

# BİLGİSAYAR DESTEKLİ ORMAN YOLU PLANLAMA MODELİ

Yrd.Doç.Dr. Abdullah E. Akay

KSÜ Orman Fakültesi  
Orman Mühendisliği Bölümü  
Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD  
Kahramanmaraş

Kasım 2007  
Trabzon

## GENEL BİLGİLER

### Orman Yollarının Ana Fonksiyonları

- Ağaçlandırma
- Koruma
- Transport
- Rekreasyon



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## GENEL BİLGİLER

Orman yollarının yapımı ve bakımı, orman ürünlerinin üretiminde en yüksek maliyeteli aktivitelerdendir



Yetersiz veya hatalı planlamalar sonucu orman yolu yapımı, diğer ormancılık aktivitelerden daha fazla çevresel etkiye sebep olabilmektedir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## GENEL BİLGİLER

Orman yollarının planlanmasında sadece toplam yol maliyetini en aza indiren değil aynı zamanda akarsulara taşınan sediment miktarını da azaltan orman yolu güzergahının seçilmesi gerekmektedir

Bir çok alternatif arasından optimum güzergahın seçilebilmesi için bilgisayar destekli planlama modelleri geliştirilmiştir

Neden Bilgisayar ?

- İşlem Hızı
- Geniş Çözüm Alanı
- \$, zaman, personel



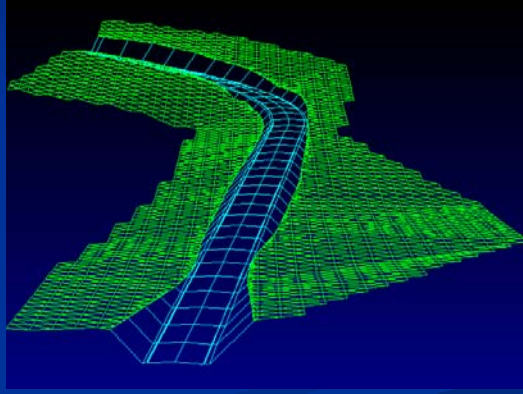
Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## GENEL BİLGİLER

Orman yollarının planlamasında CBS teknikleri

- Verilerin üretimi
- Verilerin analizi
- Güzergahın tespiti
- 2-B veya 3-B gösterim

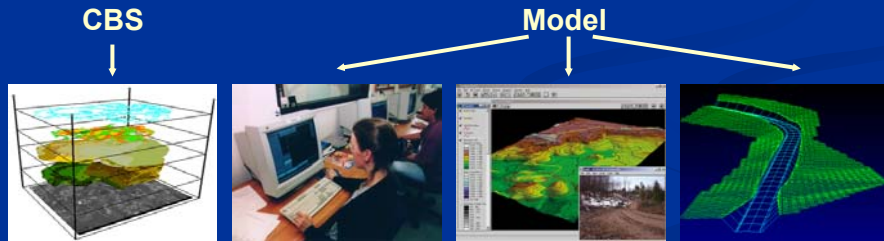


Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## AMAÇ

Bu çalışmada, toplam yol maliyetini en aza indiren ve sediment üretimi ve sürücü güvenliği gibi faktörleri göz önüne alan orman yolu planlama modeli sunulmaktadır



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## ANA BAŞLIKLAR

### Modelin tanıtımı

- Verilerin üretilmesi
- Yol güzergahının oluşturulması
- Kazı ve dolduru hacimlerinin dengelenmesi
- Düşey güzergahın optimizasyonu
- Sediment Hesabı

### Modelin Uygulaması

### Sonuçlar



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

Arazi eğiminin ve diğer topografik özelliklerin tespitinde yüksek-çözünürlükte SYM (1m x 1m)'ne gereksinim vardır

LiDAR (Lazer Tarama Teknolojisi)  
Tabanlı SYM



SYM'nin geliştirilmesi için yüksek hassasiyetteki ölçüm araçlarından (Total Station) yararlanılabilmektedir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

**Toprak katmanı:** Mevcut toprak haritaları ve arazi çalışmalarından toplanan toprak örnekleri değerlendirilerek geliştirilmektedir

