

# A Research on Determining the Importance Levels of Criteria Effective in Forest Road Network Planning through GIS-Based Methods

Ersin Dursun <sup>a,1</sup>

<sup>a</sup> Tokat Gaziosmanpaşa University, Almus Vocational School, Tokat, Turkey  
ORCID ID: 0000-0003-1672-8103

## Abstract

This study investigated the importance levels of criteria effective in forest road network planning using Geographic Information System (GIS)- based Multi- Criteria Evaluation (MCE) method. It is crucial to determine the criteria to be considered in forest road construction and planning for a standardized application nationwide. The research was conducted within the boundaries of the Yaylacık Forest Management Directorate (YFMD) under the Tokat Forest Management. Firstly, the existing road network was identified in the research. After the identification of the existing road network, a GIS database was created. In this study, criteria to be used, in Forest Road Network Planning (terrain slope, aspect, road density, distance to road, land use, distance to main stream) were determined. Each criterion was classified and scored internally. Information from road and road network planning studies and previous works were utilized in determining the criteria to be used in Forest Road Network Planning. Five different degrees and suitability values are defined for the determined criteria. In this context, it was created to reach 5 fundamental road network planning functions to determine their positional statuses as Absence (Ab), Very Suitable Areas for road planning (VS), Suitable Areas for road planning (S), Less Suitable Areas for road planning (LS), and Very Less Suitable Areas for road planning (VLS). As a result, Terrain Slope and Road Density were determined as the most effective criteria in Road Network Planning, while Distance to Main Stream was identified as the least effective criterion. As a result of the study, a flow chart was created to determine the criteria and impact values that are effective in forest road network planning in order to ensure integrity and convenience in application throughout the country.

**Keywords:** “Forest Road Network, Geographic Information System, Multi-Criteria Evaluation, Yaylacık Forest Management Directorate.”

## 1. Giriş

Orman yol ağları ve yol sistemi orman yollarının birleşmesi ile oluşmaktadır. Ormanlardan sağlanacak ürünleri belirlenen amaçlar doğrultusunda devamlı taşımaya ve bütün ormancılıkla ilgili faaliyetlerini gerçekleştirmeye olanak sağlayan bağlantı yolları, yamaç yolları ve dere yolları gibi birbirlerine bağlı birçok tali ve ana yollarının tümü orman yol ağı olarak tanımlanmaktadır [1]. Diğer bir tanımda ise orman yol ağları ormanlarımıza idari ve teknik bütün işlerin götürülebilmesini, ayrıca ormanlardan üretilen odun hammaddelerini bölme içerisinde tüketildiği yerlere taşınması için ormanda ağa benzer şekilde oluşan bütünlük olarak tanımlanmaktadır [2]. Ormanlarımızın düzenli bir şekilde işletilmesi için belirlenen amaçlara uygun yoğunluk ve standartlarda planlanmış yol ağı ile donatılmış olması gerekmektedir [3]. Ormanlarımızın yeterli sıklık ve uzunlukta olan yol ağı ile işletmeye açılmış olması ormanlardan elde edilen ürünlerin en az masraf ile kesildiği yerlerden yol kenarlarına ve buralardan ana ve son depolara getirilmesini sağlayacaktır.

Orman yol ağı planları, ormanların sürdürülebilir ve düzenli bir şekilde işletilmesini sağlamak amacıyla ekim, dikim ve bakım gibi çeşitli ormancılık faaliyetlerinin usul ve tekniğine uygun bir şekilde zamanında gerçekleştirilmesini hedefler. Bu doğrultuda, orman içerisindeki tüm meşcerelere erişimi sağlamak için orman yol ağı planlarının düzenlenmesine ilişkin yönetmelik, kapsam ve amacı belirtmektedir. Aynı yönetmelikte orman yol ağı planlarının tanımı, ormanlardan temin edilebilecek her türlü ürünün belirlenen hedeflere uygun ve sürekli bir şekilde taşınmasını ve her türlü ormancılık faaliyetinin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yamaç yolları, vadi yolları, sürütme izleri ve irtibat yolları gibi birbirlerine bağlanmış pek çok tali ve ana yolun genel projelerinin oluşturulmasıdır [1]. Ormanlarımızın işletmeye açılması ve ekonomimiz ile bütünleştirilmesi yönünden orman yol ağları uzun vadede alternatifi olmayan tek çözüm olarak görülmektedir [4,5].

