması gerekmektedir. Eşleme faktörü herhangi bir zaman içinde yükleme noktasına uygun kamyon belirlemek için kullanılır. Eşleme faktörü şu şekilde tanımlanır.

$$EŞLEME \text{ FAKTÖRÜ} = \frac{(KAMYON \text{ SAYISI})(YÜKLEYİCİ \text{ DÖNGÜ SÜRESİ})}{(YÜKLEYİCİ \text{ SAYISI})(TAŞIMA \text{ DÖNGÜ SÜRESİ})}$$



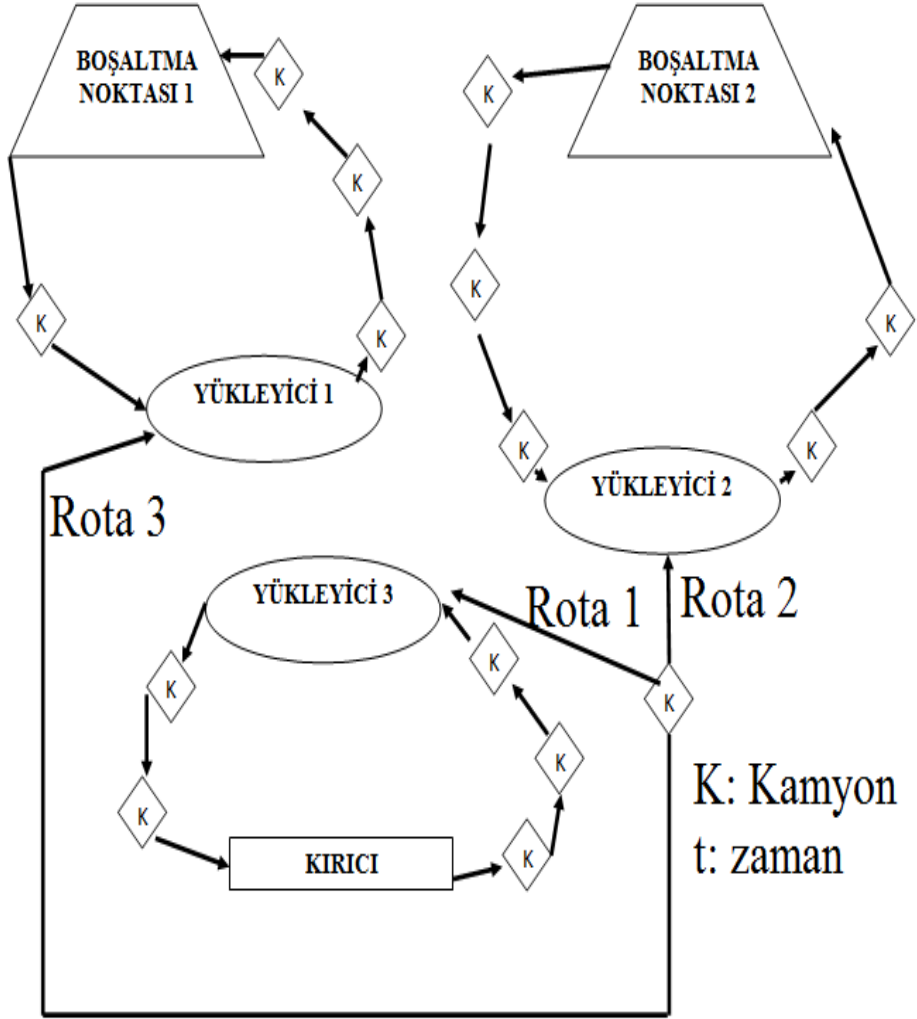
Şekil 3.14 Maksimum kamyon yöntemi (Bonates, E. J. L. 1992)

Burada her iki durum içinde sistemde yükleme anındaki bekleme süreleri dahil değildir. Eşleme faktörü birin atında ise sitemi içinde yüklenmek için bekleyen kamyon sayısı fazla. Eşleme faktörü birin üzerinde ise yüklenmek için bekleyen kamyon sayısı az. Sistem bire eşit olduğunda ise uygundur.

Eşleme faktörünün önemi yükleyicideki üretimi ile kamyonların en uygu sevkini ifade eder. İlk başta kamyon yükleyici eşleme faktörü çelişkili gibi görünür. Eşleme faktörü bekleme sürelerini dikkate almayan statik bir ölçümdür.

Maden ocaklarındaki nakliye sistemi dinamik olduğundan amaç kamyon bekleme sürelerini en aza indirecek şekilde yönlendirme (eşleştirme) yapılır. Eşleme faktörü değişen koşullara göre vardiya boyunca güncellenmekte ve koşullara uygun uygulanabilir.

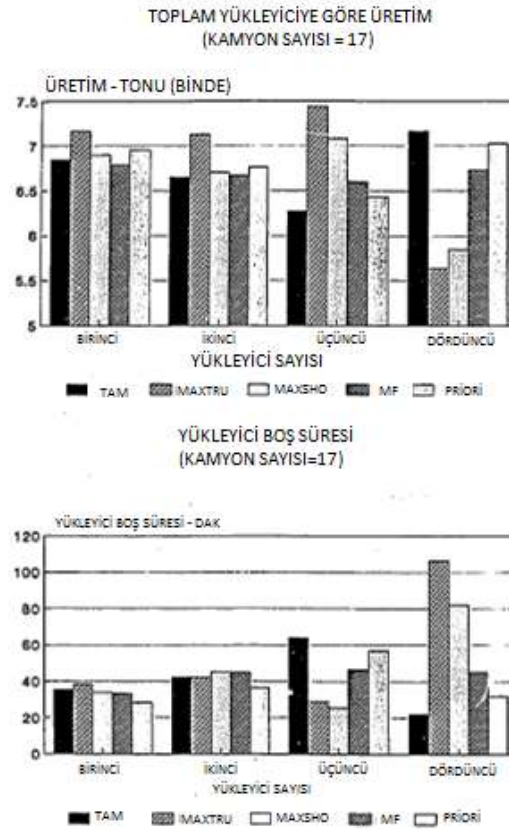
$$ORAN - MF = \frac{\text{ŞİMDİKİ ÖRTÜ ORANI} - MF}{\text{BEKLENİLEN ÖRTÜ ORANI} - MF}$$



Şekil 3.15 Maksimum yükleyici yöntemi (Bonates, E. J. L. 1992)

3.7.2.4 Öncelik Numarasına Göre Atama (PRIORITY)

Maden ocağında öncelik numarasına göre atama için yükleyicilere durumlarına göre kamyon atanmaktadır. Bu atama sisteminde seçimler keyfi olarak yapılırken göz önünde bulundurulanan üretim hedeflerine uygun atama yapılmaktadır.



Şekil 3.16 Heuristik yöntemlerin sütun grafiği ile karşılaştırılması (Bonates, E. J. L. 1992)

3.7.3 Stokastik Sistem

Madenlerde nakliyat işlemi çoklu kademe sistemine göre tasarlanmıştır. Madenlerde birbirinde farkı çok değişik işlemler oluşmaktadır. Küçük maden işletmelerinde çok komplike işlemler meydana gelmediğinde daha çok heuristik sistemler tercih edilmektedir. Maden işletmelerinde işletme büyüklüğü ve kompleksliğiyle nakliye işlemleri heuristik sistemde olduğundan farklı olarak birden fazla kademe içermektedir. Birden fazla kademenin içermesi nakliye işlemini de kompleks hale getirmiştir.

Nakliye işlemini bu kompleks yapıdan kurtarmak için heuristik matematiksel işlemler (sistemler) kombine olarak çalıştırılır. Bu sistemler daha az bekleme zamanını varyasyonların minimize olması üzerine kurulmuştur.

Araç tahsisat ve anında sevkiyat (Real Time Dispatch)ayrı işlemler gibi tanınsa da aralarındaki geçiş (bağlantı) tam olarak tanımlanmamıştır.

Stokastik sistemdeki araç tasfiyesi sırsındaki oluşan araç sevkiyat problemi iki ana probleme dayanır. Bu iki ana problem araç döngü zamanı ve araç yüküdür. Aracın ne kader sürede nerede ne yaptığını mesafeyi ne kader sürede kastettiği önemlidir. Araç yükü pasa veya cevher olduğu yükü nereye, kırıcıya veya dekapaj noktasına mı döküleceği önemlidir.

Stokastik sitemi ile çalışma üç kısımda yapılmaktadır (Chung, H.T., 2005).

Bunlar:

- Araç tasfiye problemi
- Araç sevkiyatının olasılıkları
- Sistemin çözümü

3.7.3.1 Stokastik Sistemde Araç Tasfiye Problemi

Araç tasfiye problemini oluşturmanın amacı; cevher alımını (elde edilişi) düzenlenmesi ile yatırım giderleri ve işletme giderlerini minimize edilmesidir. Maden– işletme arasında nakliye stokların büyüklüğüne bağlıdır. Stoklar tampon gibi davranır ve ne zaman gerekli malzeme (ihtiyaç) olduğu stoklara göre kara verilir.

Bu stratejiye göre işletme tasarrufları ve uzun kapsamlı yatırım tasarrufları stok mantığına göre yapılmaktadır. Burada en önemli işletme amacı, sistemdeki kısıtlamaları minimum kaynaklarla karşılamayı amaçlar.

$$\sum_s \sum_d \sum_g K(g)x(s,d,g)$$

$$V_0 + h[V_{KAMYON} - V_{KIRICI}] \geq V_{MİT}$$

$$V_{KAMYON} = \sum_s \sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s,d,g)} L_0(s,d,g) X(x,d,g)$$

$$\sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s,d,g)} \bar{L}_0(s,d,g) X(x,d,g) \leq C_{YUKLEYICI}(S)$$

$$\sum_s \sum_d X(s, d, g) \leq R(g)$$

$$X(s, d, g) \geq 0$$

s: Yükleyiciye tahsis edilen kamyonların sayısı

d: Boşaltma noktasına tahsis edilen kamyonların sayısı

$L_o(s, d, g)$ (ton) : Kamyon yükleme kapasitesi, g tipi kamyon için, s yükleyici ve d boşaltma noktası arasındaki

$r_o(s, d, g)$ (dakika): Cevherli kamyon devir zamanı

V_o : Başlangıç operasyon hacmi

V kamyon ve V kırma: Operasyon içeri ve dışarı giren cevherin saatlik hızı

C yükleyici (s): s (ton / h) yükleyici kapasitesi

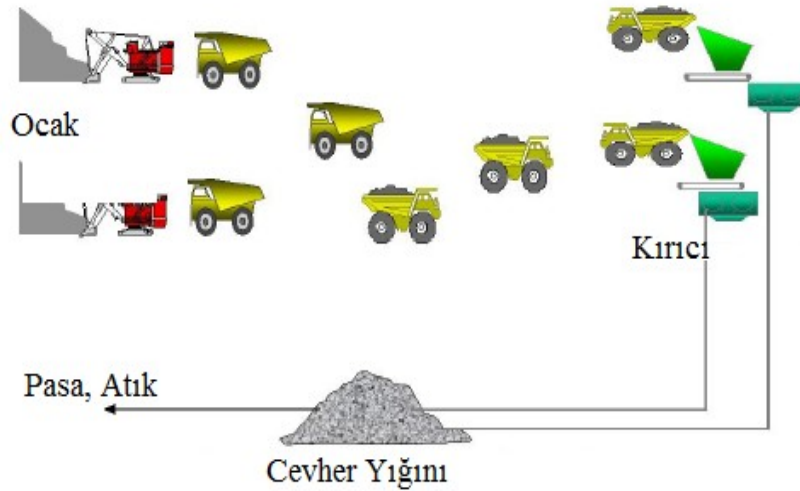
Dw: Saatlik yüklenen atık madenin gerekli miktarı

$R(g)$: G tipi kamyonun hazırda bulunan kamyon sayısı

H: Saatlerin sayısı ve zaman limiti (kısıtlam z) (Chung, H.T., 2005).

Yukarıdaki işlemde hesaplamaları kolaylaştırmak amacı ile cevher kırma maliyetleri ihmal edilmiştir. Fakat bu maliyetlerde kolay bir şekilde bu formüle ekleyebilirsiniz.

Yukarıdaki formülasyonla elde ettiğiniz fonksiyonda kullanılan matematiksel terimler ve çeşitli kısıtlamaların hepsini ortalama değere dayanmaktadır. Bu değerler ortalama araç yükünü ve devir daim (döngü zamanını) içermektedir.



Şekil 3.17 Stokastik sistemde araç yönlendirme(Chung, H.T., 2005).

Araç yükü devir daim (döngü) zamanın da hem dolu, hem de boş haldeki araç sevkiyatını, boş zamanı (bekleme), malzemeyi yükleme ve malzemeyi boşatma zamanıdır. Bu değerler kesin zamanlama değerleri değil ya önceki döngüde veya vardiyada elde edilmiş veriler. Tahmin edilen yaklaşık zamanlardır (ortalama zaman) fakat bu ortalama değerler en iyi çözümü sunmaz. Bir kişi stokastik araç sevkiyatı ile çalışan madendeki kısıtlamaların üstünden gelebilir. Belli olamayan parametrelerden karakteristik özelliği bilindiğinde çözümleme yapılabilir.

3.7.3.2 Stokastik Sistemde Araç Sevkiyat Olasılıkları

Stokastik programın lineer programa göre kullanması daha avantajlıdır. Stokastik programda belirsizlikler (ortaya çıkan kısıtlamalar ve sorunlar) rahatlıkla birleştirilerek sayısal çözümlere kolaylıkla adapte edilmektedir.

Ortaya çıkan kısıtlamalar lineer programlama ile çözmek yerine stokastik programlama ile çözülmesi ile çözümler ve kriterleri dönüştürmek için harcama zaman, stokastik programda %50 daha azdır (Chung, H.T., 2005). Lineer programda doğrular veya çeşitli parametreleri kısıtlama denkleminde kullanılması stokastik çözüm denkleminde kullanılması ile aynıdır(eşittir) fakat stokastik denklemden kullanılan sistem %50 zamandan kısıtlıdır ve programlamada %95 kadar daha kullanışlıdır.

3.7.3.3 Stokastik Optimizasyon

Stokastik problemde maden işletmesinden gele kısıtlamalarda farklı olarak şansa dayalı (ocakta oluşan) problemler (kısıtlamalar) çözerken şansa dayalı kısıtlamaları deterministik forma çevrilir.

$$\text{Prob}\{a_i x \geq b_i\} \geq \alpha_i, (x \geq 0, 0 \leq \alpha_i \leq 1)$$

$$a_i \bar{x} + \sqrt{x^T C x} F^{-1}(1 - \alpha_i) \geq b_i$$

$$(a_i \bar{x} - b_i)^2 - [F^{-1}(1 - \alpha_i)]^2 x^T C x \geq 0$$

x : Kara değişkenleri

α_i = Eşit olmayan kısıtlılıklarla karşılaşılacak emniyet kat sayısı

a_i = Vektör tamsayı elementleri

b_i = Belirsizlik parametresi

c = Rastgele vektörün converyans matrisi

T = Kamyon zamanı

L = Kamyon yükü

F^{-1} = Kümülatif gauss dağılımının tersi

$\alpha_i \geq 0,5$ ise $F^{-1}(1 - \alpha_i) \leq 0$ olmalı (Chung, H.T., 2005).

Bu şekil daha yaygındır. Çünkü bu kısıtlama şekli her bir şansdan çıkarımlara sahiptir tüm değişiklikler bağlı olarak devamlıdır. Birçok değer stochastic optimizasyon probleminde rastgele parçalarla amaç fonksiyonun ada gösterilir (görülür). Burada araç fonksiyonu karı maksimize etmeyi veya üretim maliyetlerini minimize etmeyi amaç edinir.

Alternatif olarak amaç rasgele bir niceliğin çıkarımının elde edilmesini varyasyonlarını minimize etmek veya bir niceliği istenen seviyedeki olasılıkların minimize etmek veya daha önce karşılaşılmayan bir niceliğin istenilen değerde olma olasılığı araç sevkiyat problemini sınırlandırılmasında stokastik araç optimizasyonu sayesinde problemin ek sınırlandırma meydana getirmektedir.

3.7.3.4 Stokastik Sistemde Şansa Dayalı Araç Sevkiyatı

Araç sevkiyat problemi stokastik lineer optimizasyon modeli olarak optimizm edilmiştir. Şansa dayalı modelde daha önceden gösterilen modellere benzer şekilde aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

$$\sum_s \sum_d \sum_g K(g) x(s, d, g)$$

$$V_0 + h[V_{KAMYON} - V_{KIRICI}] \geq V_{MII} \quad [9]$$

$$V_{KAMYON} = \sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s, d, g)} L_0(s, d, g) X(x, d, g)$$

$$\sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s, d, g)} \bar{L}_0(s, d, g) X(s, d, g) \leq C_{YÜKLEYÜK}(S)$$

$$\sum_s \sum_d X(S, d, g) \leq R(g)$$

$$X(s, d, g) \geq 0$$

(Chung, H.T., 2005).

İki model arasında tek fark kısıtlamalardır. Buradaki kısıtlamalar olanağa bağlı kısıtlamalardır. Burada [9] dur kısıtlama [9] h saat (zaman)sonunda stoka (bunker) hacmine spesifik %95 güvenli seviyeye eşit veya bundan büyük alınır.

Buradaki değişkenlerin değerleri tam sayılardır. Buda problemin daha zor çözülmesine neden olur(tam istenilen değerleri değil de, olan değerlerin yuvarlatarak bir üstündeki tam sayının alınması gibi olduğunda net çözüm vermemektedir). Stokastik lineer sevkiyat problemi modeli heuristik deterministik modele kolaylıkla çevrile bilinir. Burada karışık tam sayılı un lineer (doğrusal olamayan)tam sayılarla çözülebilir.

Alternatif olarak burada iki adet model kullanırlar (Chung, H.T., 2005).

- Alt model şansa dayalı olasılık optimizasyon modeli (problemi) kullanılan: bu model hazırda bulunan un lineer tekniklerle çözülebilmesi için un lineer deterministim modele çevrilmesi gereken modla aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\sum_s \sum_d \sum_g K(g) x(s, d, g)$$

$$V_{KAMYON} = \sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s, d, g)} L_0(s, d, g) X(s, d, g)$$

$$\text{Prob}\{V_0 + H[V_{KAMYON} - V_{KIRICI}] \geq V_{MII}\} \geq \alpha$$

$$V_{KAMYON} \leq C_{YÜKLEYİCİ}(S)$$

$$V_{KAMYON} \leq m C_{YÜKLEYİCİ}(S), \text{ Nerde } 0 \leq m \leq 1$$

$$\sum_s \sum_d X(S, d, g) \leq R(g)$$

$$X(s, d, g) \geq 0$$

m = Giriş katsayısı

X(s, d, g) = Devamlı kamyon sayısı (g tipi kamyon)

s = Yükleme noktası

d = Boşaltma noktası(Chung, H.T., 2005).

Bu model daha önceki modellere benzerdir.

- İkinci bir alt model: karışık tam sayılı lineer optimizasyon modeli aşağıdaki şekilde ifade edilir.

Bu iki model arasındaki bağlantı araç kaynak niceliğine bağlıdır. Birinci alt modelde çözümlenerek bulunana araç sayısı genellikle teorik optimum araç kaynağı olarak bilinir.

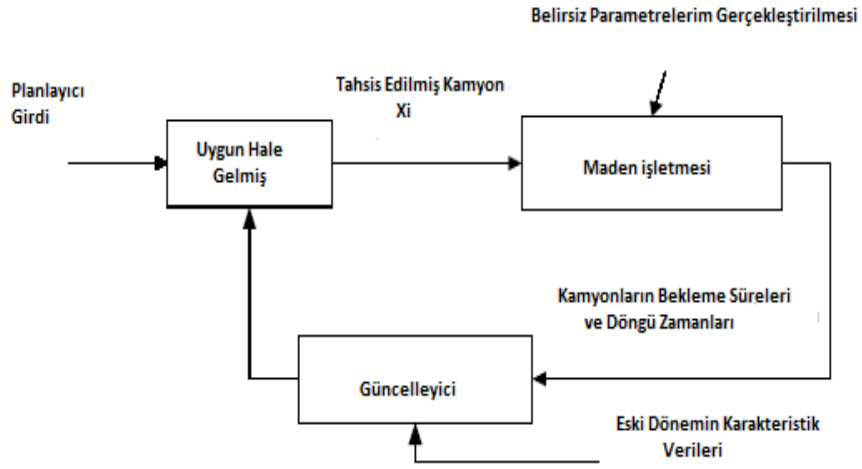
İkinci alt modelde ise amaç boş araç kaynaklarını minimize etmektir. Bu şekilde orijinal modeli iki alt modele ayırarak orijinal problem çözümündeki karışıklıkları basite indiririz ve problemin çözümünü daha kolay hale getirip çözeriz (çözüm kolaylaşır).

3.7.3.5 Stokastik Sistemde Anlık Sevkiyat

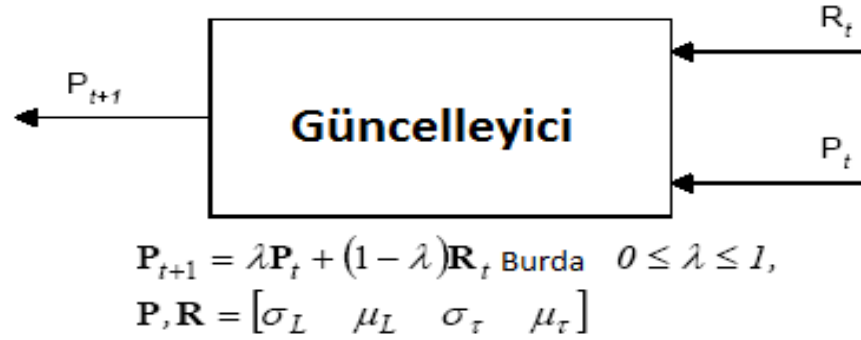
Maden planlarında oluşturulan yıllık aylık, haftalık, günlük planlara göre madenler işletilir. Günlük maden planlarında araçlar sevkiyat planı sevk ediciye göre düzenlenir. Sevk edici son kararı ve anlık araç sevkiyatındaki son kararı verir. Buda çok deneyimli bir sevkiyatını olmasına bağlıdır. Bu operasyonun başarılı olması için deneyimli (tecrübeli) elemanlar görevlendirilir. Burada amaç sevkiyatçıların kararlarının optimizasyon tabanlı teknikler kullanılarak sağlanmasına dayanır.

Araç tahsisinde ve araç sevkiyatı iki ayrı görev olduğu halde tahsisat zamanı da birbiri ardına da gerçekleşir. Başlangıç olarak araç nakliye operasyonlarının başında tahsis edilir. Nakliye operasyonu anlık araç sevkiyat istemine dayanır. En yeterli nakliye operasyonunu sağlanması için.

Araç sevkiyat sistemi dakika seviyesinde çalışır, tahsisat daha az sıklıkla olurken, araç tahsisat prosesi çeşitli parametrelere dayanırken, araç devir zamanı ve araç yükleri gibi anlık tahsisat nakliye operasyonunu verimliliğini arttırmalıdır.



Şekil 3.18 Operasyonda ve işletmede kullanılan veri akışı ve bilgilerin güncellenmesi (Chung, H.T., 2005).



Şekil 3.19 Veri yenileme (Chung, H.T., 2005).

Maden çevresindeki koşullar zamanla değişmektedir ve aynı işletme verimliliğini sağlamak için bu koşullara yeni tahsisle etmek gerekir (her madende sağlamak mümkün olmayabilir). Anlık tahsisat, tahsis eden kişiye optimum tahsisat çözümünü çabuk bir şekilde sunar.

Aracın yeniden tahsisatı elle veya otomatik olarak yapılabilir. Otomatik tahsisat tavsiyesi sevkiyatının, madenin o ana ki durumda oluşabilecek probleme veya o anki yapılabilecek bir tasarrufa karşı sevk ediciyi uyarıyordur.

λ = katsayı (frekans kontrol etmede kullanılır) λ 1'e yaklaştıkça güncelleme sadence uzun dönemli eğilimlere izin verilir. λ 1' den küçük olursa güncelleme kısa dönemli varyasyonlara izin verir. Prosese daha önceki maden verilerinin toplanması ile başar, maden verilerinin güncellenmesi modülleri verilir, güncelleme modülü giriş bilgileri optimizasyon modeli için hazırlar ve iyileştirir.

Güncelleme modülü basit “aşağı akışlı filtre” olarak basit aşağı filtre olarak dizayn edilmiştir. Ana görevi ani değişiklikleri yumuşatmak, araç devir zamana ve araç yüklemede olan olası değişim karakteristiklerini yumuşatmaktır.

Maden çevresindeki değişikliklere kolaylıkla adapte edilir. Burada tesis girişi kullanılarak optimizasyon modeli araç sevkiyat çözümü X_i üretken;

$$\begin{aligned} \sum_s \sum_d \sum_g K(g)Y(s, d, g) &\geq \text{Kamyon Kaynağa} \\ \sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s, d, g)} \bar{L}_0(s, d, g)Y(s, d, g) &\leq C_{YÜKLEYÜK}(S) \\ \sum_S \sum_d X(S, d, g) &\leq R(g) \\ \sum_d \sum_g \frac{60}{t_0(s, d, g)} \bar{L}_0(s, d, g)Y(s, d, g) &\geq mC_{YÜKLEYÜK}(S) \\ \dot{I} = 1 : Y^{(i)}(x, d, g) &\geq 0 \\ i = 2, 3 \dots \\ Y^{(i-1)}(s, d, g) - 1 &\leq Y^{(i)}(x, d, g) \leq Y^{(i-1)}(s, g, g) + 1 \quad (\text{Chung, H.T., 2005}). \\ Y(s, d, g) &\geq 0 \end{aligned}$$

3.7.3.6 Stokastik Sistemde Durum Çalışmaları

Basitleştirilmiş nakliye şeklinde iki yükleyici bir kırıcı basitleştirilmiş nakliye şekli anlık sevkiyat yaklaşımını başlangıcı olarak düzenlemiştir. İki yükleyici ortak kırıcıya bağlayan sabit rottaki araçlar seyahatleri minimum araçla üretim gereksinimlerini sağlamayı hedefler maden işletme simülasyonunda bağımsız olay simülasyonları geliştirilmiştir.

İşletmeden elde edilen bilgileri gösterir ki birçok belirsiz parametreler standart sapma ve ortalama değerler normal bir şekilde dağıtılmıştır.

Çeşitli parametreler araç hızlarını, yükleme ve boşaltma zamanlarını, araç boş zamanların, araç yüklerinin çeşitlerini içeren çeşitli bilgileri içermektedir. Bu normal olarak dağıtılmış parametreler belirsiz araç devir zamanını ve araç yüklerine karşılık gelir. Simülatör yükleme noktasındaki ki ve boşaltma noktalarındaki araç sıralarını simüle eder.

Araçlar yükleyici meşgul olduğunda sıraya girer. Bununla benzer olarak yüklü araçlarda boşaltma noktasında sıraya girerler veya stok yığınları dolu olduğunda beklerler. Nakliye zamanı üç saat olarak seçilir. Bu istatistiksel olarak yeterli bilgilerin toplanması için gerektiği kadar uzun bir zamandır, fakat aynı zamanda yeterli olduğu kadarda kısa olmalıdır ki optimizasyon sistemi daha az yığına cevap vermesini sağlamak için daha kısa olmalıdır. Daha sonra sistem yeni bir nakliye prosesi için programlanır.

Bu üç saatlik zaman radyo frekansında önce birdeki nakliye için üç saatlik programlama yapılır. Bu arada yığınların seviyesi belirlenir. Yığın için bir kritik nokta belirlenmelidir ve bu yığınlara malzeme sevk edilmesi için yığınlar kritik noktanın altında olmalıdır.

Bu simülasyon çalışma iki senaryo üzerine düzenlenmiştir.

1-.senarayo: normal bir işletme koşulu farz edilir.

2 - Senaryo: kötü hava koşulundan ve çeşitlin edenlerden dolayı ortalama araç hata düşüşlerini içerir.

30 saat zaman radyo frekansı üzerindeki yığın seviyeleri (ton olarak) varyasyonları işaretlenmesi nakliye operasyonuna radyo frekansı ortalamasını göstermek için kullanılır. Her periyotta gösterilen önemli zamanlar (üç saat boyunca) toplam araç kaynağını içerir (240 ton araç birimi). Beklenen maden oranı ve gerçek ortalama maden oranı bu simülasyonla karşılaştırılır.

3.7.3.7 Stokasik Sistem Senaryo Bir

İşletmeyi hiçbir bozulma olmadan simule eder. Araç transfer çözümü kalıcı görünür (kılar), yığın seviyelerini birçok zaman istenilen seviyenin altında kullanır. Bu sonuç iki faktöre dayanır.

Araç transferinin ortalamasındaki tam sayı kısıtlamaları, kısmi bir çözüm kısıtlamaları aynen gerçekleştirdiğinde kısıtlamalar aşılabacaktır. Olasılığa bağlı kısıtlamalar yığın seviyesinin sürenin sonunda zamanın % 95 sonunda istenilen sayının altında durmasını garanti eder. Araç nakliye sistemindeki yığın seviyesini idare eder, cevher hızını değil.

Yığın seviyesi istenilen seviyeden fazla olduğunda az agresif çözümlü araç çözümü geliştirilir. Yığındaki cevher temini bol olduğunda bu durumda satış cevher hızı çıkarılacak cevher hızından daha düşüktür.

Araç nakli gerçek bir her hangi iki periyotta arasında gerçek bir geçiş gösterir. Ardışık iki periyottaki araç kaynaklarında farklı 240 tonluk bir ünite araçtan fazla olmamalıdır. Spesifik simülasyon algoritmasının göre nakil araçlarının hepsi boş konumda işleme girer. İlk cevher yükünün kırıcılara olması bu yüzden bir az zaman alır. Buda yığının kısa bir süre için azalması sonuçlanır. Cevher alımı çabuk yapılır, niçin çabuk yapılır yığının azalmasını engellemek için. Nakil edilen araç kaynakları gereğinden fazla görünürler. Bunun sebebi 1. Periyottaki yığın seviyelerinin artışıdır. Bu durum ikinci periyotta geçme vaktini uzatır. Eğer bu kritik bir durum simülasyonunun başlangıç değerleri modifiye (geliştirilir) edilir.

3.7.3.8 Stokastik Sistem Senaryo İki

Araç çözümündeki kalıcılık bozulma olan bir işlem için bir lütuftur. Gösterir ki daha yavaş hızlarda sürülen araçla da araç döngü zamanı uzar. Yığındaki cevher miktarı 3. Periyotta azalır.

Periyodun sonuna doğru yeni bir yeni bir tahsisat gerçekleşmez ise yığında yüksek cevher bulunması işlemleri koşullarındaki değişim koşulun bağlı olarak cevher temini azalır. Sistem ardışık periyotlardaki koşullardaki değişmesine adapte olmaya başlar, yığınlardaki gerekli seviyede cevher sağlamak için nakliye görevi için daha fazla araç tahsis edilir. Yenileme girişimi 4. periyotta başlar, 320 tonluk bir araç nakliye filosuna katıldığında (toplam araç kaynağı 1,33 ünite artırdık 3. Periyot sonunda) ardışık periyotlarda daha fazla araç yığını seviyesini istenilen seviyeye gelmesine yardımcı olmasına tahsis edilir.

Yığını oluşturmaları yavaş ve kademelidir. Kalıcı güncelleme kuralı yüzünden (araç dengi zamanda ki değişim etkisinin %50 'si geri besleme kuralı için hesap edilir.) 4. Periyottaki ve sonrasındaki araç tahsis çözümleri hesaplama hızına bağlıdır. 6000 ton/ saat cevher hızı üzerindedir.

Simülasyon şu anki durumdan hemen hemen 7 zamanlı bir periyot yığın miktarının istenilen seviyeye ulaştırılması için gereklidir. Yığın seviyesinin maksimum seviyeye yaklaştırır. En yüksek sayı 7000 tonsa 9000 tona kadar çıkartılıyor. İstenilen yığın seviyesi daha yükseklerle çıkartmak mümkün. 2. Burumda da araç tahsisi daha küçük araç boyutları için tercih edilir. 240 tonluk aracı 320 veya 360 tonluk araçtan bile önce tahsis etmeyi tercih etmelidir.(istenmelidir)

3.8 Matematiksel Programlama Prosedürleri

Madenlerde sevkiyat sistemlerini en iyi çözümleme yapmak için matematiksel modellemelere ihtiyaç vardır. Madenlerde sevkiyat sistemindeki verimliliği arttırmak ve optimizasyon için matematiksel programlama algoritması kullanılmaktadır.

Kamyonların atanması için lineer, dinamik veya ağ akış programlaması. Sitem bir kaç matematiksel teknikler kullanılarak hesaplama yapılmaktadır.Kamyon yükleyici sisteminde dinamik bir sitem olduğunda bunda doğada en iyi tanımlayan yöntem stokastik yöntemdir.

Tam optimizasyon için önceki madencilik faaliyetlerinin verileri kullanarak sağlanır. Bir kararı oluşturmak için önceki döngüler taklit edilmek suretiyle oluşmaktadır. Döngü belli bir ayıdan sonra çok karmaşık bir hal almaktadır. Matematiksel programlama işlemleri genellikle statiktir, işleme koşulları değişmesi veya işletmedeki akışın bozulmasını önlemek için matematiksel işlemler periyodik olarak tekrarlanmalıdır.

Matematiksel prosedürlerin diğer yöntemler göre avantajları vardır.

- Planlama hedefleri ve kısıtlamalar göz önünde bulundurulur.
- Özel ve optimize objektif özellikler model içine girmiştir. Bununla gerçeklik artmıştır.
- Olaylar ve atama kararları sistem tarafından kabul ediliyor olması ile olaylar simule edilerek gelecek için planlama yapılabilir.

Sistem ile kullanılan bilgisayarların sisteme tepkileri hızlanması ile gerçek zamanlı çözümlere ulaşılmaktadır. Bu şekilde gelecekteki maden planlamaları simülasyonları yapılabilir. Buda maden işletmesi için ekonomiklik oluşturmaktadır.

3.8.1 Modüler Hiding Sevkiyat İşlemi

Sistem madenlerde en yaygın olarak kullanılan ve matematiksel programlama algoritması tercih edilen sistemdir. Sistem White ve Olson tarafından kapılan algoritması kullanılmaktadır (White, J., W., 1986.). Sistem algoritması merkezi işlem akışın dikkate alarak üretim gereksinimlerin karşılamak için kamyon sayısını en aza indirmek için doğrusal programlama çözümleri kullanılır. Gelecek planlamaları yapmak için dinamik programlama kullanılarak maliyeti en aza indiren doğrusal olmayan programlama kullanılmalıdır.

White' in doğrusal programlama mantığı ile sağladığı çözüm verim koşulları, ortalama yükleme, boşaltma ve döngü zamanlarını kullanarak kamyon sayısını minimize etmektir (White, J., W., 1986.)

Programda maden ocağı sabit olarak kaldığı düşünülerek formüle edilmektedir. Yükleme noktaları, boşaltma noktaları birbirleri ile bağlantılı yollar ile birbirlerine bağlanmıştır.

Yolların kesişim noktalarına düğüm denilmektedir.

Yolların sayısı hesaplanırken;

Yolların sayısı= $N \times (N-1)$

Burada N: Kabul düğüm sayısı

Aşağıdaki şekillerde dört yolla oluşan düğüm sistemini, döngü zamanları, formülasyon sonrası güzergâh seçimini göstermektedir.

Sistem şu şekilde formülize edilir.