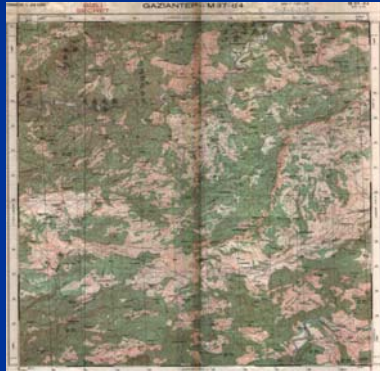


Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

**Dere katmanı:** Mevcut memleket haritaları ve arazi çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilerek geliştirilmektedir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

- Model tarafından okunabilmesi için SYM, arazi yüzeyini temsil eden aralıklı metrik veri noktalarına (X, Y, Z) dönüştürülmektedir

| X (sıra) | Y (sütun) | Z (yükseklik) |
|----------|-----------|---------------|
| 297434   | 172652    | 349 m         |
| 297435   | 172652    | 349 m         |
| 297436   | 172652    | 349 m         |
| 297437   | 172652    | 349 m         |

- Toprak tipini temsil etmek üzere, toprak haritası ASCII formatına dönüştürülerek toprak tipi veri dosyasına 4. sütun olarak eklenmektedir

- Modelde sediment hesaplamaları için gerekli olan dere bilgileri, binary formatında (0; 1) veri dosyasına ilave edilmektedir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

### Veri Tabanı:

```
fscanf(fp, "%d %d %f %d %d\n", &col, &row, &height, &soil, &str);
```

```
h[i*DX+j] = height;
```

```
type[i*DX+j] = soil*10+str;
```

| Toprak Tipi |   |   |   |   |   | Dere   |   |   |   |   |   | Veri Tabanı |   |    |    |    |    |    |    |
|-------------|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|-------------|---|----|----|----|----|----|----|
| 1           | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | x 10 + | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1           | = | 10 | 10 | 40 | 40 | 41 | 41 |
| 1           | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 |        | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0           |   | 10 | 10 | 10 | 41 | 40 | 40 |
| 1           | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 |        | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0           |   | 10 | 10 | 11 | 40 | 40 | 40 |
| 2           | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |        | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0           |   | 20 | 20 | 41 | 40 | 40 | 40 |
| 2           | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |        | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0           |   | 20 | 20 | 21 | 40 | 40 | 40 |
| 2           | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |        | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0           |   | 20 | 21 | 20 | 20 | 40 | 40 |



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## VERİLER

Yol planlamada gerekli olan diğer veriler:

- Yol verileri: Yol standardı, yüzeysel kaplama tipi, orman yolu profili spesifikasyonları, yol istasyonları arasındaki mesafe, ortalama araç hızı, araç spesifikasyonları ve trafik yoğunluğu
- Ekonomik veriler: Yol yapım ve bakım aktivitelerinin birim masrafları ve kullanılan araçların saatlik masrafları
- Lokal bilgiler: Toprak kabarma ve sıkışma faktörleri, arazi yüzeyini kaplayan vejetasyon tipi, jeolojik bilgiler, ağaç bilgileri ve yol yapımında gerekli materyallerin temin edildiği kaynaklara uzaklık



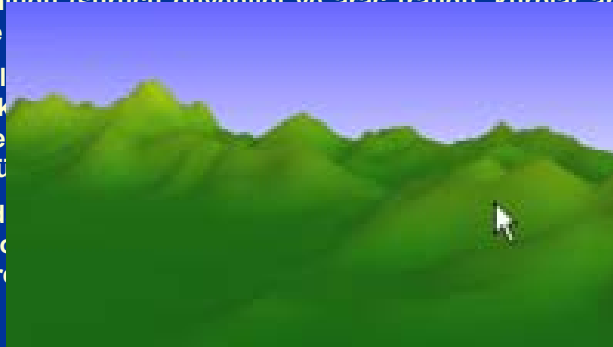
Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## YOL GÜZERGAHI

2-B veya 3-B SYM üzerinde yerleştirilen kontrol noktaları yardımıyla yolun başlangıç ve sonuç noktaları arasına yol güzergahı belirlenir