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: ersin.dursun@gop.edu.tr

Ormanlarımızın işletilmesine olanak tanıyan ve araçların yıl boyunca taşımacılık yapabilmesi için orman içinde ve dışında bağlantı sağlayan tek şeritli yollar orman yolları olarak adlandırılmaktadır [6]. Geçki etüdü ise orman yollarının planlanmasında yolların nereden geçeceği belirlenmesi için yapılan çalışmalar olarak tanımlanmaktadır. Buna bağlı olarak geçki etüdü sonucu eş yükselti eğrili haritada yolun nereden geçeceğini belirleyen çizgi orman yol güzergahı (orman yol geçkisi) olarak tanımlanmaktadır [6]. Bu tanım ışığında orman yol geçkilerinin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken teknik, planlama ve yapım ile ilgili üç temel esasın olduğu bilinmektedir. Uygulamada orman yol ağı planlarının orman bölge müdürlüklerince düzenlendiği ayrıca gerekli hallerde bölge müdürlüklerinden izin alınmak koşuluyla işletme müdürlüklerince düzenlendiği bilinmektedir. Planların düzenlenmesinden önce ormanda daha önce yapılmış olan yolların ormancılık ile ilgili hizmetlerin yapılmasına elverişli olup olmadığına bilinmesi, yer, eğim, güzergâh, genişlik, laseler ve kurplar bakımından uygunluğunun araştırılması gerekmektedir. Böylece yolların güzergah, yer ve eğim açısından uygunluğu araştırılarak büyük onarımla bile düzelme ihtimali olmadığı anlaşılan yolların yol ağı planı dışına çıkarılması sağlanır. Araştırma sonucunda uygun olan yolların ise paftalara işlenmesi sağlanır.

Plan ünitesi terimi, orman işletme şefliği sınırları içinde bulunan şeflik alanını veya dere sistemini kapsayan su toplama havzasını ifade etmektedir. Orman işletme şeflik alanları ile tali ve ana derelerden oluşan ana su toplama havzalarını tam olarak ulaşım açacak biçimde orman yol ağı planlarının düzenlenmesi gerekmektedir. Orman yol ağı planları havzalar veya şeflik bazında düzenlenen çalışma ünitelerinin birleştirilmesi ve koordinasyonu ile meydana getirilmektedir. Plan ünitelerinde yukarıdan aşağıya doğru taşımının yapılması esas alınmaktadır. Ancak taşıma yönü bazı durumlarda; fabrikaların bulunduğu yerler, pazar merkezleri, karayolları, demiryolu istasyonları ve bölmeden çıkarmanın mekanizasyon şeklinde yapılabileceği yerler ele alınarak değiştirilebilmektedir. Kara taşıtları ile güvenilir olarak iniş aşağı taşımının yapılabilmesi için yol eğimlerinin normal eğim oranı olarak kabul edilen %9 u aşmaması gerekmektedir. Fakat genel kabul gören bu eğim oranının sağlanmasından ötürü çok yüksek maliyetler ve zor arazi şartları gibi zorluklar ile karşılaşıldığında nadir ve kısa mesafelerle sınırlı kalmak şartı ile yol eğimlerinin %12'ye kadar çıkarılmasına izin verilmektedir. Taşıma yönünde zorunlu haller dışında aksi eğimlere izin verilmemektedir. Ülkemizde orman yol şebeke çalışmalarının 1979 yılında genel hatları ile tamamlanmış olduğu, bu kapsamda ülkemizde planlı orman yol uzunluğunun 201810 km olduğu, ülkemiz için genel orman yol yoğunluğunun 9,99 m/ha olarak tespit edildiği bilinmektedir. Günümüzde 292 sayılı tebliğde belirtilen esaslar doğrultusunda orman yollarının planlaması ve inşaat işlerinin yürütülmesi yapılmaktadır. Son zamanlarda ortalama olarak yıllık 1000 km yeni orman yolu inşaatının yapılacağı ve standartları düşük 1000 km orman yolunda büyük onarıma konu edileceği böylece hedeflenen miktarlarda orman yolu yapıldığında yol yoğunluğunun 20 m/ha olacağı öngörülmüştür [7].