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Minimum } NT = \sum P_i \times T_i + \sum P_j \times S_j + NO$$

Kısıt Denklemi

$$\sum \text{Bağ} i(\text{Girişiri}) - \text{Bağ} i(\text{Çıkı}) = 0$$

$$\sum \text{Sınırlayıcı} \text{Bağ} i(\text{Çıkı}) - R_i = 0$$

Negatif Olmayan Denklem

Pi büyük veya sıfıra eşit ise

NT: Kamyon sayısı

NP: Uygulanabilir yollar

NS: yükleyici sayısı

No: hız sınırlama düğümleri sayısı

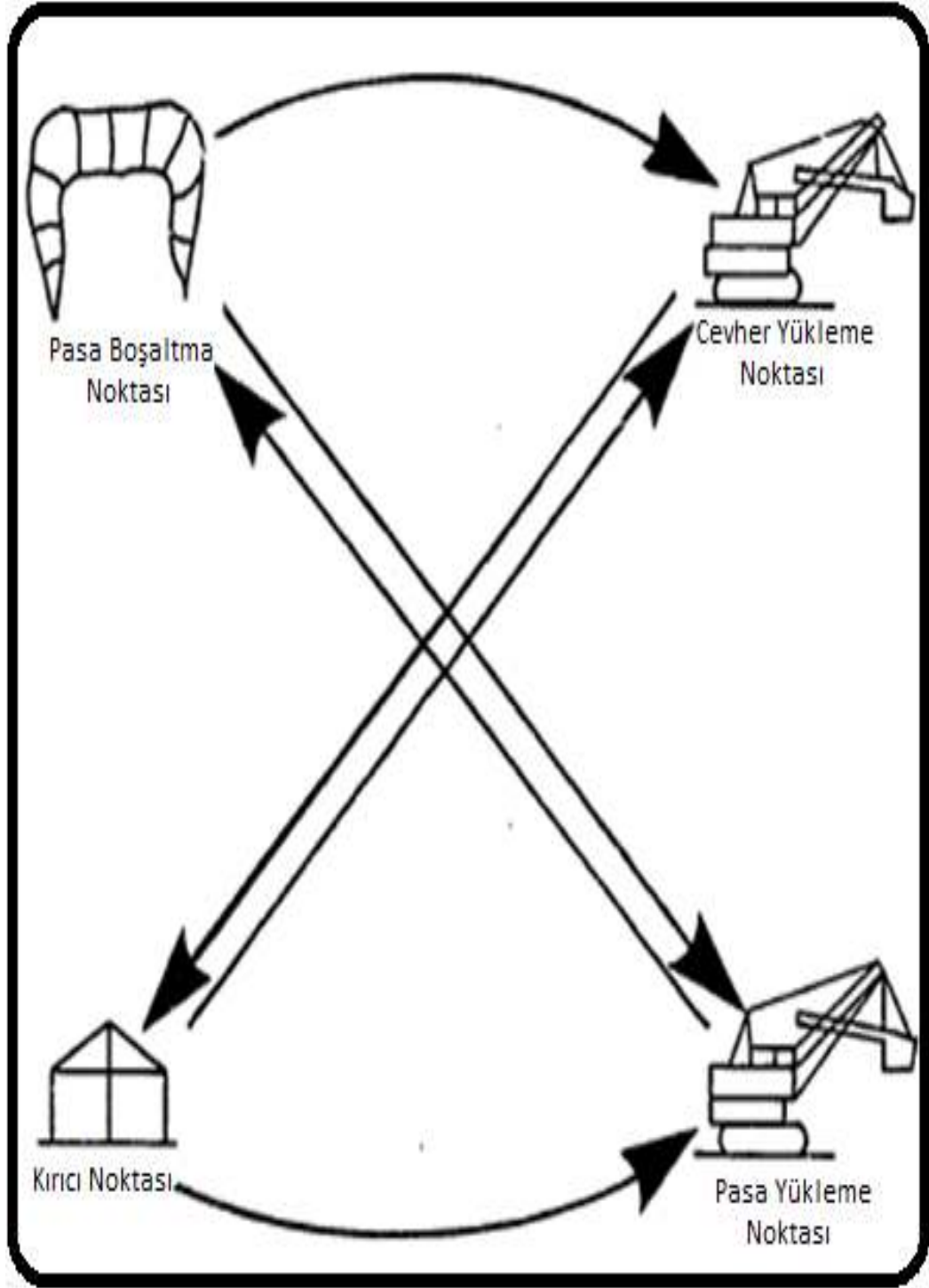
Pi: Yollar üzerinde ortalama oran

Ti: Ortalama Döngü zamanındaki oran

Pj: Çalışma süresi

Sj: Kazma prosesi süresi

Ri: Sınırlayıcı düğüm oranı

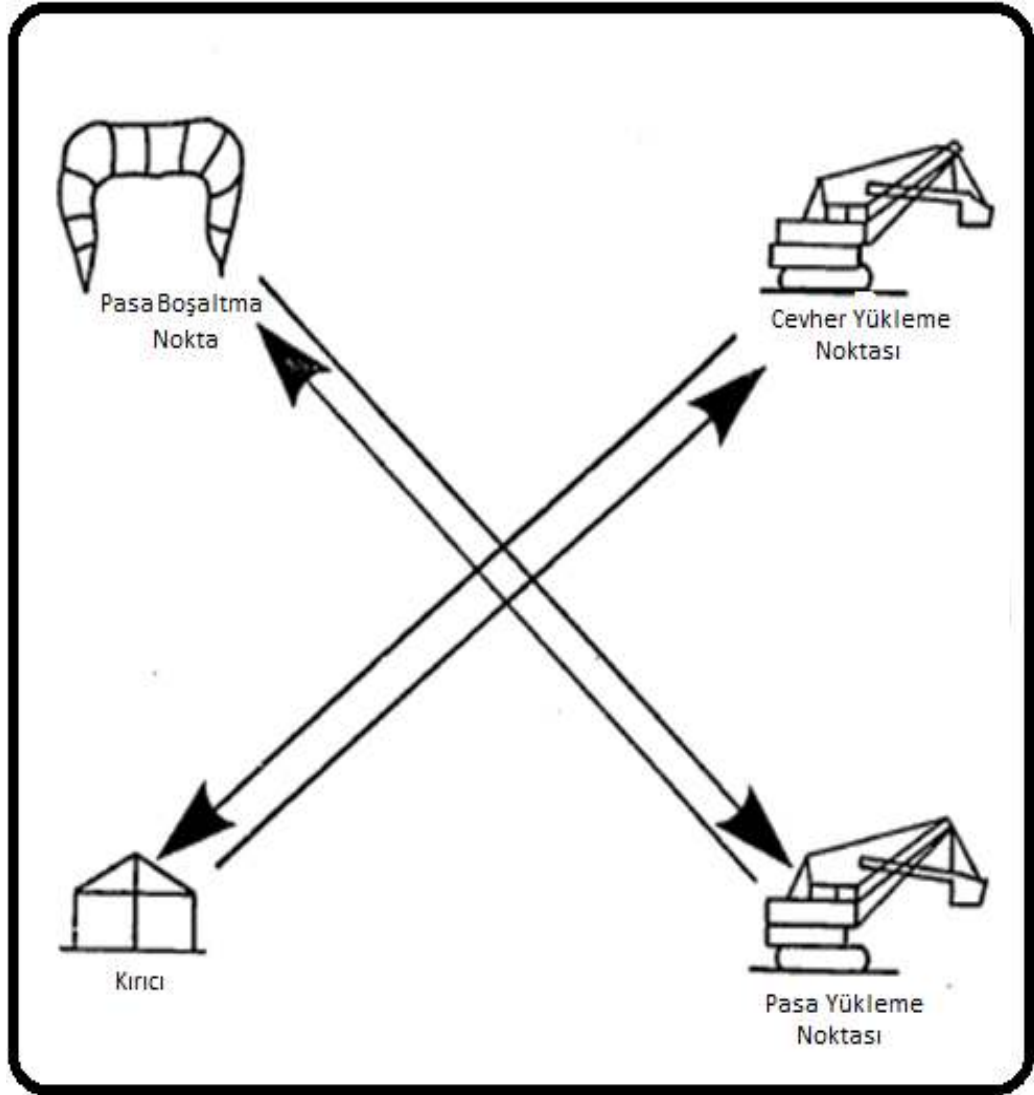


Şekil. 3.20 White'in programlama mantığı (Bonates, E. J. L. 1992)

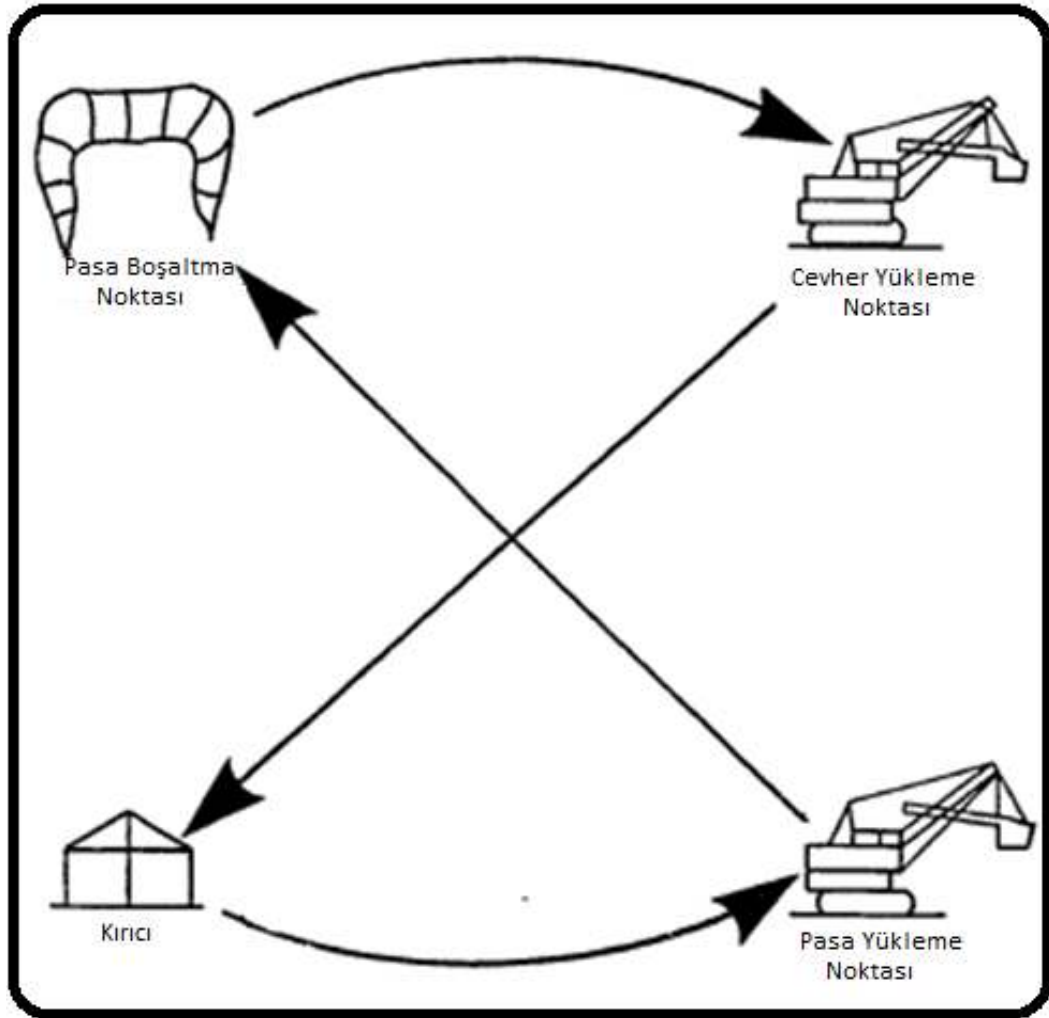
Heuristik atama sisteminde doğrusal programlama ile ortaya çıkan bekleme sürelerini azaltmak için bu doğrusal programa ek olarak doğrusal olmayan programı güçlendirmek için kullanılır.

Tablo 3.5 White' in programlama mantığının döngü zamanları (Bonates, E. J. L. 1992)

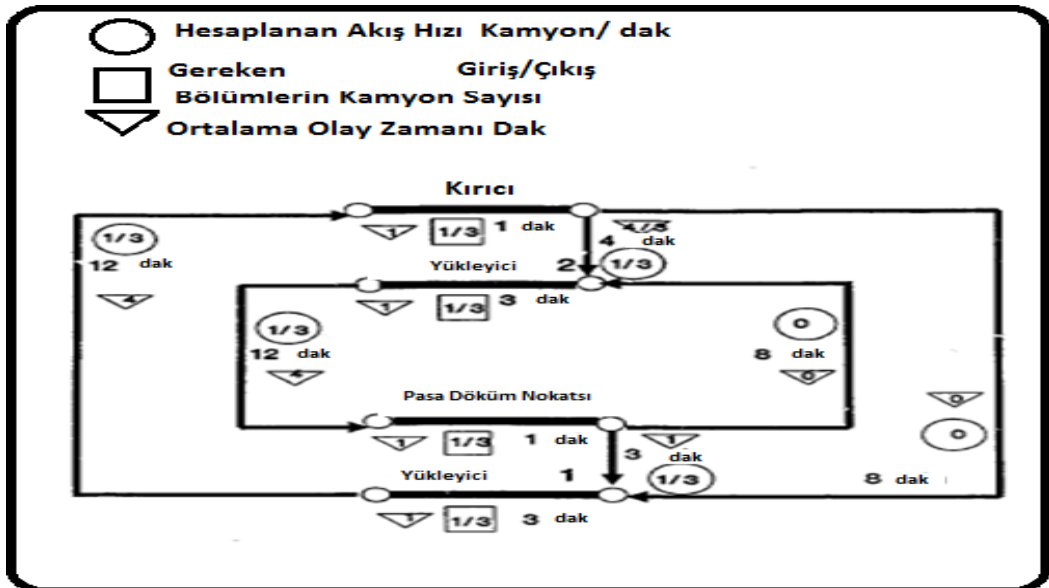
İşlem	Zaman
1. Yükleyiciden Kırıcıya	15 dak.
Kırıcıdan 1. Yükleyiciye	8 dak.
2. Yükleyiciden Boşaltma Noktasına	12 dak.
Atık Sahasından 2. Yükleyiciye	8 dak.
Kırıcıdan 2. Yükleyiciye	4 dak.
Atık Sahasından 1. Yükleyiciye	3 dak.
Yükleyicide Bekleme Süresi	1 dak.
Boşaltma Noktasında Bekleme Süresi	1 dak.
2. Yükleyicide Bekleme Süresi	3 dak.
Atık Sahasına Boşatma Süresi	1 dak.



Şekil 3. 21 Whitenin programlama mantığı (Bonates, E. J. L. 1992)



Şekil 3.22 White' nin programlama mantığı 3 (Bonates, E. J. L. 1992)



Şekil 3.23 White'in döngü zamanları (Bonates, E. J. L. 1992)

Tyrone maden firmasında kullanılan doğrusal programlamalı sevkiyat algoritmasında, kamyonlar, yükleyici ve kamyon arızası veya gecikmesi, yükleyici yönlendirilmesi, sevkiyat güzergâhı, sevkiyat süreleri, kürek yükleme süreleri, kamyonu boş döngü süresi, döküm ve kırıcı noktasındaki değişiklikler ve taşınan malzeme türü dikkate alınarak atama işlemi gerekmektedir. Sevkiyat probleminin çözümünde oluşan farklı stratejiler ve bu stratejilerin avantaj ve dezavantaj analizleri Maden transferleri açık işletmelerin en önemli aşamalarından biridir. Birçok kişi madde transferinin işletim maliyetlerinin % 50 sinin teşkil ettiğini kabul eder. Bazı kişiler bunun % 60' a çıktığını varsayar. Bu maliyetlerin yüzdesini biraz düşürmek için bazı önemli tasarruflarla olabilir.

Bu tasarruf düşüncesi sevkiyat sistemlerini içeren transportasyon yöntem sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır. Sevkiyat problemlerinin çözümünde iki amaç belirlenmiştir: üretimin iyileştirilmesi ve işletme maliyetlerinin azaltılması. Burada ilk olarak değişik sevkiyat problemleri ve iklim olarak da bu problemlerin sınıflandırılması ve her madenin kendine özgü sorunlarının karşılaştırmalı olarak açıklanmasını içeren. Aşağıdaki 3 kısımda bu güne kadar maden endüstrisinde kullanılan sevkiyat stratejilerinin birini anlatır. Son kısım gelecekte sevkiyat sisteminin bir parçası olan en önemli elemanları yüksek ideal sistemlerin analizi son zamanlardaki teknolojiye, iletişimde, işletme araştırmalarda ve bilgisayar bilimindeki gelişmelerle önerilere dayanır.

3.9 Açık İşletme Maden Ocağındaki Araç Sevkiyat Probleminin Çözümü ve Yaklaşım Karakteristikleri

Açık işletmelerde, araç sevkiyat problemi her seferinde bir araç maden ocağını terk ettiğinde şu soruya cevap arar; bu araç şimdi nereye gitmeli. Filo kontrolörü üretim ihtiyaçlarının en iyi şekilde tasarlamak için aracı göndereceği en iyi hedefi bulmak zorundadır. Genellikle bir taşıma aracı için en iyi hedef burada sevkiyat kriteri olacaktır. Adlandırılan bir veya daha fazla sevkiyatın amacının gerçekleştirilmesinin maksimizasyonu araştıran birçok kriter vardır.

Nakliye araçlarının sevkiyatında kullanılan araç sevk problemleri, araçları direk algılamaktadır. Kullanılan araçların tonaj üretimini maksimize etmeyi ve malzeme bekleme zamanlarını minimize etmektedir. Belirlenen miktarda yapılan üretim için daha önceden açıklanan problemler de olduğu gibi bir madendeki araç sevkiyatı karışık değildir. Bir araç sevk edildiğinde birçok malzeme almak yerine bir tane malzeme alır.

Kamyona yüklenen malzemenin boyutu ve ağırlığı hemen hemen kamyon kapasitesine ulaşır. Bu da yukarıdaki problemlerin oluşum aşamasını ortadan kalkmasını sağlar.

Bununla beraber dinamik araç tahsisi problemlerindeki ikinci soru, yükün boşaltıldıktan sonra bir kamyonun hemen yükleyiciye gönderilmesi sorununun ele alınmasıdır.

Maden endüstrisinde uygulanan araç sevkiyat problemi diğer endüstrilerde oluşan problemin sadeleştirilmiş (basitleştirilmesi) olarak görülebilir. Bununla beraber bir madenlerdeki araç sevkiyatı, genel olarak araç sevkiyatı farklı türlerde uygulama alanından bazı karakteristik özellikler gösterir.

Madenler kapalı istemlerdir, yükleme ve boşaltma noktaları uzun bir dönem boyunca aynı kalır, bununla beraber sevkiyat mesafesi veya uzunluğu ile kıyaslandığında kısadır (10 – 15 dak.). Her yükleme noktasındaki talep stoku yüksektir (her birinde 3 – 5 dak.). Eğer filonun uzunluğu çok fazlaysa araç sıraları (kuyruğu) oluşacaktır.

Fakat sistem kapalı olduğundan ve talep çok iyi bilindiğinde yakın gelecekteki olaylar gerçeğe uygun olarak tahmin edilebilir. Araç sevkiyat problemindeki yakın zaman durumu, genellikle sistemin gerçek durumu göz önünde bulundurularak belirlenir. Yakın zamanda çok uzağa bakıldığında üretim tehlikelerine bağlı olarak stokastik olmayan eğilim göstermesine rağmen, nakliye filosunun hacim, büyüklüğüne ve nakliye mesafesine bağlıdır.

Yeterli araç olmaması yükleyicinin verimsiz döneminin olacağı anlamına gelir ve çok fazla araçta yükleyicideki sıra uzunluğunu arttırır.

Birinci durumda aracı yetersiz olması durumunda maden “az araçlı” olarak adlandırılır. İkinci durumda da “çok araçlı” olarak adlandırılır. Filo büyüklüğünün analitik olarak karar verilmesinde, optimum araç sayısının genellikle üzerinde tahmin edilir, tahmin her zaman aynı yükleme ve boşaltma noktasına gittiği farz edilerek yapılıyor. Optimum filo büyüklüğünün daha iyi tahmin edilmesi için simülasyonlara ihtiyaç vardır. Bununla beraber simülasyonların yapılması için birinin daha önceden araç sevkiyatı için bir yol seçmesi gerekir. Filo büyüklüğü sadece seçilen sevkiyat metodu için optimize edilmesi ile işleme devam edilir.

Araç sevkiyatında iki ana yaklaşım vardır, tek kademeli ve çok kademeli sistemlerdir. Tekli kademeli yaklaşımı kullanan sistem, basit olarak özel üretim, verim hedefler veya kısıtlamaları bulundurmadiğundan bir veya birkaç kritere göre yükleyiciye araç sevk eder. Başparmak kurallarına dayanan heuristic metotlar her zaman vardır.

Çoklu yaklaşım kullanan sistemler, sevkiyat problemini alt problemlere ve kademelere böler. Bu sistemler genellikle iki bileşene indirgenir. Her yükleyici için üretim hedefini düzenlemeyi kapsayan bir üst kademe ve üst kademeye belirlenen üretim hedeflerinden sapmayı minimize etmek için yükleyiciye araç tayin eden bir alt kademedir. Bu sistemler plan – sürüş transfer sistemi olarak not edilmiştir. Doğrusal veya doğrusal olamayan programlama modelleri genellikle üst kademedeki üretim hedeflerinin kararlaştırılmasında kullanılır. Aynı zamanda sevkiyat kararı alındığında alt kademedede bunun yerine heuristic bir model kullanılır.

Yıllardır alt kademedede yaklaşık bulunana metotların hızlı çözümünü optimum metotların gerçek çözümüne tercih edilir. Çünkü gerçek çözümler çok fazla zaman alır. Çoklu yaklaşım kullanıldığında üst kademedede, üstelene üretim planının madenin koşullarını en doğru şekilde tespit eden en gerçekçi durumu gösteren optimum bir çözüme sahip olması gerektiğini bilinmektedir.

Bunun yanında da madenlerdeki şartlar durağan değilse ve oldukça hızlı değişebiliyorsa, çoklu sistemler bu yüzden hızlıdır. Oluşan hızlı değişimlere yeterli olarak cevap verirler. Yukarıdaki iki yaklaşıma ek olarak, bir aracın doğru tayininde üç strateji vardır (Chung, H.T., 2005).

Bunlar;

- N yükleyiciye bir kamyon
- 1 yükleyiciye m kamyon
- N yükleyiciye m kamyon

3.9.1 N Yükleyici İçin Bir Kamyon Sevkiyat Stratejisi

Bu strateji, önce bir araç operatörü yeni bir belirleme için aranır. Aracın sevk edilebileceği n tane yükleyici göz önüne alınarak sistemin seçilen sevk kriterlerine göre her bir aracın belirlenen yükleyicilere gönderilmesindeki maliyet ve kazanç (kar) değerlendirmeleri yapılır. Bu değerlendirmelerden elde edilen sonuçla, araç en düşük fiyattı ve maksimum karı veren kişiye veren yükleyiciye gönderilir. Bu prosedür, her seviyede yeni bir araç istendiğinde tekrarlanır. Bu stratejide aracın sevkine kara verildiğinde, bu sevkiyat diğer araçların sevkine olan etkileri göz önüne alınmaz.

Bu strateji en eski olan ve madenlerde de yaygın kullanılan stratejidir. Bu strateji genellikle tek kademe yaklaşımına göre yürütülür. Bu sevkiyat metotları çok çeşitli kriterler kullanılarak yürütülür. Fakat amaçları her zaman üretimi maksimize etmektir. Bekleyen bir araç sayısı az olan bir madende kullanılmaktadır. Bu kritere göre sevkiyat metodu en az bekleme zamanını öneren yükleyiciye eldeki aracı sevk eder.

Araç sayısı az olan bir madende, yükleyicideki sıranın az olma olasılığına karşı, uygun yükleyicilerin arasından en verimli çalışabilecek, her hangi bir yükleyicinin seçilmesini öngörür. Aynı yöntemle yükleyicinin boş kalma zamanını minimize edilmesi kriterinde maden aşırı araçla doluysa kullanılmamalıdır.

Böyle bir kriterle, ilgili sevkiyat metodu yükleyiciyi en çok bekleyen aracın tahsisini öngörür. Bu durum yükleyicinin az bekleme olasılığını göz önüne alındığında istenilen sonuçları oluşturmaz. Sevkiyat kriterinden birinin önerilmesi her hangi birinin diğerine baskın olması durumunda zordur. Hepsi madenin durumuna bağlıdır.

Engellerin çoğu o an içinde sadece bir araç düşünüldüğünde araç sevkiyat probleminin global bir şekilde göz önünde bulundurulmasından kaynaklanır. Geride kalanı ise literatürde önerilen, her bir sevkiyat kriterinin üretimin sadece belli bir aşamasında yükleyici boş zamanında veya araç bir tam devir zamanı gibi göz önünde bulundurulmasından kaynaklanır.

Bu sebepten dolayı tekli kademeli yaklaşıma dayanan “n” yükleyici için bir araç stratejisi kullanıldığı, sevkiyat metotları kısa vadeli olarak düşünülür. Farklı maden seçenekleri farklı sonuçlar doğuracağından üretimi maksimize edecek sevkiyat kriterinin özenle seçilmesi gerekir. Aksi taktirde düşük performans ortalaması elde edilir. Bununla beraber var olan doğru kriterin bulunmasını sağlayacak yeterli hiçbir kural bulunmazsa, bazı “heuristik” ilkelere dayanarak seçim yapılmalıdır.

Yukarıdaki kısa vadeli metotlar, aynı sonucu vermeyi garanti etmediği için modelin o anki ihtiyaçlarına en iyi şekilde uyacak sevkiyat kriterinin seçilmesi önerilir. Seçilen bu kriter genellikle vardiyanın sürekliliğini sağlamak için uygulanır. Fakat madenin durumunda önemli bir değişiklik olduğunda sistem her seferinde tekrar değerlendirilir.

Her bir yükleyici ve boşaltım noktası arasındaki optimum üretim hedefine ulaşmak için, hangi kriterin kullanılacağı ocağın seçilmesinden önce doğrusal programlama modelinden elde edilen optimum üretim planı simülasyonlarla karşılaştırılır.

Bu şekilde doğru sevkiyat kriterinin seçimi daha kuvvetli tetkiklerle, sadece toplam tonaj üretimini maksimizasyonu yerine kesin oranı ve cevher kalitesi ihtiyaçları göz önünde bulundurması ile yapılır.

Bununla beraber, bir sonraki aşamada elde bulunan kriterlerin üretim planının başarı ile sonuçlanmasında etkili olmayacağının belirlenmesi gerekir. Özellikle üretim ihtiyaçları kriterine doğal üretim eğilime karşı olduğunda gereklidir.

Çoklu bir sevkiyat sisteminde bilgi elde etmek için, üst kademedan elde edilen bilgi her bir araç tahsisini için alt kademedan direkt olarak kullanılmalıdır. Bu şuan ki metotlarda uygulanan bir durum değildir. Belirlenen maden seçeneklerine göre en verimli araç tahsisini yapmak için, hangi sevkiyat kriterinin karar verilmesini sağlayan simülatör ve üretim planı üreticisi kullanılır. Simülatör ve üretim planı üreticisi kendi başlarına sadece sevkiyat metodunun bileşenleri değildir. Bundan da olay bu tür sevkiyat sistemleri kısa vadeli (uzağı göremeyen) sevkiyat yöntemlerini etkileyen engellemelere karşı duyarlı kalır. İlgili metotların bir üst kademesinde, her hangi bir yükleyici ve boşaltım noktası arasındaki her safhayla ve bu ikisi arasındaki nakliye masraflarının minimize edilmesiyle bağlantılı olacak optimum araç sayısını belirleyen bir doğrusal programa önerilir. Şuan ki sevkiyat metotları toplam tonaj üretiminin maksimize edilmesini amaçlar, doğrusal programlarda her bir yükleyici için minimize tonaj üretimi belirlenmiştir.

Üretimin sürekliliği bilinerek, verilen bir boşaltım noktasından her bir yükleyiciye gidene kadar ki iki aracın varış zamanı arasındaki optimum süre belirlenebilir. Alt kademenin amacı sahadaki varış zamanlarının elde edilmesi için araç sevk edilmesidir. Bu iki sevkiyat yöntemleri arasındaki ilke, bir üst seviyede belirlenen optimum varış zamanlarının sağlandığında, gerekli üretim maliyeti düşürecek zamanın elde edilmesine dayanır.

Madenlerin çoğunda heterojen filolar kullanılırken, bir diğer önerilen sevkiyat metoduna göre homojen filoların kullanılması önerilir. Filoların homojen olması için tipik bir araç tarifi üst kademenin ihtiyacına göre yapılır.

Bu yüzden filo heterojen olduğunda sahaya gönderilen araçların varış zamanları, geçek varış zamanları göz önüne alınmadan düşünülür. Çünkü araçlar homojen olmadığı için varış zamanları da eşit olmayacaktır.

Üst kademede elde edilen bilgi alt kademede araçların sahaya nasıl sevk edileceğini göster, “n yükleyiciye bir kamyon” sevkiyat metodu çoklu yaklaşıma göre belirlenir.

Bu da teorik olarak aynı stratejiyi kullana metotlardan daha verimlidir. Fakat tekil kademe yaklaşımını takip eden metotlar hariç, sevkiyat probleminin üst kademeden alt kademeye genel bir görüş getirmesi beklenir. Bazı ön deneyler bunu gösterir.

Bununla beraber alt kademeye gene o anda sadece bir aracın tahsisindeki durumu göz önünde bulundurur, bir üst kademenin eklenmesi, tekli kademe metotları ile oluşabilecek engellemelerden kaçınmak için yeterli değildir. Bu tür çoklu kademe metotları daha basit durumdaki iyi sevkiyat durumlarının kaçırılmasına sebep olur.

3.9.2 Bir Yükleyici M Araç Sevkiyat Stratejisi

Bu stratejiye göre araç sevkiyat kararı bir sonraki m aracın o anda bir yükleyiciye sevkiyatı düşünülerek alınır. Önce yükleyiciler üretim durumuna göre ayarlanır, sonra her bir yükleyici düşünülerek o anki yükleyiciye kısmi ölçümü azaltacak araç tahsisi edilir. Üst kademede, doğrusal programlama kullanılır, her bir yükleme ve boşaltma noktası arasındaki en kısa yollara ulaşmak için optimum akış hızını (ton/saat) bulmada kullanılır.

Önerilen doğrusal program, o anki ocak konfigürasyonunu her bir yükleyicideki yükleme hızını, boşaltma noktalarındaki maksimum kapasiteyi ve stok yığınlarındaki ve kırıcılardaki karıştırma gereksinimlerini göz önünde bulundurur. Yükleyicilerde istenilen yükleme hızı ayarlandığında, yalancı maliyetler içeren gerçek fonksiyonlar vardır.

Yollardaki gerçek akış hızı olabilecek en doğru şekilde sağlamak için yükleyicinin hızı önemli derecede değiştirildiğinde, her bir malzeme alanına eklendiğinde, alandan çıkarıldığında veya herhangi bir normal yol sevkiyatı zamanı değiştiğinde üst kademede modülü devreye girer.

Aksi taktirde sahada her hangi özel bir olay olduğunda maden yöneticileri tarafından önceden belirlenen zaman sonunda güncelleme sistematik olarak yapılır.

Üst kademedede belirlenen akış hızının olabildiğince uygulanabilir olduğu araçlar, alt kademeye sahaya sevk edilir. Buda araç alt kademe sevkiyatı prosesinin başlangıcında iki liste oluşturulmasını sağlar, biri yollar için ikincisi araçlar içindir. Üst kademededen elde edilen çözüm sonuçları belirlenen akış hızlarıyla karşılaştırılır. Bir yoldaki anlık üretim nasıl olduğunu belirleyen bir ölçüm olan, ihtiyaç duyulan zamana göre yol listesi hazırlanır. Listenin ilk elemanı en zayıf olan zamanın olduğu yoldur.

Araç listesi o anki boşaltım yapan veya boşaltım noktasın güzergâhında olan bütün araçları kapsar. Araçlar, bu yüzden en zayıf olana en iyi aracın yönlendirilmesi yöntemi ile eşleşerek yükleyiciye tahsis edilir. En iyi araç kayıp tonları minimize eden araçtır.

Kayıp ton, yükleyicinin boş anının, aracın bekleme zamanını, aracın en yakın yere gitmek yerine yükleyiciye ulaşması için gereken ek zamanının ve üst kademedede belirlenene gerekli akış hızının belirlendiği üretimsizliğin bir ölçümüdür. En zayıf olana bağlı yükleyiciye gönderilen en iyi aracın tahsisini takiben en iyi araç listesinden çıkarılır. En zayıf alan da, alan listesinin sonuna alınır. Böylece en zayıf ikinci alan yeni en zayıf alan olur.

Bu proses araç listesi boşalana kadar devam eder. Sevkiyat kara prosesini acil tahsis gerektiren aracın tahsisıyla son bulur, çıkarılan değerleri bir sonraki kararlar için yeniden yerine yazılır. Bundan dolayı, alt kademe sevkiyat problemini birbiri ardına çözümlenen alt problemlere ayarlanarak araçları yükleyiciye tahsis eder.

Her bir alt problemin çözümü bir önceki sonuç üzerine kurulur. Bir araç bir yükleyiciyle verilen eşleştirmede prosesini iterasyonda eşleştirildiğinde, önceden eşleştirilen tüm araçlar ilgili kayıp tonların hesap edilmesinde de göz önünde bulundurulur.

Bununla beraber, o anki eşleştirmenin bir sonraki eşleştirmelere olan etkileri göz ardı edilir. Dinamik programlama ardışık kararlar olarak formüle edilen bazı kombine problemlerin gerçek çözüm metodu olarak geliştirilmiştir.

Böyle bir problem dinamik programlama ile çözebilmek için önce serinin son kararının (aşama olarak adlandırılır) belirlenmesi ve o anda yapılabilecek tüm olası durumlar için en iyi hareketin kararlaştırılması gerekir.

Bu sayının amacı, şu anki aşamadan son aşamaya kadar ki aşamanın tüm durumları için uygulana optimum karar dizisini sağlamasıdır. Bir önceki karar dizisine geri dönülerek işleme devam edilir. Alt kademeler için farklı optimum karar dizileri bilindiğinde, bu kademe olası tüm durumlar için optimum karar dizileri gerçekleştirilebilir.

Bu geri dönüş işlemi, ilk kademede sadece bir olası durum oluştuktan sonra tüm optimum karar dizileri üzerinde karar verilebildiğinde dizinin ilk kararına kadar tekrar edilir. Bir problemin çözülürken, ilk olarak başlangıç durumu için en iyi karar belirlenir. Dinamik programlama planlamasına bağlı olmayan başlangıç durumundan elde edilen bir önceki en iyi kararların uygulamasından oluşan durumların her zaman göz önünde bulundurularak, sonraki kararlarla takip edilir.

Böyle bir proses sadece dinamik programlamayla belirlenen olası bir karar dizisinin göz önünde bulundurulmasına izin verir. Bu yüzden, alt kademe sevkiyat probleminin global düşünülmesine göre araç sevk edilmemesi ile sonuçlanır. Mevcut sevkiyat sisteminin alt kademesinin heuristik bir metot olduğunu sonucuna varılmalıdır.

Alt kademede, sadece araçların tahsisi için acilen bir tahsisat gerektiğinde, bir dizi tahsis düşünüldüğünde sevkiyat sistemi döngüsel bir algoritmayı tanımlar. Sevkiyat kararlarının altında elde edilen en son verilerin kullanılması ile oluşur.

3.9.3 *N Yükleyici İçin M Araç Sevkiyat Stratejisi*

Bu stratejide alandaki n tane yükleyiciye yakın zamanda gönderilecek olan m tane aracın tahsisine o an kara verilir. Bu kombine optimizasyon metodlarının kullanılması için uygundur.

Bu strateji sevkiyat kararını global bir g r n  le üretir çünkü ilgili çözüm algoritmaları problemin faklı aşamalarının birbiriyle olduğunu göz önünde bulundurur. Sevkiyat problemi literatürde, tahsis problemi veya taşıma problemi olarak gösterilir. Sevkiyat probleminin tahsis kısmı araç ve yükleyicilerin birebir e le tirilmesine dayanır. Örneğin her bir yükleyici sadece 1 araç kabul eder ve her araç en fazla 1 yükleyiciye tahsis edilir. Bu da m ' in n ' den büyük ve ya eşit olduğunu anlamına gelir ($m > n$).

Taşıma formülünde bir grup dağıtım merkezinden, bir grup alım merkezine eşya – mal nakil problemi göz önüne de bulundurulur. Amaç hem temin kapasitesini hem de talep gereksinimlerini tatmin ederek toplam nakliyat masraflarının minimize edilmesidir.

Sevkiyat perspektifinde dağıtım merkezleri m - araç, alım merkezleri n – yükleyici olarak gösterilir. Mal birimi araçtır. Her bir dağıtım merkezi tek bir mal birimini önerir. Her bir alım merkezi bir miktar mal talep eder. Alım merkezleri tarafından talep edilen, toplam mal sayısına eşittir.

Bu stratejiye göre m ve n 'nin değerlerinin çok büyük olmaması gerekir. Aksi taktirde sevkiyat problemi ilerleyen zamanda çözülmeyecek duruma gelir. Bu strateji teorik olarak daha önceki iki teoriden daha verimli araç sevkiyatı yapılmasını sa lar.