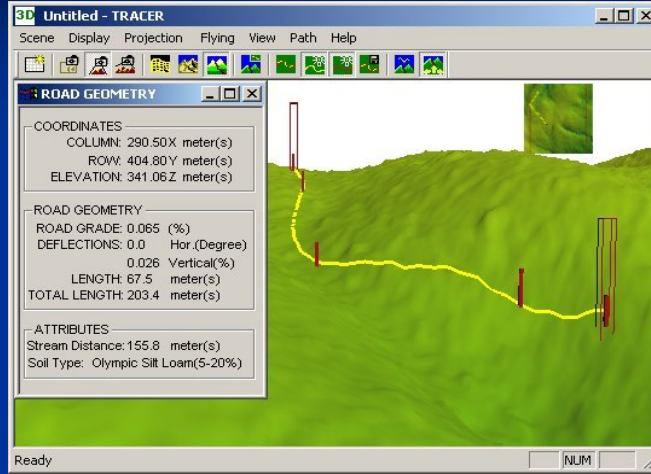
- Geometrik dizayn şartları: Yol eğimi, yatay kurp yarıçapı, düşey kurp uzunluğu (sürüş güvenliği ve araç trafiği), kurplar arasındaki mesafe ve (i)
- Çevresel: Yol eğimi, minimum kazı ve
- Model d: Şuluyula, kesitleri



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

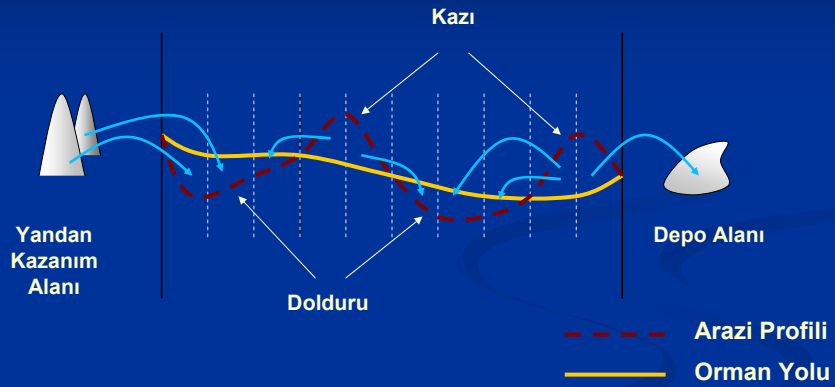
## YOL GÜZERGAHI



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## KAZI VE DOLDURU DENGESİ



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## KAZI VE DOLDURU DENGESİ

- Kazı ve dolgu hacminin ekonomik dağılımında Mayer ve Stark (1981)'in Doğrusal Programlama (DP) yaklaşımı kullanılmaktadır
- Simpleks algoritması dikkate alınarak DP kotları modele entegre edilmiştir
- DP orman yolu boyunca toprak karakterlerinin değişkenlik gösterdiği durumlarda kazı ve dolduru dağılımını diğer yöntemlerden daha iyi temsil etmektedir
- Kazı, dolduru ve taşıma aktivitelerinin birim fiyatları yol güzergahındaki toprak tiplerine göre değişmektedir
- Hacim hesaplarında toprağın kabarma ve sıkışma faktörleri göz önünde tutulmaktadır



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## GÜZERGAHIN OPTİMİZASYONU

- Başlangıç güzergahı oluşturulduktan sonra, güzergah alternatifleri ilk düşey güzergahın “sezgisel” bir yöntem olan Simulated Annealing (SA) yardımıyla sistematik olarak değiştirilmesi yoluyla oluşturulmaktadır
- SA yöntemi metalürjik bir fenomene dayanır
- Katı materyal önce ısıtılırlar ve daha sonra bu materyalden en iyi ürünü üretmek için aşamalı olarak ve yavaş yavaş soğutulur
- SA birçok değişik disiplin tarafından kullanılmaktadır



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

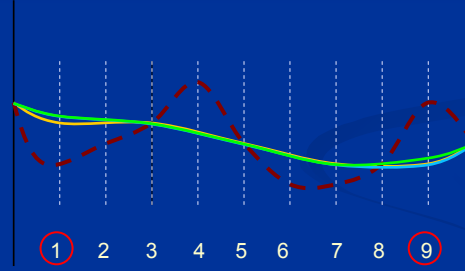
Orman Mühendisliği Bölümü

## GÜZERGAHIN OPTİMİZASYONU

Optimizasyon sürecinde, model güzergah üzerinde yer alan kontrol noktalarından rastlantısal olarak seçilen herhangi bir kontrol noktasının yüksekliğini önceden belirlenmiş ölçü aralıklarına bağlı kalarak değiştirir