Ulusal ve uluslar arası literatür incelendiğinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı, Çok Kriterli Değerlendirme (ÇKD) yönteminden faydalanılarak yapılan ormancılık ile ilgili pek çok bilimsel çalışma olduğu görülmektedir. Orman yol planlamasında önemli olan ekonomik, teknik ve çevresel faktörler ele alınarak yol ağı planlamada etkili olan kriterler 'orman yol ağı planlama üzerine delphi ve konumsal çoklu kriter değerlendirmelerini birleştirerek yapılan uzman temelli bir yaklaşım' adlı çalışmada belirlenmiştir [8]. Çalışma kapsamında önemli kriterlerin seçilebilmesi için delphi metodunun kullanılmış olduğu, sonrasında belirlenen kriterlerin bağlı önemliliklerinin elde edilmesi için analitik hiyerarşi sürecinin kullanılmış olduğu, sonunda ise yol ağı alternatifleri üzerine en düşük etkiyi tanımlamak amacıyla corafi bilgi sistemi içerisinde konumsal çok kriterli değerlendirmenin yapılmış olduğu, böylece çalışma alanındaki en önemli kriterlerin su kaynağına uzaklık, yer eğimi, yer kayması yatkinlığı, fay hattına uzaklık, erozyon yatkinlığı, jeoloji ve toprak yapısı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen kriterlerin ağırlıkları hesaplanarak nihai olmayan harita katmanlarıyla birleştirilmiş ve yol planlaması için uygunluk haritası elde edilmiştir. 'Orman İçi ve Kenarı Yol Ağlarında Ekolojik Sanat Yapıları Üzerine Araştırmalar' adlı çalışmada ÇKD yöntemi ile temin edilen değişkenler arasında bulunan etki dereceleri uzman görüşlü, deneysel ve literatürden elde edilen veriler kullanılarak matematiksel anlatımlara çevrilmiştir [9]. Bu türde verilerin CBS ortamına uyarlanması sonucu CBS tabanlı ÇKD yöntemleri ile bütünleştirilerek konumsal verilerin kurgusal ve görsel çıktılarını en doğru tahminler ile anlaşılır ve şeffaf hale getirilmiştir. Çalışma ile ele alınan karacanın yaşamını devam ettirebileceği uygun yaşam alanları CBS tabanlı ÇKD yöntemiyle oluşturulan yaşam alanı uygunluk modeli tasarlanmıştır.

Bilimsel araştırma çalışmalarının her alanında gerekli olan modeller, çözülmesi hedeflenen problemlere yönelik gerçekçi sonuçlar üretmektedir. Bu sonuçlara ulaşmak için, modeli oluşturan bağımlı etkenler üzerinde doğrudan etkili olan değişken veya değişkenlerin örnekler üzerinde ölçülmesiyle öngörülebilir sonuçlar elde edilir. Bu nedenle, birçok karar değişkeninin bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan modellerin doğruluğu ve uygulanabilirliği test edilmelidir [10]. Yapılan bir çalışmada mera ıslahı için yer seçiminin çok kriterli analizi yapılmış ve çok kriterli karar verme yöntemi ile bir ilin genel, ilçe ve köy bazında mera kapasiteleri ve mera yönetiminin uygulanması gereken yerler belirlenmiştir [11]. Diğer bir çalışmada ise çok kriterli yöntemler kullanılmış ve orman yangını duyarlılığı analiz edilerek yangının çevresel, topoğrafik, iklimsel açıdan ormanın yapısal parametrelerine ne şekilde rol oynadığı araştırılmış ve belirleyici rol oynadığı sonucuna varılmıştır [12]. Çok kriterli karar verme yöntemleri ormancılık faaliyetlerinden olan erozyon, ağaçlandırma, fidan üretimi, mera ıslahı gibi çalışmalarda kullanılarak il ölçeğinde analiz edilerek en iyi ve en kötü performans gösteren iller belirlenmiştir [13]. Ormancılık dışında tarım sektöründe de tarımsal kapasiteyi belirlemek amacıyla coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak tarım açısından uygunluk analizleri yapılmıştır [14]. CBS teknikleri kullanılarak, yol güzergahı ve yol ağı konumsal uygunluk alanları konularında diğer pekçok farklı bilim dalına ait bilimsel çalışmalarda olduğu gibi simülasyon modelleri etkin olarak kullanılmaktadır. Paket yazılımlar ile pek çok karar değişkeni birlikte değerlendirilmesi ve hassas konumsal verilerin analizleri kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. CBS tabanlı çalışan araştırmacılara yönelik tasarlanan bu yazılımlar MapCalc, IDRISI, ERDAS, ENVI, ArcGIS gibi bütünlük olan paket yazılımlardır. Bu tür yazılımlarda konumsal analizler gibi eklentiler standart olarak bulunmaktadır [15]. Birçok CBS yazılımı,