Yükleyicinin boş zamanına ba lı toplam kayıp tonaj minimizasyonu ile marjinal üretimi maksimize eden bir dizi tahsis problemini çözerek daha sonraki araç sevkiyat kararını belirleyen, tekli kademeli bir sistem daha önerilecektir. Mevcut madden durumundan tüm araçları göz önünde bulundurarak tahsis problemi çözülür.

Optimum çözümünden sadece minimum yükleme tamamlama zamanı olan araçların tahsisi yapılır. Bu yükleyicideki boş zamanın minimum olmasını garanti eder. Çözümün geri kalan kısmı atılır ve madenin durumu ilgili olarak güncellenir. Eğer madenin gelecekteki durumunun değerlendirilmesi önceden tahmin etmek isteniyorsa, değişim işlemi sonuna kadar yeniden iterasyona tabi tutulur.

Her bir araç en azından bir yüklemeyi tamamlayana kadar iterasyonlar yapılır. Araç en kısa zamanda eski haline getirilir. Sevkiyat kararlarının sağlanması için her hangi bir işletim kısıtlaması, cevher ve atık yükleyiciler arasında kesme oranı gereksinimlerini, üretim kapasitesi kısıtlamalarını ve karıştırma gereksinimleri gibi, durumlar ihlal edilmez. Mevcut iterasyondaki çözüm, bu kısıtlamalardan biri tahmin edilmeyeceğinden kabul edilmez.

Tahsisat problemi, bu yüzden uygulanamayacak çözümlerden kaçınılarak değiştirilir ve yeniden çözülür. Bu işlem tüm üretim kısıtlamalarını tatmin eden bir çözüm bulunana kadar tekrar edilir.

Bu metodun işletme kısıtlamalarında, kısa vadeli bir rahatlamaya izin vermez. Her bir sevkiyat kararını alandan gelen en doğru veriye dayandığı garanti edilmez.

Yapılan iki değerlendirme arasında gelecekte oluşacak kararların değişmesini sağlayan beklenmeyen olaylar meydana geldiğinde, önceden bilgisayarla belirlenen araç tahsisleri kabul edilmez kararlar haline gelir. Tüm olasılıklar göz önünde bulundurulmadan optimum kara dizeleri hazırlanmış demektir.

Bir diğer yöntem, sadece araç sevkiyat metodu değil aynı zamanda yükleyiciler için bir tahsis modülüdür.

Yükleyicilerin alandaki yerleşimi ve hazır araç sayısı bilindiğinde, optimum üretim hızını elde eden non –lineer (doğrusal olmayan) bir programlama modeli önerilir. Her bir yükleme ve boşaltma noktası arasındaki birim zamandaki araç sayısı ile açıklanır. Bu üretim hızları toplam üretimi maksimize etmek için kullanılır.

Non – lineer modelin optimum çözümü yükleyicilerin olabildiğince maksimum kapasitede tutulmasına imkân sağlar. Araçların tümünün kullanılması gereksinimlerinin gerçekleşmesi ile oluşur. Araçların kullanımı, sıra teorisinden çıkarılan araç bekleme zamanını içerir. Üst kademede non- lineer model kullanılması yerine lineer model kullanılmasına tercih edilir.

Bunu iki nedeni verilmiştir:

- 1- Yükleyicide bekleyen aracın bekleme zamanını doğrusal bir fonksiyon belirtilmez.
- 2- Non – lineer model, lineer modelden daha dengeli çözümler üretir.

Aynı yerde olan iki yükleyici için lineer model uygulanır. Bunlardan sadece birini tam kapasite ile çalışmasını ve diğerinin boş durmasını önerirken non - lineer model ikisinin de yarım kapasiteyle çalışmasını öngörür.

Alt kademe her bir sevkiyat kararı için yakında, gönderilecek 10 – 15 aracın acilen tahsis problemini çözerek yükleyicilere araçları gönderir. Minimize edilecek maliyet, üst denklemde belirlenen araçlarla yükleyicilerin bekleme zamanları ile bir aracın belirlenen yükleyici yerine başka bir yükleyiciye gönderilmesi sırasında alanda oluşacak bekleme zamanları arasındaki ortalama bekleme zamanlarının sapmalarının karelerinin toplamıyla elde edilir. İlgili aracın tekrar sevkiyat kararı verilene kadar ekarte edilir. Bu işlem, bu şekilde devam eder alt kademe araçları alanlara döngüsel bir algoritma oluşturacak şekilde sevk eder.

Bu sevkiyat metodu, bir yükleyiciye birden fazla araç tahsisi olasılığını düşünmez. Bir yükleyiciye birden fazla araç gönderileceği yada hiç araç gönderilmeyeceği açıktır. Buda alt kademe döngüsel durumunu ispat eder.

Bu döngüsel durum tahsis probleminin limitlerinin doğru mekanizmayla çözünmesini sağlar. Bu metrodaki bir diğer önemli engellemeler ise araç filolarının homojen olduğuna dair kati tahminlerdir.

Çoklu kademe yaklaşımı, diğer bir üst kademe için önerilen matematiksel modeldir. Boşaltım noktalarındaki karıştırma gereksinimlerini en iyi şekilde sağlanacak tonaj üretim maksimizasyonu, tüm üretim periyodundaki her bir yükleyici ve her bir boşaltım noktasın arasındaki çekilen optimum ton miktarına karar vermeyi sağlayan bir programlana modelidir.

Bu model, cezalar içeren gerçek fonksiyonlu doğrusal (lineer) bir programlama modelleridir. Bir problemin tüm sınırlamaları tatmin edecek olası bir çözüm bulunması, pratik olarak imkânsız olmaktadır. Sisteme aykırı en küçük bir kısıtlamanın veya en az önemli olanlarının bile çözümlemelerde elde edilmesi istenir.

Burada amaç, program yükleyicilerin olabildiğince maksimum kapasitede tutma ve boşaltım noktalarında oluşan karışım materyallerinin olabildiğince karıştırma gereksinimlerinin merkezde tutacak bir şekilde formüle edilmiştir. Yükleyicilerdeki minimum üretim gereksinimleri, boşaltım noktalarının maksimum kapasiteleri, kesme oranı ve filo kapasitesi de bu programla belirlenir.

Sevkiyat kararları taşıma problemi çözülerek alınır. Daha önce açıklandığı gibi taşıma problemlerindeki her bir dağıtım merkezi yakında sevk edilecek olan bir araca bağlı ve her bir alım merkezinde bir yükleyici ile bağlantılıdır. Dağıtım merkezindeki talep üst kademelerde özelleştirilen üretim hedeflerini başarmak için gerekli olan araç sayılarıyla açıklanır. Araç sayılarının belirlenmesi homojen bir filo gerektirmez.

Son olarak yükleyiciye gönderilen bir aracın maliyeti, bu aracın yükleyiciye tahsis edilmesiyle oluşan tahmini bekleme zamanıyla verilir. Bu durumdaki yaklaşım bekleme zamanlarının toplamını minimize ederek, tüm boş yükleyicilerin üretim boşluğunu ortadan kaldırılmaktadır.

Bu model kullanılarak bir yükleyiciye birden fazla araç tahsis edildiğinde ve araç sayısı yükleyici sayısından fazla olduğu tahsis modeli ile karşılaştırıldığından problemin daha genel bir görüşü elde edilir. Bununla beraber önerilen taşıma formülasyonu birlikte başlıca, bir dezavantaj vardır.

Taşıma modelinin kullanımı diğer dağıtım merkezlerinden gelen birimlerden olabildiğince bağımsız olarak bir dağıtım merkezinden, alınan merkeze giden birim maliyetinin sabit olmasını gerektirir. Fakat bir yükleyicideki aracın bekleme zamanı, bu yükleyicideki diğer araçların tahsisine dayanır, öncelikle madende çok daha fazla araç olduğundan. Burada önerilen maliyet hesaplamasına yolda olan veya ilgili yükleyiciye henüz varmış olan araçların sadece bekleme zamanlarını sağlar.

Aynı yükleyicideki birkaç aracın daha sonraki tahsislerine bağlı olarak oluşan ek bekleme zamanlarının belirlenmesi için hiçbir yol yoktur. Taşıma problemlerinin çözümünden bulunan sevkiyat kararı düşük olarak tahmin edilen bekleme zamanına dayanır. Şu anki sevkiyat sistemlerinde, özellikle sevkiyat kararlarının sadece bekleme zamanlarına dayandırıldığından uygun değildir.

3.9.4 Matematiksel Programlama İşlemleri.

Matematiksel programlama işleminde, üretim planını optimize etmek için doğrusal sevkiyat algoritması kullanılmaktadır. Sevkiyat algoritmasındaki yönlendirici programdaki bazı açıkları elle takviye etmektedir. Bu sevkiyat modellemesinde amaç ton başına toplam maliyeti en aza indirmek için kullanılır.

Hauck kamyon yükleyici döngüsel boş zamanı azaltmak için sorun belli bir tamsayı problemi olarak görülerek formülize eder. Maliyet oranların azaltmak için boşta bekleyen donanımların sayısını azaltmak ve işletmede kullanmak için doğrusal ve dinamik programlamanın ortak kombinasyonu ile gerçekleşmektedir.

Matematiksel programla mantığında (Soumis, F., 1987), yüklemedeki bir sonraki hedef, kamyonların döngü zamanı, doğrusal olmayan programlama ve nakliyat işlemi için klasik atama sorunları göz önünde bulundurularak madendeki yönlendirme operasyonu gerçekleştirilir. Bu atama prosedürün de sitemde buluna 10 – 15 kamyonun tahmini bekleme ve döngü süreleri en aza indirmek ve önündeki bu atamaları gerçekleştirmeyi hesaplamaktadır. Sistem doğrusal olmayan programlama mantığı ile elde edilen sonuçlardan toplam sapmaları belirlemektedir.

Bu sapmalar ile her yükleyici için kamyon ve her kamyon için yükleyici eşlemesi olmaktadır. Bu şekilde kullanılan heuristik atama sisteminde % 2 oranında verim artışı gözlenmektedir. Matematiksel prosedür ile atama sisteminde kamyonların atanması oldukça geliştirilmiştir. Fakat yükleyicileri ve kamyonları kullanan operatörlerin müdahalelerinden dolayı sistemin simülasyon olarak sağlamış olduğu işlemleri hemen maden ocağında uygulamaya koymak mümkün değildir.

Bu sorunların çözümü için sistemin kurulacak olan maden üzerinde test uygulamaları yapılmalıdır.

3.9.5 İdeal Araç Sevkiyat Sistemi

İlk olarak, böyle bir sevkiyat sistemi, tekli kademelere göre daha çok avantajlı olduğu için çoklu kademe yaklaşımı üzerine kurulmalıdır. Bu avantaj, tahsisin kalitesini iyileştiren, bilgi seviyesine, sevkiyat sisteminde tanımlanan ana noktaların kullanılmasıdır.

Ana noktalar matematiksel bir programın çözülmesi ile elde edilen çoklu kademe sistemlerinin üst kademesi ile hesaplanır. Bunlar alt kademedeki referans olarak kullanılır, o andaki sevkiyat kararını alırken, üst kademedeki çözülün matematiksel program tek kademeli sistemlerde çözülmesi zor olan birçok faktör elde eder.

Bu sonuçlar kırıcılardaki karışım gereksinimlerini, kesme oranlarını, yükleyicideki minimum ve maksimum kapasite kısıtlamalarını içerir. Birçok başka kısıtlama pratik uygulamalardan ve maden yöneticilerinin ihtiyaçlarından kaynaklanarak eklenebilir.

Verilen üretim kısıtlamaları kümesi için, birçok ana nokta belirlenebilir. Üretimi maksimize etmek, maliyetleri minimize etmek ve ilgili veriler hazırsa kar marjını maksimize edilmesi gibi. Bununla beraber, ana noktalar alt kademedeki homojen bir fiyola referans olmaktan kaçınarak açıklanabilir.

Bu matematiksel program diğetine göre daha yeterli görülür. Yeterli olmak için çoklu sistemler ana noktalarını madende önemli her hangi bir değişim meydana geldiğinde çabucak adapte edilebilir.

Örneğin bir yükleyici arızalandığında veya farklı bir noktaya yönlendirildiğinde (işletme gereği). Bu şu an yeni hazır veri kazanım teknolojileri ile ve matematiksel program yazılımların en son versiyonlarının verimliliği ile mümkündür. Madenin durumunda oluşan sabit değişikliklerin oluşmadığı çok kademeli sistemlerin zorunluluğuyla ilgilenilir sistem bu şekilde devam eder. Bir az daha ilerlendiğinde, ana noktaların güncellemesi sadece madenin şu anki gerçek durumunu göstermez.

Yakın zamanda oluşacak işletim durumlarını değiştiren, gelecek olayları da hesaba katar. Şimdi karar verilmesi gereken şey önerilen çok kademeli sistemlerin alt kademesinin hangi stratejinin, şuan ki sevkiyat kararında kullanılması gerektiğidir. Kapasitedeki sürekli artış ve hesaplamaların maliyetinin azalmasıyla çözüm metotlarının iyileştirilmesini artı yönde etkiler. Bu şekilde araç sevkiyat probleminin karmaşık doğası ardışık sevkiyat kararlarıyla entegre etmek mümkündür. Araçlar için tekil bir davranış belirlemek yerine, örneğin her araç gidebileceği en iyi yola gider, bu arada tahsisler göz ardı edilir, araçların birbirleriyle bağlantılı çalışabileceği bir çözüm belirlenmelidir.

Sadece n yükleyici m kamyon stratejisi bunu garanti eder. Çünkü tüm kullanım olanakları göz önünde bulundurulur. Bununla beraber sevkiyat probleminin tahsisat ve taşıma formülasyonlarına dayanan dezavantajlardan kaçınılmalıdır.

Farklı yerlerden gelen araçlar arasındaki olası etkileşimleri hesaba katacak daha genel matematiksel formülasyonlar düşünülmelidir. Özellikle bir araç tahsilinden diğetine değişen araç bekleme zamanı düşünülmelidir.

Madenler dinamik sistemler olduğundan, bilgiler sürekli değişir ve sık sık güncellenmelidir. Yukarıda önerilen sevkiyat sisteminin verimliliğini madenin durumuna ait bilginin zamanında hazır olması gerektirir.

Bu teknolojiler GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi)'in entegrasyonu ile oluşturulur. GPS sisteminde Vital Sign Monitors (Hayat İşareti İzleyiciler) ve araç ekipmanları üzerindeki bilgisayarlar oluşur.

Bu şekilde entegrasyon GPS' in, araçların ve yükleyicinin o anda alana yerleştirilmesinden daha genel bir şekilde kullanımına müsaade eder.

Sanal yol gösterici işaretleri kullanımı bunun anlaşılması için uygundur. Sanal işaretler maden yöneticisi tarafından, yükleyicilerle, boşaltma alanlarıyla ve onları bağlayan yol ağlarıyla gösterildiği bilgisayar ekranına yerleştirilir. Sanal işaretler daha sonra araç bilgisayarının ekranına transfer edilir.

Bir aracın GPS kullanılan alandaki yeri her zaman bilinir. Aracındaki bilgisayar madendeki sevk edicinin önündeki bilgisayara veri iletildiğinde sanal işaretlerden birini geçtiği anda iletilir. Yerini hem kendi, hem de sevk edici bilir. Bu işaretler o anda araç hızını ve her bir aracın gittiği yolun doğru olup olmadığını izler.

Bu şekilde farklı yolculuk zamanlarındaki istatistiksel bilgileri hesaplamak ve saklamak mümkündür. Son olarak bazı yolların veya tüm yol kısımlarının bazı veya tüm kısımlarının bozulmalarının tespit edilmesi için yolculuk anında istatistiksel bilgisel varyasyonların izlenebilir. Bu şekilde restorasyon çizgisi planlanır.

Araçlardaki canlı monitörlerin amacı, potansiyel mekanik hataların tespit edilmesini sağlar. Üretimde araç durmasını (bozulmasını) negatif etkilerden sakınmak için durumunun içindekilere göre acilen araç bakıma veya programa gönderilir. Sevkiyat sisteminin amacı karar kalitesini yükseltmek için, canlı monitörlerden bilgileri kullanmaktadır.

Bu monitörlerle şu anki her bir yük, ağırlığının miktarının bulunması olasıdır. Bir araç ilk materyal yüklendiğinde, paketi aldığı anda, harekete başladığında, boşaltım yaparken, bu canlı monitörler bunu tespit eder, bu şekilde aracı yükleme veya boşaltım yapması için (geçerli) gerekli olan zaman istatistiksel olarak hesaplanır.

Aynı şekilde o anki araç hızı, hazır olduğunda sevkiyat zamanının istatistiksel verileri düzeltilir. Ek olarak kırma ve makine inşalarını izlemesi olasıdır. Örneğin iyi ve kötü işletme koşulları alandaki farklı istatistiksel bilgileri etkileyen iyi ve kötü işletme koşulları tanımlanabilir. Bütün bunlar sadece sahadaki araçlardan gelen bilgilerle oluşturulur. Fakat daha ileri gitmek için yükleyici tarafından oluşturulan bilgilerden hesaba katılması gerekir. Örneğin GPS' le bağlantılı olarak yükleyicinin canlı monitörlerini kullanarak ve yüzeyin jeolojik özelliklerin kullanarak kazı mekanizması tipi belirlenir (yükleyici ile) bundan dolayı her bir kamyon yakınındaki niteliksel bilgilerin bilinmesi olasıdır.

Bu bilgiye sahip olmak araçlara yüklenen materyal miktarının doğru bir şekilde kontrol edilmesi mümkün hale gelir. Buda sevkiyat kararındaki karıştırma gereksinimlerini etki eder (bütünüyle hesaplanır), çok karmaşık sistemler kullanılır. Bu veriler kullanılarak minimum gereksinim gerektiren sistemler oluşturulur.

3.10 Kamyon İzleme ve Atama Sistemi Çözümleme Yaklaşımları

3.10.1 Programlama

Programlama yöntemini oluştururken, program problemin yapısı ile doğrudan ilişkili olduğundan problem çözmede farklı programlama şekilleri uygulanabilmektedir. Günlük hayatımızda kullanılan problem çözme yöntemleri lineer (doğrusal) ve lineer olmaya (doğrusal olmayan) yöntemler olarak ayrılmakta ve çözüm yöntemleri doğrusal ve doğrusal olmaması durumuna göre belirlenmektedir (Mallı, T., 2006).

3.10.1.1 Linear Programlama

Lineer (doğrusal) programlama da değişkenlerin alacağı değerlerin tamsayı olması durumudur. Doğrusal programlamada değişkenler arasında ilişkilerin doğrusal olduğu durumdur ve bu programlama yöntemi doğrusal optimizasyon tekniğidir.

Programlama modelinde doğrusal amaç fonksiyonu doğrusal kısıt fonksiyonundan meydana gelmektedir. Özet olarak lineer programlamada problem sınırlayıcı koşullar adı verilen denklemler ve/veya eşitsizlikler ile amaç denklemine uygun olacak şekilde değişkenlerin, doğrusal bir fonksiyon altında optimize edilmesi olarak ifade edilebilir.

- Amaç ve kısıtlama fonksiyonlarının lineer olduğu,
- Amaç ve kısıtlama fonksiyonlarının önceden bilindiği,
- Tüm değişkenlerinin pozitif olduğudur ve bu özellik negatif miktarların gerçek problemlerde bulunmayacağını belirlemektedir. (Mallı, T., 2006).

3.10.1.2 Dinamik Programlama

Programlama metodunda, problem çözümü sırasında problemin başlangıcında alınan karar sonraki aşamalarda da etkili oluyorsa bu tür bildirimi etkileyen kararların meydana getirdiği tetikleyici sisteme dinamik sistem denilmektedir.

Sistemin ilk başında yapılan seçim neticesinde meydana gelen diğer olaylar başlangıçta alınan karara bağlı olarak yönlendirilmektedir. Bu tür programlama sisteminde meydana gelecek olan olaylar daha önceden tahmini zor olduğundan anlık çözüm ve kararlar ile sistem çalışmaktadır. Dinamik programlama, problemlerin zaman, çaba miktarı ve seri faaliyetlerin dizesel önceliği nedeniyle değişen koşullar altında çözümlenmesidir. Varyasyonlar zamana bağlı olduğundan doğrusal programlama tekniği problemin çözümlenmesinde yetersiz kalır ve bu noktalarda dinamik programlama yöntemine başvurulur. Pek çok optimizasyon probleminin çözümünde kullanılır.

Madencilikte kullanılan dinamik programlama uygulamaları vardır.

Bunlar:

- Açık işletmelerde nihai sınır tespiti,
- Üretim planlaması,
- Kamyon sevkiyatıdır.

Dinamik programlama uygulamalarının karakteristik özellikleri;

- Problemden karar verme, aşamalar tarafından bölünmüştür.

- Her bir asama farklı numaraya sahiptir. Bu sayede, optimal karar almak için gerekli bilgiye herhangi bir aşamada ulaşabilir.
- Herhangi bir aşamada alınan karar, bir sonraki aşamada değişecek yapının nasıl tanımlandığını gösterir.
- Geriye kalan aşamaların her biri için optimal karar bir önce ulaşılan yapıya bağımlı olmamalıdır. (Mallı, T., 2006).

Dinamik programlama tekniğinde genellikle çözümleme, son safhadan basa doğru yapılmaktadır.

Problem çözümleri için birkaç yöntem vardır.

Bu yöntemler:

- Kuzey Batı Köşesi
- Minimum Maliyet Yöntemi
- Ceza Yöntemidir. (Mallı, T., 2006).

Kuzey-Batı Köşesi Yöntemi, çok kolay olmasına rağmen ortaya çıkardığı sonuçlar açısından hassas değildir. Birim taşıma maliyetleri dikkate alınmaması en büyük dezavantajıdır. Sadece arz-talep dengesinin kurulması amaçlanır, maliyet hesabı söz konusu değildir. Bu teknik, yeterli görülmediği ve kullanışlı değildir.

Minimum Maliyet Yöntemi, teknik kuzey-batı köşesi yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü burada yüklemeye birim taşıma maliyeti en düşük olan alternatiften başlanır.

Vogel Yaklaşım Yöntemi, düşük maliyet tekniğinin geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. Bu metodun algoritması şöyledir; Minimum taşıma maliyeti ile ikinci küçük maliyet arasındaki maliyet farkı çıkartılarak yeni değerleri bulunur.

En düşük birim taşıma maliyetine ait değerinden baslar. Talep gerçekleşene dek yükleme yapılır. Eğer talep yeterince karşılanamadı ise bir başka üretim yerinden ürün çekilmeye başlanır, arz - talep dengesi oluşuncaya kadar dağıtıma devam eder.

BÖLÜM DÖRT

UYGULAMA

4.1 Telsiz

Nakil vasıtası olarak tel yerine hava boşluğundan yararlanarak ses, resim, veri şeklindeki bilgilerin birbirinden uzak noktalar arasında karşılıklı olarak alınıp verilmesini sağlayan cihaz, bir çeşit iletişim aracı olarak da tanımlanır. Haberleşme tekniğinde tarih boyunca çeşitli yenilenmeler olmuş, fakat asıl büyük gelişmeler elektrikten faydalanma ile 19. yüzyılda gerçekleşmiştir. Telefon ve telgraf gibi belli bağlantılardan sonra nihayet hava ortamı kullanılarak kablosuz haberleşme sağlanmıştır.

Telsiz aracılığı ile yapılacak nakil işlemi için en önemli olan, alıcı ve verici arasındaki bilgiyi taşıyacak taşıyıcı dalganın üretilmesi, kuvvetlendirilmesi ve ortama yayılmasıdır. Alıcı ve verici arasındaki iletişimin sağlanması için taşıyıcı dalga gereklidir. Taşıyıcı denilen dalga, sabit bir frekansta ve şiddette elektromanyetik bir dalga olduğu kabul edilir. Verici merkez, her yöne veya seçilebilecek belli bir yöne görülmeyen elektromanyetik dalgalar gönderir. Bu sistem bir başka açıdan etrafa ışık yayan güçlü bir fener olarak da düşünülebilir. Sürekli ışık veren fenerin, ışığın varlığından başka bir şey ifade etmediği gibi, telsiz vericisinin taşıyıcı dalgası sadece onun varlığını ifade eder. Bu sabit taşıyıcı dalganın bir şeyler ifade etmesi için çeşitli anahtarlama, mors ve teleprinter kodlarına göre frekansı iki sınır arasında kaydırılmalıdır. Radyotelegrafi, mesaj, radyo frekansı ile resim veya veri gönderir. Taşıyıcı dalganın, ses veya resim bilgisi taşınması için daha karmaşık teknikler ve yöntemler kullanılır. Taşıyıcı dalga üzerinde yapılan değiştirme işlemine modülasyon denilir.

Günümüzde kullanılan telsiz sisteminde çoğunlukla genlik modülasyonu ve frekans modülasyonu ile bunların çeşitleri kullanılır. Vericiden ortama yayılan sinyal modüle edilmiş bir sinyaldir.

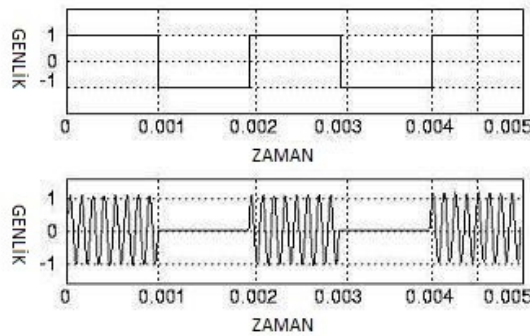
Modüle olan sinyal alıcıda demodüle edilir ve vericinin gönderdiği bilgiye ulaşılır. Modülasyon gayesi, nakledilecek haberi transmisyon ile iletişime uygun hale getirmektir.

Mesela frekans bandına, band genişliğine, parazit aralığına, lineer olan ve olmayan bozulmalara uydurmaktadır. Genlik modülasyonunda taşıyıcı işaretin genişliği, habere ait işaretlerle değişir. Bu durumda taşıyıcı frekansın sağında ve solunda haber işaretlerinin frekansı ile taşıyıcı frekansın toplamı ile frekansların meydana getirdiği iki yan band ortaya çıkar.

Haberin karşı taraftan alınabilmesi için taşıyıcılı veya taşıyıcısız bir yan band gönderilmesi gereklidir. Böylece tek ve çift yan bandlı sistemlerden söz edilir. Alıcı tarafına gelen bilginin anlaşılabilir bir şekilde olması için, modülasyon işleminin tersi olan, bir değiştirme işlemine ihtiyaç vardır. Bu işleme demodülasyon işlemi denir.

Frekans modülasyonunda (FM) ise, taşıyıcı işaretin frekansı habere ait işaretlere göre değişmektedir. Haber artık taşıyıcı işaretlerin genliği içeriğinde saklı olmayıp, taşıyıcının sıfırdan geçiş alanında saklı olmaktadır. Telsiz sistemleri, çeşitli tip ve güçte, askeri, polisiye gayeler için sıkça kullanıldığı gibi sivil gayeler için de kullanılmakta olup, her bir amaca göre de ayrılan frekans bandları mevcuttur.

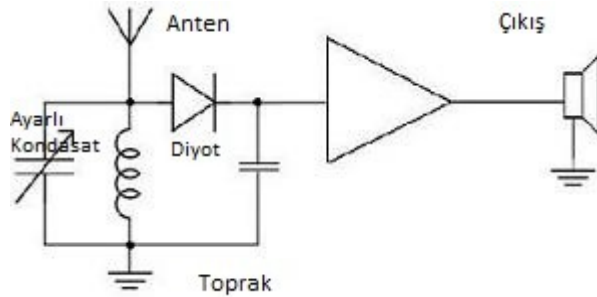
Ses, görüntü gibi devamlı sinyaller iletilebileceği gibi kesikli sinyallerden de oluşan veri iletişimi modülasyon kullanılarak yapılabilir. En ilkel modülasyon çeşidi OOK, (on-off keying) dir. Taşıyıcı dalgayı açıp kapatarak OOK yapılabilir. OOK telsiz, telgraflarda kullanılmıştır.



Şekil 4.1 OOK dalga biçimi

Genlik modülasyonunda, taşıyıcı dalganın genliği, sesin genlik değişimine uygun biçimde şekillenir. Genlik modülasyonundaki başlıca kural, taşıyıcı frekansın seviyesi, ses frekansına göre çok yüksek seçilmelidir. Aksi halde taşıyıcının yapısı bozulur. Ses bilgisi, taşıyıcı frekansın genliğine işlenir ve taşıyıcının gittiği yere kadar ulaşır. Sesin yükseldiği anlarda taşıyıcının genliği artar, alçaldığında ise azalır.

Anten ve toprak bağlantıları arasında görülen bobin ve ayarlı kondansatör ile bir modülasyon devresi oluşturulur. Aslında modülasyon devresi bir bant durduran filtredir. Dinlemek istediğimiz frekans dışındaki tüm frekanslar için kısa devre gibi davranır. Dinlemek istediğimiz frekansın dışındaki tüm frekanslar antenden toprağa akması sağlanır. Modüle edilen frekans toprağa ulaşamaz ve diyot üzerinden devresine devam eder. Doğrusal olmayan bölgede çalışan diyot, üzerine uygulanan modüleli sinyali bileşenlerine ayırır. Ses ve taşıyıcı bileşenleri ayrıldıktan sonra artık görevi sona eren taşıyıcıdan kurtulmak gerekir. Bu iş için seçilen, diyottan sonra yerleştirilmiş kapasitör basit ama etkilidir. Aslında kapasitör bir alçak geçiren filtre gibi çalışır. Yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal kapasitörden toprağa akar.

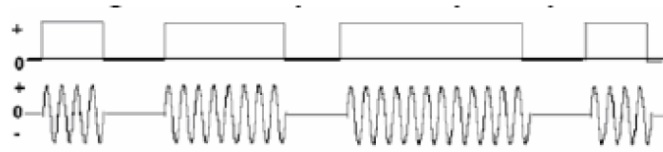


Şekil 4.2 Genlik modülü alıcısı

Telsiz sistemlerinde en çok kullanılan modülasyon çeşidi olan ASK (Genlik Kaydırmalı Anahtarlama), taşıyıcı sinyali iki veya daha fazla değer arasında anahtarlar. ASK dalga biçimi sıfır için boşluk, bir için radyo frekansı dalgasından oluşur.

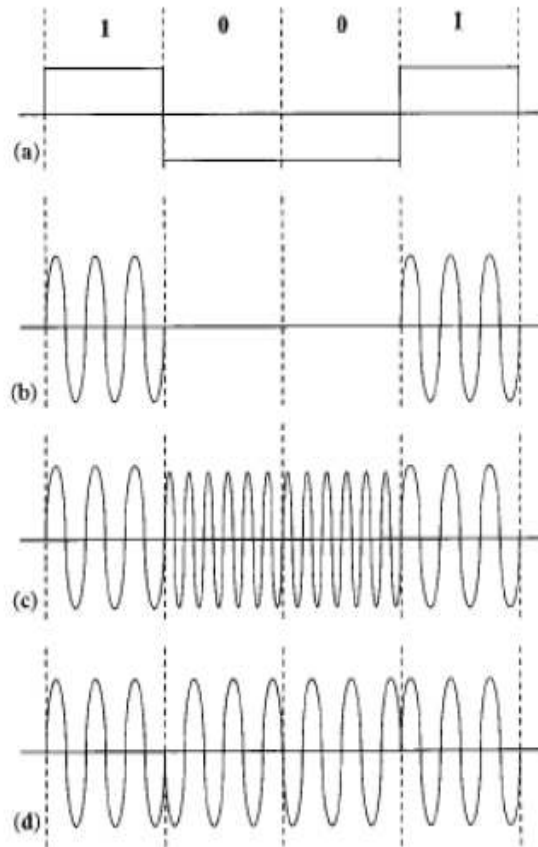
PSK (Faz Kaydırmalı Anahtarlama) da sayısal veriye bağlı olarak taşıyıcı işaretin fazı kaydırılır. Şekil 4.6 'de bir sayısal mesaj sinyalinin genlik, frekans ve faz kaymalı anahtarlama tekniklerine göre modülasyonları görülmektedir.

Frekans modülasyonu için ise FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama), lojik değerler, farklı frekanslarla gösterilir. ASK' ya göre gürültüye karşı bağışıklığı yüksektir. Bu teknik verimli değildir. Yüksek frekanslı telsiz iletişiminde (ISM bant) ve düşük hızlı modemlerde kullanılır.



Şekil 4.3 ASK

Oluşturulan ASK modülasyonun demodülasyonu gereklidir. Bu çözümleme işlemi bir radyo frekansı detektörü veya product demodülatör ile demodüle edilmektedir.



Şekil 4.5 a) ikili, b) Genlik (ASK), c) frekans (FSK), d) faz (PSK) kaydırmalı anahtarlama

4.2 Telsiz İle Haberleşme Sistemleri

Telsiz aracılığı ile haberleşmenin tercih edilme nedenlerinden en önemlisi hareketli olarak kullanılmasıdır. Telsiz ile haberleşme sisteminde, iletilmek istenen mesaj, taşıyıcı görevi yapan elektromanyetik bir dalganın özelliğine ve bu dalgaya veri bindirilmesi ile olur. Belirli bir frekans aralığında gönderilen veri, anten aracılığı ile ortama yayılır. Ortamdaki veri bir alıcı ünite tarafından alınır, veri işlenerek ses verisi olarak hoparlörden dış ortama ses olarak aktarılır.

Veri Hızı: Telsiz ile haberleşmede belli bir bant genişliğinde iletişim sağlanmaktadır. Veri hızı kullanılan modülasyon genişliğine göre değişmektedir. Burada taşıyıcı dalganın özelliği, iletilecek verinin büyüklüğü ve veriyi iletecek cihazın çıkış gücü gibi parametrelere göre değişir.

Veri Güvenliği: Veri, kaynaktan (veri terminali, PC, GPS, SCADA) alınarak telsiz kanalına, uygun şekile çevrilerek telsiz kanalı üzerinden sisteme gönderilir. Bu veri, sistem tarafından istenilen yere gönderilebilir. Bu iletişim sırasında, veri üzerinde meydana gelen bozulmaları önlemek amacı ile sistem içinde veri koruma ve düzeltme özellikleri bulunmaktadır. Veri bütünlüğü, düzeltme ile düzeltilemeyecek ise veri tekrar gönderilmelidir. Radyo frekansı ortamında kullanılan band, açık olduğundan verilerin deşifre olmaması için veriler şifrelenmelidir. İletilmek istenilen veri, bir frekans üzerine bindirilirken çeşitli kodlamalar ile taşıyıcı sinyalin üzerine birkaç taşıyıcı frekans sinyali olarak bindirilir. Alıcıya ulaşan frekans, demodülasyon işlemlerinden sonra gönderilen kodlu ileti çözümlenerek kullanılır hale gelir.

Gerçek Zamanlı Veri Aktarımı: Veri aktarım uygulamalarında en önemli noktalardan biri, verinin gerçek zamanda istenilen yere ulaşmasıdır. Gerçek zamanda veri aktarılması denilen işlemin, sakla gönder gibi bir ara işlem olmamasıdır. Veri yoğunluğuna göre, aktarılan verilerde zaman farkı olabilir. Telsiz sistemindeki mantık, bas konuş şeklinde olduğundan veri iletimi ve gönderimi tam zamanlı olmaktadır.

Kullanıcı Sayısı: Telsiz sisteminde kullanıcı sayısının çokluğundan dolayı tıkanmalar oluşmaması gerekmektedir. Kullanıcıların minimum sürede maksimum veri iletmesi sağlanmalıdır. Kullanıcı sayısının artması, iletişim trafiğini de artırmaktadır. Telsizde, kullanıcı yoğunluğuna göre diğer frekanslara da kullanıcı tahsisi ile iletilen veri trafiği azaltılırken kullanıcı sayısı artırılır.

Telsiz sistemlerinde değişik uygulamalar kullanılır. Örneğin telsiz sistemi, GPS ile araç takibinde, SCADA, veri tabanı erişimleri gibi alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Telsiz sistemleri de teknoloji ile beraber gelişmeler göstermektedir. Analog teknolojilerin kullanıldığı aralıkta tasarlanan telsizler birinci nesil telsizlerdir. Sayısal teknolojinin kullanılmaya başladığı telsizler ise ikinci nesil telsizler olarak adlandırılır. SAGE (Sayısal Geniş Alan) telsizleri Acropol, Tetra ve Apco25 adları ile kullanımdadır.