Yandan  
Kazanım  
Alanı



Depo Alanı



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## SEDİMENT MODELİ

- CBS tabanlı SEDMODL2'in metodolojisi kullanılmıştır
- Modelde yol yüzeyi sedimenti ve kazı sevi sedimenti dikkate alınmaktadır
- Dolduru sevi ihmal edilmiştir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## SEDİMENT MODELİ

- SEDMODL2 erozyon faktörleri arasındaki deneysel ilişkilere ve orman yollarında yapılan arazi ölçümlerine bağlı olarak geliştirilmiştir
- Sediment faktörleri: Jeolojik erozyon oranı, yol yüzey kaplaması faktörü, trafik faktörü, yol uzunluğu ve genişliği, yol eğimi faktörü, yağış faktörü, sediment ulaştırma faktörü, kazı şevi koruma örtüsü faktörü ve kazı şevi yüksekliği
- Erozyon faktörlerinin değerleri model tarafından sağlanan tablolarda verilmiştir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## SEDİMENT HESABI

### Sediment Ulaştırma Faktörü

- Yollardan kaynaklanan toplam sedimentin derelere ulaşan yüzdesini tahmin etmek için modelde sediment ulaştırma faktörü kullanılmıştır
- Bu faktör dere ve yollar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir:

| Derelere<br>Uzaklık (m) | Sediment Ulaştırma<br>Faktörü |
|-------------------------|-------------------------------|
| Dere geçişleri          | 1.00                          |
| ≤ 30                    | 0.35                          |
| 30 - 60                 | 0.10                          |
| > 60                    | 0.00                          |



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## MODELİN UYGULAMASI

- Çalışma alanı KSÜ Başkonuş Araştırma ve Uygulama Ormanı'ndan seçilmiştir
- Çalışma alanında B-tipi tali orman yolu ve ham yol ile ana ve yan dereler mevcuttur
- Ağaç türleri: Kızılçam, Karaçam ve Gökmar
- Çalışma alanı: 15 ha (boyutları 375 m X 400 m)
- Ortalama arazi yüksekliği: 1298 m
- Ortalama eğim: % 26



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## MODELİN UYGULAMASI

Çalışma alanının yüksek-çözünürlükteki SYM'ini üretmek için, Total Station cihazı ile bölgede toplam 563 noktadan x, y ve z alımı yapılmıştır

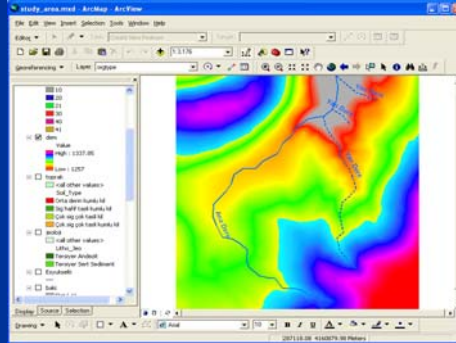


Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## MODELİN UYGULAMASI

- Çalışma alanına ait toprak ve dere katmanlarını oluşturmak için arazide bir dizi çalışma yapılmıştır
- Daha sonra, toprak ve dere katmanları oluşturulmuştur

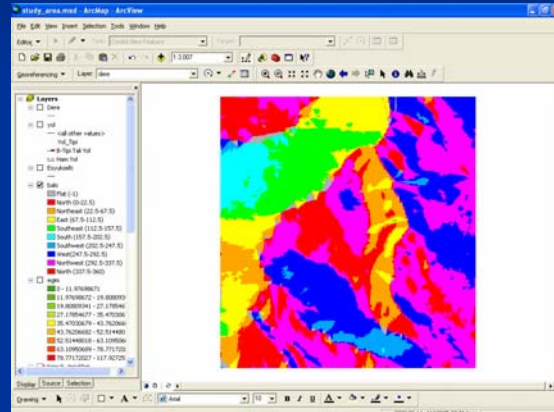


Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## MODELİN UYGULAMASI

Daha sonra, diğer CBS veri katmanları oluşturulmuştur



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## MODELİN UYGULAMASI

CBS verileri tamamlandıktan sonra yol planlama standartları, ekonomik veriler ve lokal bilgiler modele girilmiştir