araştırmacıların kişisel olarak geliştirebileceği model tasarımlarına izin verir. Bu yazılımlar, özünde aynı mantıksal düzenle çalışırlar ve raster veya vektör tabanlı olacak şekilde uygunluk modellerinin oluşturulmasına imkan tanır.

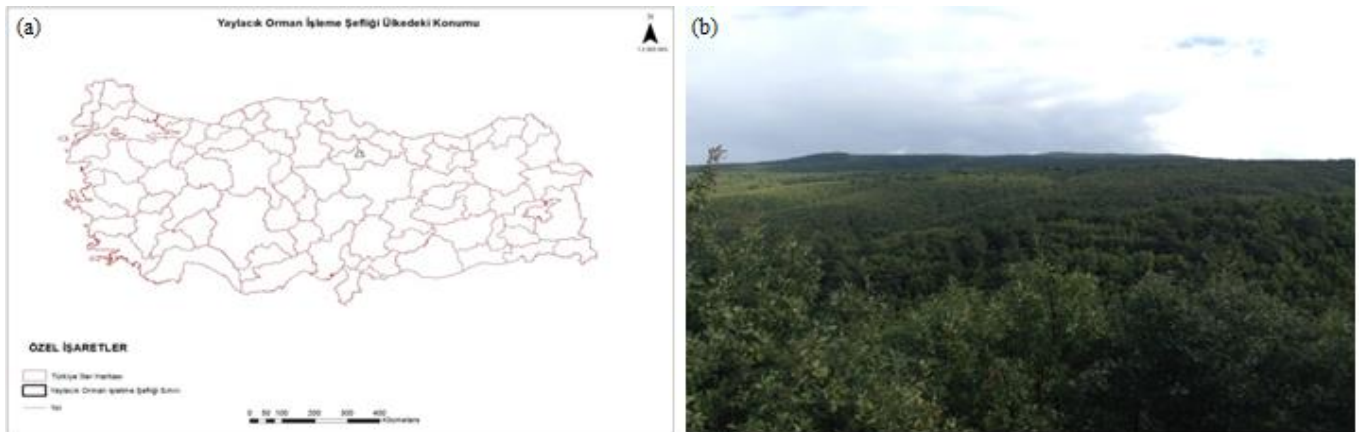
Benzer düşünce üzerinden gerçekleştirilen konumsal analizlerin gerçekleştirilmesinde kestirme ve komşuluk ilişkileri gibi yöntemlerin kullanılması ile basit analizler yapılarak zaman ve maliyet açısından ekonomik olan modeller yapılabilmektedir [16]. Konumsal verilerin kullanılabilmesi için değişik ölçütlere ve değerlere ait karar değişkenleri matematiksel ifadeler ile ilişkilendirilebilmektedir. Son zamanlarda en iyi ve doğru sonuçların elde edilmesinde CBS tabanlı ÇKD'ler kullanılmaktadır. Kullanılan bu değerlendirmeler stratejik karar vermede, yoğunluk analizlerinde ve karar almada kullanışlı yöntem haline gelmekte ve karar destek sistemlerinin değerini arttırmaktadır [17]. İleri seviyede uygunluk gösteren modellerin oluşturulmasında ise süreç modelleri, Boolean Operatörleri, indeks bindirimi ve ileri seviye matematiksel yöntemler kullanılmaktadır [18, 19, 20]. ÇKD yöntemi CBS tabanlı çalışmalar için karar alma konusunda oldukça faydalıdır [21, 22]. CBS tabanlı ÇKD sayesinde değişik oran ve tipte değerlendirme kriterini içeren ve farklı veri tiplerini kapsayan modellerin çözümü gerçekleştirilmektedir [21]. Bu yöntemde alternatiflerin belirlenmesi araştırmacılar ve paydaşlar tarafından yapılmakta olup alternatiflerin önem veya öncelik durumları ile ilgili fonksiyonları benzer olmayan tercihler ile karakterize etmek ana kriterdir [17]. CBS Tabanlı ÇKD veya Konumsal Tabanlı ÇKD mantıksal yaklaşım içinde konumsal verilerde benzersiz karar analizlerinin gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır [17, 21].

