

CBS TABANLI KARAR DESTEKLEME SİSTEMİ İLE ORMAN ÜRÜNLERİ NAKLİYATININ PLANLANMASI

Abdullah E. AKAY¹, Dursun ŞAKAR

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, 46060 K.Maraş, akay@ksu.edu.tr

ÖZET

Orman ürünlerinin nakliyatı çok sayıda alternatif güzergahın değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir. Bu durum, orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ve optimum güzergahın sistematik olarak araştırılmasında bilgisayar destekli yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, orman ürünlerinin nakliyat maliyetini en aza indiren güzergahın belirlenmesi amacıyla, CBS tabanlı karar destekleme sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. ArcGIS 9.2 platformunda "Ağ Analist" eklentisi altında yer alan ağ analizi yöntemi uygulanmıştır. Sistemin uygulamasında, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Andırın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki iki orman işletme şefliğinde (Andırın Merkez ve Yeşilova) yer alan yol ağı verileri kullanılmıştır. Andırın Orman İşletme Müdürlüğü'nde bulunan iki ayrı orman deposu (Kurucaova ve Tokmaklı) dikkate alınarak, orman ürünlerinin nakliyatında birim maliyeti en aza indiren optimum güzergah araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman ürünleri nakliyatı, CBS, Ağ Analist eklentisi

PLANNING TRANSPORTATION OF FOREST PRODUCTS BY USING GIS BASED DECISION SUPPORT SYSTEM

ABSTRACT

Transportation of forest products is a complex problem that requires evaluation of many alternative routes. This indicates the necessity of using computer-assisted methods in planning transportation of forest products and systematically searching for the optimum route. In this study, an application of GIS based decision support system was implemented to determine the optimum route that minimized the total cost of transporting forest products. The network analyst method under "Network Analyst" extension of ArcGIS 9.2 platform was applied. The road network data of two Forest Enterprise Chiefs (Andırın and Yeşilova) from Forest Regional Directorate of Kahramanmaraş, Forest Enterprise Directorate of Andırın were considered in execution of the system. The optimum route that minimized the unit cost in transportation of forest products was investigated by considering two different forest depots (Kurucaova ve Tokmaklı) in Forest Enterprise Directorate of Andırın.

Key words: Transportation of forest products, GIS, Network Analyst extension

1. GİRİŞ

Orman ürünlerinin üretimi sırasında gerçekleşen iş aşamaları (üretim, bölmeden çıkarma, nakliyat) birbirleri arasında ve kendi içlerinde uyumlu ve etkin bir şekilde planlanmalıdır. Orman ürünlerinin üretimi aşamaları arasında toplam maliyetin önemli bir kısmını (yaklaşık %40) orman ürünlerinin nakliyatı oluşturmaktadır (Acar, 1998). Bu nedenle, rampalarda toplanan ve istiflenen orman ürünlerin kamyonlarla orman depolarına ulaştırılması süreci olarak tanımlanan uzak nakliyat aşamasının ekonomik açıdan etkin bir şekilde planlanması gerekmektedir (Akay ve Erdaş, 2007).

Kamyonla nakliyatın planlanmasında, toplam maliyeti en aza indiren optimum güzergahın belirlenebilmesi için çok sayıda alternatif güzergahın sistematik olarak araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, nakliyat maliyetini etkileyen ana faktörler de (aracın saatlik birim maliyeti, araç hızı, taşıma kapasitesi, yol tipi, yolun uzunluğu ve yolun durumu) çözüm aşamasında dikkate alınmalıdır. Bütün bunlar, orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ve optimum güzergahın belirlenmesinde bilgisayar destekli sistemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

En düşük maliyetli mesafenin bulunmasını gerektiren bu tip nakliyat problemlerinin çözümünü amaçlayan çeşitli matematiksel yöntemler ve bilgisayar programları geliştirilmiştir. Nakliyat problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan matematiksel yöntemler arasında ağ analizi, doğrusal programlama ve sezgisel metotlar yer almaktadır. Bu yöntemleri temel alan bilgisayar programlarından bazıları orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında günümüzde de hala kullanılmaktadır (FORPLAN, SNAP, NETWORK 2001). FORPLAN programı, fonksiyonel planlama ile arazi kullanım planlamasını bir arada gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmiştir. (Johnson vd., 1987). Sessions and Sessions (1993) tarafında geliştirilen SNAP programı, orman ürünlerinin zamana bağlı üretiminin düzenlenmesini ve nakliyat planının geliştirilmesini amaçlamıştır. NETWORK 2001 (Chung ve Sessions, 2001) programı, planlayıcılara nakliyat problemlerinin çözümünde çoklu zaman periyotlarını ve orman ürünlerini değerlendirme imkanı sağlamıştır.

Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, nakliyat problemlerinin çözümünde CBS yazılımlarının ağ analizi tabanlı bazı modüllerinin (Ağ Analist) kullanılmasına imkan sağlamıştır (Yıldırım ve Yomralıoğlu, 2002).

Akay ve Şakar (2009), yangın ilk müdahale ekiplerinin yangın sahasına en kısa sürede ulaşımını sağlayacak optimum güzergahın belirlenmesi amacı ile ArcGIS 9.2 yazılımının Ağ Analist (Network Analyst) eklentisini kullanmışlardır. Bu çalışmada, Ağ Analist eklentisi kullanılarak orman ürünlerinin nakliyat maliyetini en aza indiren güzergahın belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Andırın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki Andırın Merkez ve Yeşilova Orman İşletme Şeflikleri'ni kapsamaktadır. Bir işletme şefliğinde üretilen orman ürünleri işletmeler arasındaki mutabakat çerçevesinde başka bir işletmenin deposuna taşınabilmekte ve orada istiflenerek ihale edilebilmektedir (Akay ve Erdaş, 2007). Bu nedenle, Yeşilova Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan ancak lokasyon itibarı ile komşu işletme olan Andırın Merkez İşletme Şefliği sınırlarına yakın bölmelerde (Bölme No: 160, 161 ve 162) gerçekleştirilen kızılçam üretiminden elde edilen orman ürünlerinin nakliyatında, Andırın Merkez'deki depo da değerlendirmeye dahil edilmiştir (Şekil 1).

Üretimin gerçekleştiği bölmeler ve üretilen orman ürünlerinin (tomruk, maden direği ve sanayi odunu) miktarı Çizelge 1'de gösterilmiştir. Üretilen ürünler bölmeden çıkarma aşamasından sonra 160'nolu bölmede yer alan rampaya istiflenmiştir. Orman ürünlerinin orman depolarındaki (Andırın Merkez'de Kurucaova Orman Deposu ve

Yeşilova'da Tokmaklı Orman Deposu) ortalama satış fiyatları Andırın İşletme Müdürlüğünden temin edilmiş ve planlamada dikkate alınmıştır (Çizelge 2).



Şekil 1. Çalışma alanı ve üretim yapılan bölmeler

Çizelge 1. Orman ürünlerinin bölmelere göre üretim miktarları

Bölme No	Tomruk (m ³)	Maden Direği (m ³)	Sanayi (m ³)	Toplam (m ³)
160	271,412	59,288	39,953	370,653
161	503,747	54,399	31,589	589,735
162	122,402	69,841	5,687	197,930
Toplam	897,561	183,528	77,229	1158,318

Çizelge 2. Orman ürünlerinin 2009 yılı ortalama depo satış fiyatları

Orman Depoları	Tomruk (TL/m ³)	Maden Direği (TL/m ³)	Sanayi (TL/m ³)
Tomaklı	135	110	120
Kurucaova	148	103	131

Ağ Analist Uygulaması

ArcGIS 9.2'nin eklentilerinden Ağ Analist, ağ analizi yöntemini temel alarak bir ağ sisteminde optimum güzergahın belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Ağ analizi yönteminde, ağ sistemini linkler (arc) ve linklerin kesiştiği düğüm noktaları (node) oluşturmaktadır (Akay ve Şakar, 2009). Bu yöntemde, en kısa yol link değerleri toplamının en az olduğu güzergahın bulunması ile araştırılmaktadır (Akay vd., 2006). Bu çalışmada, yol ağında yer alan linkler yol seksiyonlarını ve her bir link değeri ise ilgili yol seksiyonu için nakliyat maliyetini temsil etmektedir. Yol seksiyonlarının birim nakliyat maliyetleri, yol ağı veri katmanının öz nitelik tablosunda "Maliyet" sütunu olarak eklenmiştir.