Birinci nesil telsiz sistemleri, konvansiyonel (sayısal veya analog) sistemler ile trunk sistemleri olarak gruplara ayrılmaktadır. Konvansiyonel telsiz sisteminde, kullanıcıları hepsi aynı kanalda veri alma ve gönderme yapmaktadır. Aynı kanal (frekans) üzerinde yapılan alma gönderme sistemine simpleks, farklı kanaldan alma ve gönderme yapılması durumunda ise bu sisteme dubleks adı verilmektedir.

Simpleks çalışma sisteminde, bir kullanıcı göndermeye geçtiğinde diğer kullanıcılar almaya geçmektedir (dinlemede veya pasif konumda).

Konvansiyonel telsiz özellikleri;

- 1- Ton kodlu susturma
- 2- Seçmeli çağrı
- 3- Kimlik tanıma
- 4- Kanal tarama
- 5- Gönderme zamanını sınırlama
- 6- Meşgul kanalda yayın kilidi

Klasik telsiz sisteminde telsiz kanallarında sadece bir kanal daha ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak kullanılan telsiz kanalında, çok sayıda kullanıcı olması durumunda veri aktarımı konusunda çeşitli sorunlarla karşılaşılır. Bu durumu ortadan kaldırmak amacı ile telsiz kanalları zaman paylaşımli olarak kullanılmalıdır. Bu sebepten dolayı telsiz kanallarının daha verimli kullanımı sağlanmaktadır. Bu sistemler trunk sistemidir.

Tablo 4.1 Yayılım mesafe yarıçapı

Terminal (Telsiz) Tipi	APCO – 25 (km)	Tetra (km)
El Telsizi (Şehir İçi)	7,6	3,8
Mobil Telsiz (Kırsal)	35	17.5

Tablo 4.2 Duyarlılık seviyeleri ve çıkış güçleri açısından telsiz sistemleri

Duyarlık Cihaz Çıkış Güçleri	TETRA	APCO – 25	CDMA - 450
Baz İstasyonları	- 106 dBm	- 116 dBm	- 117 dBm
Mobil Telsiz (El, Araç)	- 103 dBm	- 116 dBm	- 104 dBm
Araç Telsizi	0,03 – 10 W	100 W	0,063 – 10 W
El Telsizi	0,03 – 3 W	5 W	0,063 – 10 W

Trunk telsiz sisteminde, ana bir kanal ve bu kanala bağlı diğer kanallar vardır. Ana kanalın, bir dağıtıcı olduğu veya kontrol amaçlı olduğunu düşünülebilir. Kanallardan birisi sistem ve telsizler arasında iletişim için kullanılır. Bu kanal kontrol kanalı olarak adlandırılır. Diğer kanallar ses veya data haberleşmesi için kullanılır. Bu yardımcı kanallara trafik kanalı denilmektedir.

Trunk telsiz sisteminde, ses ile haberleşme sinyali kontrol kanalı üzerinden yürütüldüğü için, yoğun haberleşme olan kanallarda, tek kontrol kanalı hem veri haberleşmesini hem de ses trafiğini yönetimini yapamaz. Sistemdeki bu yönetimi sağlamak için çok kontrollü kanala geçilmesi gerekmektedir.

Çoklu kontrol kanalı uygulamasında, kontrol kanalları sadece kısa veri aktarımına izin vermektedir. Trunk sisteminde, gerçek zamanlı veri aktarmak için gecikme toleransı olmaması nedeniyle, ses haberleşmesinin öncelikli bir yapıda kullanılması asıl hedeftir.

4.3 Tiny Tracker Devresi İle Yapılan İşlemler

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte telsizlerin kullanım alanlarında da çeşitli gelişmeler ortaya çıkmaktadır. İlk olarak telsiz, bas konuş mantığı üzerinden iletişim sağlamak amacı ile kullanılırken, günümüzde veri aktarma aracı olarak da kullanılmaktadır.

Amatör telsizciler, telsiz yardımı ile veri aktarma özelliği olan bir altyapı sistemi kullanmaktadır. Telsiz aracılığı ile konum bilgileri aktarılır. Bu sisteme APRS (Automatic Packet Reporting System) adı verilmektedir. APRS sistemi için amatör telsizciler tarafından kullanılan FSK veya AFSK modem vardır. Bu modemler sayesinde konum bilgileri sese çevrilmektedir. Çevrilen veri telsiz aracılığı ile hava ortamına yayılmaktadır. Bir başka alıcı ünite anteni tarafından alınan veri demodüle edilir. Bu modüle işlemini yapan devreye Tiny Tracker devresi, demodüle eden devreye de TNC (Terminal Node Control) devresi denilir.

Sistem, bir adet GPS cihazı, bir adet Tiny Tracker devresi, bir adet verici telsiz, bir adet alıcı telsiz, bir adet TNC modem, aktarma ve bağlantı kabloları ile bir adet bilgisayardan meydana gelmektedir. GPS cihazı Rs - 232 portu ile Tiny Tracker devresine bağlanmaktadır. Tiny Tracker devresinin çıkışında, devrenin çalışması için besleme uçları ve veri çıkış uçları bulunur. Tiny Tracker devresinin veri çıkış uçları telsizin mikrofon girişine bağlanır.

GPS cihazından gelen konum bilgileri, Tiny Tracker devresine gelir. Devreye gelen veriler, sayısal veri olduğunda Tiny Tracker devresinde ses verisine dönüştürülür. Ses verisine çevrilen konum bilgilerine ek olarak hangi cihazdan geldiğine dair kimlik bilgisi de eklenir. Tiny Tracker devresi, GPS' den gelen konum bilgisini ses verisine FSK modülasyon tekniğini kullanarak modüle eder.

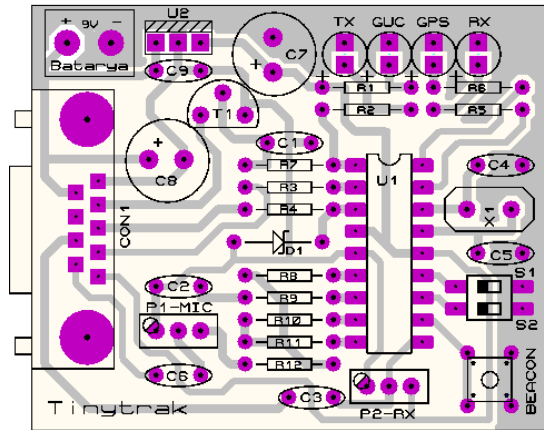
Tiny Tracker devresinden gelen konum bilgisi, telsizin mikrofon ucuna bağlanır. Mikrofon ucundan telsiz aracılığı ile hava ortamına yayılır. Hava ortamındaki veri alıcı telsizin anteni aracılığı ile alınır. Alınan veri hoparlör ucuna bağlı TNC devresine gelir. TNC devresine gelen modüle bilgi, demodüle edilir. Demodüle edilen veri, seri port çıkışı ile bilgisayar ortamına aktarılır.

Bilgisayara gelen veri, bir bilgisayar programı yardımı ile işlenir. İşlenen veri, aracın konum bilgilerini ve hangi araca ait olduğunu ekranda gösterir. Amatör telsizcilerin kullandığı takip sistemini oluşturan elemanların en önemlisi, Tiny Tracker devresidir. Devre AFSK veya FSK modemdir. Bu modem GPS' den gelen konum bilgilerinin önüne kendi çağrı kodunu ekleyerek telsizin ses girişine göndermektedir. Tiny Tracker devresini oluşturan elemanlar;

a) PIC 16F84A;



Şekil 4.6 16F84A çıkış uçları (PIC 16F48A.)

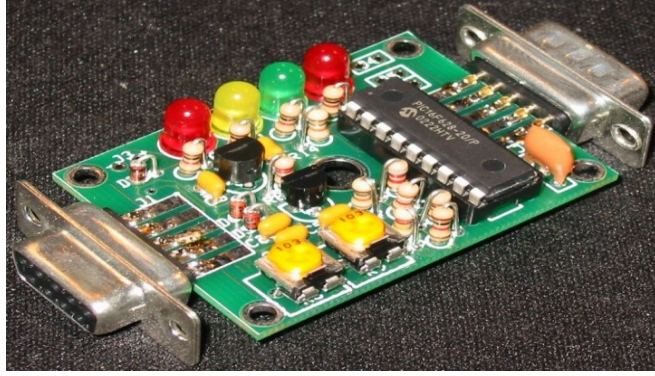


Şekil 4.7 16F48A devredeki yeri (Paket Radyo)

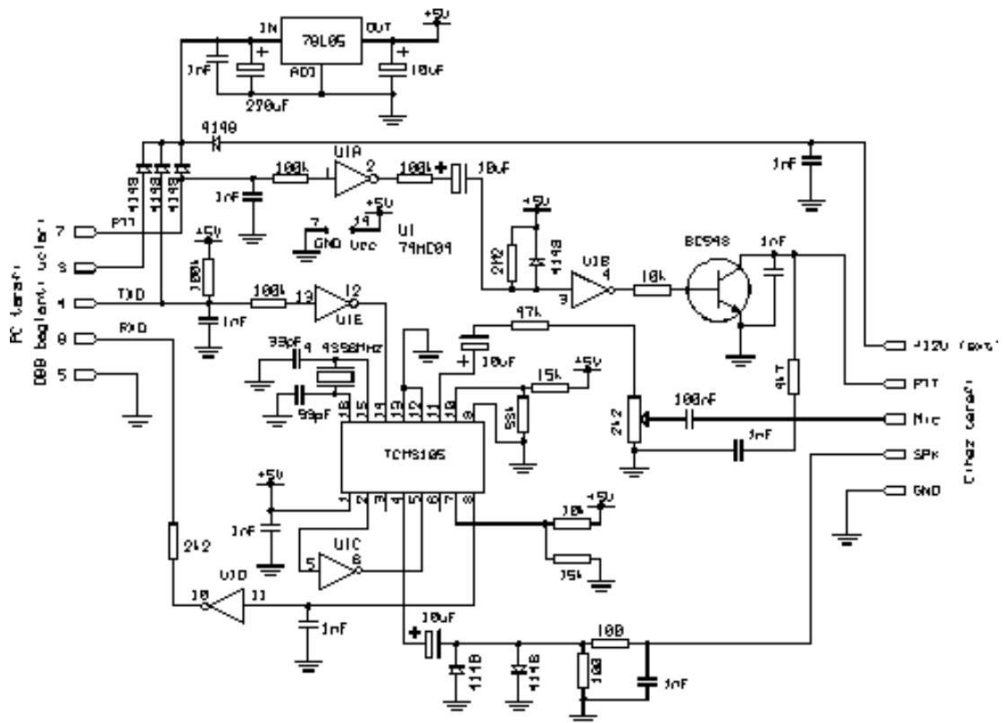
Tablo 4.3 PIC 16F84A çıkış uçları

No	Adı	Açıklama
1	RA 2	Giriş / Çıkış Ucu
2	RA 3	Giriş / Çıkış Ucu
3	RA 4 / TOCLKI	Giriş - Çıkış Ucu / TMR 0 İçin Clock Plus Giriş Ucu
4	MCLR	Reset Girişi
5	GND	Güç Kaynağı Eksi (-) Ucu
6	RB 0 / INT	Giriş Ucu / Dış Kesmeler İçin Giriş Ucu
7	RB 1	Giriş / Çıkış Ucu
8	RB 2	Giriş / Çıkış Ucu
9	RB 3	Giriş / Çıkış Ucu
10	RB 4	Giriş / Çıkış Ucu
11	RB 5	Giriş / Çıkış Ucu
12	RB 6	Giriş / Çıkış Ucu
13	RB 7	Giriş / Çıkış Ucu
14	VCC	Güç Kaynağı Artı (+) Ucu
15	OSC2 / CLOCK OUT	Osilatör Bağlantısı OSC1 Frekansının $\frac{1}{4}$ değerindeki çıkış clock ucu
16	OSC1 / CLOCK IN	Osilatör Bağlantısı / External Osilatör girişi
17	RA 0	Giriş / Çıkış Ucu
18	RA 1	Giriş / Çıkış Ucu

- b) T1: BC548 NPN transistör (1 Adet)
- c) D1: 5V1 zener diyot (1 Adet)
- d) X1: 10 Mhz kristal (1 Adet)
- e) P1: 10 K Ω Trimpot (1 Adet)
- f) P2: 10 K Ω Trimpot (1 Adet)
- g) S1=S2: dipswitch (2 li 1 Adet)
- h) B1: beacon butonu (1 Adet)
- i) R1: 330 Ω (1 Adet)
- j) R2: 330 Ω (1 Adet)
- k) R3: 330 Ω (1 Adet)
- l) R4: 10 K Ω (1 Adet)
- m) R5: 330 Ω (1 Adet)
- n) R6: 330 Ω (1 Adet)
- o) R7: 10 K Ω (1 Adet)
- p) R8: 8.2K Ω (1 Adet)
- q) R9: 3.9K Ω (1 Adet)
- r) R10: 2 K Ω (1 Adet)
- s) R11: 1 K Ω (1 Adet)
- t) R12: 220 K Ω (1 Adet)
- u) L1: 2,5mm Led Diyot (1 Adet)
- v) L2: 2,5mm Led Diyot (1 Adet)
- w) L3: 2,5mm Led Diyot (1 Adet)
- x) L4 : 2,5mm Led Diyot (1 Adet)
- y) C1 : 100 nF (1 Adet)
- z) C2 : 100 nF (1 Adet)
- aa) C3 : 100 nF (1 Adet)
- bb) C4 : 22 pF (1 Adet)
- cc) C5 : 22 pF (1 Adet)
- dd) C6 : 100 nF (1 Adet)
- ee) Batarya: Baskı devre Klemensi
- ff) 9V pil yuvası kablolu.
- gg) 9V pil



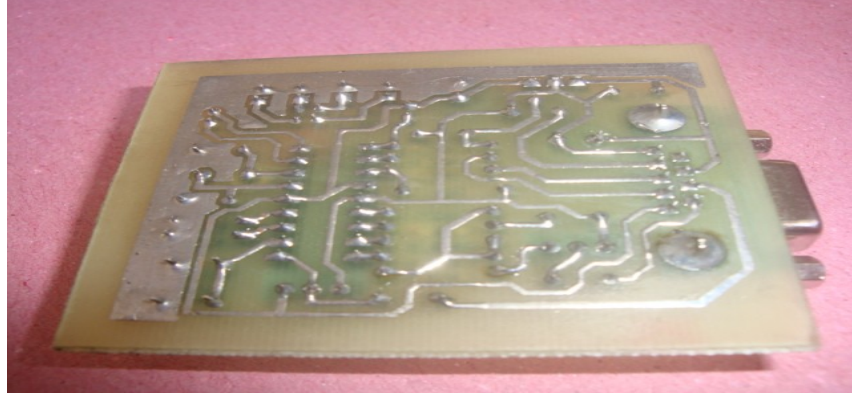
Şekil 4.9 Tiny Traker devresi iki seri portlu (Tiny Tracker3)



Şekil 4.10 TCM 3105 devre şeması (Paket Radyo)



Şekil 4.11 TCM 3105 kullanılan devre (Mobil APRS ve Tinytrak)



Şekil 4.11 TCM 3105 kullanılan devre baskı şeması (Mobil APRS ve Tinytrak)

Amatör telsizciler tarafından yapılan bu kontrol devresi ile GPS' den alınan koordinat bilgileri ses verisine çevrilmektedir. Çevrilen veri, telsizin mikrofon girişi aracılığı ile telsizden hava boşluğuna yayılır. Yayılan sinyal alıcı ünitenin anten kısmı ile yakalanarak alınır. Alınan ses verisi, demodüle edilir, (TNC devresi ile) veri seri port aracılığı ile bilgisayara aktarılır. GPS verisi, kullanıcı bilgisi vb. bilgiler seri porttan okunarak kullanmak için hazırlanır.

Paket radyo, herhangi bir VHF veya UHF telsize bilgisayarınızı bağlayarak 1200 baud hızda data haberleşmesi yapmanızı sağlamaktadır. Baykom programı pc, xt, at veya uyumlu bir adet seri portu olan her hangi bir bilgisayar yardımıyla kullanılır.

Programın büyüklüğü çok azdır. Buda programın daha düşük kapasiteli bilgisayarlarda da kullanılmasını sağlamaktadır. Paket radyo devresi, çift taraflı bir baskı devredir, bu sayede tüm elemanlar yaklaşık olarak 6 x 4.5 cm ölçülerinde bir plakete sığmaktadır. Paket radyo devresi iki adet entegreden oluşmaktadır. Bunlardan TCM3105 1200/2400 bit/s AFSK modem entegresidir. Diğeri ise 74HC04 olup bu entegre HCMOS serisi 6 adet çevirici içerir.

Telsizler ses iletimini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Telsiz sayısal veriyi iletmesi için bilgisayar ile telsiz arasına çevrim sağlamak amacıyla AFSK modem kullanılmıştır. Devre için gerekli akım mA (miliamper) seviyesinde olduğundan besleme bilgisayarın Rs - 232 portundan elde edilir.

Aynı zamanda telsize gelen verinin gönderilme işlemi de bir adet 74HC04 kapısı ile gerçekleştirilir. TCM3105 entegresi, tüm sinyal işleme ve çözme işlemini tek başına yapmaktadır.

AFSK Modem aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Tek cip AFSK modem,
- Bell 202 ve CCITT V23 standartlarına uygun,
- 1200/2400 baud çalışma hızı,
- Half-Dubleks çalışmada 1200/2400 baud hız,
- Full-Dubleks çalışmada 150 baud hız,
- Çip üzerinde filtreleme, modülasyon ve de modülasyon,
- 5 V Besleme,
- Düşük güç radyo frekansı,
- CMOS Silikon Kapı Teknolojisi,
- 16 bacaklıdır.

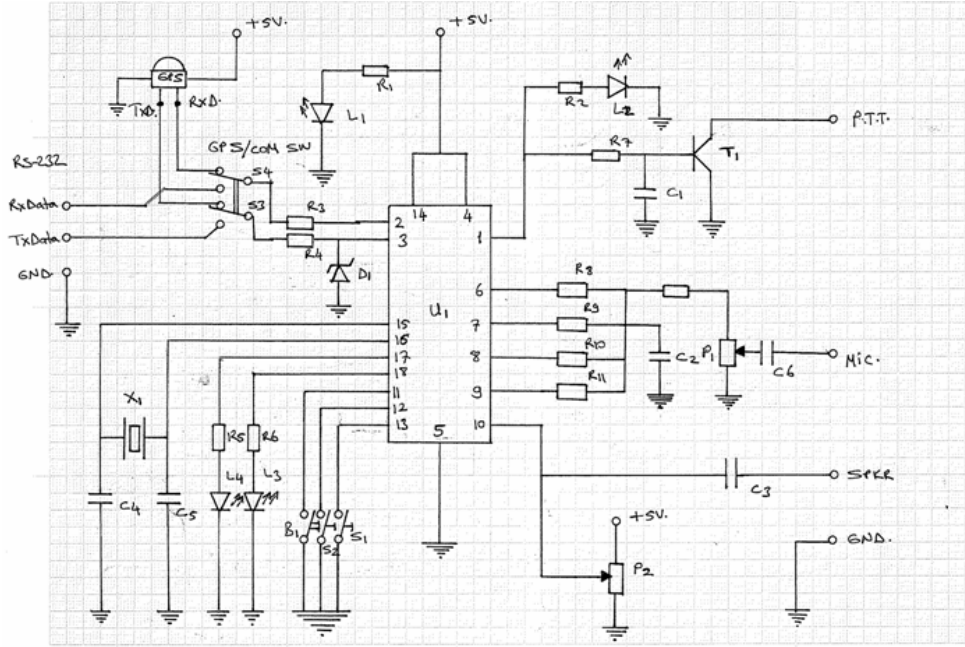
4.3 Yapılan Uygulamalar:

4.3.1 Uygulama Bir

Tiny Tracker devresi ile yapılan uygulamada

- 1- 4 adet Tiny Tracker devresi (Baykom modem),
- 2- 2 adet TNC devresi,
- 3- 2 adet 4011 Aselsan el telsizi,
- 4- Bilgisayar ve bilgisayar programı,
- 5- Kulaklık ve mikrofon girişi, seri port bağlantı kabloları,
- 6- GPS,
- 7- 12 V güç kaynağı,
- 8- TNC modem çıkışına verileri almak için (ekran) devre,

Yapılan uygulamada, GPS cihazının seri port çıkışına Tiny Tracker devresi bağlandı. Tiny Tracker devresinin çıkış kısmındaki seri port telsizin mikrofon çıkışı ile eşlenerek Tiny Tracker devresinin telsize bağlantısı yapıldı.



Şekil 4.12 GPS ile Tiny Tracker devresinin ve telsizin bağlantı devresinin şeması (Paket Radyo)

Telsizin ses girişi GPS' den gelen verileri göndermek amacı ile kullanılır. GPS den gelen sayısal veri Tiny Tracker devresi ile (AFSK veya FSK modem) ses verisine çevrilir.

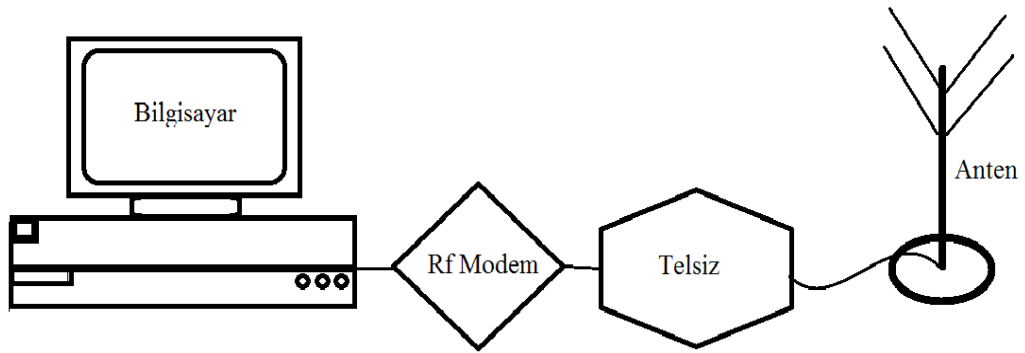


Şekil 4.13 GPS' in Tiny Tracker devresine bağlantısı

Çevrilen ses verisi, Tiny Tracker devresi içindeki TCM3105 veya PIC 16F628 mikro işlemcileri yardımı ile işlenmektedir. Verilerin mikro işlemciler ile istenilen zamanda ve özellikle gönderilmesi sağlanır. Bu mikro işlemciler, telsizden veri gönderilmesi için PTT (Push To Talk) düğmesini işleme geçirmektedir. GPS den gelen konum bilgisi, ses verisi olarak telsizden etrafa yayılır.

Yapılan uygulamada, telsizin hoparlör çıkışına TNC denilen modem yerleştirildi. TNC modem GPS verilerini gönderen telsize bağlanmasındaki amaç, GPS' den gelen verilerin yanında bilgisayardan gönderilen verilerin de son kullanıcı tarafından görülmesidir. Bilgisayar ile yapılan sorgulama sonucunda, bilgisayar son kullanıcıya (kamyon ve yükleyici operatörüne) nereye gitmesi gerektiğini belirtir. Operatör bu bilgiye göre hareket etmektedir.

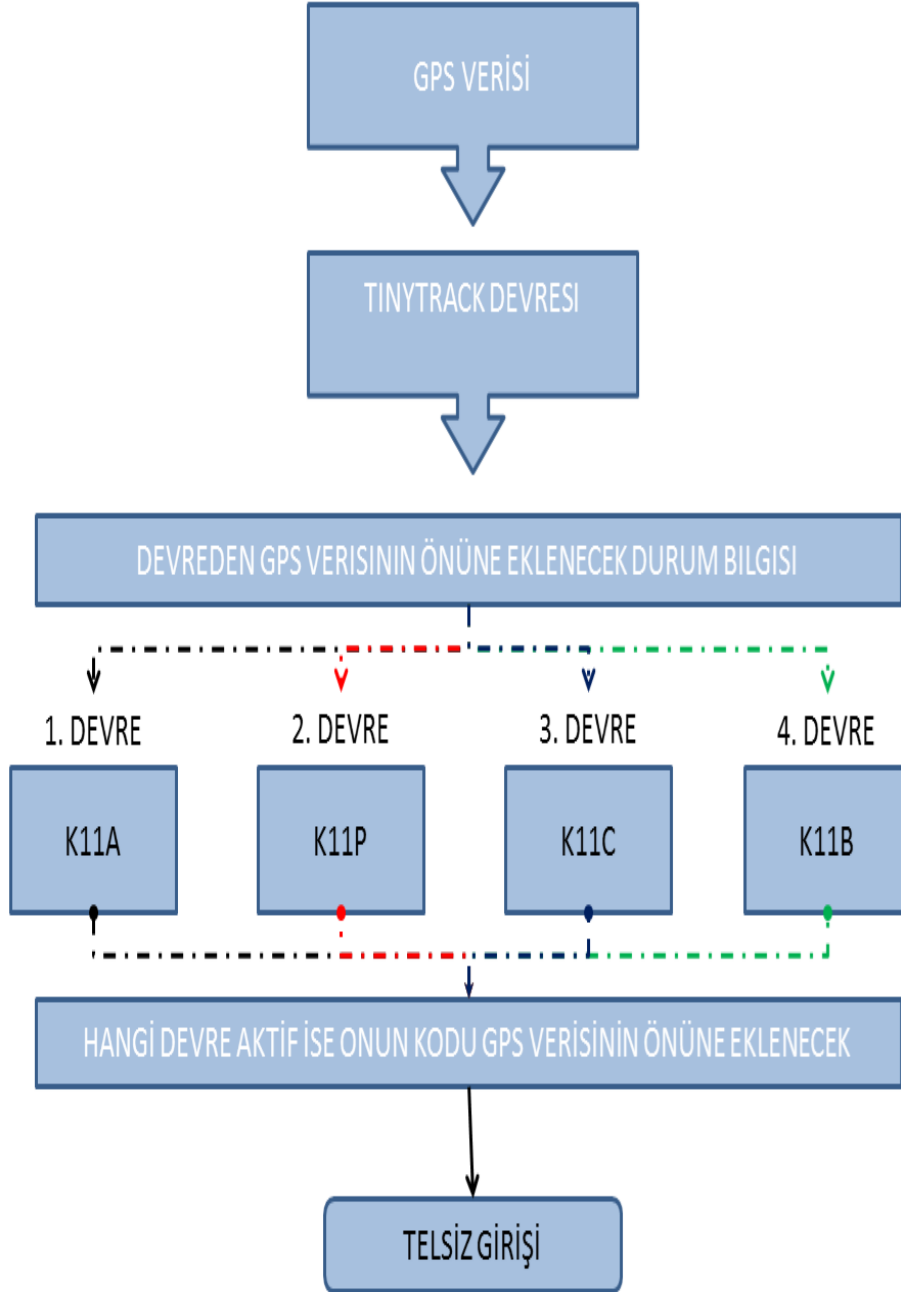
Uygulamada dört adet Tiny Tracker devresi kullanıldı. Kullanılan dört adet devre, çağrı butonları anlamına gelmektedir. Her çağrı butonunun da bilgisayar programında farklı bir anlamı vardır.



Şekil 4.14 Bilgisayar telsiz bağlantısı

Yapılan devrede her bir Tiny Tracker devresi farklı bir durumu ifade etmektedir. Tiny Tracker devresinde, çağrı kodu olarak bir kod bulunmaktadır. Bu kod, yapılan uygulama devresinde araçların durum bilgisi ve kimlik bilgisi olarak kullanılır. Tiny Tracker devrelerine durum ve kimlik bilgisini yüklemek için devreler seri port yardımı ile bilgisayara bağlanır. Seri porttan bağlanan devre, modeme ait bir arayüzle bilgisayara tanıtılmaktadır.

Okunan modem içinde Callsign bölümüne durum bilgisi ve kimlik bilgisi yazılır. Callsign bölümü Baykom modem için çağrı kodunun eklendiği bölümdür.



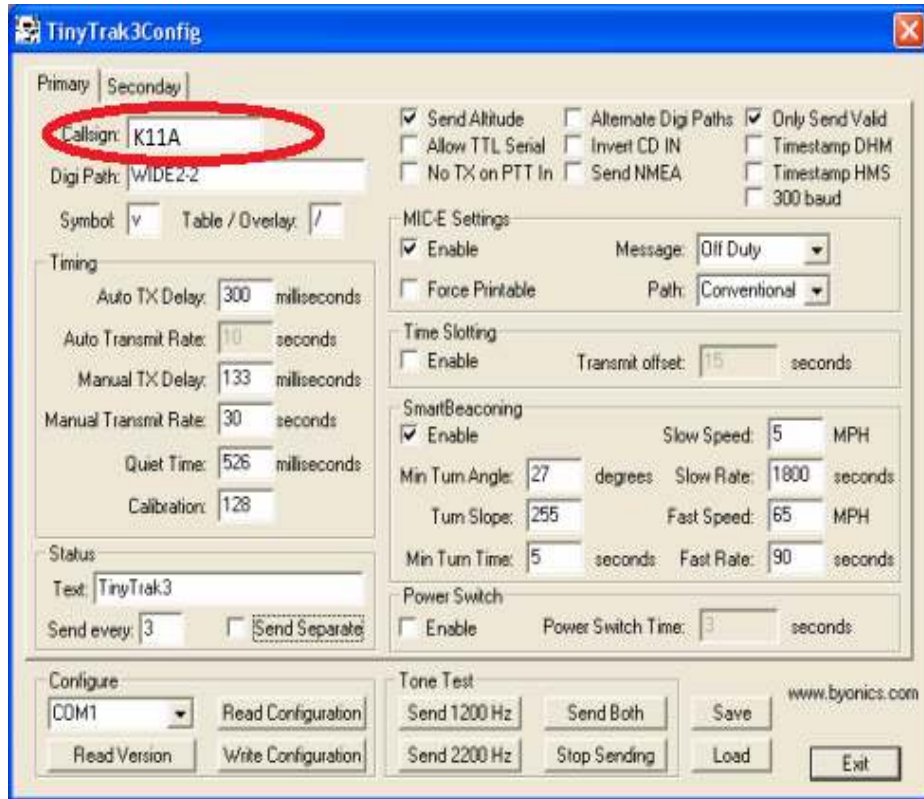
Şekil 4.15 GPS verisinin önüne durum bilgisi eklenmesi

Tiny Tracker modemlere Callsign bölümüne sıra ile K11A, K11C, K11P, K11B çağrı kodları yerine yazılarak durum bilgileri kullanıma hazır hale getirilir.

Burada “K” harfi kamyonu, “A” arızalı olduğunu, “C” cevher yüklü olduğunu, “P” harfi pasa yüklü olduğunu, “B” harfi boş olduğunu gösterir, “11” kaç nolu araç olduğunu ifade etmektedir. Sistemde “K” harfi yerine “Y”, “D” ve “X” de yazılabilir. “Y” harfi yükleyiciyi, “D” harfi döküm noktasını, “X” harfi kırıcıyı ifade etmektedir.

Hazırlanan Tiny Tracker devreleri, anahtarlama mantığı ile birbirlerine bağlanır. Anahtar hangi devre üzerinde aktif ise devreden sisteme o bilgi gitmektedir. Buda GPS’ den gelen koordinat bilgisinin önüne kimlik ve durum bilgisi eklemektedir.

Devre üzerinde bulunan anahtar özelliği sayesinde hangi kodun gönderilmesi gerektiği belirlenir. Bu şekilde anahtarın bulunduğu konum değiştirilerek kamyonun veya yükleyicinin bulunduğu durum bilgisi GPS verisinin önüne eklenmekte ve telsiz ses verisi olarak gelmektedir. Telsiz ses verisi olarak gelen veriler, radyo frekansına çevrilerek telsiz anteni vasıtası ile çevreye yayılmaktadır.



Şekil 4.16 Tiny Traker devresi calling bölümü

Havaya yayılan radyo frekansı verileri, alıcı bir telsiz anteni ile alınmaktadır. Bu veriler telsizin hoparlör çıkışına bağlı olan TNC modem sayesinde sayısal veriye dönüştürülür. TNC modem ile sayısal veriye dönüştürülen bilgiler, bilgisayarın seri portuna gelir. Seri porta gelen veriler bilgisayarın hyperterminalden de okunabilmektedir.

Seri porta gelen veriler bilgisayar programı sayesinde okunur ve veriler sayısal haritaya işlenir. GPS verileri ile sayısal haritada araçların konum bilgileri görüntülenir. GPS verisinin önüne eklenen durum bilgisi ile sistemdeki araçların ne yaptığı veya durumları hakkındaki bilgilere ulaşılabilir.

Bilgisayar programın tarafından, gelen durum bilgilerinden yararlanarak bir sinama yapılmaktadır. Bilgisayar programı sinaması sonucunda araçlara ne yapması gerektiği bilgisi gönderilir. Aracın yönlendirilmesi işlemi için bilgisayar programından elde edilen sonuçların araca ulaştırılması gerekmektedir. Bilgisayar sinama sonucunu, gelen veri mantığını izleyerek kullanıcıya göndermek istemektedir.

Fakat gönderilen portta TNC devresi tek yönlü çalıştığı için ikinci bir portu kullanmaya ihtiyaç duyulur. Com1 portu yerine Com2 portuna bilgi gönderilir. Com2 portuna bağlı bir Tiny Tracker devresi olması gerekmektedir. Bu devrenin kullanım amacı sayısal verinin ses verisine çevrilmesidir. Çevrilen veri ikinci bir verici telsiz ile farklı bir frekansta ortamama yayılmaktadır. Sisteme ikinci bir frekansın girmesi ikinci bir alıcı telsizin olması demektir. İkinci alıcı telsizin hoparlör ucuna TNC devresi bağlı olup, TNC devresinin çıkış ucuna devre ile uyumlu çalışan LCD ekranlı bir devre bağlanır. LCD'li devrenin amacı bilgisayardan gelen sinama sonucunu kullanıcıya bildirmektir.

Telsize gelen veri, TNC modemden geçip sayısala çevrilir ve LCD li devrede işlenip LCD ekranına sonuç yansıtılır. Böylece tam otomasyon sağlanması ile birlikte tam otomatik veri aktarımı sağlanır.

Tiny Tracker devresi ile oluşturulan sistemde, sistem oluşturulurken amatör telsizcilerin kullandığı APRS sistem örnek alınmıştır.

Yapılan uygulamada, kullanılan Tiny Traker devresinde veri akışının tek yönlü olduğu gözlenmiştir. Veri akışının tek yönlü olması ile tasarlanan sistemin parçaları artmaktadır.

Amatör telsizcilerin kullandığı APRS sistemi için gerekli ekipmanlar;

- 1 adet verici telsiz (hareketli cihazda)
- 1 adet alıcı telsiz (sabit merkezde)
- 1 adet Tiny Tracker devresi (hareketli telsize bağlı)
- 1 adet TNC devresi (sabit telsize bağlı)
- PC ve Telsiz bağlantı kabloları, güç kabloları
- 1 adet GPS cihazı
- 1 adet telsiz frekansı (veri aktarma için) meydana gelir.

Yapmış olduğumuz uygulamada ise;

- 2 adet verici telsiz (biri hareketli ortamda GPS datasını aktarmak için, diğeri ise bilgisayardan gelen veriyi iletiminde kullanılmak amacı ile)
 - 2 adet alıcı telsiz (ikisine de TNC modem bağlı biri bilgisayara diğeri hareketli noktadaki LCD ekrana veri almak için)
 - 5 adet Tiny Traker devresi (dört tanesi durum bilgisi amaçlı, bir tanesi bilgisayarın Com2 portuna bağlı sınaama sonrası veri göndermek için)
 - 2 adet TNC modem (biri bilgisayar portunun girişine bağlı, diğeri hareketli noktadaki alıcı telsizin ses çıkış ucuna TNC modem, modemin çıkış ucuna da LCD ekran bağlanır)
 - 1 adet GPS cihazı (hareketli telsize bağlı)
 - 3 adet telsiz frekansı (bir frekans almada, bir frekans göndermede ve bir frekans yedek)
 - LCD bağlı elektronik devre (hareketli cihazda TNC modeme bağlı devre)
- sistem parçalarından meydana gelmektedir.

Burada TNC modem ve Tiny Traker devresi tek yönlü olarak çalıştığı için iki frekans kullanılması gerekmektedir. Veri almak ve göndermek için bilgisayarın Com1 ve Com2 portları kullanılır. Toplamda dört adet telsiz ve iki adet frekans kullanılması gerekir. Com1 portu sisteme gelen koordinat bilgileri ve durum bilgilerin okumak için kullanılır. Com2 portu sınama sonucunda elde edilen yönlendirme bilgilerini araçlara ulaştırılması için kullanılır.