CBS karar vermede ÇKD sistemleri ile entegre olduğu zaman daha zengin bir içerik ile ortaya çeşitli bakış açıları sunmakta olup karar değişkenleri arasındaki ifadeleri güçlendirerek etkin olarak kullanımını sağlamaktadır [15, 17, 23]. CBS ortamında konumsal analizlerin yapılabilmesi için değişkenlerin tek tip haline getirilmesi için derecelendirilmesi ve bu şekilde değerlendirilmelerin yapılması gerekmektedir. Kısıtların alt ve üst sınırları belirlenerek karar değişkenlerine ait değerler tek tip haline getirilerek en sık kullanılan derecelendirme yönteminde standartlaştırılmaktadır. Verilerin standartlaştırılmasında birçok eşitlik formülü bulunmaktadır. Doğrusal eşitlik formülü en çok tercih edilenidir [15, 24]. Doğrusal eşitlik formülünde değişkenlere ait ağırlıklı değerler belirlemeden önce değişkenler standartlaştırılmakta ve sonrasında değişkenlere ait ağırlık değerlerinin bulunmasında uygulanacak metod belirlenmektedir. CBS tabanlı ÇKD çalışmalarında değişkenlere ait etki ağırlık değerini bulmada en yaygın olarak kullanılan yöntemler oranlama, sıralama ve ikili karşılaştırmalardır [24]. Çalışma kapsamında sıralama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem uygulamada sıklıkla tercih edilen yöntem olup karşılıklı sayı çiftleri arasındaki oransal ilişkiyle, toplamları arasındaki oransal ilişkiyle veya üstsül ilişki kurularak tespit edilmektedir. Oranlama yönteminde ise bulgulardan elde edilmiş değişkenin ağırlığı 0-100 arasında hesaplanan sayılar toplamına oranlanması ile belirlenen yöntemdir. İkili karşılaştırmalar ise ÇKD işlemlerinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi geliştirilmiş çeşitli yöntemler kullanılarak değişkenler arasındaki ağırlıkları yada görece olarak önem seviyesini belirlemede kullanılan yöntemdir [18].

Bu çalışmada, orman yol ağı planlamasında etkili olan kriterlerin önem derecesine göre neler olduğu CBS tabanlı, ÇKD yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Ülke genelinde standart bir uygulama için orman yolu yapımı ve planlamasında dikkate alınması gereken kriterlerin belirlenmesi son derece önemlidir. Çalışmanın amacı; orman yol ağı planlamada önemli olan kriterleri etki derecelerine göre belirlemek ve ülke genelinde standart bir uygulamanın geliştirilmesini sağlamaktır.

## 2. Materyal ve Metod

Araştırma Tokat Orman İşletme Müdürlüğü, Yaylacık Orman İşletme Şefliği (YOİŞ) sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Araştırmada öncelikli olarak mevcut yol ağı belirlenmiştir. Mevcut yol ağı belirlendikten sonra CBS veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma ile bakı, arazi eğimi, yola uzaklık, yol yoğunluğu, ana dereye uzaklık, arazi kullanımı gibi belirlenen kriterler aralarında sınıflandırılarak puanlandırılmıştır. Çalışma sonucunda orman yol ağı planlamada kullanılacak kriterler etki değerleri ile birlikte belirlenmiştir. Her bir kritere ait etkili ağırlık değerlerini belirlemede sıralama yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1. (a) Çalışma alanının konumu; (b) Çalışma alanının genel görünüşünden bir kesit