Ağ Analist eklentisinin temel veri katmanı olan yol ağı veri katmanı, 1:25000 ölçekli topografik haritalar yardımı ile ArcGIS 9.2 ortamında sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma sırasında yol ağı veri katmanının öz nitelik tablosunda her bir yol seksiyonu için yol tipi (asfalt, stabilize ve orman yolu) ve yol durumu (iyi, orta ve kötü) bilgileri girilmiştir. Daha sonra, yol tipi ve durumu sorgulanarak linklerin ortalama ulaşım hızı (km/saat) belirlenmiştir. Çalışma alanı sınırlarında kalan asfalt, stabilize ve orman yolları için ortalama ulaşım hızı yol durumuna (iyi-orta-kötü) göre sırası ile 60-50-40 km/saat, 40-30-20 km/saat ve 25-20-15 km/saat olarak alınmıştır. Her bir yol seksiyonu için birim nakliyat maliyeti (YTL/m³); kamyonun saatlik birim maliyetine (YTL/saat), kamyonun yük kapasitesine (m³) ve kamyon çalışma zamanına (saat) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Akay ve Erdaş, 2007):

$$BNM_i = \frac{KBM}{\left(\frac{YK}{KÇZ_i} \right)} \quad (1)$$

BNM_i : i linki için birim nakliyat maliyeti (YTL/m³)

KBM : Kamyonun saatlik birim maliyeti (YTL/saat)

YK : Kamyonun yük kapasitesi (m³)

KÇZ_i : i linki için toplam kamyon çalışma zamanı (saat)

Nakliyatta kullanılan kamyonların saatlik birim maliyeti ortalama 32 YTL/saat olarak belirlenmiştir. Bölgede kullanılan kamyonların ortalama yük kapasitesi ise yaklaşık 15 m³'dür. Formül 1'de yer alan kamyon çalışma zamanı ise aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$KÇZ_i = \frac{2U_i}{OH_i} (1 + KZ_i) \quad (2)$$

U_i : i linkinin gidiş-dönüş uzunluğu (km)

OH_i : i linki için ortalama kamyon ulaşım hızı (km/saat)

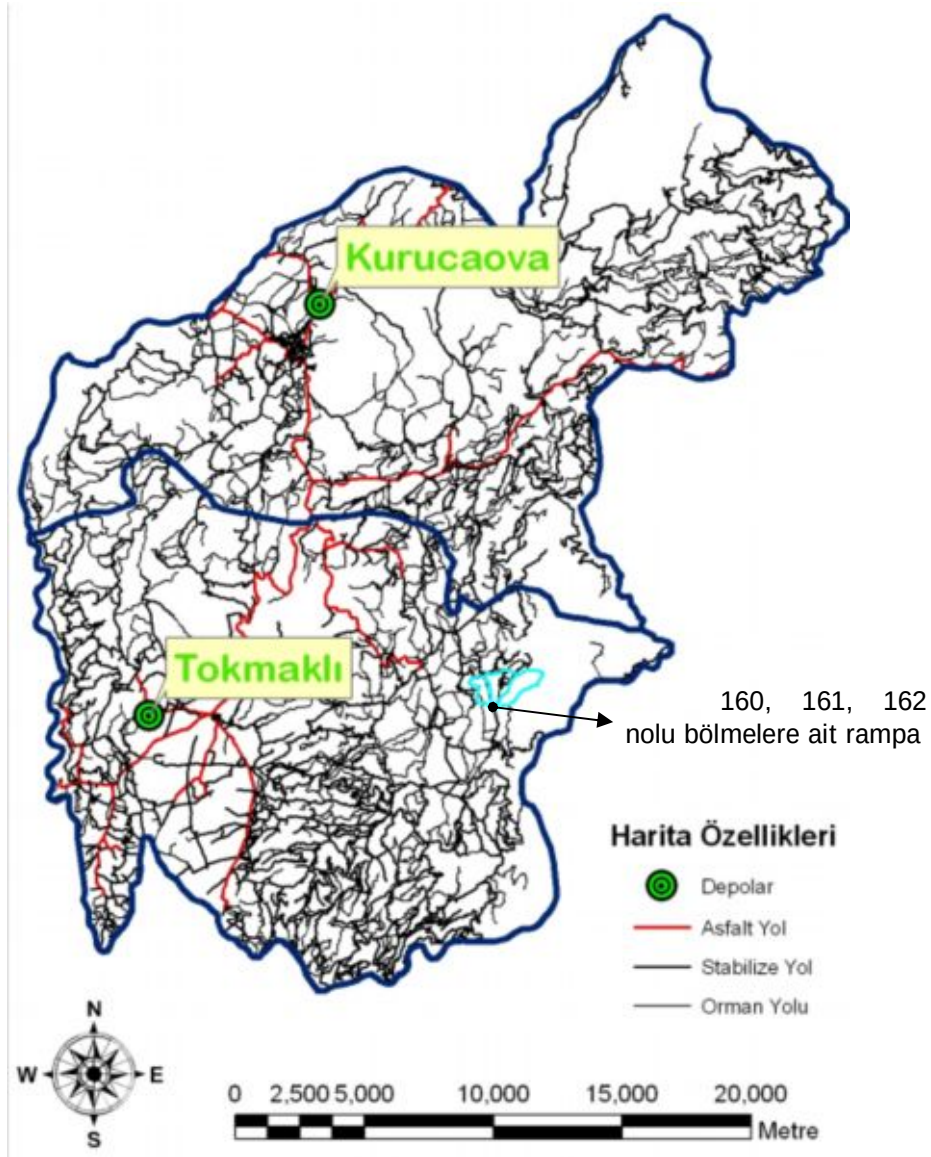
KZ_i : i linki için kayıp zaman (asfalt: %5, stabilize; %10 ve orman yolları; %15)