Tiny Tracker devresi kullanılarak yapılan sistemde, telsizlerin kullandığı frekansın başka bir kurum tarafından kullanılmaması gerekir. Sistem için en az üç frekans bulunmalıdır. Bu frekanslardan ikisi aktif, birisi yedek frekans olarak kullanılır. Her araçta bir tane TNC ve dört adet Tiny Tracker devresi bulunması gereklidir. Ana komuta bilgisayarına bağlı olan alıcı telsizde, bir adet TNC modem, verici telsizde, bir adet Tiny Traker devresi bulunmalıdır. Hareketli noktada, TNC modemin bağlı olduğu kısımda bir adet elektronik devre bulunur. Sistem içinde kullanılan araçların fazlalığı sistemin ilk yatırım maliyetini artırmaktadır.

Sistemin maliyet sorunu haricinde başka sorunları da vardır. GPS koordinat bilgileri aktarılırken telsiz kanalındaki parazitler ve sarkmalardan dolayı veri (paket) kaybına yol açtığı görülmektedir. Bu kayıp sistemde tanımlanamayan veri olarak görünür.

K11A,\$GPGGA,155958,3828.0352,N,02716.6859,E,1,04,1.8,199.9,M,35.8,M,,*49 [1]

K1½½1#\$GPGGA,155958,3828.0352, [2]

Yukarıda gösterilen [1] nolu sisteme gelen veriler tanımlanırken [2] nolu veri sistem hatası ile karşılaşmaktadır. Sistem içinde sakla ilet veya tekrarlama özelliği olmadığından veri kaybı oluşur. Sistem içindeki kullanıcı sayısının artması ile kanaldaki veri iletişimi artmaktadır. Artan kullanıcı ile sistem içinde veri gönderme işleminin bir sıra ve düzene koyulması gerekmektedir. Örneğin, sistem içinde kayıtlı 10 araç için sistemdeki veri iletişim süresi 31 sn. ise sistemdeki kayıtlı araç sayısı 20 ye çıktığında bu süre 61 sn. olarak hesaplanır.

Aşağıdaki tablo 4.5’ te veri iletim süreleri ve araç sayıları ile ilişki bir tablo verilmiştir. Tabloda konum bilgisini gönderen bir araç ne kadar süre sonra veri göndereceğine ilişkin bilgiyi içerir. Burada süre olarak belirtilen kısım bir daha ne kadar zaman sonra veri gönderebileceğini ifade etmektedir. Sistem içindeki verilerin gönderilme süresi dikkate alındığında belli aralıklarla veri gönderme ayarlamaları yapılmalıdır. Gönderilen verinin havadaki süre kaybı göz ardı edilir.

Tablo 4.5 Araç sayıları ve veri iletim süreleri

Araç Sayısı	İletim Süresi (sn)	Boşluk (sn)	Süre (sn)
1	2	1	3
2	2	3	7
5	2	6	16
10	2	11	31
20	2	21	61
30	2	31	91
40	2	41	121
50	2	51	151
100	2	101	301
200	2	201	601

Çok sayıda araçtan konum ve durum bilgisi alınmak istendiğinde araç sayıları ve ekipman sayılarının fazlalaşması ile veri gönderimi ve çözümlemesinde sorun yaşanmaktadır. Bu sistem için kullanılan devrelerin yeniden ve uygun olarak tasarlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yapılmak istenilen sistem tam otomasyon ile atama işlemidir. Bu sistem için, iletişim altyapısının radyo frekansı kullanılarak sağlanması amaçlanmıştır. Sistemdeki eksiklikleri giderecek bir alt yapı aranmış, yapılan araştırmalarda veri kaybının olmadığı ve veri iletim süresinin en az olduğu radyo modemler incelenmiştir.

İletişim sistemi olarak radyo frekansı kullanan, fakat göndermekte olduğu veriyi paket olarak, bozulmadan yollayan sistemler incelenmiş, bu şekilde veri iletişimi sağlayan sistemlerin radyo modemler olduğu gözlenmiştir.

Yeni yapılacak olan devreyi tasarlarken, devrede kullanılacak elemanlar;

- Bir tane ana bilgisayara bağlı radyo modem
- Aracın durum bilgisini verecek olan devre
- Koordinat bilgisi için GPS
- GPS verisinin önüne durum bilgisini eklemek için devre
- Paket haline gelmiş olan veriyi iletecek olan radyo modem gereklidir.

4.3.2 Uygulama İki

Uygulama birdeki aksaklıkları gidermek ve hataları en aza indirmek amacı ile yeni bir devre ve sistem tasarlandı. Yapılan uygulamada radyo frekansı kullanılarak veri iletimi sağlanmıştır.

Tasarlanan sistemde kullanılacak olan ekipmanlar;

- Veri iletişimi için radyo modem
- Koordinat bilgisi için GPS
- Durum bilgisini belirtmek için PLC (aynı zamanda GPS verisinin önüne kimlik bilgisi ve durum bilgisini eklemekte)
 - Bilgisayar programı (sorgulama ve takip amacıyla) ve bilgisayar
 - PLC cihazının çıkış ucuna bağlı bir ekran (aracı nereye gitmesi gerektiğini belirtmek için) gereklidir.

Sistemde veri iletişimi için her hareketli araçta bir tane radyo modem, PLC devresi, PLC' ye bağlı ekran devresi ve durum düğmeleri vardır. Ana kontrol bilgisayarında bir tane radyo modem vardır.

İletişim tek frekans üzerinden sağlanmaktadır. Radyo modem paket veri gönderdiği ve paket veri aldığı için veri kayıpları olmamaktadır. Sistemde kullanılan PLC, gelen verinin uzantısını bozmandan verinin önüne veya sonuna bilgi ekleme özelliği olan PLC tercih edildi.

PLC çıkış uçlarından birine tasarlanan elektronik gösterge paneli eklenir. PLC'nin programlanma özelliğinden faydalanarak durum butonları PLC' nin kapılarına yerleştirilir (gate tanımlanır). Bu tanımlama ile her bir butonla farklı bir bilgi gönderilmesini sağlamaktadır. GPS' den gelen veri PLC' ye seri port aracılığı ile bağlanır. PLC' nin çıkış ucuna ekran devresi, diğer ucada rf modem bağlanır. GPS' den gelen veriye PLC devresinin üzerindeki butonlar aracılığı ile durum bilgileri eklenir. Durum bilgisi eklenen veri rf modem ile hava ortamına yayılır.

Yayılan veri bilgisayara bağlı rf modem tarafından alınır. Alınan veri bilgisayarın seri portuna gönderilir. Seri porttan bilgisayar programı ile alınan veri sınaama işlemine tabi tutulur.

Sınama işlemi sonrasında elde edilen yönlendirme seri port üzerinden rf modeme gönderilir. Rf modeme gelen veri ortama yayılır. Havadaki veriyi alan rf modem bilginin kendisi için mi geldiğini sorgular. Sorgulama sonucunda kendisi için gelen bir veri varsa PLC' ye bağlı ekran devresine gönderilir.

Bu sistem, iki adet rf modem, bir adet ekran devresi, bir adet GPS, bir adet bilgisayar, bir adet bilgisayar programı ve ara bağlantı kablolarından meydana gelmektedir.

4.3.2.1 Radyo Modem

Radyo frekanslı modem, seçimi yapılırken pek çok rf modem örnekleri incelendi. Hız, veri güvenliği ve bağlantı çeşitliliği bakımından Satel firmasına ait modem uygulama için tercih edildi.

Satellite - 3AS modem, çeşitli data transfer uygulamalarında yüksek hız ve güvenilirlik ihtiyacına cevap verebilen, half dubleks bir data modemdir.

25 kHz ile 12,5 kHz kanal aralığında maksimum 19,2 kbps hızında çalışabilir. Devreye alma ve rutin çalışmada birçok kullanışlı fonksiyonları içerir.

Tablo 4.6 Satel RF modemin özellikleri

Telsiz	Özellikleri
Frekans Aralığı	380....470 MHz
Kanal Değiştirme Genişliği	12.5 kHz/25 kHz
Kanal Sayısı	160/180
Kanal Kararlılığı	<+ 1,5 khz
Yayma	F1D
Modülasyon	FSK
Verici	
Taşınan Güç	10m W.... 1 W /50 ohm
Taşınan Güç Kararlılığı	+2 dB/ -3Db
Alıcı	
Hassasiyet	-116....-110 dBm
Co Kanal Seçme	>-12 dB
Yakın kanal Seçme	>60dB / 70 dB
İntermodülasyon Cevabı	>65 dB
Veri Modem	2 n W
Bağlantı Türü	
Bağlantı Konnektörü	RS-232, RS-485, RS-422
Veri Aktarma Hızı	D15 ,DİŞİ
Veri Formatı	Asekorn
İletişim Türü	Half Dupleks
Genel	
Çalışma Voltajı	+9....+30 V DC
Güç Tüketim	1.8 VA
Çalışma Sıcaklığı	-25 C....+55C
Anten Konnektörü	TNC, 50 ohm, DİŞİ

Satellite - 3AS üzerindeki yazılımı sayesinde modem, interferans altında dahi iletişimini güvenli bir şekilde yapabilmesini sağlayan çeşitli hata düzeltme seçeneklerini kullanmaya imkân verir. Satellite - 3AS yaygın olarak kullanılan standart RS-232, RS-422, RS 485 gibi çeşitli ara yüzlerle uyumlu çalışmaya imkân veren yapıdadır.

Modem yazılımı bir PC' den, donanım değiştirmeksizin güncellemesi yapılır. Satellite - 3ASd modelinde ise, sahip olduğu LCD display ile programlama bilgisayar kullanılmadan cihaz üzerinden yapılabilir.



Şekil 4.17 Satel radyo frekans modem

4.3.2.2 GPS

Sistemimizde araçların küresel koordinatlarını almak için kullandığımız GPS G. Sat Br 355 kullanılmıştır.



Şekil. 4.18 GPS G-SAT BR355

GPS in özellikleri;

- Yüksek radyo frekans ortalaması ve düşük enerji tüketimli cipset
- 20 kanallı ve hepsini gören yöntem
- Kendinden antenli
- Çok hassas (-159dBm)

- Düşük sinyalde oldukça hızlı TTFF (Time To First Fix)
- Kendiliğinden uydu ile iletişim sağlama
- NMEA 0183 veri protokolüne bağlı olarak veri çıktısı
- Kendinden mıknatıslı
- Suya dayanıklı dış yüzey
- LED ile uyarma sistemi LED yanıyorsa GPS eşleşme yapmadı, LED

yanmıyorsa GPS kapalı, LED fasıllı yanıyorsa çalışıyor.

- RS232 ve PS2 ağlantı şekli bulunmakta

GPS cihazının teknik özellikleri ekler bölümünde tablo olarak verilmektedir.

4.3.2.3 Ara Devre

PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) akıllı cihazlar olarak tanımlanmaktadır. PCL' lerin kapı denilen pek çok giriş ve çıkışları vardır.

Bu giriş ve çıkışlardan cihazın içindeki programlama mantığı değiştirilerek istenilen çıkış veya giriş kapısından işlem yaptırılmaktadır. PLC' ler sayesinde birçok mikro işlemci ile yapılacak bir işlem için sadece bir PLC kullanılabilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, sistem için birkaç mikro işlemcili devre tasarlanmalıdır. Bu mikro işlemciler GPS' deki verilerin aktarım hızına uygun olmalı ve eş zamanlı çalışmalıdır. Tasarlanacak devre üzerinde bulunan durum butonları ile aracın konum bilgisine durum bilgisi eklenmesi gereklidir.

Yapılan çalışmalar neticesinde PLC devre elemanı kullanmanın daha kolay olacağı anlaşılmıştır. PLC devre elemanlarının çeşitli yapıları mevcuttur.

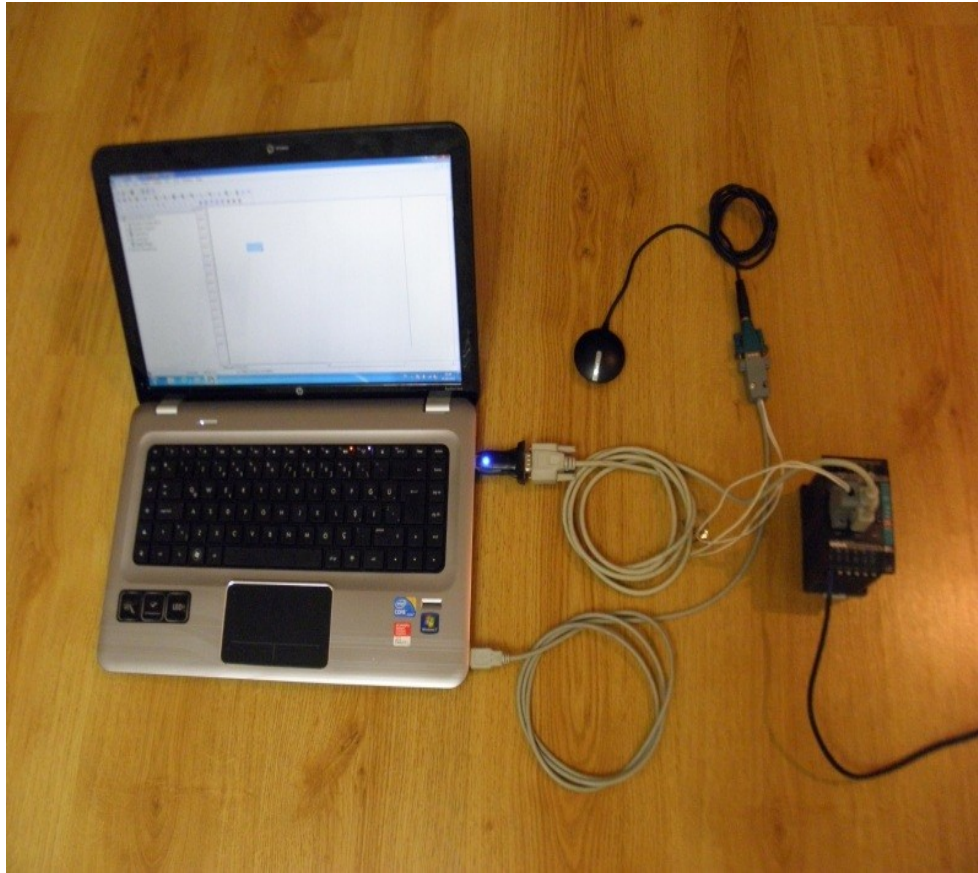
Uygunlamada kullanılacak olan PLC devre elemanı, GPS' den gelen veriyi string halinde alan ve bu verinin aktarımını kolay olarak sağlayan PLC dir. Aşağıda, devrede kullanılan PLC hakkında teknik bilgiler ve devreye nasıl bağlanacağı verilmektedir.

Devrede kullanılan PLC Fatek FBS – 10 MAR 2 - AC dir.



Şekil 4.19 Fatek FBS – 10 MAR 2 - AC

Fatek FBS – 10 MAR 2 – AC ile ilgili teorik bilgiler Ek 2’ de yer almaktadır.



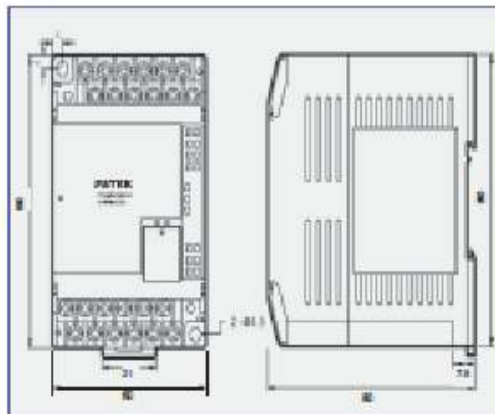
Şekil 4.20 PLC devresi ile GPS bağlantısı

Tablo 4.7 Fatek FBS – 10 MAR 2 – AC nin teknik özellikleri

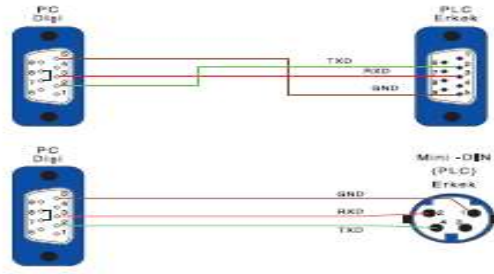
Özellikler			Fatek FBS – 10 MAR 2 - AC
Dijital Giriş	24VDC	Orta düşük hız (toplam 5KHz)	4 Adet
		Düşük hız	2 Adet
Dijital Çıkış	Röle	AC/DC(2A)	4 Adet
	Transistör (5 ~ 30VDC)	Orta Hız 10KHz (0.5A)	-
		Düşük Hız (0.5A)	-
Hab. Portu	Yerleşik		1 port (Port0, USB veya RS232)
	Genişletme		2 port (Port1 ~ 2, RS485 veya RS232 veya Ethernet)
Takvim			Opsiyonel
Yerleşik güç kaynağı			POW-14(AC)/DPOW-10(DC)
Bağlantı Şekli			7.62 mm terminal

Tablo 4.8 Fatek FBS – 10 MAR 2 – AC Haberleşme Portu Özellikleri

Haberleşme Katı Özellikleri	FBs-CB22
Özellikleri	2 port RS232(Port 1+ Port 2) TX, RX göstergeli
Bağlantı Şekli	D-Sub dişi



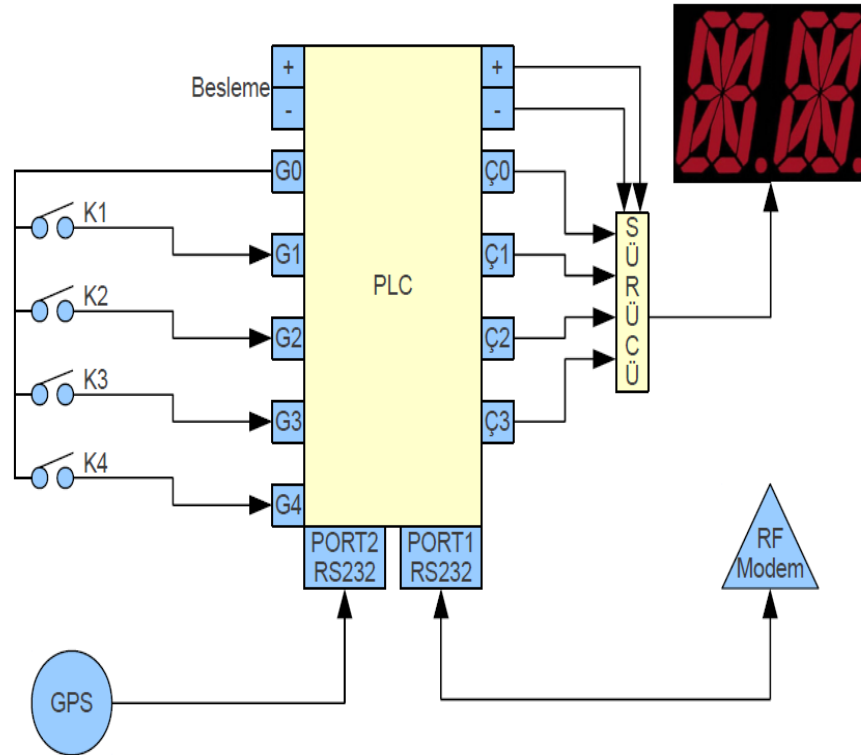
Şekil 4.21 Fatek FBS Teknik Boyut Şekli



Şekil. 4.22 Fatek FBS program bağlantı şekli

PLC' yi programlamak için özel bir program kullanılır. PLC' nin diğer teknik ve çevresel özellikleri hakkında bilgiler ekler kısmında yer verilmiştir. PLC ile birlikte tasarlanan devrede diğer devre elemanları da kullanılmaktadır ve devre şeması şekil 4.23 de belirtilen şekildedir.

PLC üzerinde bulunan kapılara verilen komutlar sayesinde PLC kullanıma hazır hale gelmektedir. Yapılmakta olan tam otomasyon sistemi ile araç yönlendirmede PLC üzerinde bulunan kapılara durum bilgisi butonları eklenmektedir. Bu durum bilgileri, araca ne yapması gerektiğini veya ne yaptığını gösterir.



Şekil 4.23 PLC devresi

Devre üzerinde bulunan K1, K2, K3, K4 butonları aracın durum bilgisini belirten butonlardır. Bu butonlardan sadece bir basılı olarak devre çalışmaktadır. Eğer butonların hiçbir basılı değilse PLC devre elemanı sisteme GPS' den aldığı konum bilgisinin önüne PØ.K0. verisini eklemektedir. PLC' in sisteme gönderdiği veri aşağıdaki gibidir.

PØ.K0.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Yukarıdaki veri sisteme gönderilmektedir. Bu veri sisteme yeni bir aracın girişi için tanımlama yapılması gerektiğini ifade eder.

K1 butonu basılı ise PØ.K1. verisini eklemektedir. PLC' in sisteme gönderdiği veri aşağıdaki gibidir.

PØ.K1.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Bu veri devreden sisteme gönderilmekte ve bu veri sistemde aracın boş olduğunu ifade eder.

K2 butonu basılı ise PØ.K2. verisini eklemektedir. PLC' in sisteme gönderdiği veri aşağıdaki gibidir.

PØ.K2.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Bu veri sisteme gönderilmekte ve bu veri sistemde aracın pasa ile yüklü olduğunu gösterir.

K3 butonu basılı ise PØ.K3. verisini eklemektedir. PLC' in sisteme gönderdiği veri aşağıdaki gibidir.

PØ.K3.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Bu veri sisteme gitmekte ve bu veri sistemde aracın cevher ile yüklü olduğunu ifade eder.

K4 butonu basılı ise PØ.K4. verisini eklemektedir. PLC' in sisteme gönderdiği veri aşağıdaki gibidir.

PØ.K4.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Bu veri sisteme gönderilmekte ve bu veri sistemde aracın arazlı olduğunu ifade eder.

Bu devrede kullanılan ekranda yazan rakamlar için

1 gönderdiğinde

0.1

Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1

2 gönderdiğinde

0.2

Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	1	0

3 gönderdiğinde

0.3

Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	1	1

...

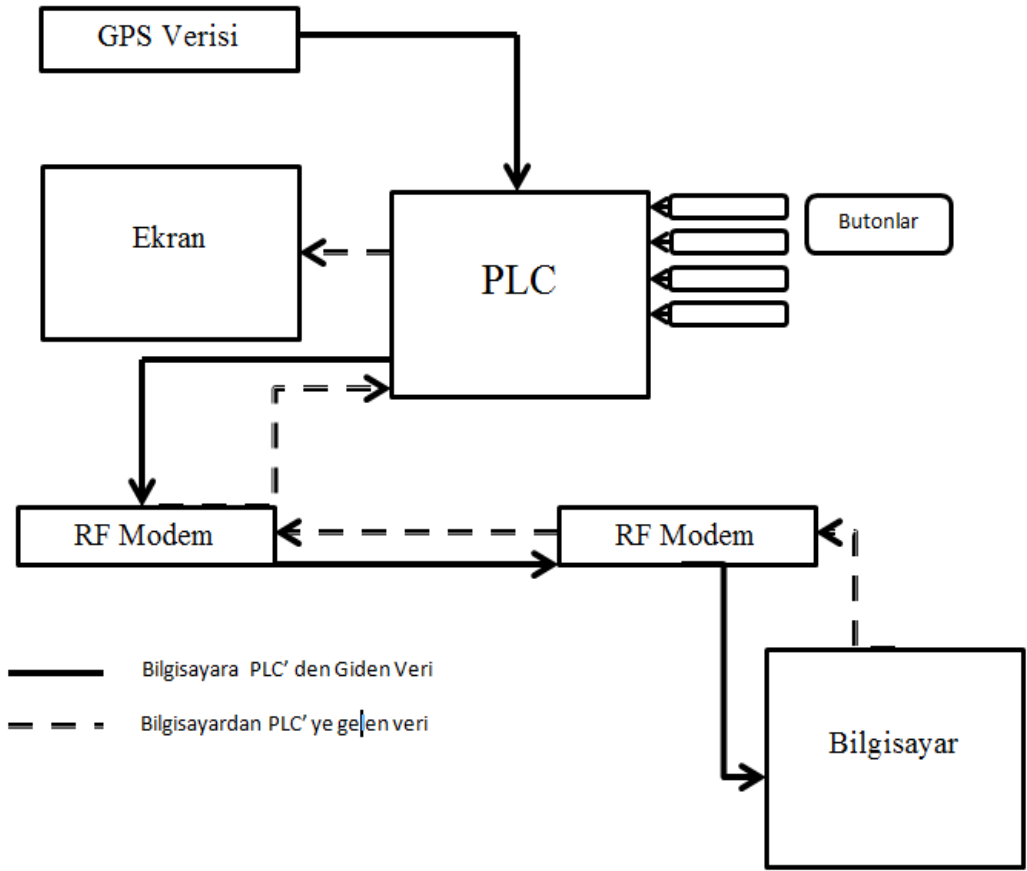
9 gönderdiğinde

0.9

Y3	Y2	Y1	Y0
1	0	0	1

Sistemde Y0 dan Y9 kadar PLC' ye bağı olan ekran devresine yazılmaktadır. Burada "Y" yükleyiciyi "Y" den sonra gelen rakam yükleyici numarasını ifade etmektedir.

Devre, ilk başta GPS' den gelen verinin önüne K1, K2, K3, K4 durum verilerini ekliyor. Daha sonra kendisi için gelen bir verinin var olup olmadığını sorgular.



Şekil 4.24 Ara devre veri akışı

PLC' ye bilgisayardan sına ma sonucu bir veri gelişi var ise PLC, gelen verinin başındaki kimlik bilgisine (ID) bakar. Bu bilginin kendisine ait olup olmadığını sorgular. Bu bilgi (ID) kendisine ait ise kimlik bilgisinden sonra gelen veriyi ekranda yazdırır. Gelen veri kendi kimlik bilgisini içermiyorsa herhangi bir işlem yapmamaktadır. Bu şekilde PLC devresi ile tam otomatik yönlendirme yapılmaktadır.

4.3.2.3 Program

Açık maden ocaklarında GPS verisini kullanarak, kamyonları, yükleme ve boşatma noktalarının yerleri anlık olarak takip edilmektedir. Kamyonların ve yükleyicilerin durum bilgilerinden faydalanarak, sistem içindeki araçların ne yüklü olduğunu, araçların ne yaptıkları bilgilerine ulaşılır. Boş araç beklemelerini ortadan kaldırmak ve işletme verimini artırmak için çeşitli mantık sınamaları ve sistemler kullanılır. Bu sistem için hazırlanan bilgisayar programında oluşturulan mantıksal sınamalarda doğrusal programlama mantığı kullanılmıştır.

Hazırlanan bilgisayar programında, ilk önce yıllık üretim miktarı üzerinde gerekli yükleyici sayılarını hesaplar. Bu hesaplama işlemi için, yılda toplam kaç gün çalışıldığı, bir gün içindeki vardiya sayısı, bir vardiyada kaç saat çalışıldığı, yıllık üretim miktarı, toprağın kazılması sonucunda oluşan kabarma miktarı (kabarma faktörü), yükleyici kepçe hacmi, yükleyicinin çalışma şekli, yükleyici kepçe verimi, kamyon kasa hacmi, kamyon kasa verimi, yükleyicinin gevşetilmiş malzemeyi alarak kamyonla yükleme süresi ve işletme verimi değerleri kullanarak program işletme için gerekli yükleyici sayısının hesaplaması sağlanmaktadır.

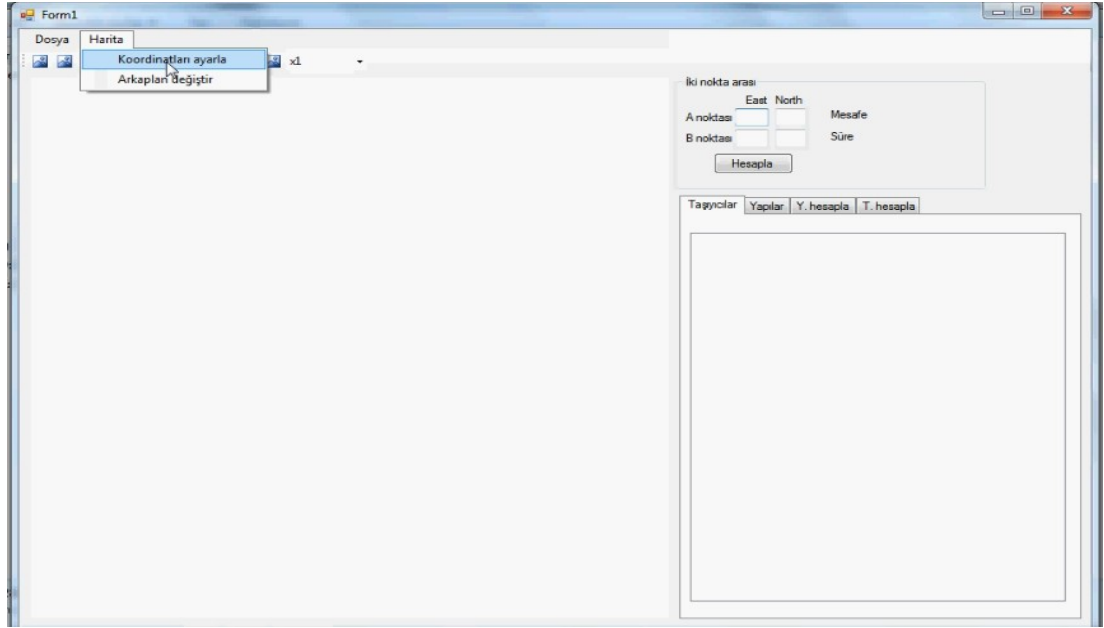
Şekil 4.25 Gerekli kamyon hesaplama 1

Şekil 4.26 Gerekli kamyon hesaplama 2

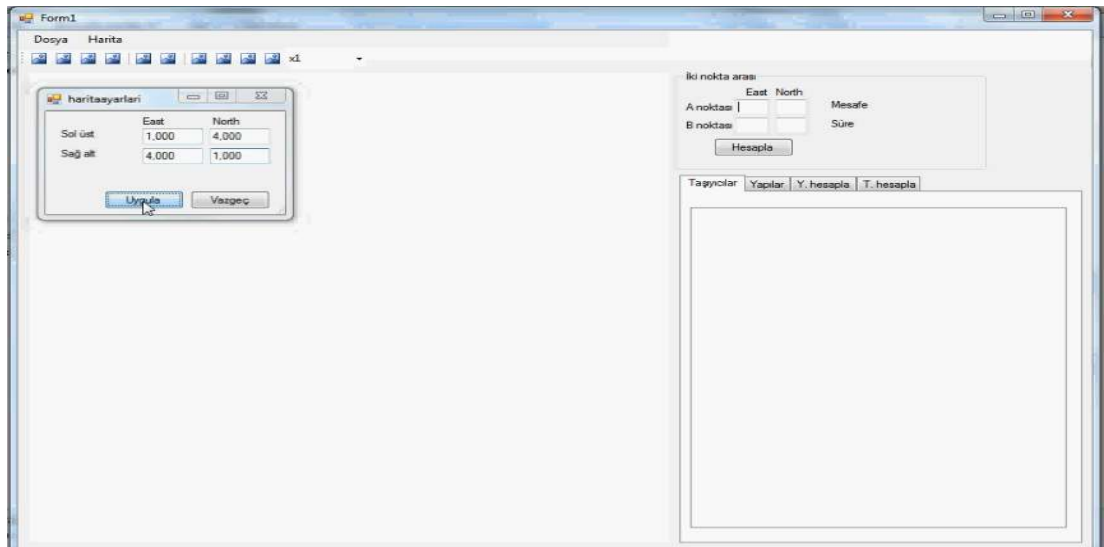
Yükleyici hesaplama mantığı ekler bölümünde yer almaktadır. Elde edilen yükleyicilerin boşaltma noktasına olan uzaklıkları göz önünde bulundurularak gerekli kamyon sayısı hesaplanır. Yükleyiciler ile boşaltma noktaları arasındaki mesafe programda yapılan çizim mesafeleri olarak tanımlanır. Yükleyiciler ve boşaltma noktaları programda istenilen yerlere yerleştirilmektedir.

Sistemin ilk başında yapılan hesaplamada kamyon sayısı sabittir. Yükleyicilerin mesafe kontrollü olarak yerleştirilmesi ile sistemde gerekli kamyon sayısı sabit tutulmaktadır. Yapılan bilgisayar programında yükleyicilerin durumuna, konumlarına ve yükleme kapasitelerine göre kamyon yönlendirilir. Maden ocağı dinamik bir yapıya sahip olduğundan en yakın nokta ile en uzak nokta göz önünde bulundurularak, sistem için uygun günlük malzeme miktarı dikkate alınarak kazı ve taşıma işlemi yapılır. Yapılan programda yıllık üretim miktarı sabit olduğundan yükleyicilerin konumları değiştirilerek, sistemin başında hesaplanan kamyon sayısı sabit tutulur.

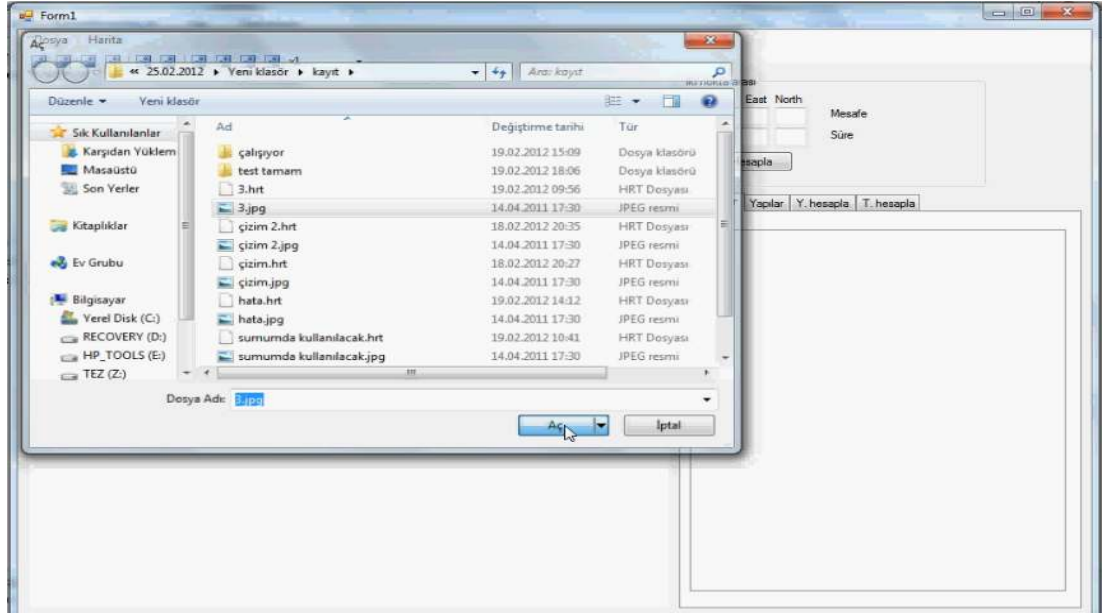
Bilgisayar programında yükleyici hesaplamasından sonra, sistemin uygulanacağı madenin uydu görüntüsü veya izohips haritası programın arka planına yerleştirilir. Uygun koordinat bilgisi girilerek harita koordinatlandırılır. Program haritayı register etmektedir. Harita vektörel harita haline gelir.