Çalışma alanında hali hazırda bulunan orman yolları, köy yolları, kara yolları ve bu yolların birbirleri ile yaptığı bağlantı yolları sonucu oluşan mevcut orman yol ağı çalışma materyali olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı toplam 35808,5 hektar (ha) büyüklüğündedir. Çalışma alanının üretim olarak 4 işletme sınıfına ayrılmış olduğu, amenajman planına göre ise 8 adet işletme sınıfı yer almaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1. Çalışma alanındaki ormanlarının işletme sınıfları.**

İşletme Sınıfları	Ana fonksiyonlar	Genel fonksiyonlar	İşletme amaçları	İdare süreleri
A.Sarıçam	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	Odun üretimi	100
B.Sarıçam (Ağaçlandırma)	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	Odun üretimi	120
C.Kayın	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	Odun üretimi	100
D.Meşe	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	Odun üretimi	80
E.Sarıçam	Ekolojik	Erozyon önleme	Toprağı koruma	200
F.Meşe	Ekolojik	Erozyon önleme	Toprağı koruma	220
G.Sarıçam	Sosyal ve kültürel	Hidrolojik	Kullanma suyunu koruma	200
H.Sarıçam	Sosyal ve kültürel	Ekoturizm ve rekreasyon	Mesire yerleri	200

Çalışma alanının 1992 yılında yapılmış olan orman yolları şebeke planı bulunmaktadır. Çalışma alanı için yol yoğunluğunun 15,6 m/ha olduğu planda yer almıştır. Bu plana göre çalışma alanında 322 + 4 km orman yolunun, 135 + 0 km köy yolunun ve 3 + 0 km kara yolunun bulunması gerektiği ortaya konmuştur.

## 2.1. CBS Veri Tabanının Oluşturulması

Çalışma alanının topografik yapısının ve Sayısal Arazi Modelinin (SAM) oluşturulması için alanı kapsayan 1/25000 ölçekli eş yükselti eğrilerinin yer aldığı haritalardan yararlanılmıştır. ArcGIS programının 3D Analyst modülü kullanılarak sayısal arazi modelinden çalışma alanına ait eğim ve baki haritaları elde edilmiştir. Çalışma kapsamında sayısal orman amenajman haritaları kullanılmıştır. Sayısal orman amenajman haritaları yardımı ile çalışma alanındaki mevcut konumsal dağılımlar belirlenerek, veri tabanına değişkenler olarak eklenmiştir. Çalışma alanı alan kullanım durumlarının belirlenmesi için orman amenajman planında yer alan arazi sınıfları, arazi sınıflarına ait tanımlamaların bulunduğu sayısal vektör verilerden yararlanılmıştır. Çalışma alanında mevcut orman yol ağı ve orman yollarının hesaplanabilen özelliklerinin kendi içerisinde ve sayısal orman amenajman haritaları üzerinden elde edilen çeşitli özellikleri ile beraber kullanılarak güncel verilerin oluşturulmasına ilişkin yöntemler belirtilmiştir.

Çalışma alanı için gerçek (orman dışı ve içi yol uzunluğu / ormanlık alan), genel (toplam yol uzunluğu / bütün alan) ve itibari (orman içi yol uzunluğu / ormanlık alan) olmak üzere üç çeşit yol yoğunluğu belirlenmiştir [6]. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde süreli ve süresiz yayınlar, bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler, tezler, konu ile ilgili doğrudan ve dolaylı olarak alakalı ders materyalleri ve iletişim kurularak sağlanan bilgilerden yararlanılmıştır. Çalışma alanına ait veri ve bilgi temini için çalışma alanına ait orman amenajman planı ve amenajman planında yer alan haritalarından yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında çalışma alanını kapsayan topoğrafik haritalar, kullanıma açık Google Earth uydu görüntüleri ve eşyükselti eğrili sayısal haritalarda kullanılmıştır. Böylece çalışma alanının konumsal yapısı ortaya konarak, çalışma alanının aktüel orman yol ağı durumu ve sayısal yükseklik modelinin ortaya konması için kullanılmıştır.