Her bir yol seksiyonu için birim nakliyat maliyeti ve kamyon çalışma zamanı, yol ağı veri katmanının öz nitelik tablosundaki seçenekler menüsünde yer alan "Field Calculator" kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Son olarak, üretimin gerçekleştiği bölgelere ait

rampanın ve orman depolarının lokasyonlarını gösteren veri katmanları üretilmiş ve yol ağı veri katmanı ile çakıştırılmıştır (Şekil 3).

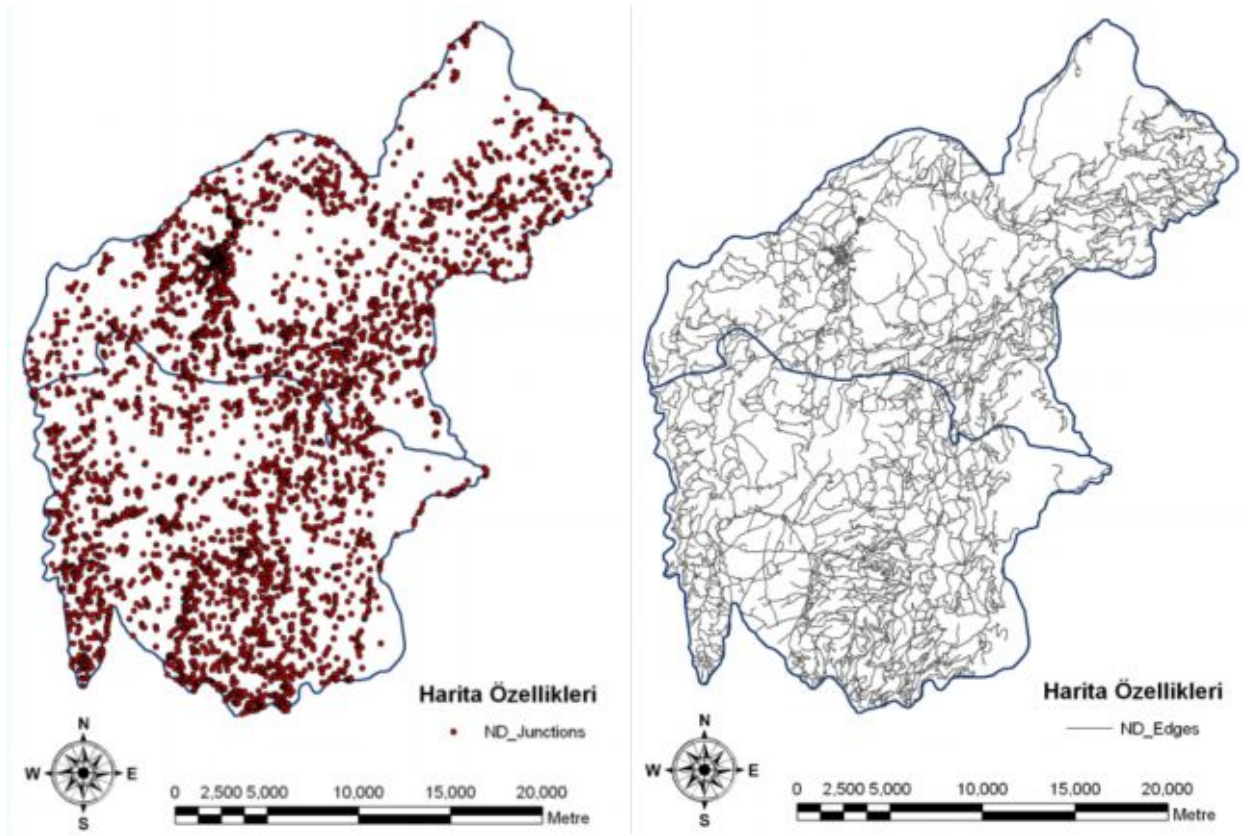
Attributes of Yollar								
Yol_Tipi	SHAPE_Leng	Uzunluk_km	Yol_Durum	Araç_Hızı	Kayıp_zama	Çalışma_Za	Maliyet	
Stabilize Yol	767.230252	0.76723	iyi	40	10	0.042198	0.090022	
Stabilize Yol	1611.633695	1.611634	iyi	40	10	0.08864	0.189098	
Stabilize Yol	656.116253	0.656116	orta	30	10	0.048115	0.102646	
Stabilize Yol	535.167979	0.535168	iyi	40	10	0.029434	0.062793	
Stabilize Yol	428.319648	0.42832	iyi	40	10	0.023558	0.050256	
Stabilize Yol	1937.669553	1.93767	iyi	40	10	0.106572	0.227353	
Stabilize Yol	1213.343021	1.213343	iyi	40	10	0.066734	0.142366	
Stabilize Yol	473.136183	0.473136	iyi	40	10	0.026022	0.055515	
Stabilize Yol	1776.162469	1.776162	iyi	40	10	0.097689	0.208403	
Orman Yolu	497.46109	0.497461	orta	20	15	0.057208	0.122044	