Şekil 4.27 Program açılış

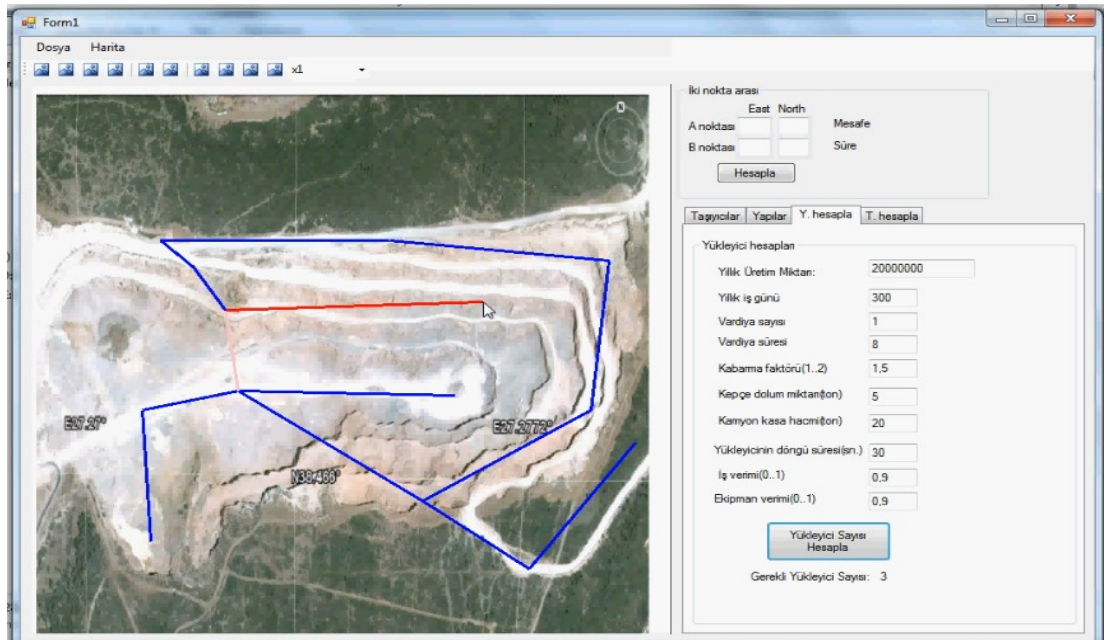


Şekil 4.28 Program arka plan resmi için koordinat belirtme



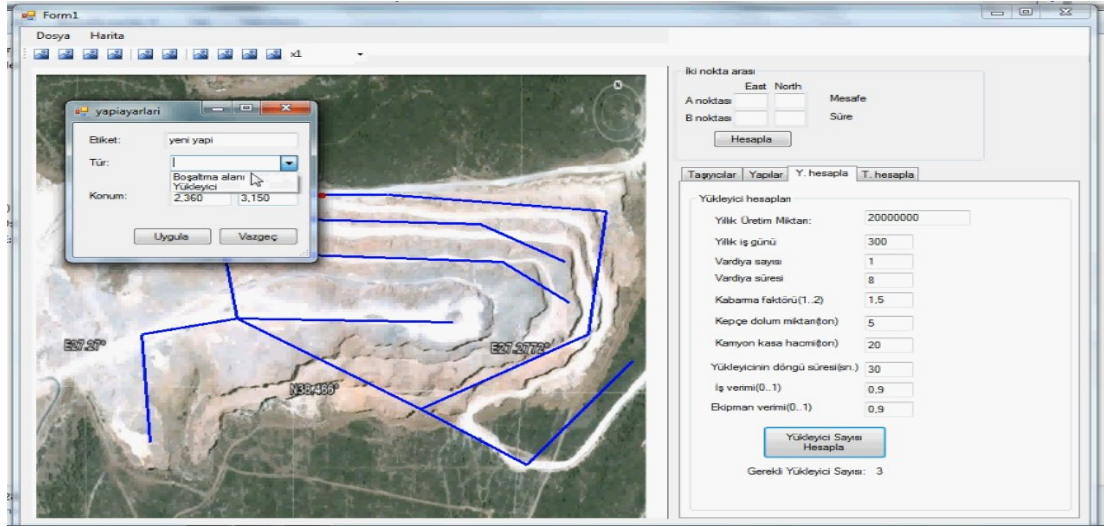
Şekil 4.29 Program arka plan resim ekleme

Harita üzerinde maden ocağının yolları çizilir, çizilen yolların genişliği ve uzunluğu yan taraftaki menü yardımı ile değiştirilir. Haritanın vektörel olması ile çizilen yolların gerçek uzunluğunu alır. Fakat sistem iki boyutlu olmasından dolayı bazı iniş ve çıkışlarda (engebelerde) yol uzunluğu değişir. İniş ve çıkışlardaki yol uzunluğunun elle girilmesi ile program daha doğru hesap yapar.



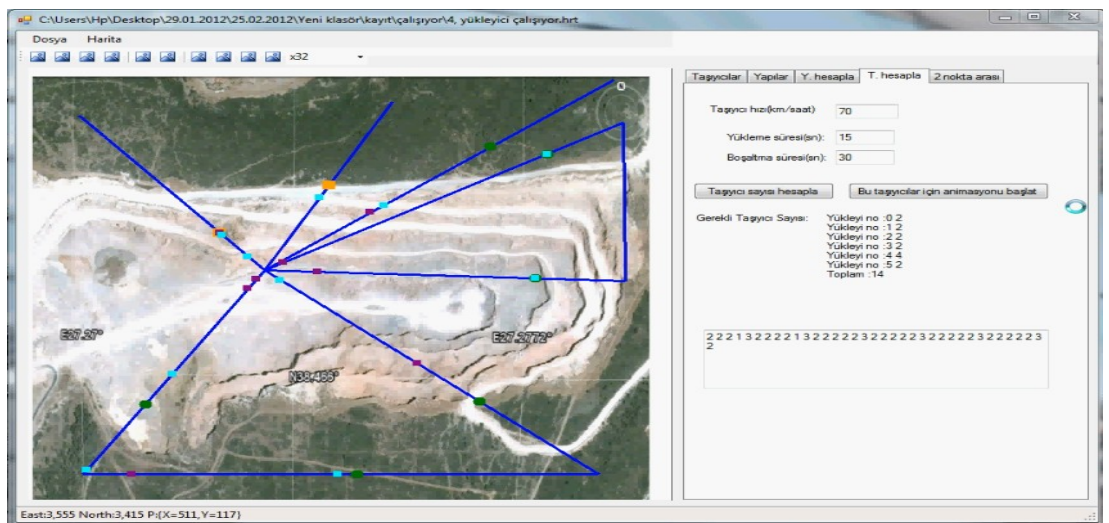
Şekil 4.30 Yolları çizme

Yol çizme işleminden sonra uygun noktalara yükleyiciler ve boşaltma noktalarının yerleştirilmektedir. Yükleyiciler kare işareti ile gösterilirken boşaltma noktaları da yuvarlak olarak gösterilir.



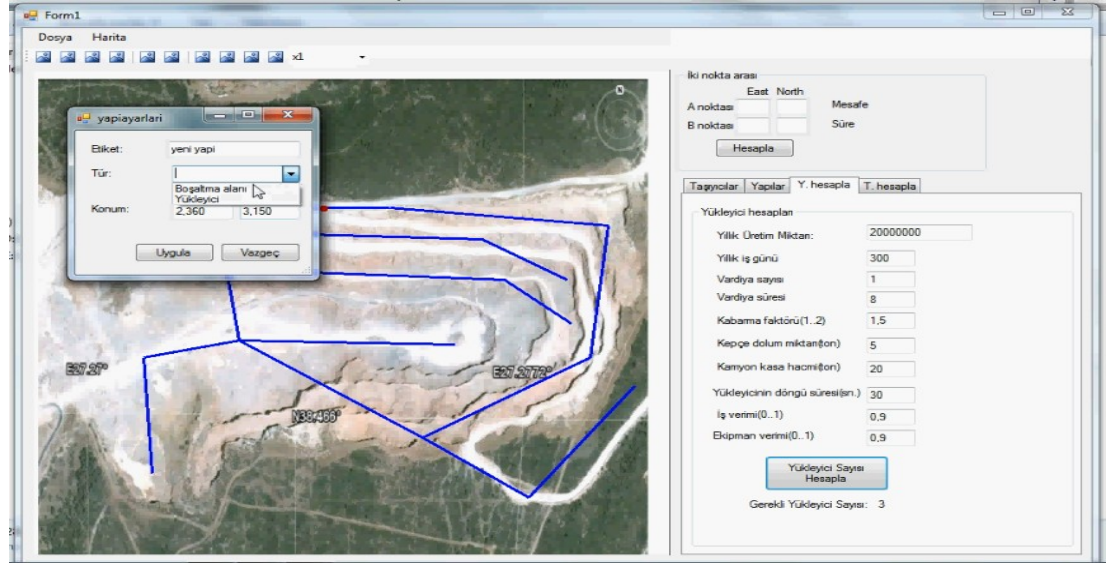
Şekil 4. 31 Yükleme ve boşaltma noktalarını yerleştirme

Yükleme ve boşaltma notları yerleştirildikten sonra, sistem için gerekli kamyon sayısı hesaplanır. Kamyon sayısı hesaplanırken yükleyicilerin kepçe hacmi, yükleyicinin döngü süresi, kamyon kasa hacmi, işletme verimi, kamyon yükleyici çalışma verimi, boşaltma noktası ile yükleme noktası arası mesafe, boşaltma süresi gibi faktörler göz önüne alınır.

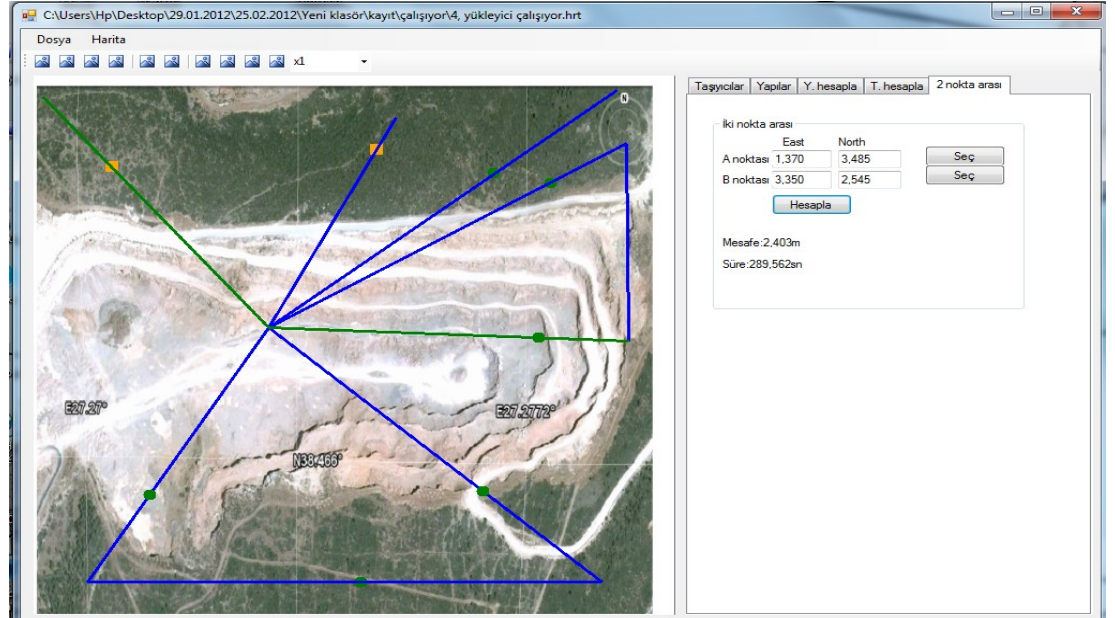


Şekil 4.32 Animasyonla kamyonları izleme

Bilgisayar programı içinde bulunan animasyon tuşu ile yerleştirilen yükleyiciler için uygun kamyon sayısı hesaplanır ve uygun olan boşaltma noktasına yönlendirileceği görülür. Program içindeki animasyon tuşu sistemin hayali olarak çalışması sağlanmaktadır. Buna bağlı olarak işletmenin ilerleyen evrelerinde ne ile karşılaşılacağı hakkında bilgi edinilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4.33 Yolları çizme ve yükleme ve boşatma noktasını yerleştirme



Şekil 4.34 İki nokta arası mesafe hesaplama

4.4 Sistemin Çalışma Mantığı

Yapılmış olan çalışmada, oluşturulan bilgisayar programı ile açık maden ocaklarındaki ekipmanların boş durma, bekleme ve boşta geçen sürelerini en aza indirerek daha verimli çalışan işletmeler elde etmek amaçlanmıştır.

Maden ocağındaki her ekipman da

- Bir adet GPS alıcısı
- Bir adet elektronik devre
- Bir adet radyo frekanslı data modem gereklidir.

Bunun yanında

- Bir tane kontrol ve komut bilgisayarı (program bu bilgisayarda çalışacak)
- Bir adet radyo frekanslı data modem gerekmektedir.

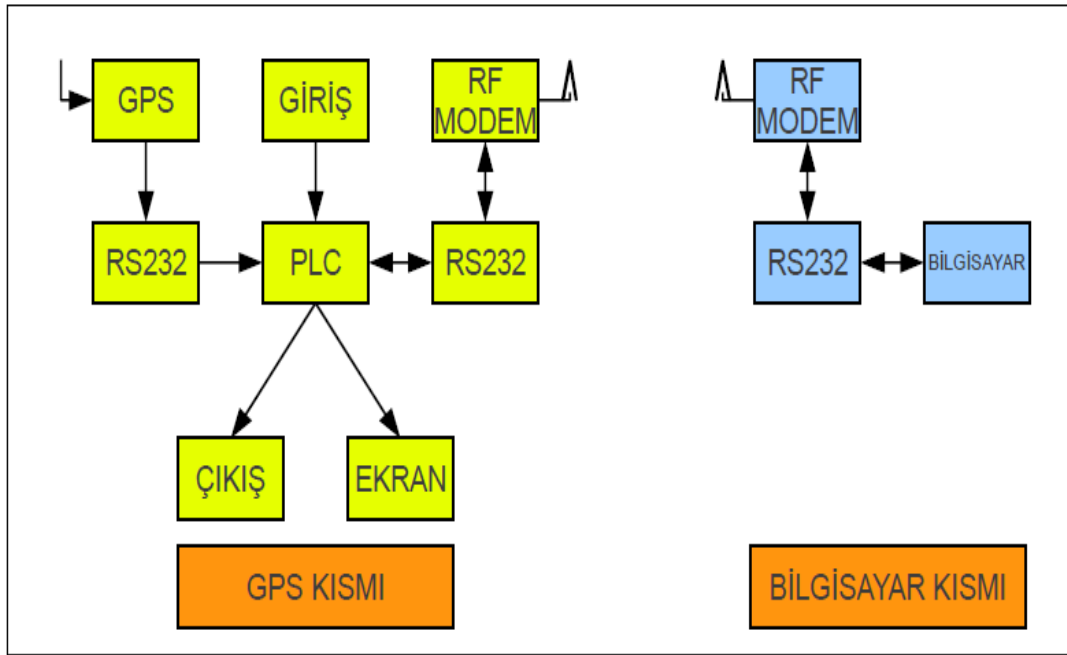
Araçların konum bilgileri GPS sayesinde alınarak devreye gelmektedir. Devrede aracın içinde bulunduğu durum bilgisi, aracın arızalı olup olmadığı, pasa ile yüklü olduğu, cevher ile yüklü olduğu ve boş olduğu halleri devre üzerinde bulunan butonlar sayesinde GPS verisinin önüne eklenmektedir.

PLC devresi tarafından eklenilen bilgiler ile sistem içindeki araçların ne yaptıkları hakkındaki bilgilere ulaşılmaktadır. Araç adı PLC kodudur.

PØ.K1.\$GPGGA,212205.000,3828.2310,N,02714.2003,E,1,06,2.8,88.0,M,37.8,M,,000

Bu veride olduğu gibi ilk bilgi kaç nolu PLC olduğunu ve hangi araç olduğunu belirtmektedir. Noktadan sonraki veri ise durum bilgisini içermektedir. Bu bilgi PLC devresinin üzerinde bulunan K1, K2, K3, K4, butonlarına sadece birine basılması ile elde edilmektedir. “\$” işareti ile başlayan GPGGA kodu ile de aracın GPS verisinin başladığı anlaşılmaktadır.

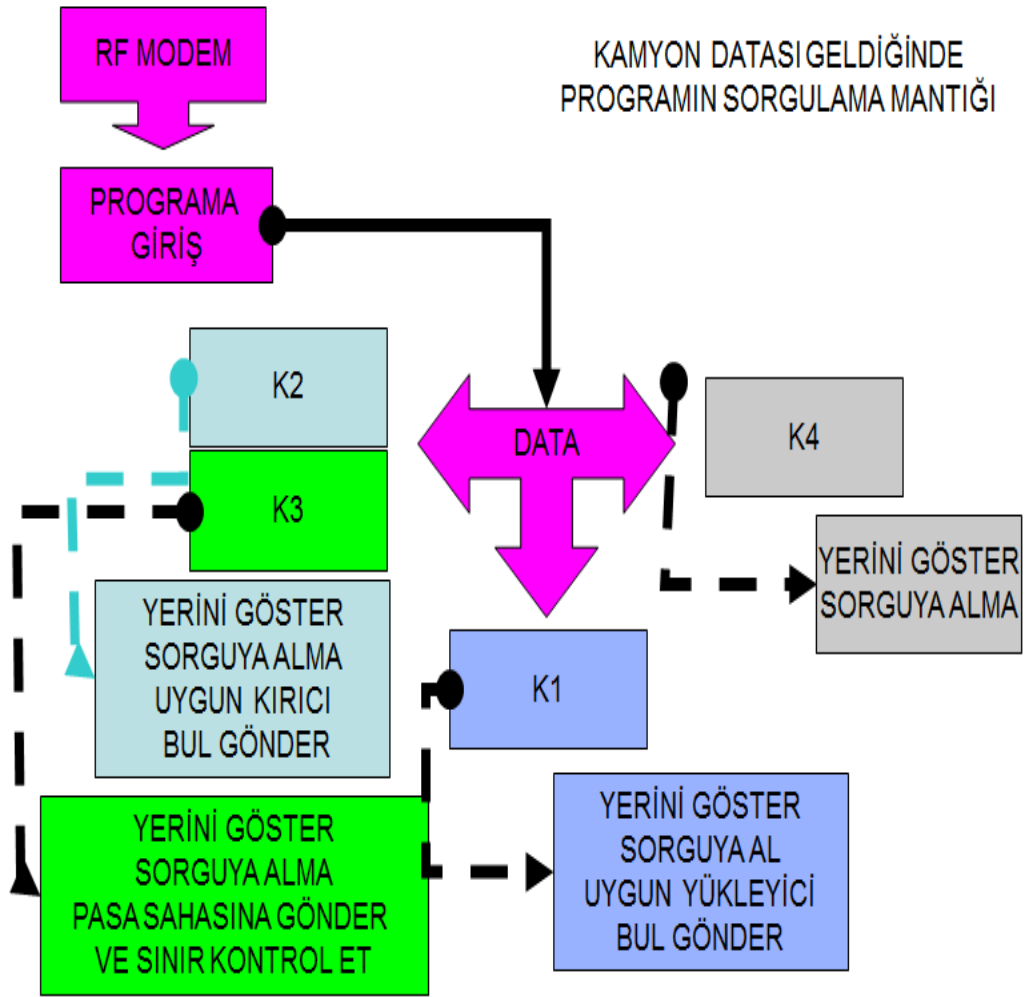
Burada “\$GPGGA” verisinden sonra ikinci virgöl ile ayrılan kısım bizim aracımızın enlem konumunu vermektedir. Bu veriden sonra gelen “N” işareti kuzeyi belirtmektedir. “\$GPGGA” verisinde dördüncü virgülden sonraki kısım ise aracın boylam konumunu vermektedir. Bu veriden sonra gelen “E” doğu olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.35 Sistem elemanları

PLC devresinden çıkan veri, seri porttan radyo frekanslı data modeme gelmektedir. Data modeme gelen veri, radyo frekansına çevrilerek paket halinde bilgisayarın seri portuna bağlı diğer radyo frekanslı modeme gelmektedir. Bilgisayara bağlı radyo frekanslı modeme paket halinde gelen veri ilk haline modüle edilmektedir.

Bilgisayara ilk gelen verideki bilgi, hangi araçtan geldiğidir. Bu aracın yükleyici, kamyon, kırıcı veya maden ocağındaki hareketli bir başka ekipman olup olmadığı sorgulanır. Eğer yükleyici, kamyon veya boşatma noktası ise sistem bu bilginin ikinci hanesine bakarak durum bilgisini almaktadır. Alınan durum bilgisi aracın cevher ya da pasa ile yüklü, arızalı veya boş olduğunu belirtir.



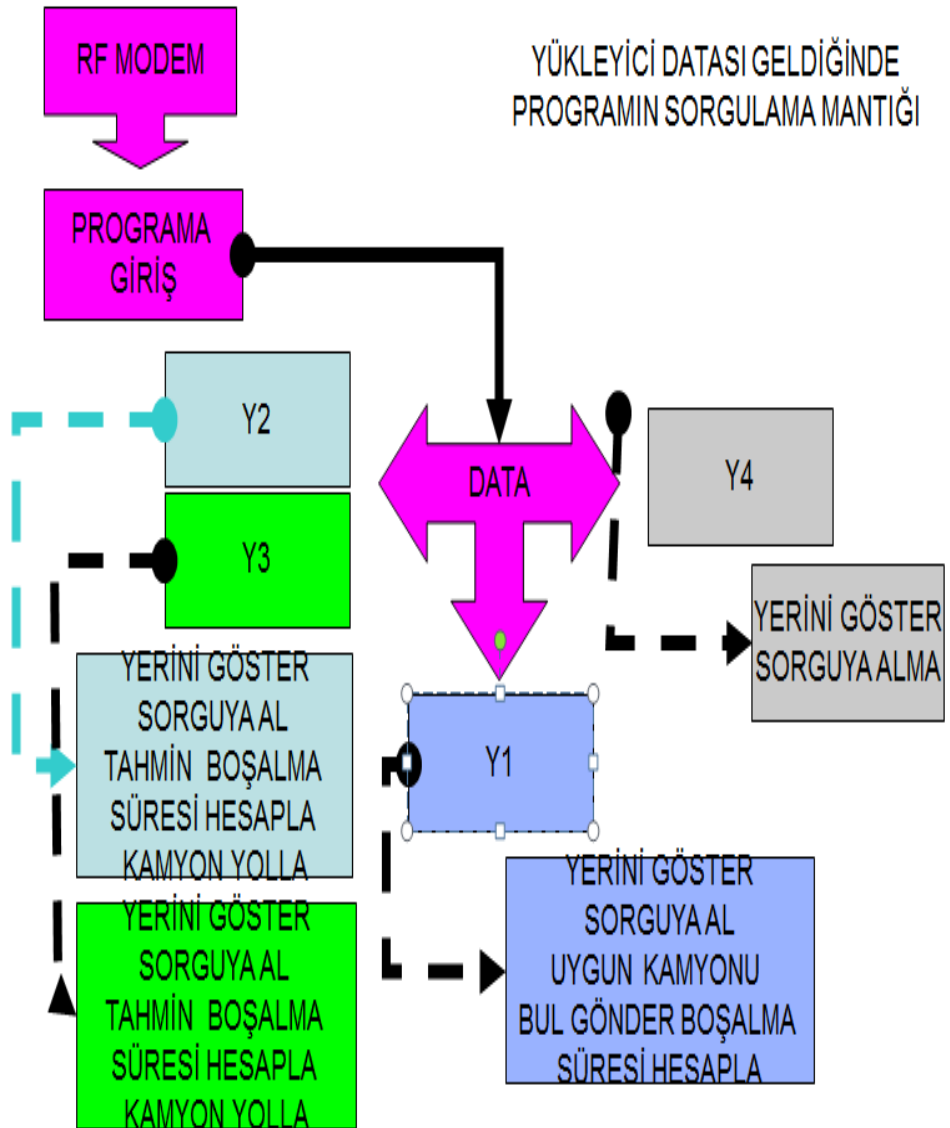
Şekil 4.36 Program sına mantığı kamyon için

Bilgisayar programına gelen veri kamyonun durum bilgisi irdelenmektedir. Programa gelen veride kamyonun boş olması durumunda, sisteme boşaltma noktasından eklendiği düşünülmektedir. Sisteme boşum sinyali veren kamyon uygun yükleyiciye yönlendirilmektedir. Yükleyici seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken, gönderilecek olan yükleyicinin ne zaman boşalacağı hesaplanarak uygun yükleyiciye gönderilmesidir. Kamyonların hızı saatte 30 kilometre olarak sabitlenmiştir. Boşum sinyali veren kamyon için bilgisayar programı bir hesaplama yapmaktadır.

Bu hesaplama boşaltma noktasından sisteme boşum uyarısını veren kamyonun, sistem içindeki bütün yükleyicilere olan mesafesi hesaplanırken 30 km/saat sabit hız göz önünde bulundurularak yükleyicilere ne kadar sürede ulaşacağı saptanır.

Bu sırada yükleyiciye daha önceden yönlendirilmiş olan kamyonların yükleyicideki dolma süreleri de dikkate alınır. Toplamda ne kadar bir süre sonra yükleyicinin kamyonu ihtiyacı olacağı hesaplanarak boşum sinyali veren kamyon uygun olan yükleyiciye yönlendirilmektedir.

Bu yönlendirilmeden sonra kamyon tekrar boşum sinyali verene kadar bir daha sorgulamaya alınmamaktadır. Fakat sistem içinde nerede olduğu ve konumu ile pasa veya cevher taşımakta olduğu bilgileri alınarak sistem üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.37 Program sınam mantığı yükleyici için

Sistemdeki kamyonun boşum sinyali alınması ve bu sinyalin işleme konulması için kamyonun bu sinyali boşaltma noktasından vermesi gerekmektedir. Sistem içinde kamyon, boşum sinyali verse bile bilgisayar programı boşaltma noktasında olmadığı için boş sinyali veren kamyonu sorgulamaya almamaktadır. Buda sistem içindeki kamyonların boşum sinyali ile sürekli sorguya alınmasını ve tekrar tekrar yönlendirilmesini engellemekle birlikte işlem kargaşasını önlemek için alınan bir tedbirdir.

Sistemde pasa ile dolu olan kamyonun uygun olan boşaltma noktasına yönlendirilmesi gerekmektedir. Sistem pasa ile dolu olan kamyonu ekranda konum bilgileri ile takip etmekte sorguya almamaktadır.

Pasa ile yüklü olan kamyonun uygun pasa döküm noktasına yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Döküm işlemini tamamlayan pasa ile yüklü olan kamyon boş sinyali verdiğinde, uygun olan zamanlamalar göz önünde bulundurularak pasa yükleyicisine veya cevher yükleyicisine yönlendirilmektedir.

Sistemde cevher yüklü olduğu sinyali veren kamyon, uygun olan boşaltma noktasına yönlendirilmektedir. Bu kamyon sistem sorgusuna alınmamakta sadece ekranda konum bilgisi ve durum bilgisi takip edilmektedir.

Cevher döküm noktasına gelen kamyon boş sinyali verdiğinde uygun olan cevher veya pasa yükleme noktasına yönlendirilmektedir.

Sistemdeki bazı kamyonlar arızalı sinyali vermektedir. Bu araçlar sistem içinde herhangi bir sorguya alınmazlar sadece bulundukları yerlerin bilinmesi amacı ile ekran da arızalı olduğu ve konum bilgileri gösterilir.

Bilgisayar programının (eklerde gösterilmiştir) bir diğer özelliği de eğer kamyon pasa ile yüklü olduğu sinyali veriyor, fakat boş sinyali verildiğinde pasa yükleme yapan yükleyiciye yönlendirilmiş ise sistem kamyonu pasa döküm noktasına yönlendirmektedir.

Kamyon boş sinyali verdikten sonra cevher yükleyicisine gönderilmiş. Fakat dolu iken pasa sinyali vermiş ise bilgisayar programı yükleyicinin ne yüklediğine bakarak karar vermektedir. Yükleyici pasa yüklüyorsa, bilgisayar programı kamyonu pasa yüklü olarak kabul etmektedir.

Yönlendirme yükleyicinin yüklediği malzeme türüne göre yapılmaktadır. Sistemde kamyonun operatörünün girdiği bilgi yanlış olabilir, fakat yükleyici operatörünün ve sistem başında duran yönlendirmeyi takip eden formenin verdiği bilgi esas olarak kabul edilmektedir.

Yükleyicilerin konumları belirlenirken ne yükleyeceği vardiya başında operatöre bildirilmektedir. Yükleyici içinde bulunan radyo frekanslı modem ve devre ile vardiya başından itibaren yükleyicinin ne yüklediği ve konum bilgileri sisteme dahil olmakta ve cevher döküm noktasına pasa, pasa döküm noktasına cevher yüklü kamyon gönderilmemektedir. Açık maden ocaklarında kullanılan ekipmanların yerleri, konumları ve durum bilgileri kullanılarak meydana getirilen kamyon takip sistemi ile araçların verimleri, çalışma ömürleri, taşıdıkları malzeme miktarları ve günlük hareket kabiliyetleri hakkında bilgi edinilmektedir.

Çalışma konusu olarak ele alınan GPS ile kamyon atama sisteminde yapılan çalışmalarda birçok alternatif yol ve ekipman denenmiş olup tam otomasyonla taşımayı sağlamak amacı ile yukarıda belirtilen sistem ortaya çıkmıştır. Meydana getirilen sistemde veri iletişimini sağlamak için ilk önce telsiz sisteminden faydalanılmış ve sistemi oluşturan ekipmanlardan telsiz ile uyumlu çalışabilen ekipmanlar denenmiştir.

Telsiz frekansı aracılığı ile GPS verisi göndererek sistemler incelenmiş ve amatör telsizcilerin kullandığı APRS denenmiştir. Yapılan incelmede Tiny Tracker denilen FSK veya AFSK modem ile GPS den gelen sinyaller ses verisine çevrilmekte ve Tiny Tracker devresi içinde kullanılan mikro işlemci ile istenilen zamanda uygun GPS verileri işlenerek telsiz aracılığı ile hava ortamına yayılmaktadır. Ses verisi TNC devresinin bağlı olduğu telsiz tarafından duyulur.

Duyulan ses frekansı TNC devre ile demodüle edilerek devre aracılığı ile gönderilen kimlik bilgileri ve konum bilgileri bilgisayarın seri portundan bağlanmak suretiyle bilgisayar programına aktarılır. Programa gelen konum bilgileri sayesinde aracın nerde ve ne yaptığı hakkında bilgiye ulaşılmaktadır. Sistemin maden ocaklarındaki araçlara uygulamak için bir ön çalışma yapılmıştır.

Sistem maden ocağında kullanılabilmek için düzenlendi. Maden ocağındaki araçların konum ve durum bilgilerini alacak şekilde ayarlandı. Sistem maden ocağında çalıştırıldı. Yapılan denemelerde Tiny Tracker devresinin GPS verisine çağrı kodu eklediği gözlemlendi. Çağrı kodundan faydalanarak durum bilgileri gönderildi.

Sistem için gerekli olan dört adet çağrı kodu için dört adet Tiny Tracker devresi kullanıldı. Tiny Tracker devresinde çağrı kodu bölümü değiştirilerek bilgisayar programı için istenilen kodlamalar yapıldı. Dört adet Tiny Tracker devresinin GPS den gelen veri kısmına durum bilgilerini göndermede kolaylık sağlayan anahtar yerleştirildi. Bu anahtar sayesinde aracın durum bilgisini ekleme işlemi gerçekleştirilmiş olup, eklenen veri telsize ulaştırılmıştır.

Sese çevrilen veri telsizin mikrofona bağlandı. Ses şeklinde telsizden yayılan veri bir başka telsiz ile ortamdan alınıp demodüle edilmek üzere TNC devresine geldi, TNC devresinde demodüle edilen veri seri port yardımı ile bilgisayar tarafından okundu. Sistemin tek yönlü çalıştığı anlaşıldı. Sistemi tam otomatik kamyon sistemine entegre etmek için yapılan çalışmalar sırasında sistemin bir boşluğu olduğu saptanmıştır.

Gönderilen veri sırasında veri alma yapan telsiz kanalında bir başka telsizde veri göndermeye çalışması veya sisteme girmesi (konuşma, mandallama vb.) gibi durumlarda gönderilen verinin bölündüğü görülmüştür. Bölünen veri paketi sistem için herhangi bir anlam ifade etmediğinden çöp olarak algılanmaktadır. Bölünen veri paketi tekrarlanmadığından o anki durum ve konum bilgileri işlenememektedir. Buda bu sistemin uygun olarak kullanılamayacağı kanısını meydana getirmiştir.

Açık maden ocağında kamyon takip sistemi için verilerin bölünmeden paket halinde aktarılacağı ve müdahale olmayacağı sistemler araştırılmış, veri güvenliği göz önünde tutan radyo frekansı ile haberleşme sistemlerinden olan radyo frekanslı data modemler incelenmiştir. Sistem için telsiz yerine radyo frekanslı modem ile veri aktarımı sağlanmasının uygun olduğu anlaşılmıştır.

Maden ocağındaki araçların durum bilgilerini, konum bilgilerini aktarmak ve bilgisayar programında işlenen verileri sinama sonucunda, bilgisayardan kamyonun ne yapacağı hakkında bilgi gönderilmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmalarda PLC devre elemanı kullanılarak bu işlemin yapılması sağlanmıştır. PLC devre elemanı yardımı ile GPS den gelen koordinat bilgisi önüne araç kimlik bilgisi ve durum bilgisi eklenerek radyo frekanslı modeme veri gönderildi.

GPS verisinin önüne eklenen araç kimlik bilgisi ve durum bilgisi bilgisayara gelmiştir. Bu aşamadan sonra bilgisayar programı seri porttan gelen bilgiyi program tarafından okutmaktadır. Bilgisayar programına gelen verinin ilk önce hangi cihazdan geldiği bilgisi (kamyon, yükleyici vb.) anlaşılır. Gelen verinin ikinci elemanı aracın durum bilgisini (K1, K2, K3, K4) içermektedir. Bu bilgi aracın program sinamasına alınıp alınmayacağını belirleyen bir bilgidir. Daha sonra aracın GPS' den gelen koordinat bilgisi bulunmaktadır. Sistemdeki araçların konum bilgileri bu koordinat verisine göre harita üzerinde gösterilmektedir.

Sitemden yapılan sorgu neticesinde araç yönlendirilmesi gerekiyorsa radyo frekanslı modemler aracılığı ile araçlar içindeki PLC cihazına bir veri gönderilir.

PLC cihazına gelen veri önündeki kimlik bilgisine (ID) bakılarak bu bilginin bu PLC cihazına gelip gelmediği işlemi PLC devre elemanının üzerinden sinanmaktadır. Gelen veri önünde yer alan kimlik bilgisi bu PLC' ye ait ise kimlik bilgisinden sonra gelen veri, PLC devre elemanına bağlı ekrana yazdırılmaktadır.

Yapılan sistem tam otomasyon kamyon yönlendirme sistemi olarak kullanılmaktadır. Bir ara eleman olmadan sına, sorgulama ve yönlendirme işlemi bilgisayar programı tarafından yapılmaktadır. Sistem başında bir formen yer almaktadır. Bu formenin görevi sistemin akışını incelemek ve ekrandan araçları takip etmektir.

Yapılan sistem herhangi bir yönlendirme ara elemanı olmadan ilk veri araç bilgileri ile başlayıp son veri araç operatörüne ne yapması gerektiğini bildirmektedir. Sistem tam otomatik kamyon sevkiyat sistemine örnektir.

BÖLÜM BEŞ SONUÇ

Açık ocak madenciliğinde kullanılan araçların bir sistem üzerinden izlenmesi ve yönlendirilmesi amacı ile yapılan çalışmada sistemde veri iletişimi radyo frekansı aracılığı ile yapılır. Radyo frekanslı iletişim sistemi tasarlanırken, ilk yapılan uygulamada Tiny Traker devresi kullanılarak bir sistem oluşturulmaya çalışılmıştır. Tiny Traker devresi ile yapılan uygulamada elde edilen olumsuz sonuçlar;

- Merkez bilgisayara gelen verilerdeki kopmalar,
- Merkez bilgisayara gelen veri iletimi sırasındaki frekans problemleri,
- İlk yatırım için fazla ekipman kullanımı,
- Maliyetin yüksek oluşu,
- Çok kullanıcı sisteme dahil olduğunda zamanlama problemi, vb. sorunlar ile karşılaşmıştır.

Sistemde Tiny Traker devresini kullanılmasının uygun olmadığı anlaşılmıştır. Yeni bir sistem arayışına gidilmiştir. Yeni yapılacak olan sistemde de veri iletimi için radyo frekansı altyapısı kullanılması maliyet açısından uygun olduğu için radyo modem kullanılmıştır.

Radyo modem kullanılarak yapılan sistemde, GPS verilerinin önüne hangi cihaza ait olduğunu belirtir kimlik bilgisi ve durum bilgisi ekleyecek sistem elemanı olarak PLC devre elemanı kullanılmıştır.

Tasarlanan sistemde, GPS'den gelen verilerin önüne maden ocak ağındaki cihazın adı ve içinde bulunduğu durumunu belirten veri eklenmiştir. Eklenen veri radyo modem aracılığı ile paket olarak ana bilgisayara gönderilmiştir. Bilgisayara gelen veri işlenmekte olup sına sonucunda uygun yönlendirme için araca veri gönderilir. Araçtaki PLC devresine bağlı ekran sayesinde yönlendirme işlemi sağlanır.