| Standartlar                               | Degerler  |
|-------------------------------------------|-----------|
| Platform genişliği (m)                    | 4 m       |
| Şerit genişliği                           | 3 m       |
| Banket genişliği (her iki taraftan)       | 0,5 m     |
| Hendek genişliği                          | 1 m       |
| Kazı şev oranı                            | 1:1 – 1:2 |
| Dolduru şev oranı                         | 1:1 – 2:3 |
| Enine kesitler arasındaki ortalama mesafe | 6 m       |
| Minimum yatay kurp yarıçapı               | 20 m      |
| Minimum düşey kurp uzunluğu               | 15 m      |
| Düşey kurplarda minimum eğim değişimi     | % 5       |
| Minimum yol eğimi                         | ± % 2     |
| Maksimum ters yol eğimi                   | – % 8     |
| Maksimum yol eğimi                        | % 12      |

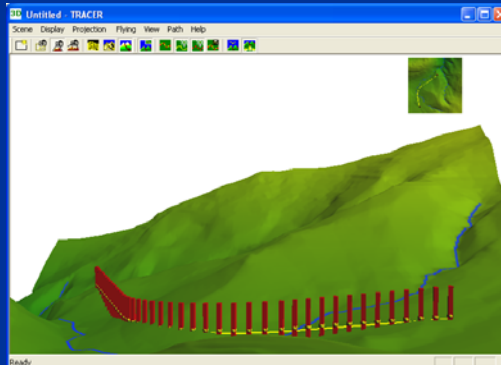


Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## BULGULAR

Daha sonra, arazinin 2-B ve 3-B görüntüsü üzerinde yerleştirilen kontrol noktaları yardımıyla, B-tipi tali orman yolu standardında bir yol güzergahı geliştirilmiştir



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## BULGULAR

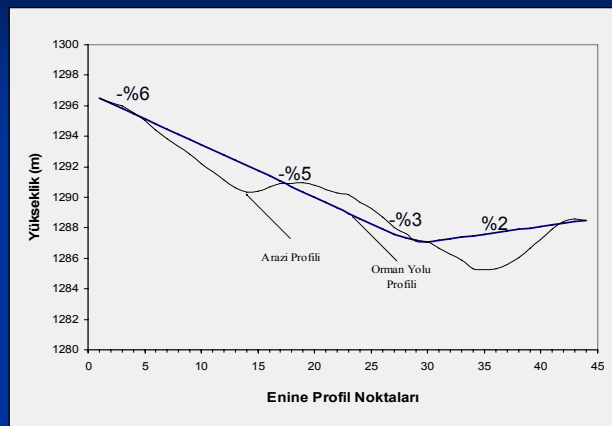
- Model, 1200 alternatif güzergah arasından yol standartlarını sağlayan 74 adet kabul edilebilir alternatif güzergahı değerlendirmiştir
- Modelin geliştirdiği yaklaşık 280 m uzunluğundaki optimum orman yolunun birim maliyeti 34.32 YTL/m'dir
- Yoldan dereye ulaşan sediment üretimi 3.26 ton/km'dir
- Yol yapım, bakım ve transport maliyeti sırası ile 7657,38 YTL, 1030,08 YTL ve 923,07 YTL olarak bulunmuştur
- En yüksek maliyete sahip yol yapım çalışmaları zemin tesviye (%73) ve üst yapı çalışmaları (%23) olmuştur



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## BULGULAR



Optimum orman yolu güzergahının boyuna profili



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

## SONUÇLAR

• Bu çalışmada, Türkiye'deki yol dizayn spesifikasyonlarını, ekonomik dataaları ve orman özelliklerini dikkate alarak, modern optimizasyon yöntemleri ve CBS teknolojisi destekli bir orman yolu modeli sunulmuştur

Modelin Orman Yol Planlamasına Katkıları:

- Otomasyon: Güzergah, kurp, enine profil, maliyet ve sediment
- Uygulanabilir Planlama: Teknik, ekonomik ve çevresel faktörler
- Hızlı Alternatifler: 3-B SYM, interaktif nokta seçimi ve gerçek zamanlı veri alış verişi
- Minimum Maliyet: Optimizasyon yöntemleri (DP ve SA)



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü

*Teşekkürler...*

Abdullah E. AKAY

[akay@ksu.edu.tr](mailto:akay@ksu.edu.tr)



Orman İnşaatı, Jeodezi ve Fotogrametri ABD

Orman Mühendisliği Bölümü