Orman Yolu	583.301641	0.583302	orta	20	15	0.06708	0.143103	
Orman Yolu	890.984606	0.890985	orta	20	15	0.102463	0.218588	
Orman Yolu	554.41031	0.55441	orta	20	15	0.063757	0.136015	
Orman Yolu	543.919181	0.543919	iyi	25	15	0.050041	0.106753	
Orman Yolu	56.123028	0.056123	iyi	25	15	0.005163	0.011015	
Orman Yolu	275.797448	0.275797	iyi	25	15	0.025373	0.05413	
Stabilize Yol	204.741506	0.204742	iyi	40	10	0.011261	0.024023	
Orman Yolu	518.491544	0.518492	iyi	25	15	0.047701	0.101763	
Asfalt Yol	60.002831	0.060003	iyi	60	5	0.0021	0.00448	
Asfalt Yol	311.4235	0.311424	iyi	60	5	0.0109	0.023253	
Asfalt Yol	483.766486	0.483766	iyi	60	5	0.016932	0.036121	
Asfalt Yol	96.374251	0.096374	iyi	60	5	0.003373	0.007196	
Asfalt Yol	569.625937	0.569626	iyi	60	5	0.019937	0.042532	
Asfalt Yol	1230.450351	1.23045	iyi	60	5	0.043066	0.091874	
Asfalt Yol	1635.366284	1.635366	iyi	60	5	0.057238	0.122107	
Asfalt Yol	378.637179	0.378637	iyi	60	5	0.013252	0.028272	
Asfalt Yol	1210.252126	1.210252	iyi	60	5	0.042359	0.090365	
Asfalt Yol	177.120619	0.177121	iyi	60	5	0.006199	0.013225	
Asfalt Yol	85.080043	0.08508	iyi	60	5	0.002978	0.006353	
Asfalt Yol	327.443374	0.327443	iyi	60	5	0.011461	0.024449	
Asfalt Yol	590.858185	0.590858	iyi	60	5	0.02068	0.044117	