Yapılan çalışmada tasarlanan devre aracılığı ile açık ocak madenciliğinde kullanılan ekipmanların takibi, izlenmesi ve yönlendirilmesi sağlanır. Bu takip ve yönlendirme sistemi ile açık maden ocağında kullanılan araçların verimleri artmaktadır.

Sistemde boşta bekleyen araç olmadığı için işletme verimi artmaktadır. Araçların durdurulup tekrar çalıştırılmaları ortadan kalkmaktadır. Buda yakıt tüketimini azaltmaktadır.

Yapılan bilgisayar programında yönlendirme ve sınaama işlemi doğrusal mantık üzerinden yapıldığından bazı dinamik problemlere cevap vermemektedir. Sistem kendi içinde çeşitli problemler doğurmakta ve bu problemlere kendince uygun çözümler bulmaktadır. Bir maden ocağında kullanılan sistem, bir başka ocakta işletme kaybına neden olabilir.

Bu nedenle her ocağın özelliklerine göre program yazımı yapılmalıdır. Hazırda bulunan programların üzerine, kullanılacak ocakla ilgili bilgiler eklenebilmektedir. Sistem bu eklemelerden sonra daha verimli olarak çalışacaktır.

Yapılan çalışmada oluşturulan sistem çalışmaktadır. Fakat bilgisayar programı geliştirilerek daha kompleks yapıdaki maden ocaklarında kullanılabilir hale getirilmeye çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim. (2001). *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard*, United States Department of Defense, Pentagon, Washington D.C.

APRS – Tiny Tracker (bt). Retrieved November, 8, 2008, from http://www.dk7in.de/TinyTrak_e.html

Aselsan HC Personal Telsiz (bt). Retrieved January, 8, 2010, from http://www.aselsan.com.tr/images/dokuman/HC/.../6110/6110_turk.pdf

Birge, J.R. and Louveaux, F.(1997). *Introduction to Stochastic Programming*, Springer: Berlin.

Charnes, A. and Cooper, W.W. (1958). *Cost horizons and certainty equivalents: an approach to stochastic programming of heatingoil*. Manage. Sci., 1958, 4, 235 – 263.

Convert Coordinates - Calculate a position in a variety of formats.(2010). Retrieved May 5, 2010, from <http://www.earthpoint.us/Convert.aspx>

Current GPS Constellation.(2008). Retrieved January, 20, 2008, from <http://tycho.usno.navy.mil/gpscurr.html>

Çift banlı araç /sabit teliszi. (2010). Retrieved January, 8, 2010, from <http://www.tel-san.com/products/amator/IC-E2820-detay.htm>

Çivril, Ö. (2006). *Araçların Uydular (GPS – Global Position System) Yardımı İle Dünya Üzerindeki Konum Ve Hareketlerin Sayısal Haritalar Üzerinde İzlenmesi*, Pamukkale Üniversitesi,

DDD Modem.(bt). Retrieved January, 8, 2010, from <http://www.qsl.net/net/1z0icp/AFSK1200.asm>

DM 3600/ 3601 Enhanced Display Mobile Radios.(bt). Retrieved January, 8, 2009, from <http://www.hmz.sk/uploads/mototrbo-dm3600.pdf>

Bonates, E. J. L. (1992). *The Development OF Assignment Procedures For Semi-Autimated Truck/Shovel System* Doctor of Philosoph, Department Of Mining& Metallurgical Engineering McGill Univ.

Elbrond, J. and Soumis, F.,(1978). Towards integrated production planning and truck dispatching in open pit mines. *Int. J. Surf. Mining*, 1987, 1, 1–6.

Elevli, B., & Doğan, A. (1999). *GPS For Open Pit Mine Automation*, Book of 16 th Mining Congress of Turkey, pp. 71-77

Farrell, T. W.,(1988). *Computerized Truck dispatching At Quintette Coal Limited*, 1st Cami, Quebec City, Canada, March 1988.

G. Qing-hua, L. Cai-wu, I.FA-ben and W.Chang-yong.(2008). *Monitoring Dispatching Information System Of Truck And Shovels In An Open Pit Based On GIS/GPS/GPRS*, J.China Univ Mining & Technol 18 (2008) 0288-0292

Gamache M., Alaire S. (2002). Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. 16, 59-76.

Garmin GPS Guide. (bt). Retrieved September 21, 2004, from <http://www.8garmin.com/aboutGPS/Manual.html>

Intellimine Mine Management Syst. Openpit.(bt). Retrieved May 7, 2005, from <http://www.mmsi.com/Solutions.html>

- Guo, F., Ji, Y., and Hu, G. (2000). *Methods for Improving the Accuracy and Reliability of Vehicle-borne GPS Intelligence Navigation* Retrieved september 2009 from <http://www.gisdevelopment.net/application/utility/transport/utilitytr002.html>
- Hada, H., et al., (2000) The Internet, Cars, and DGPS: Bringing Mobile Sensors and Global Correction Services On Line, *GPS Works, Vol. 11, No.5*, May 2000, pp 38-43
- Köse, H., Yalçın, E., Onargan, T., Konak, G., Şimşir, F., Kızıl, S. (2001). *Açık İşletme Tekniği*, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir.
- Lizotte Y., Bonates E., Leclerc A. (1989). *Analysis of Truck Dispatching with Dynamic Heuristic Procedures*, Off-Highway Haulage in Surface Mines, Balkema, Rotterdam, 47-55.
- Lizotte, Y., Bonates, E., (1987) Truck And Shovel Dispatching Rules Assessment using Simolation, *Mining Science and Technology*, Elsevier Science Publishers, Netherlands, Vol. 5 No. 1, May 1987, pp. 45-58.
- Magellan GPS*.(bt). Retrieved January 26, 2005 from <http://support.magellangps.com/support/>
- Mallı, T. (2006). *Küresel Konumlama Sisteminin (GPS) Açık İşletme Madencilinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Misra, P., Enge, P., (2001), *Global Positioning System Signals*, Measurements and Performance Ganga-Jamuna Press.
- Mobil APRS ve Tinytrak*. (bt). Retrieved June, 8, 2009, from <http://www.antrak.org.tr/gazete/052007/ta2vg.html>

Mototrbo. (nd). Retrieved January, 8, 2010, from http://www.safemobile.com/SafeDispatch-for-MOTOTRBO.html*articleID_86-mainpage_article

Open Pit Mine. Retrieved,(nd) November 25, 2008, from <http://www.mining-journal.com/MININGINFO/projects/cortez.html>

Özer H.K (2005). *GPS İle Kamyon Atama Sistemleri*. Lisans Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü,

Paket Radyo.(bt). Retrieved January, 15, 2010, from <http://antrak.org.tr/gazete/121998/ali.htm>

Pearcey, J. D.,(1985) *Computer Truck Dispatching At The Iron Ore Of Canada's Carol Project*, November 1985.

Perçin, A. (1998). *Global Positioning System (Uydu Konum Belirleme Sistemi) (GPS)*, The Project of Finished For Engineering Education, The Faculty of Engineering of Dokuz Eylül University, İzmir.

PIC 16F48A .(bt). Retrieved January, 15, 2010, from <http://320volt.com/pic16f84-hakkinda-turkce-bilgiler/>

Wang, Q., Zhang ,Y., Chen, C., and Xu, W. (2006) *Open-pit Mine Truck Real-time Dispatching Principle under Macroscopic Control*, Proc. Of First int. Conference on Innovative Computing information and Control, ICICIC'06 0-7695-2616-0/ 06,2006

Reference Ellipsoids and Geodetic Datum Transformation Parameters (Local to WGS-84). (nd) .Retrieved January, 20, 2010, from <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/edlist.html>

- RF GPS Tracking System*. (nd). Retrieved January, 8, 2010, from http://www.spytechs.com/gps/gps_rf_extra.htm
- Ta, C.H., Kresta, J.V., Forbes, J.F. and Marquez, H.J. (2005). Astochastic optimization approach to mine truck allocation *International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment* Vol 19, NO 3 September 2005, 162-175
- Tatar, H. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri. *Aselsan Dergisi*, Ocak. Sayı 55.
- Taylor and Francis, International Journal of Mining* (nd), Reclamation and Environment, Volume 25, Issue 4, 2011 <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713658227>
- Tiny Tracker 3*. (nd) Retrieved December, 4, 2009, from <http://www.wa5rm.com/TNC/Tiny%20Track%203/tinytrak3.pdf>
- Trimble Navigation* .(nd) Retrieved June 28, 2004, from <http://www.trimble.com/gpsdataresources.html>
- Tsui, J. B.Y. (2000). *Fundamentals of Global Positioning Receivers*, A Software Approach, John Wiley & Sons, Inc., New York. 1-10s.
- Türkücü, Ö. (1999). *ELİ Soma Region Open Pits's Excavator + Truck" Mining Overburden Method's Comparison With "Excavator, Mobile Crusher, Band Conveyor Mining Overburden Method, Which Is Chosen To Be Alternative*, The Study Of Seminar Of Graduate Education, İzmir.
- U.S. Coast Guard Navigation Center Navstar GPS User Equipment Introduction*. (nd). Retrieved May 28, 2010 from <http://www.gps.gov/pub/gps/gpsuser/gpsuser.pdf>

- Temeg, V.A. (1997). *A Computeried Model For Truck Dispatching In Open Pit Mines*. Doctor of Philosoph. Department of Mining Engineering Michigian Technological Uni.
- Wang, Y., and Sisiopiku, V.P. (1998). *Review and Evaluation of Incident Detection Methods*. Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, Seoul, Korea
- Wenco International Mining Dispatch Systems. (nd). Retrieved June 28, 2004, from <http://www.wencomine.com/products/>
- White, J.,W., Olson, J. P.,(1986) *Computer Based Dispatching in Mining With concurrent Operation Objectives*, Mining Engineering, Vol. 38, No. 11, November 1986, pp. 1045-1054.
- Xi, Y., Yegualp T.M. (1994). *Optimum dispatching algorithm for Anshan open pit mine*. APCOM Proceeding 24, 426-433.
- Xi, Y. and Yegualp, T.M.,(1994) *Optimum dispatching algorithm for Anshan open-pit mine*, in 24th APCOM Proceedings, 1994,pp. 426 – 433.
- Y. XI, and T. M. Yegualp,(1993) *Reliability Based Capacity Determination of A Bucket WheelExcavator System in Yuabaoshan Surface Coal Mine*, SME Transactions, V. 294, pp.1951-1957, 1993.
- Y. Xi, and T. M. Yegualp,(1993) *Optimum Dispatching Algorithms for Anshan Open Pit Mine*, *Proceedings*, APCOM XXIV, V. 3, pp. 426-433, 1993.
- Yun, Q.X. and T. M. Yegualp,(1983) *Optimization of Underground Transportation SystemsUsing a Network Flows Model*. *Inter. Jour. of Mining Engineering*. 1. 267-275.1983.

Zhao, Y. (1997). *Vehicle Location and Navigation Systems*. Artecj House. Norwood, 345s.

EKLER

1. Bilgisayar Programı Kodları

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
namespace maden28ocak
{
    public partial class maden : Form
    {
        public struct _koordinat
        {
            public double east;
            public double north;
        }
        public struct _yol
        {
            public _koordinat k1;
            public _koordinat k2;
            public double uzunluk;
        }
        public struct _harita
        {
            public _koordinat solust;
            public _koordinat sagalt;
            public Bitmap arkaplan;
            public string sarkaplan;
            public _yol[] yollar;
            public _yapi[] yapilar;
            public string dosya;
        }
        public struct _yolbul
        {
            public _koordinat enyakinK;
            public Point enyakinP;
            public int yolno;
            public bool uc;
        }
        public struct _yapibul
        {

```

```

    public _koordinat enyakinK;
    public Point enyakinP;
    public int yapino;
}
public struct _yapi
{
    public string tur; // b - y
    public string etiket;
    public _koordinat konum;
}

public struct _rota
{
    public int[] yollar;
    public _koordinat kaynak;
    public _koordinat hedef;
    public double uzunluk;
}
public struct _tasiyici
{
    public string etiket;
    public _koordinat konum;
    public double sure; // boşaltma veya yukleme suresi
    public string durum; //bg-yg- b-y
    public int hedef; // hedef yapinin idsi
    public int[] rota;
}
int htasiyici = 0;
const double verim = 0.9;
double tasiyicihizi=0.083;
double yuklemesuresi = 15.0;
double bosaltmasuresi = 10.0;
_harita harita;
_tasiyici[] tasiyicilar = new _tasiyici[0];
_rota[] rotalar = new _rota[0];
haritaayarlari formHaritaayarlari = new haritaayarlari();
yolayarlari formYolayarlari = new yolayarlari();
yapiayarlari formYapiayarlari = new yapiayarlari();
int cizimmodu = 0; //0 boş 1: yol 2:yol sil 3:yapı 4:yapı sil
bool cizimbasladi = false;
bool haritadegisti = false;
_yol yol;
_yapi yapi;
Bitmap temp;
double tolerans = 8;
int uzerindeyolno = -1;
int uzerindeyapino = -1;
public maden()

```

```

{
    InitializeComponent();
}
public _koordinat koordinatayarla(double east, double north)
{
    _koordinat k;
    k.east = east;
    k.north = north;
    return k;
}
public bool koordinatayarlimi(_koordinat k)
{
    if (k.east <= 0.000 || k.north <= 0.000) return false;
    return true;
}
public bool haritakoordinatlariayarlimi()
{
    if (koordinatayarlimi(harita.solust) && koordinatayarlimi(harita.sagalt))
return true;
    return false;
}
private void haritasifirla()
{
    harita.yollar = new _yol[0];
    harita.yapilar = new _yapi[0];
    harita.solust = koordinatayarla(0.000, 0.000);
    harita.sagalt = koordinatayarla(0.000, 0.000);
    harita.dosya = "";
    harita.sarkaplan = "";
    harita.arkaplan = new Bitmap(600, 600);
}
private Point pver(_koordinat k)
{
    Point p=new Point();
    p.X =(int)(harita.arkaplan.Width * (k.east - harita.solust.east) /
(harita.sagalt.east - harita.solust.east));
    p.Y =(int) (harita.arkaplan.Height * ( harita.solust.north-k.north) /
(harita.solust.north - harita.sagalt.north));
    return p;
}
private _koordinat kver(Point p)
{
    _koordinat k;
    k.east = harita.solust.east + (harita.sagalt.east - harita.solust.east) * p.X /
harita.arkaplan.Width;
    k.north = harita.solust.north - (harita.solust.north - harita.sagalt.north) *
p.Y / harita.arkaplan.Height;
    return k;
}

```

```

    }
    private double uzaklikP(Point p1, Point p2)
    {
        return Math.Sqrt(Math.Pow(p1.X - p2.X, 2) + Math.Pow(p1.Y - p2.Y, 2));
    }
    private double uzaklikK(_koordinat k1, _koordinat k2)
    {
        return Math.Sqrt(Math.Pow(k1.east - k2.east, 2) + Math.Pow(k1.north -
k2.north, 2));
    }
    private void maden_Load(object sender, EventArgs e)
    {
        harita = new _harita();
        haritasifirla();
    }
    private int yapibul(Point pp)
    {
        for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
            if (uzaklikP(pp, pver(harita.yapilar[y].konum)) < tolerans) return y;
        return -1;
    }
    private _yolbul yolbul(Point pp)
    {
        _yolbul sonuc = new _yolbul();
        sonuc.enyakınP = new Point(-1, -1);
        sonuc.yolno = -1;
        double min = tolerans;
        int psay = 0;
        for (int y = 0; y < harita.yollar.Length; y++)
        {
            psay = 0;
            Point pb = pver(harita.yollar[y].k1);
            Point p = pver(harita.yollar[y].k2);
            int sx, sy;
            int x0 = pb.X;
            int y0 = pb.Y;
            int dx = Math.Abs(p.X - x0);
            int dy = Math.Abs(p.Y - y0);
            if (x0 < p.X) { sx = 1; } else { sx = -1; }
            if (y0 < p.Y) { sy = 1; } else { sy = -1; }
            int err = dx - dy;
            do
            {
                if ((x0 == p.X) && (y0 == p.Y)) { break; }
                psay++;
                double h = Math.Sqrt(Math.Pow(pp.X - x0, 2) + Math.Pow(pp.Y -
y0, 2));

```

```

        if (h <= min) { min = h; sonuc.yolno = y; sonuc.enyakinP = new
Point(x0, y0); }
        int e2 = 2 * err;
        if (e2 > -dy)
        {
            err = err - dy;
            x0 = x0 + sx;
        }
        if (e2 < dx)
        {
            err = err + dx;
            y0 = y0 + sy;
        }
    } while (1 != 2);
}
if (sonuc.yolno >= 0)
{
    sonuc.uc = false;
    sonuc.enyakinK = kver(sonuc.enyakinP);
    if (uzaklikP(pver(harita.yollar[sonuc.yolno].k1), sonuc.enyakinP) <
tolerans)
    { sonuc.enyakinK = harita.yollar[sonuc.yolno].k1;
    sonuc.enyakinP = pver(harita.yollar[sonuc.yolno].k1);
    sonuc.uc = true;
    return sonuc; }
    if (uzaklikP(pver(harita.yollar[sonuc.yolno].k2), sonuc.enyakinP) <
tolerans)
    {
        sonuc.enyakinK = harita.yollar[sonuc.yolno].k2;
        sonuc.enyakinP = pver(harita.yollar[sonuc.yolno].k2);
        sonuc.uc = true;
        return sonuc;
    }
}
return sonuc;
}
private void rotaekle(_rota r)
{
    Array.Resize(ref rotalar, rotalar.Length + 1);
    rotalar[rotalar.Length - 1].kaynak = r.kaynak;
    rotalar[rotalar.Length - 1].hedef = r.hedef;
    rotalar[rotalar.Length - 1].uzunluk = r.uzunluk;
    rotalar[rotalar.Length - 1].yollar = new int[r.yollar.Length];
    for(int y=0;y<r.yollar.Length;y++)
        rotalar[rotalar.Length - 1].yollar[y]= r.yollar[y];
}
private int yolekle()
{

```

```

        Array.Resize(ref harita.yollar, harita.yollar.Length + 1);
        return harita.yollar.Length - 1;
    }
    private void yolsil(int yno)
    {
        for (int y = yno; y < harita.yollar.Length - 1; y++)
        {
            harita.yollar[y] = harita.yollar[y + 1];
        }
        Array.Resize(ref harita.yollar, harita.yollar.Length - 1);
    }
    private int yapiekle()
    {
        Array.Resize(ref harita.yapilar, harita.yapilar.Length + 1);
        return harita.yapilar.Length - 1;
    }
    private void yapisil(int yno)
    {
        for (int y = yno; y < harita.yapilar.Length - 1; y++)
        {
            harita.yapilar[y] = harita.yapilar[y + 1];
        }
        Array.Resize(ref harita.yapilar, harita.yapilar.Length - 1);
    }
    private int tasiyiciekle()
    {
        Array.Resize(ref tasiyicilar, tasiyicilar.Length + 1);
        return tasiyicilar.Length - 1;
    }
    private void tasiyicilarisil()
    {
        tasiyicilar = new _tasiyici[0];
    }
    private void tsb_yolekle_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        if (!haritakoordinatlariayarli())
        {
            MessageBox.Show("Harita koordinatları ayarlı değil");
            return;
        }
        formYolayarlari.p1 = koordinatayarla(0.000, 0.000);
        formYolayarlari.p2 = koordinatayarla(0.000, 0.000);
        if (formYolayarlari.ShowDialog() == DialogResult.OK)
        {
            int yno = yolekle();
            harita.yollar[yno].k1 = formYolayarlari.p1;
            harita.yollar[yno].k2 = formYolayarlari.p2;
        }
    }

```

```

        harita.yollar[yno].uzunluk = uzaklikK(harita.yollar[yno].k1,
harita.yollar[yno].k2);
        cizimiyenile();
    }
}
private void koordinatlarıAyarlaToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    formHaritaayarlari.solust = harita.solust;
    formHaritaayarlari.sagalt = harita.sagalt;
    if (formHaritaayarlari.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        harita.sagalt = formHaritaayarlari.sagalt;
        harita.solust = formHaritaayarlari.solust;
        double oran=Math.Abs(harita.sagalt.east - harita.solust.east) /
Math.Abs(harita.sagalt.north - harita.solust.north);
        if (oran>1)
        {
            harita.arkaplan = new Bitmap(600, (int)(600 / oran));
        }
        else
        {
            harita.arkaplan = new Bitmap((int)(600 * oran), 600);
        }
        pbMaden.Image = harita.arkaplan;
    }
}

private string fk(double d)
{
    return string.Format("{0:0.000}", d);
}

private void pbMaden_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (haritakoordinatlariayarlami())
    {
        _koordinat k=kver(new Point(e.X,e.Y));
        ts_k.Text = "East:" + fk(k.east) + " North:" + fk(k.north) + " P:" +
pver(k).ToString();
        if (cizimbasladi && cizimmodu == 3)
        {
            yapi.konum=kver(new Point(e.X,e.Y));
            pbMaden.Image = new Bitmap(temp);
            Graphics g = Graphics.FromImage(pbMaden.Image);
            g.FillEllipse(Brushes.Red,new Rectangle(new Point(e.X-4,e.Y-
4),new Size(8,8)));
            pbMaden.Refresh();
        }
    }
}

```

```

        return;
    }
    if (cizimbasladi && cizimmodu == 1)
    {
        int yapino= yapibul(new Point(e.X,e.Y));
        if (yapino>=0)
        {
            yol.k2=harita.yapilar[yapino].konum;
        }
        else {
            _yolbul y = yolbul(new Point(e.X, e.Y));
            if (y.uc) { yol.k2 = y.enyakinK; }
            else { yol.k2 = kver(new Point(e.X, e.Y)); }
        }
        pbMaden.Image =new Bitmap(temp);
        Graphics g = Graphics.FromImage(pbMaden.Image);
        g.DrawLine(new Pen(Color.Red , 3), pver(yol.k1), pver(yol.k2));
        pbMaden.Refresh(); return;
    }
    if (!cizimbasladi)
    {
        if (uzerindeyolno>=0) yolciz(uzerindeyolno,Color.Blue);
        if (uzerindeyapino >= 0) yapiciz(uzerindeyapino, false);
        uzerindeyapino = yapibul(new Point(e.X, e.Y));
        if (uzerindeyapino >= 0)
        {
            uzerindeyolno = -1;
            yapiciz(uzerindeyapino, true);
        }else {
            uzerindeyolno = yolbul(new Point(e.X, e.Y)).yolno;
            if (uzerindeyolno >= 0)
            { yolciz(uzerindeyolno, Color.Pink); }
        }
        pbMaden.Refresh();
    }
}

private void yolciz(int yno, Color c)
{
    Graphics g = Graphics.FromImage(pbMaden.Image);
    g.DrawLine(new Pen(c, 3), pver(harita.yollar[yno].k1),
pver(harita.yollar[yno].k2));
}

private void yapiciz(int y, bool b)
{
    Graphics g = Graphics.FromImage(pbMaden.Image);
    if (!b)
        if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı")

```

```

        {
            g.FillRectangle(Brushes.Orange, new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X - 4, pver(harita.yapilar[y].konum).Y - 4),
new Size(8, 8)));
        }
        else
        {
            g.FillEllipse(Brushes.Green, new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X - 4, pver(harita.yapilar[y].konum).Y - 4),
new Size(8, 8)));
        }
        else
            if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı")
            {
                g.FillRectangle(Brushes.Pink, new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X - 4, pver(harita.yapilar[y].konum).Y - 4),
new Size(8, 8)));
            }
            else
            {
                g.FillEllipse(Brushes.Pink, new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X - 4, pver(harita.yapilar[y].konum).Y - 4),
new Size(8, 8)));
            }
        }
        private void cizimiyenile()
        {
            Bitmap b=new Bitmap(harita.arkaplan);
            //b=new Bitmap(b,new
Size(harita.arkaplan.Width,harita.arkaplan.Height));
            Graphics g = Graphics.FromImage(b);
            for (int y = 0; y < harita.yollar.Length; y++)
                g.DrawLine(new Pen(Color.Blue, 3), pver(harita.yollar[y].k1),
pver(harita.yollar[y].k2));
            for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
                if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı")
                    g.FillRectangle(Brushes.Orange,new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X-6,pver(harita.yapilar[y].konum).Y-6),new
Size(12,12)));
                }
                else
                {
                    g.FillEllipse(Brushes.Green, new Rectangle(new
Point(pver(harita.yapilar[y].konum).X - 6, pver(harita.yapilar[y].konum).Y - 6),
new Size(12, 12)));
                }
            if (timer_animasyon.Enabled)
            {

```

```

Point[] konumlar = new Point[0];
for(int y=0;y<tasiyicilar.Length;y++)
{
    try
    {
        if (!konumlar.Contains<Point>(pver(tasiyicilar[y].konum))) {
            Array.Resize(ref konumlar, konumlar.Length + 1);
            konumlar[konumlar.Length - 1] = pver(tasiyicilar[y].konum);
            if (tasiyicilar[y].durum == "yg" || tasiyicilar[y].durum == "y")
g.FillRectangle(Brushes.Cyan, new Rectangle(new
Point(pver(tasiyicilar[y].konum).X - 4, pver(tasiyicilar[y].konum).Y - 4), new
Size(8, 8)));
            if (tasiyicilar[y].durum == "bg" || tasiyicilar[y].durum == "b")
g.FillRectangle(Brushes.Purple, new Rectangle(new
Point(pver(tasiyicilar[y].konum).X - 4, pver(tasiyicilar[y].konum).Y - 4), new
Size(8, 8)));
        }
        if (tasiyicilar[y].sure < -1) g.FillRectangle(Brushes.Pink, new
Rectangle(new Point(pver(tasiyicilar[y].konum).X - 4,
pver(tasiyicilar[y].konum).Y - 4), new Size(8, 8)));
    }
    catch { }
}
}
pbMaden.Image = b;
pbMaden.Refresh();
}
private void arkaplanDeğişToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        harita.sarkaplan = openFileDialog1.FileName;
        Bitmap b = new Bitmap(harita.sarkaplan);
        harita.arkaplan = new Bitmap(b, new Size(harita.arkaplan.Width,
harita.arkaplan.Height));
        cizimiyenile();
    }
}

private void pbMaden_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (!cizimbasladi && cizimmodu == 1)
    {
        int yapino= yapibul(new Point(e.X,e.Y));
        if (yapino>=0)
        {
            yol.k1=harita.yapilar[yapino].konum;

```

```

    }
    else {
        _yolbul y=yolbul(new Point(e.X,e.Y));
        if (y.uc) { yol.k1 = y.enyakınK; }
        else { yol.k1 = kver(new Point(e.X, e.Y)); }}
        temp = new Bitmap(pbMaden.Image);cizimbasladi = true;
    }
}
private void pbMaden_MouseUp(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (cizimbasladi && cizimmodu==1)
        cizimbasladi = false;
        int yno = yolekle();
        harita.yollar[yno] = yol;
        harita.yollar[yno].uzunluk = uzaklikK(harita.yollar[yno].k1,
harita.yollar[yno].k2);
        cizimiyenile();
        haritadegisti = true;
    }
}
private void tsb_yolciz_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 1;
}
private void tsb_sec_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimbasladi = false;
    cizimmodu = 0;
}
private void pbMaden_DoubleClick(object sender, EventArgs e)
{
    if (uzerindeyolno >= 0)
    {
        formYolayarlari.p1 = harita.yollar[uzerindeyolno].k1 ;
        formYolayarlari.p2 = harita.yollar[uzerindeyolno].k2;
        formYolayarlari.uzunluk = harita.yollar[uzerindeyolno].uzunluk;
        if (formYolayarlari.ShowDialog() == DialogResult.OK)
        {
            harita.yollar[uzerindeyolno].k1 = formYolayarlari.p1;
            harita.yollar[uzerindeyolno].k2 = formYolayarlari.p2;
            harita.yollar[uzerindeyolno].uzunluk = formYolayarlari.uzunluk;
            cizimiyenile();
        }
    }
}
if (uzerindeyapino >= 0)
{
    formYapiayarlari.etiket = harita.yapilar[uzerindeyapino].etiket;
    formYapiayarlari.konum = harita.yapilar[uzerindeyapino].konum;
    cizimbasladi = false;
}

```

```

        cizimmodu = 0;
        if (formYapiayarlari.ShowDialog() == DialogResult.OK)
        {
            int yapino = yapiekle();
            harita.yapilar[uzerindeyapino].etiket = formYapiayarlari.etiket;
            harita.yapilar[uzerindeyapino].konum = formYapiayarlari.konum;
            harita.yapilar[uzerindeyapino].tur = formYapiayarlari.tur;
            cizimiyenile();
        }
    }
}

private void tsb_yolsil_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 2;
}

private void pbMaden_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (cizimmodu == 2 && uzerindeyolno >= 0)
    {
        if (MessageBox.Show("Yolu silmek istediğinizden eminmisiniz?", "Yol
sil", MessageBoxButtons.OKCancel) == DialogResult.OK)
            yolsil(uzerindeyolno);
            uzerindeyolno = -1;
            cizimiyenile();
        }
    }

    if (cizimmodu == 4 && uzerindeyapino >= 0)
    {
        if (MessageBox.Show("Yapıyı silmek istediğinizden eminmisiniz?",
"Yapı sil", MessageBoxButtons.OKCancel) == DialogResult.OK)
            yapisil(uzerindeyapino);
            uzerindeyapino = -1;
            cizimiyenile();
        }
    }
}

private Point basalP(int yno)
{
    return pver(harita.yollar[yno].k1);
}

private Point bitisalP(int yno)
{
    return pver(harita.yollar[yno].k2);
}

private _koordinat basalK(int yno)
{
    return harita.yollar[yno].k1;
}

```

```

private _koordinat bitisalK(int yno)
{
    return harita.yollar[yno].k2;
}
private bool esitmiK(_koordinat k1, _koordinat k2)
{
    if (k1.east == k2.east && k1.north == k2.north) return true;
    return false;
}
private int[] baglantilar(_koordinat k)
{
    int[] kesismeler = new int[0];
    for (int t = 0; t < harita.yollar.Length; t++)
    {
        if ( esitmiK(k,basalK(t)) || esitmiK(k,bitisalK(t)))
        {
            Array.Resize(ref kesismeler, kesismeler.Length + 1);
            kesismeler[kesismeler.Length - 1] = t;
        }
    }
    return kesismeler;
}
private bool varmi(int[] dizi, int deger)
{
    foreach (int d in dizi)
    {
        if (d == deger) { return true; }
    }
    return false;
}
private bool varmiK(_koordinat[] dizi, _koordinat deger)
{
    foreach (_koordinat d in dizi)
    {
        if (esitmiK(d,deger)) { return true; }
    }
    return false;
}
private double rotauzunlugu(int[] rota, _koordinat bas, _koordinat bitis)
{
    double tttotal = 0.00;
    if (rota.Length < 1) return 0.000;
    if (rota.Length==1) return  uzaklikK(bas, bitis) *
harita.yollar[rota[0]].uzunluk / uzaklikK(basalK(rota[0]), bitisalK(rota[0]));
    if (esitmiK(basalK(rota[0]),basalK(rota[1]))
||esitmiK(basalK(rota[0]),bitisalK(rota[1]))) { tttotal += uzaklikK(bas,
basalK(rota[0])) * harita.yollar[rota[0]].uzunluk / uzaklikK(basalK(rota[0]),
bitisalK(rota[0])); }
}

```

```

        if (esitmiK(bitisak(rota[0]), basalK(rota[1])) || esitmiK(
        bitisak(rota[0]), bitisak(rota[1]))) { tttotal += uzaklikK(bas, bitisak(rota[0])) *
        harita.yollar[rota[0]].uzunluk / uzaklikK(basalK(rota[0]), bitisak(rota[0])); }
        for (int x = 1; x < rota.Length - 1; x++)
            tttotal += harita.yollar[rota[x]].uzunluk;
        if (esitmiK(basalK(rota[rota.Length - 1]), basalK(rota[rota.Length - 2])) ||
        esitmiK(basalK(rota[rota.Length - 1]), bitisak(rota[rota.Length - 2]))) { tttotal +=
        uzaklikK(bas, basalK(rota[rota.Length - 1])) * harita.yollar[rota[rota.Length -
        1]].uzunluk / uzaklikK(basalK(rota[rota.Length - 1]), bitisak(rota[rota.Length -
        1])); }
        if (esitmiK(bitisak(rota[rota.Length - 1]), basalK(rota[rota.Length - 2])) ||
        esitmiK(bitisak(rota[rota.Length - 1]), bitisak(rota[rota.Length - 2]))) { tttotal +=
        uzaklikK(bas, bitisak(rota[rota.Length - 1])) * harita.yollar[rota[rota.Length -
        1]].uzunluk / uzaklikK(basalK(rota[rota.Length - 1]), bitisak(rota[rota.Length -
        1])); }
        return tttotal;
    }
    private int[] rotaver(int[] rota, _koordinat[] checkpoints, _koordinat kfrom,
    int kaynak, _koordinat kto, int hedef)
    {
        Array.Resize(ref checkpoints, checkpoints.Length + 1);
        checkpoints[checkpoints.Length - 1] = kfrom;
        Array.Resize(ref rota, rota.Length + 1);
        rota[rota.Length - 1] = kaynak;
        if (kaynak == hedef)
        {
            return rota;
        }
        else
        {
            int[] connections = new int[0];
            if (!esitmiK(kfrom, basalK(kaynak)) &&
            !esitmiK(kfrom, bitisak(kaynak)))
            {
                int[] basbaglantilar = baglantilar(basalK(kaynak));
                int[] bitisbaglantilar = baglantilar(bitisak(kaynak));
                Array.Resize(ref connections, basbaglantilar.Length +
                bitisbaglantilar.Length);
                for (int x = 0; x < basbaglantilar.Length; x++) connections[x] =
                basbaglantilar[x];
                for (int x = 0; x < bitisbaglantilar.Length; x++) connections[x +
                basbaglantilar.Length] = bitisbaglantilar[x];
            }
            else
            {
                connections = baglantilar(kfrom);
            }
            double total = 10000.00;

```

```

int[] kisayol = rota;
foreach (int t in connections)
{
    int[] temp = new int[0];

    if (!varmi(rota, t))
    {
        _koordinat knext = kfrom;
        if (!esitmiK(basalK(t), kfrom))
        {
            knext = basalK(t);
            if (!varmiK(checkpoints, knext))
            {
                temp = rotaver(rota, checkpoints, knext, t, kto, hedef);
                if (varmi(temp, hedef))
                {
                    double tttotal = rotauzunlugu(temp, checkpoints[0], kto);
                    if (tttotal < total) { kisayol = temp; total = tttotal; }
                }
            }
        }
    }
    if (!esitmiK(bitisalK(t), kfrom))
    {
        knext = bitisalK(t);
        if (!varmiK(checkpoints, knext))
        {
            temp = rotaver(rota, checkpoints, knext, t, kto, hedef);
            if (varmi(temp, hedef))
            {
                double tttotal = rotauzunlugu(temp, checkpoints[0], kto);

                if (tttotal < total) { kisayol = temp; total = tttotal; }
            }
        }
    }
}
if (total < 10000.00) {
    return kisayol;
}
}
Array.Resize(ref rota, rota.Length - 1); return rota;
}
private void btn_mesafehesapla_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {

```

```

        _koordinat pa = koordinatayarla(Convert.ToDouble(txtAx.Text),
Convert.ToDouble(txtAy.Text));
        _koordinat pb = koordinatayarla(Convert.ToDouble(txtBx.Text),
Convert.ToDouble(txtBy.Text));
        int[] sonuc = new int[0];
        _koordinat[] ks = new _koordinat[0];
        _rota r = new _rota();
        r.kaynak = pa;
        r.hedef = pb;
        r.yollar = rotaver(sonuc, ks, pa, yolbul(pver(pa)).yolno, pb,
yolbul(pver(pb)).yolno);
        if (r.yollar.Length > 0)
        {
            r.uzunluk = rotauzunlugu(r.yollar, r.kaynak, r.hedef);
            lblmesafe.Text = "Mesafe:" + fk(r.uzunluk)+"m";
            lblsure.Text = "Süre:" + fk(r.uzunluk*10 / tasiyicihizi) +"sn";
            foreach (int d in r.yollar)
            {
                yolciz(d, Color.Green);
            }
            pbMaden.Refresh();
        }
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Hata oluştu!!!");
    }
}

private void tsb_yapiekle_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 3;
    temp = new Bitmap(pbMaden.Image); cizimbasladi = true;
}

private void pbMaden_MouseClick(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (cizimmodu == 5 || cizimmodu == 6)
    {
        _yolbul y = yolbul(new Point(e.X, e.Y));
        if (y.yolno > 0)
        {
            if (cizimmodu == 5)
            {
                txtAx.Text = fk(y.enyakinK.east);
                txtAy.Text = fk(y.enyakinK.north);
                cizimmodu = 0;
            }
            else
            {

```