Şekil 2. Yol ağı veri katmanına ait öz nitelik tablosu



Şekil 3. Yol ağı veri katmanı, orman depoları ve rampa noktası

Ağ analizi için gerekli veri hazırlandıktan sonra, rampa noktasından orman depolarına en ekonomik ulaşımı sağlayacak optimum güzergahın belirlenmesi amacı ile ArcGIS 9.2 platformunda Ağ Analist eklentisi kullanılmıştır. İlk olarak, ArcGIS 9.2 yazılımında “ArcCatalog” modülü kullanılarak özel bir ağ veritabanı (Personal Geodatabase) tanımlanmıştır. Ağ sisteminde yer alacak linklerin değerlerini (birim nakliyat maliyeti) bünyesinde içeren yol ağı veri katmanı özel ağ veritabanına yüklenerek yeni bir ağ veri seti (Network Dataset) geliştirilmiştir. Daha sonra, ağ veri seti kullanılarak düğüm noktası (ND_Junctions) ve link (ND_Edges) dosyaları üretilmiştir (Şekil 4).

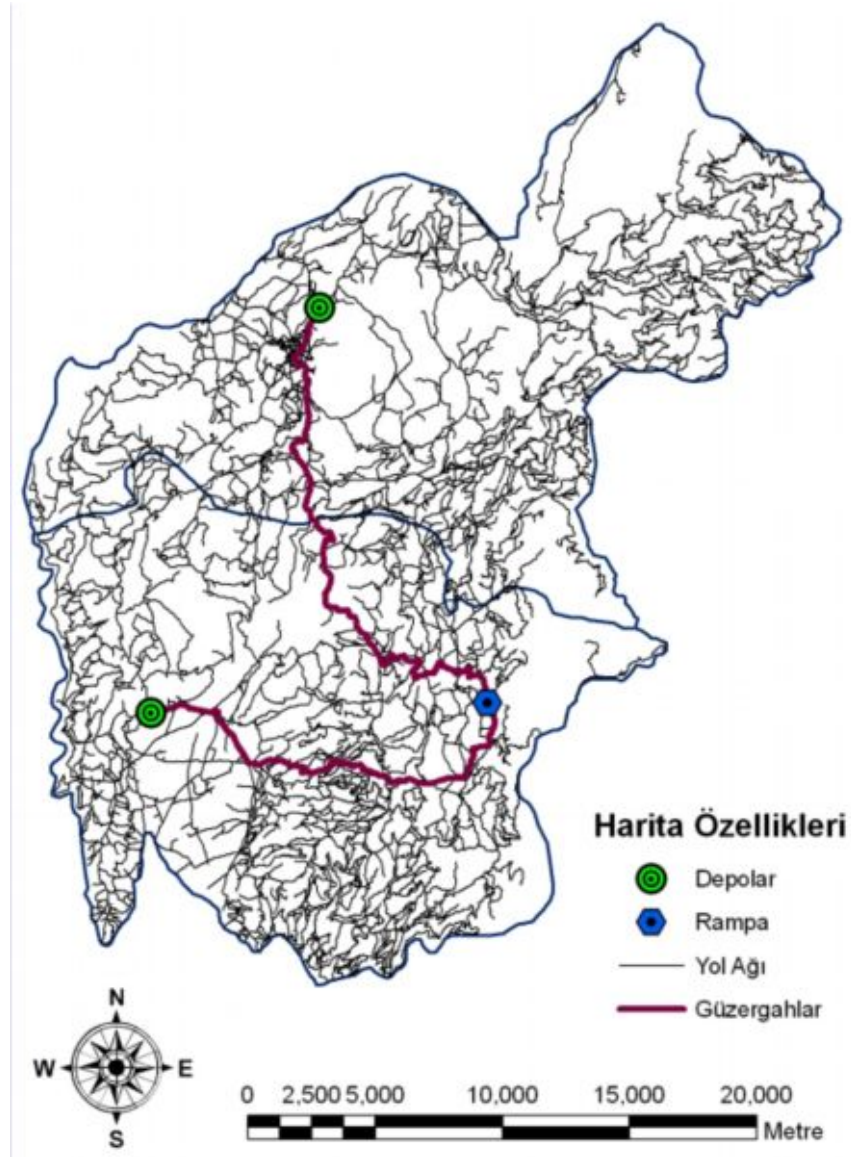


Şekil 4. Ağ veri seti kullanılarak üretilen düğüm noktası (sol) ve link (sağ) dosyaları

Ağ veri seti üretildikten sonra, ArcGIS 9.2 yazılımında “ArcMap” modülünde yer alan Ağ Analist eklentisi kullanılarak ağ analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ağ Analist eklentisi altında, optimum güzergahın seçilmesi (New Route), yakınlık analizi (New Closest Facility), en uygun servis alanının belirlenmesi (New Service Area) ve maliyet matrisi (New OD Cost Matrix) gibi ağ analizi yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada yakınlık analizi yöntemi kullanılarak, orman ürünlerinin rampa noktasından hangi orman deposuna en düşük nakliyat maliyeti ile ulaşacağı araştırılmış ve izlenilecek optimum güzergahın belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, birim nakliyat maliyeti ve orman ürünlerinin depolardaki ortalama satış fiyatları dikkate alınarak, net karı en yüksek optimum güzergah ve satış deposu da belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Uygulama sonucunda her iki orman deposu için geliştirilen nakliyat güzergahları Şekil 5’de gösterilmiştir. Sonuçlara göre, rampa ile Tokmaklı Orman Deposu arasındaki optimum güzergahın toplam uzunluğu 19,71 km, rampa ile Kurucaova Orman Deposu arasındaki optimum güzergahın toplam uzunluğu ise 26,20 km bulunmuştur.



Şekil 5. Her iki orman deposu için geliştirilen optimum nakliyat güzergahları

Orman ürünlerinin örnek rampa noktasından Yeşilova Orman İşletmesi'nde yer alan Tokmaklı Orman Deposu'na taşınması durumunda birim nakliyat maliyeti $2,22 \text{ TL/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Orman ürünlerinin Andırın Merkez İşletme Şefliği'nde yer alan Kurucaova Orman Deposu'na taşındığı düşünüldüğünde ise birim maliyet $2,35 \text{ TL/m}^3$ bulunmuştur. Üretilen orman ürünlerinin tamamının ($1158,318 \text{ m}^3$) bir depoya taşındığı kabul edildiğinde, toplam nakliyat maliyeti Tokmaklı ve Kurucaova Orman Depoları için sırası ile $2571,47 \text{ TL/m}^3$ ve $2722,05 \text{ TL/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, bu ürünlerinin tamamının bir orman deposunda satılması durumunda elde edilecek toplam net kar, Tokmaklı ve Kurucaova Orman Depoları için sırası ile $148054,83 \text{ TL}$ ve $159137,36 \text{ TL}$ bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Orman depolarına göre toplam nakliyat maliyeti, orman ürünlerinden elde edilen toplam satış gelirleri ve toplam net kar

Orman Depoları	Nakliyat Maliyeti (TL)	Toplam Satış Gelirleri (TL)			Toplam Net Kar (TL)
		Tomruk	Maden Direği	Sanayi	
Tomaklı	2571,47	121170,74	20188,08	9267,48	148054,83
Kurucaova	2722,05	132839,03	18903,38	10117,00	159137,36

Sonuçlar, orman ürünlerinin tamamının Kurucaova Orman Deposu'na taşınması durumunda, toplam net karın 11082,53 TL artacağını göstermiştir. Diğer taraftan, maden direğinin Tokmaklı Orman Deposu'ndaki ortalama satış fiyatının Kurucaova Orman Deposu'ndan daha fazla olduğu dikkate alınarak, toplam net karı maksimize edecek yeni bir nakliyat konfigürasyonu geliştirilmiştir. Bu konfigürasyonda, tomruk ve sanayi odunu Kurucaova Orman Deposu'na, maden direği ise Tokmaklı Orman Deposu'na taşınması suretiyle toplam net kar 1308,55 TL artarak 160445,92 TL'ye çıkarılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toplam net karı maksimize eden nakliyat konfigürasyonu

Orman Ürünleri	Orman Depoları	Maliyet (TL)	Satış Geliri (TL)	Net Kar (TL)
Tomruk	Kurucaova	2109,27	132839,03	130729,76
Maden Direği	Tokmaklı	407,43	20188,08	19780,65
Sanayi	Kurucaova	181,49	10117,00	9935,51
Toplam		2698,19	163144,11	160445,92