```

        txtBx.Text = fk(y.enyakinK.east);
        txtBy.Text = fk(y.enyakinK.north);
        cizimmodu = 0;
    }
}
else
{
    MessageBox.Show("Seçtiğiniz nokta yol üzerinde olmalıdır!");
}
if (cizimbasladi && cizimmodu == 3)
{
    _yolbul y = yolbul(new Point(e.X, e.Y));
    if (y.yolno >= 0) yapi.konum = y.enyakinK;
    formYapiayarlari.etiket = "yeni yapi";
    formYapiayarlari.konum = yapi.konum;
    cizimbasladi = false;
    cizimmodu = 0;
    if (formYapiayarlari.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        int yapino = yapiekle();
        harita.yapilar[yapino].etiket = formYapiayarlari.etiket;
        harita.yapilar[yapino].konum = formYapiayarlari.konum;
        harita.yapilar[yapino].tur = formYapiayarlari.tur;
        cizimiyenile();
        haritadegisti = true;
    }
}
}
private void tsb_yapisil_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 4;
}
private void animasyonubaslat(int tsay)
{
    _koordinat konum = koordinatayarla(0.000, 0.000);
    int ya = -1;
    for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
    {
        if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı") { konum =
harita.yapilar[y].konum; ya = y; }
    }
    if (!koordinatayarlami(konum))
    {
        MessageBox.Show("Boşaltma alanı eklenmemiş");
    }
    tasiyicilarisil();
    for (int y = 0; y < tsay; y++)
    {
        int t = tasiyiciekle();

```

```

        tasiyicilar[t].etiket = "taşıyıcı " + t.ToString();
        tasiyicilar[t].konum = konum;
        tasiyicilar[t].hedef = ya;
        tasiyicilar[t].sure = 0;
        tasiyicilar[t].durum = "b";
    }
    timer_animasyon.Interval = 1000 / (int)Math.Pow(2,
tsb_animasyonzihzi.SelectedIndex);
    timer_animasyon.Enabled = true;
}
private void tsb_animasyonu_baslat_Click(object sender, EventArgs e)
{if (!timer_animasyon.Enabled)  animasyonubaslat(5);
}
private double kalansure(int y) // y nolu yapının kalan iş süresi
{ double kalan=0.0;
  if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı")
  {
    for (int t = 0; t < tasiyicilar.Length; t++)
    { if (tasiyicilar[t].durum == "b" && tasiyicilar[t].hedef==y &&
tasiyicilar[t].sure>kalan) kalan = tasiyicilar[t].sure;
      if (tasiyicilar[t].durum == "bg" && tasiyicilar[t].hedef == y &&
tasiyicilar[t].sure>kalan) kalan = tasiyicilar[t].sure;
    }
  }
  if (harita.yapilar[y].tur == "Yükleyici")
  {
    for (int t = 0; t < tasiyicilar.Length; t++)
    {
      if (tasiyicilar[t].durum == "y" && tasiyicilar[t].hedef == y &&
tasiyicilar[t].sure>kalan ) kalan = tasiyicilar[t].sure;
      if (tasiyicilar[t].durum == "yg" && tasiyicilar[t].hedef == y &&
tasiyicilar[t].sure> kalan) kalan = tasiyicilar[t].sure;
    }
  }
  return kalan;
}
private _rota rotavarmi(_koordinat k1,_koordinat k2)
{
  _rota r = new _rota();
  r.kaynak = k1;
  r.hedef = k2 ;
  for (int y = 0; y < rotalar.Length; y++)
  {
    if (esitmiK(rotalar[y].kaynak, r.kaynak) && esitmiK(rotalar[y].hedef,
r.hedef))
    {
      r.yollar = new int[rotalar[y].yollar.Length];
      for (int k = 0; k < r.yollar.Length; k++)

```

```

        r.yollar[k] = rotalar[y].yollar[k];
        r.uzunluk = rotalar[y].uzunluk;
        return r;
    }
    /*
    if (esitmiK(rotalar[y].hedef , r.kaynak) && esitmiK(rotalar[y].kaynak,
r.hedef))
    {
        r.yollar = new int[rotalar[y].yollar.Length];
        for(int k=0;k<r.yollar.Length;k++)
        r.yollar[k]=rotalar[y].yollar[r.yollar.Length-k-1];
        r.uzunluk = rotalar[y].uzunluk;
        return r;
    }*/
    }
    r.uzunluk = 0;
    r.yollar = new int[0];
    return r ;
}
private int enuygun_Yukleyici(int t)
{
    int ey=-1;
    double sure = 1000000.0;
    for(int y=0;y<harita.yapilar.Length;y++)
    {
        if (harita.yapilar[y].tur=="Yükleyici")
        {
            _rota r = new _rota();
            r=rotavarmi(tasiyicilar[t].konum, harita.yapilar[y].konum);
            if (r.uzunluk== 0)
            {
                _koordinat[] ks = new _koordinat[0];
                r.yollar = rotaver(r.yollar, ks, r.kaynak,
yolbul(pver(r.kaynak)).yolno, r.hedef, yolbul(pver(r.hedef)).yolno);
                r.uzunluk = rotauzunlugu(r.yollar, r.kaynak , r.hedef);
                rotaekle(r);
            }
            double s = kalansure(y);
            double k = s - r.uzunluk*10/tasiyicihizi;

            if (k < sure)
            {
                sure = k;
                ey = y; tasiyicilar[t].rota = r.yollar ;
                if (s >= r.uzunluk*10/tasiyicihizi) tasiyicilar[t].sure = s;
                if (r.uzunluk*10/tasiyicihizi > s) tasiyicilar[t].sure =
r.uzunluk*10/tasiyicihizi;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    tasiyicilar[t].sure += yuklemesuresi ;
    return ey;
}
private int enuygun_Bosaltmaalani( int t)
{
    int eb = -1;
    double sure = 1000000.0;
    for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
        if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı")
        {
            _rota r = new _rota();
            r=rotavarmi(tasiyicilar[t].konum, harita.yapilar[y].konum);
            if (r.uzunluk == 0)
            {
                _koordinat[] ks = new _koordinat[0];
                r.yollar = rotaver(r.yollar, ks, r.kaynak ,
yolbul(pver(r.kaynak)).yolno, r.hedef , yolbul(pver(r.hedef)).yolno);
                r.uzunluk = rotauzunlugu(r.yollar, r.kaynak , r.hedef);
                rotaekle(r);
            }
            double s = kalansure(y);
            double k = Math.Abs(s - r.uzunluk*10/tasiyicihizi);
            if (k < sure)
            {
                sure = k;
                eb = y; tasiyicilar[t].rota = r.yollar;
                if (s >= r.uzunluk * 10 / tasiyicihizi) tasiyicilar[t].sure = s;
                if (r.uzunluk * 10 / tasiyicihizi > s) tasiyicilar[t].sure = r.uzunluk *
10 / tasiyicihizi;
            }
        }
    tasiyicilar[t].sure += bosaltmasuresi ;
    return eb;
}
private void tasiyici_yonlendir(int t)
{
    if (tasiyicilar[t].durum == "b")
    {
        tasiyicilar[t].hedef = enuygun_Yukleyici(t);
        tasiyicilar[t].durum = "yg";
        return;
    }
    if (tasiyicilar[t].durum == "y")
    {
        tasiyicilar[t].hedef = enuygun_Bosaltmaalani(t);
        tasiyicilar[t].durum = "bg";
        return;
    }
}

```

```

    }
    if (tasiyicilar[t].durum == "bg")
    {
        tasiyicilar[t].durum = "b";
        return;
    }
    if (tasiyicilar[t].durum == "yg")
    {
        tasiyicilar[t].durum = "y";
        return;
    }
}
private _koordinat ortakkoordinat(int y1, int y2)
    if (esitmiK(harita.yollar[y1].k1,harita.yollar[y2].k1)) return
harita.yollar[y1].k1;
    if (esitmiK(harita.yollar[y1].k2 , harita.yollar[y2].k1)) return
harita.yollar[y1].k2;
    if (esitmiK(harita.yollar[y1].k1, harita.yollar[y2].k2)) return
harita.yollar[y1].k1;
    return harita.yollar[y1].k2;
}
private void isaretle(_koordinat k,Color c)
{
    Graphics g = Graphics.FromImage(pbMaden.Image);
    g.DrawRectangle(new Pen(c),new Rectangle(pver(k),new Size(8,8)));
}
private void tasiyici_ilerlet(int t)
{
    if (tasiyicilar[t].hedef == -1) { tasiyicilar[t].sure = 0; return; }
    if (esitmiK(tasiyicilar[t].konum,harita.yapilar[tasiyicilar[t].hedef].konum))
return;
    int yolno = tasiyicilar[t].rota[0];
    _koordinat k1;
    _koordinat k2;
    if (tasiyicilar[t].rota.Length > 1)
    {
        k2 = ortakkoordinat(yolno, tasiyicilar[t].rota[1]);
        if (!esitmiK(harita.yollar[yolno].k1,k2))
        {
            k1 = harita.yollar[yolno].k1;
        }
        else { k1 = harita.yollar[yolno].k2; }
    }
    else
    {
        if (uzaklikK(harita.yollar[yolno].k1, tasiyicilar[t].konum)<
uzaklikK(harita.yollar[yolno].k1,harita.yapilar[tasiyicilar[t].hedef].konum))
        {

```

```

        k1=harita.yollar[yolno].k1;
        k2 = harita.yollar[yolno].k2;
    }
    else
    {
        k1=harita.yollar[yolno].k2;
        k2 = harita.yollar[yolno].k1;
    }
}
// isaretle(k1, Color.Red);
// isaretle(k2, Color.Pink);
pbMaden.Refresh();
_koordinat k3;
//double sabit1 = (Math.Abs(harita.yollar[yolno].k1.east -
harita.yollar[yolno].k2.east) / harita.yollar[yolno].uzunluk);
//double sabit2 = (Math.Abs(harita.yollar[yolno].k1.north -
harita.yollar[yolno].k2.north ) / harita.yollar[yolno].uzunluk);
k3.east = (k2.east - k1.east) /
(harita.yollar[yolno].uzunluk*10)*tasiyicihizi + tasiyicilar[t].konum.east;
k3.north = (k2.north - k1.north) / (harita.yollar[yolno].uzunluk*10)*
tasiyicihizi + tasiyicilar[t].konum.north;
if (uzaklikK(k2, k3) <= uzaklikK(harita.yollar[yolno].k1,
harita.yollar[yolno].k2) / (harita.yollar[yolno].uzunluk*10) * tasiyicihizi ||
    uzaklikK(k3, harita.yapilar[tasiyicilar[t].hedef].konum) <=
    uzaklikK(harita.yollar[yolno].k1, harita.yollar[yolno].k2) /
    (harita.yollar[yolno].uzunluk*10) *tasiyicihizi )
{
    if (uzaklikK(k3, harita.yapilar[tasiyicilar[t].hedef].konum) <
    uzaklikK(harita.yollar[yolno].k1, harita.yollar[yolno].k2) /
    (harita.yollar[yolno].uzunluk*10)*tasiyicihizi)
    { tasiyicilar[t].konum = harita.yapilar[tasiyicilar[t].hedef].konum; }
    else
    { tasiyicilar[t].konum = k2; }
    if (tasiyicilar[t].rota.Length > 1)
    {
        for (int y = 1; y < tasiyicilar[t].rota.Length; y++)
            tasiyicilar[t].rota[y - 1] = tasiyicilar[t].rota[y];
        Array.Resize(ref tasiyicilar[t].rota, tasiyicilar[t].rota.Length - 1);
    }
}
else { tasiyicilar[t].konum = k3; }
}

private void timer_animasyon_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    bool lc=false;
    if (tabs.SelectedIndex==0)
        if (listBox1.Items.Count != tasiyicilar.Length)

```

```

        { listBox1.Items.Clear(); lc = true; }
    for (int y = 0; y < tasiyicilar.Length; y++)
    {
        if (tasiyicilar[y].durum == "b" || tasiyicilar[y].durum == "y" )
        {
            if (tasiyicilar[y].sure > 0)
            {
                tasiyicilar[y].sure -= 1;
            }
            else { tasiyici_yonlendir(y); }
        }
        else
        {
            tasiyici_ilerlet(y);
            tasiyicilar[y].sure -= 1;
            if (esitmiK(harita.yapilar[tasiyicilar[y].hedef].konum,
tasiyicilar[y].konum)) tasiyici_yonlendir(y);
        }
        if (tabs.SelectedIndex == 0)
        {
            if (lc)
                listBox1.Items.Add(y.ToString() + ":h(" +
tasiyicilar[y].hedef.ToString() + ") e(" + fk(tasiyicilar[y].konum.east) + " ) n" +
fk(tasiyicilar[y].konum.north) + ") " + tasiyicilar[y].durum + " " +
fk(tasiyicilar[y].sure));
            else
            {
                if (tasiyicilar[y].sure >= 0)
                {
                    string s = y.ToString() + ":h(" + tasiyicilar[y].hedef.ToString() +
") e(" + fk(tasiyicilar[y].konum.east) + " ) n(" + fk(tasiyicilar[y].konum.north) +
") " + tasiyicilar[y].durum + " " + fk(tasiyicilar[y].sure);
                    listBox1.Items[y] = s;
                }
            }
        }
    }
    if (tabs.SelectedIndex == 1)
    {
        listBox2.Items.Clear();
        for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
        {
            listBox2.Items.Add(harita.yapilar[y].etiket + " - iş bitimi:" +
fk(kalansure(y)));
        }
    }
    cizimiyenile();
}

```

```

private void tsb_animasyonu_bitir_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (timer_animasyon.Enabled)
    {
        timer_animasyon.Enabled = false;
        tasiyicilarisil();
        rotalar = new _rota[0];
        cizimiyenile();
    }
}

private void tsb_tasiyiciekle_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (timer_animasyon.Enabled)
    {
        timer_animasyon.Enabled = false;
        int ya = -1;
        for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
        {
            if (harita.yapilar[y].tur == "Boşaltma alanı") { ya = y; }
        }
        if (ya >= 0)
        {
            int t = tasiyiciekle();
            tasiyicilar[t].etiket = "taşıyıcı " + t.ToString();
            tasiyicilar[t].konum = harita.yapilar[ya].konum;
            tasiyicilar[t].hedef = ya;
            tasiyicilar[t].sure = 0;
            tasiyicilar[t].durum = "b";
        }
        timer_animasyon.Enabled = true;
    }
}

private void tsb_tasiyicikar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (timer_animasyon.Enabled)
    {
        timer_animasyon.Enabled = false;
        if (tasiyicilar.Length > 0)
        {
            for (int k = 0; k < tasiyicilar.Length; k++)
            {
                if (tasiyicilar[k].hedef == tasiyicilar[tasiyicilar.Length - 1].hedef
&& tasiyicilar[k].sure > tasiyicilar[tasiyicilar.Length - 1].hedef)
                {
                    if (harita.yapilar[tasiyicilar[k].hedef].tur == "Yükleyici")
                    {
                        tasiyicilar[k].sure = tasiyicilar[k].sure - yuklemesuresi;
                        if (tasiyicilar[k].sure < 0) tasiyicilar[k].sure = 0;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        if (harita.yapilar[tasiyicilar[k].hedef].tur == "Boşaltma alanı")
        {
            tasiyicilar[k].sure = tasiyicilar[k].sure - bosaltmasuresi;
            if (tasiyicilar[k].sure < 0) tasiyicilar[k].sure = 0;
        }
    }
    Array.Resize(ref tasiyicilar, tasiyicilar.Length - 1);
}
timer_animasyon.Enabled = true;
}
}
private void kaydet()
{
    if (harita.dosya == "") { farklikaydet(); return; }
    if (!harita_kaydet(harita.dosya))
    {
        MessageBox.Show("Harita kaydedilirken hata oluştu!!!");
    }
}
private void farklikaydet()
{
    if (saveFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        if (!saveFileDialog1.FileName.EndsWith(".hrt"))
saveFileDialog1.FileName += ".hrt";
        if (!harita_kaydet(saveFileDialog1.FileName))
        {
            MessageBox.Show("Harita kaydedilirken hata oluştu!!!");
            return;
        }
        harita.dosya = saveFileDialog1.FileName;
    }
}
private void yeni()
{
    degistiyse();
    haritasifirla();
    cizimiyenile();
    this.Text = harita.dosya;
}
private string sdosyaadi(string s,string uzt)
{
    return s.Substring(0, s.Length - uzt.Length);
}
private void ac()
{
    degistiyse();
    if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)

```

```

    {
        if ( openFileDialog1.FileName.EndsWith(".hrt"))
        {
            haritasifirla();
            if (!harita_ac(openFileDialog1.FileName))
            {
                MessageBox.Show("harita açılırken hata oluştu!!!");
                haritasifirla();
                return;
            }
            this.Text = harita.dosya;
            cizimiyenile();
        }
    }
}
private void degistiyse()
{
    if (haritadegisti)
    {
        if (MessageBox.Show("değişiklikler kaydedilsin mi?", "Uyarı!",
MessageBoxButtons.YesNo) == DialogResult.Yes)
        {
            if (harita.dosya == "")
            {
                farklikaydet();
            }
            else
            { kaydet(); }
        }
    }
}
private void yeniToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    yeni();
}
private Boolean harita_kaydet(string dosyaadi)
{
    try
    {
        System.IO.TextWriter yazici = new System.IO.StreamWriter(dosyaadi);
        yazici.WriteLine("Harita");
        yazici.WriteLine("Koordinatlar");
        yazici.WriteLine("sol üst:" + fk(harita.solust.east) + "-" +
fk(harita.solust.north));
        yazici.WriteLine("sağ alt:" + fk(harita.sagalt.east) + "-" +
fk(harita.sagalt.north));
        for (int y = 0; y < harita.yollar.Length; y++)
        {

```

```

        yazici.WriteLine("Yol");
        yazici.WriteLine("Uzunluk:" + fk(harita.yollar[y].uzunluk));
        yazici.WriteLine("K1:" + fk(harita.yollar[y].k1.east) + "-" +
fk(harita.yollar[y].k1.north));
        yazici.WriteLine("K2:" + fk(harita.yollar[y].k2.east) + "-" +
fk(harita.yollar[y].k2.north));
    }
    for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
    {
        yazici.WriteLine("Yapı");
        yazici.WriteLine("Tür:" + harita.yapilar[y].tur);
        yazici.WriteLine("Etiket:" + harita.yapilar[y].etiket);
        yazici.WriteLine("Konum:" + fk(harita.yapilar[y].konum.east) + "-" +
fk(harita.yapilar[y].konum.north));
    }
    yazici.Close();
    if (harita.sarkaplan.ToLower()!=(sdosyaadi(dosyaadi,".hrt") +
".jpg").ToLower()) System.IO.File.Copy(harita.sarkaplan,
sdosyaadi(dosyaadi,".hrt") + ".jpg");
    harita.dosya = dosyaadi;
    harita.sarkaplan = sdosyaadi(dosyaadi,".hrt") + ".jpg";
    this.Text = harita.dosya;
}
catch
{
    return false;
}
return true;
}
private _koordinat StoK(string s)
{
    _koordinat k;
    k.east = Convert.ToDouble(s.Split("-".ToCharArray())[0]);
    k.north = Convert.ToDouble(s.Split("-".ToCharArray())[1]);
    return k;
}
private void parsetxt(string satir)
{
    if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "sol üst")
    {
        harita.solust = StoK(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
        return;
    }
    if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "sağ alt")
    {
        harita.sagalt = StoK(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
        return;
    }
}

```

```

        if (satir.ToLower() == "yol")
        {
            uzerindeyolno = yolekle();
            return;
        }
        if (satir.ToLower() == "yapı")
        {
            uzerindeyapino = yapiekle();
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "uzunluk")
        {
            harita.yollar[uzerindeyolno].uzunluk =
Convert.ToDouble(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "k1")
        {
            harita.yollar[uzerindeyolno].k1 =
StoK(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "k2")
        {
            harita.yollar[uzerindeyolno].k2 =
StoK(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "konum")
        {
            harita.yapilar[uzerindeyapino].konum =
StoK(satir.Split(":".ToCharArray())[1]);
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "etiket")
        {
            harita.yapilar[uzerindeyapino].etiket= satir.Split(":".ToCharArray())[1];
            return;
        }
        if (satir.Split(":".ToCharArray())[0].ToLower() == "tür")
        {
            harita.yapilar[uzerindeyapino].tur = satir.Split(":".ToCharArray())[1];
            return;
        }
    }
}
private Boolean harita_ac(string dosyaadi)
{
    try

```

```

        {
            System.IO.TextReader okuyucu = new
System.IO.StreamReader(dosyaadi);
            while (okuyucu.Peek() >= 0)
            {
                parsetxt(okuyucu.ReadLine());
            }
            okuyucu.Close();
            if (!koordinatayarlami(harita.solust) || !koordinatayarlami(harita.sagalt))
return false;
            harita.dosya = dosyaadi;
            harita.sarkaplan = sdosyaadi(dosyaadi, ".hrt") + ".jpg";
            double oran = Math.Abs(harita.sagalt.east - harita.solust.east) /
Math.Abs(harita.sagalt.north - harita.solust.north);
            Bitmap b = new Bitmap(harita.sarkaplan);
            if (oran > 1)
            {
                harita.arkaplan = new Bitmap(b,600, (int)(600 / oran));
            }
            else
            {
                harita.arkaplan = new Bitmap(b,(int)(600 * oran), 600);
            }
        }
        catch
        {
            return false;
        }
        return true;
    }
    private void açToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        ac();
    }
    private void kaydetToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        kaydet();
    }
    private void farklıKaydetToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        farklikaydet();
    }
    private void tsb_animasyonzihizi_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
    {
        timer_animasyon.Interval = 1000 / (int)Math.Pow(2,
tsb_animasyonzihizi.SelectedIndex);
    }

```

```

    }
    private void btn_YukleyiciSayisiHesapla_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            double kazilmismalzeme =
            Convert.ToDouble(txt_KabarmaFaktoru.Text) *
            Convert.ToDouble(txt_YillikUretimMiktari.Text);
            double yuklemesirasindakepcehacmi =
            Convert.ToDouble(txt_KepceDolumMiktari.Text) *
            Convert.ToDouble(txt_ekipmanverimi.Text);
            double yuklemesirasindakasahacmi =
            Convert.ToDouble(txt_KamyonKasaHacmi.Text) *
            Convert.ToDouble(txt_ekipmanverimi.Text);
            double birkamyonkackepce = yuklemesirasindakasahacmi /
            yuklemesirasindakepcehacmi;
            double gunlukuretim = kazilmismalzeme /
            Convert.ToDouble(txt_YillikIsgunu.Text);
            double saatlikuretim = gunlukuretim /
            (Convert.ToDouble(txt_VardiyaSayisi.Text) *
            Convert.ToDouble(txt_VardiyaSuresi.Text));
            double kepcesaatlikuretim = (3600 /
            Convert.ToDouble(txt_YukleyicininDonguSuresi.Text)) *
            yuklemesirasindakepcehacmi * Convert.ToDouble(txt_isverimi.Text);
            double gunlukkepcuretim = kepcesaatlikuretim *
            Convert.ToDouble(txt_VardiyaSuresi.Text) *
            Convert.ToDouble(txt_VardiyaSayisi.Text);
            lbl_YukleyiciSayisi.Text = Math.Ceiling((saatlikuretim /
            gunlukkepcuretim)).ToString();
        }
        catch { MessageBox.Show("Girdiğiniz değerleri kontrol edin!..."); }
    }

    private void btn_tasiyicihesapla_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            yuklemesuresi = Convert.ToDouble(txt_yuklemesuresi.Text);
            bosaltmasuresi = Convert.ToDouble(txt_bosaltmasuresi.Text);
        }
        catch
        {
            yuklemesuresi=10;
            bosaltmasuresi = 10;
            txt_yuklemesuresi.Text="15";
            txt_bosaltmasuresi.Text = "10";
        }
        try
        {

```

```

        double kazilmismalzeme =
        Convert.ToDouble(txt_KabarmaFaktoru.Text) *
        Convert.ToDouble(txt_YillikUretimMiktari.Text);
        double yuklemesirasindakepcehacmi =
        Convert.ToDouble(txt_KepceDolumMiktari.Text) *
        Convert.ToDouble(txt_ekipmanverimi.Text);
        double yuklemesirasindakasahacmi =
        Convert.ToDouble(txt_KamyonKasaHacmi.Text) *
        Convert.ToDouble(txt_ekipmanverimi.Text);
        double birkamyonkackepce = yuklemesirasindakasahacmi /
        yuklemesirasindakepcehacmi;
        double gunlukuretim = kazilmismalzeme /
        Convert.ToDouble(txt_YillikIsgunu.Text);
        double saatlikuretim = gunlukuretim /
        (Convert.ToDouble(txt_VardiyaSayisi.Text) *
        Convert.ToDouble(txt_VardiyaSuresi.Text));
        double kepcesaatlikuretim = (3600 /
        Convert.ToDouble(txt_YukleyicininDonguSuresi.Text)) *
        yuklemesirasindakepcehacmi;
        double gunlukkepceuretim = kepcesaatlikuretim *
        Convert.ToDouble(txt_VardiyaSuresi.Text) *
        Convert.ToDouble(txt_VardiyaSayisi.Text);
        lbl_YukleyiciSayisi.Text = Math.Ceiling((saatlikuretim /
        gunlukkepceuretim)).ToString();
        //*****
        double tks = 0;
        double[] yts = new double[0];
        double[] dongusureleri = new double[0];
        for (int y = 0; y < harita.yapilar.Length; y++)
        {
            if (harita.yapilar[y].tur == "Yükleyici")
            {
                Array.Resize(ref dongusureleri, dongusureleri.Length + 1);
                double enkisa = 10000.0;
                double enkisab = -1;
                int yolsay = 0;
                for (int k = 0; k < harita.yapilar.Length; k++)
                {
                    if (harita.yapilar[k].tur == "Boşaltma alanı")
                    {
                        _koordinat[] ks = new _koordinat[0];
                        int[] yollar = new int[0];
                        yollar = rotaver(yollar, ks, harita.yapilar[y].konum,
                        yolbul(pver(harita.yapilar[y].konum)).yolno, harita.yapilar[k].konum,
                        yolbul(pver(harita.yapilar[k].konum)).yolno);
                        double uzunluk = rotauzunlugu(yollar,
                        harita.yapilar[y].konum, harita.yapilar[k].konum);
                        if (uzunluk < enkisa)

```

```

        {
            enkisa = uzunluk;
            enkisab = k;
            yolsay = yollar.Length;
        }
    }
}
if (enkisa >= 10000) continue;
dongusureleri[dongusureleri.Length - 1] = (enkisa*10 / tasiyicihizi)
* 2 + yuklemesuresi + bosaltmasuresi;
textBox1.Text = textBox1.Text + yolsay.ToString() + " \n";
double tasiyicitoplamdongusayisi =
Convert.ToDouble(txt_VardiyaSayisi.Text) *
Convert.ToDouble(txt_VardiyaSuresi.Text) * 3600 /
dongusureleri[dongusureleri.Length - 1];
double tasiyicitoplamyukmiktari = tasiyicitoplamdongusayisi *
Convert.ToDouble(txt_KamyonKasaHacmi.Text) *
Convert.ToDouble(txt_isverimi.Text);
Array.Resize(ref yts, yts.Length + 1);
yts[yts.Length - 1] = Math.Ceiling(gunlukkepceuretim /
tasiyicitoplamyukmiktari);
tks = tks + Math.Ceiling(gunlukkepceuretim /
tasiyicitoplamyukmiktari);
    }
}
lbl_toplamkamyonsayisi.Text = "";
for (int y = 0; y < yts.Length; y++)
{ lbl_toplamkamyonsayisi.Text = lbl_toplamkamyonsayisi.Text +
"Yükleyi no : " + y.ToString() + " " + yts[y].ToString() + "\n"; }
lbl_toplamkamyonsayisi.Text = lbl_toplamkamyonsayisi.Text +
"Toplam : " + tks.ToString();
htasiyici = (int)tks;
}
catch
{
    MessageBox.Show("Girdiğiniz değerleri kontrol edin!...");
}
}
private void btntanim_Click(object sender, EventArgs e)
{
    animasyonubaslat(htasiyici);
}
private void çıkışToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    degistiyse();
    Application.Exit();
}
private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)

```

```
{
    try
    {
        tasiyicihizi = Convert.ToDouble(txt_tasiyicihizi.Text) * 10000 /
3600000;
    }
    catch {
        tasiyicihizi = 0.833;
    }
}
private void btn_asec_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 5;
}
private void btn_bsec_Click(object sender, EventArgs e)
{
    cizimmodu = 6;
}
}
```

2. Seri Porttan Bilgi Okuma

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO.Ports ;

namespace WindowsFormsApplication1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        SerialPort p;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            p = new SerialPort("com3", 4800, Parity.None, 8, StopBits.One);
            p.Open();
            Application.Idle+=new EventHandler(datageldi);
        }
        private void datageldi(object o, EventArgs e)
        {
            String data= p.ReadLine();
            if (data.Contains("GPGGA"))
            {
                String komut = data.Split("$")[0];
                String yazi ="zaman:" & DateTime.Now.ToString() & " id=" &
komut.Split(".")[0] + " durum=" & komut.Split[1];
                yazi = yazi + " N:" & komut.Split(",")[2] + " E:" &
komut.Split(",")[4];
                textBox1.Text = textBox1.Text + "\n " + yazi;
                textBox1.Select(textBox1.Text.Length - 1, 1);
                textBox1.ScrollToCaret();
            }
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            p.Close();
            Application.Exit();
        }
    }
}

```

3. PLC' nin Özellikleri

G- Sat Br 355 in Teknik Özellikleri

GPS' in Özellikleri	
Elektriksel Özellikler	
Frekans	L1, 1575,42 MHz
C/A Kod	1,023 MHz Cip Hızı
Kanal	20
Hassasiyet	-159 dBm
Doğruluk	
Yatay Pozisyon	10m 2D RMS
Sürat	0.1 m/sn % 95
Zaman	1 MİKRO sn
Waas	5m 2D RMS
Veri	
Veri	WGS-84
Kazanım Oranı	
Sıcak	1 sn
Ilık	38 sn
Soğuk	42 sn
Yeniden Kazanım	0.1 sn
Protokol	
GPS Protokol	NMEA 0183
GPS Data Çıkışı	NMEA 0183 GSA,GGA,GSV,RMC,VTG,GGL
GPS Aktarım Hızı	4800,n,8,1 NMEA
Dinamik Durum	
Hızlanma Limiti	4g
Rakım Limiti	18,000 m
Hız Limiti	515 m/sn
Sarsıntı Limiti	20 m/sn
Sıcaklık	
Kullanımda	- 40/+85
Beklemede	- 40/+85
Nem	95%
Güç	
Voltaj	4.5 V/ 6.5 V
Akım	80 Mac

Çevresel Özellikler

			Özellik	Not
Ortam çalışma sıcaklığı	Pano içinde	Minimum	5°C	Kalıcı montaj
		Maksimum	40°C	
	Açık	Minimum	5°C	
		Maksimum	55°C	
Ortam Sıcaklığı			-25°C ~ +70°C	
Bağıl Nem (yoğunlaşmayan, RH-2)			5% ~ 95%	
Kirlilik Düzend			II. Derece	
Korozyon düzend			IEC-68 standartlarına uygun	
Yükseklik			≤2000m	
Titreşim düzend	DIN RAIL ile sabit		0.5G, 3 boyutta her yönde 2 saat	
	Vida ile bağlanmış		2G, 3 boyutta her yönde 2 saat	
Sarsılma düzend			10G, 3 boyutta her yönde üç kez	
Gürültü düzend			1500 Vp-p, 1µs darbe genişliği	
Dayanma gerilimi			1500VAC, 1 dakika	L N herhangi bir terminale

Güç kaynağı özellikleri — AC Güç Kaynağı

Özellik		10/14 ana Ünite	20/24 ana Ünite	32/40 ana Ünite	60 ana Ünite
Giriş aralığı	Gerilim	100 ~ 240VAC -15%/+10%			
	Frekans	50/60Hz ±5%			
Maks. Güç tüketimi		21W (POW-14)	36W (POW-24)		
Ani Akım		20A @ 264VAC			
İzlen verilen geçici güç kesim süresi		<20mS			
Sigorta sınıfı		2A, 250VAC			

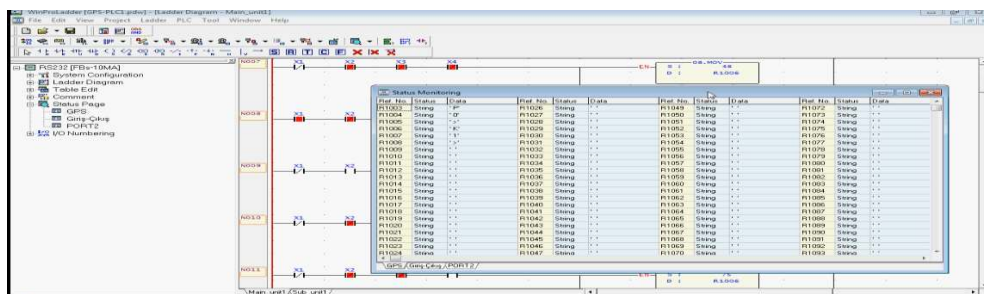
Güç kaynağı özellikleri — DC Güç Kaynağı

Özellik	10/14 ana Ünite	20/24 ana Ünite	32/40 ana Ünite	60 ana Ünite
Giriş aralığı	12VDC/24VDC -15%/+20%			
Maks. Güç tüketimi	15W (DPOW-10)	24W (DPOW-16)		
Ani Akım	20A @ DC24 V			
İzlen verilen geçici güç kesim süresi	<20mS			
Sigorta sınıfı	3.15A, 250VAC			

Ana ünite özellikleri

			Özellik	Not
Erişim hızı			0.33uS/Ardışıl komut	
Program kapasitesi			20K Word	
Program hafızası			FLASH ROM veya SRAM + yedek için Lityum pil	
Ardışıl komut			36 komut	
Fonksiyon komutları			350 komut (140 çeşit)	Türev komutları dahil
Akış diyagramı komutu (SFC)			4 komut	
Haberleşme Arabirimi	Port 0 (RS232 or USB)		Haberleşme hızı 4.8Kbps ~ 921.6Kbps (9.6Kbps)*	
	Port 1 ~ Port 4 (RS232, RS485, Ethernet veya GSM)		Haberleşme hızı 4.8Kbps ~ 921.6Kbps (9.6Kbps)*	FATEK veya Modbus RTU/ASC II Port1 ~ 4 sağlar veya kullanıcı haberleşme protokolünü tanımlar
	Maks.bağlantı istasyonu		254	

			Özellik	Not
Çipin (IC) durumu	X	Giriş kontajı (DI)	X0 – X255 (256)	Hatırlı girişler (bütün)
	Y	Çıkış kontajı (DO)	Y0 – Y255 (256)	Hatırlı çıkışlar (bütün)
	M	Çipin Adı	M0 – M1023 (1024)	Kullanılabilecek adresler
	M	Dahilî Adres	M0 – M1023 (1024)	Kullanılabilecek adresler
	M	Çipin Adı	M0 – M1023 (1024)	Kullanılabilecek adresler
	S	Stop Adres	S0 – S4095 (4096)	S0 – S4095 Kullarılabilecek adresler
	T	Zamanlayıcı "Time-Up" durum kontajı	T0 – T255 (256)	Kullanılabilecek adresler
	C	Sayıc "Count-Up" durum kontajı	C0 – C255 (256)	Kullanılabilecek adresler
	TMR	Zamanlayıcı "Time-Up" durum kontajı	T0 – T255 (256)	Kullanılabilecek adresler
	CTR	Sayıc "Count-Up" durum kontajı	C0 – C255 (256)	Kullanılabilecek adresler
İşlevler (Word) durumu	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
Çipin (IC) durumu	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler
	DB	Data Register	DB0 – DB127 (128)	Kullanılabilecek adresler



PLC ile buton kontrolleri