4. SONUÇLAR

Orman ürünlerinin üretiminde toplam maliyetin önemli bir bölümünü oluşturan kamyonla nakliyatının etkin bir şekilde planlanması gerekmektedir. Özellikle orman ürünleri üretiminin yoğun olduğu bölgelerde, optimum nakliyat güzergahının bilgisayar destekli yöntemlerle belirlenmesi nakliyat maliyetinde önemli oranda tasarruf sağlayacaktır. Bu çalışmada, ArcGIS 9.2 yazılımında Ağ Analist eklentisi kullanılarak, farklı orman ürünlerinin kamyonla nakliyatında birim maliyeti en aza indiren optimum güzergahın belirlenmesi amacıyla, CBS tabanlı bir karar destekleme sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamada, bir rampa noktası ile iki orman deposu arasındaki optimum güzergahlar ayrı ayrı belirlenmiş ve birim nakliyat maliyetini minimize eden güzergah seçilmiştir. Ayrıca, orman ürünlerinin depolardaki satış fiyatlarının farklı olduğu dikkate alınarak, her bir orman ürünü için toplam net karın en yüksek olduğu orman deposu belirlenmiştir. Böylece, üretimin gerçekleştiği orman işletmesinin farklı orman depolarını değerlendirmesi durumunda, orman ürünlerinin üretiminde elde edilebilecek toplam net kar artışı hesaplanmıştır.

Sonuçlara göre, birim nakliyat maliyeti üzerinde etkili olan en önemli faktörler arasında nakliyatta kullanılan kamyonun çalışma zamanı, saatlik birim maliyeti ve yük kapasitesi yer almaktadır. Çalışma zamanı, ortalama kamyon ulaşım hızına ve dolayısı ile yolun tipine ve durumuna (eğim, kurp sayısı vb.) bağlı olarak değişmektedir. Nakliyatta yüksek performanslı kamyonların kullanılması ve yol standartları ile yol durumunun iyileştirilmesi halinde, ulaşım hızı artacak ve bu böylece çalışma zamanı azalacaktır. Ayrıca, yolun uzunluğu ve taşıma sırasında meydana gelebilecek ortalama kayıp zaman da (yol durumuna, kamyon performansına ve kamyon sürücüsüne bağlı olarak) kamyon çalışma

zamanını etkilemektedir. Son olarak, yük kapasitesi yüksek kamyonların kullanılması birim nakliyat maliyetini azaltacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Acar, H.H., (1998), Artvin Orman İşletme Müdürlüğünde kamyonla nakliyat giderlerinin transport modeli ile minimize edilmesi. *Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 491-497.
- Acar, H.H. ve Eroğlu, H., (2001), Orman yolları üzerinde odun hammaddesi nakliyatının planlanması. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 61-66.
- Akay, A.E., Erdaş, O., Karas, İ.R., (2006), Sediment üretimini en aza indiren orman yolu güzergahının seçiminde CBS ve optimizasyon tekniklerinin kullanılması. 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştayı, 27-29 Kasım, İTÜ, İstanbul.
- Akay, A.E. ve Erdaş, O., (2007), Orman ürünlerinin nakliyatının planlanmasında ağ (Network) modeli yaklaşımı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi- A-Serisi*. 57(2), 1-20.
- Akay, A.E. ve Şakar, D. (2009), Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayan Optimum Güzergahın Belirlenmesinde CBS Tabanlı Karar Destekleme Sisteminin Kullanılması. *TMMOB COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ 2009*, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Chung, W. and Sessions, J., (2001), NETWORK 2001 - Transportation planning under multiple objectives. In: *Proceedings, The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium*, December 10-12, Seattle, WA, USA.
- Erdaş, O., (1986), Odun hammaddesi üretimi, bölmeden çıkarma ve taşıma safhalarında sistem seçimi, *KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1-2), 91-113.
- Johnson, K.N., Stuart, T.W. and Crim, S.A., (1987), *FORPLAN Version 2: Mathematical Programers Guide*. USDA Forest Service. 124 p.
- Sessions, J., Sessions, J.B., (1993), *SNAP II/III User's Guide*. USDA Forest Service, Portland, OR. 120 p.
- Yıldırım, V., Yomralıoğlu, T., (2002), Adres Bilgi Sistemi Tasarımı ve Ağ Analizi Uygulamaları, *Türkiye Sekizinci Esri ve Erdas Kullanıcıları Grubu Toplantısı*, 6-7 Haziran 2002, ODTÜ, Ankara.