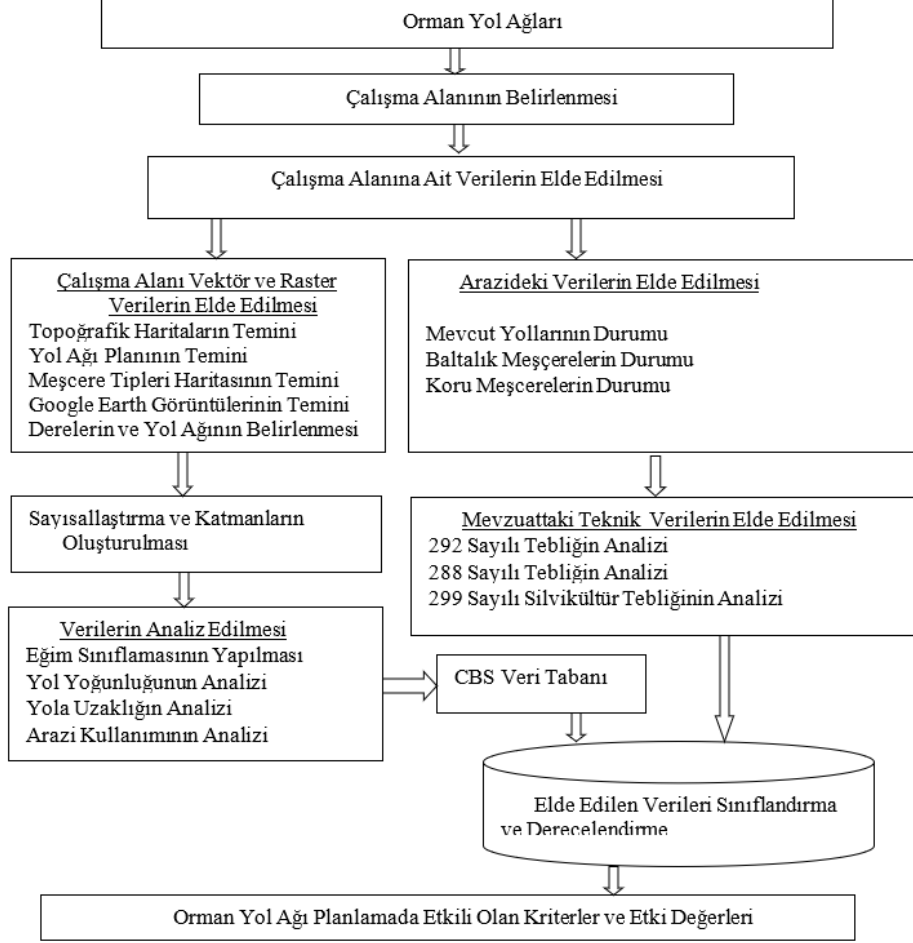
Çalışma kapsamında raster sayısal haritaların vektör veri yapısına dönüştürülmesi, konumsal ve sayısal analizlerin yapılabilmesi için ArcGIS 10.0 ve Netcad 5.2 sürümlü CBS tabanlı yazılımlar kullanılmıştır. Çalışma alanına ait coğrafik ve öznitelik verilerinin elde edilip saklanması için Küresel Konum Belirleme Cihazı (GPS) kullanılmış olup GPS'e çalışmada kullanılacak sayısal haritaların yüklenebilmesi amacıyla herkesin kullanımına açık olan Global Mapper programından yararlanılmıştır. Çalışma alanındaki orman yolları üzerinde gözlem ve ölçüm yolu ile elde edilen verilerin analiz edilerek değerlendirmeye uygun hale getirilmesinde MS Office programlarından yararlanılmıştır. Verilerin analizinde çeşitli yazılımlar (Microsoft EXCEL, SPSS 17, ArcGIS 10.0, AutoCAD Civil 3D, ERDAS 9.0) kullanılmıştır.

Araştırma alanının kadastral sınırları ArcGIS ortamına aktarılmıştır. Çalışma alanını gösterir fonksiyon haritası orman fonksiyonlarının alansal dağılımlarını hesaplayabilmek için şeflikten temin edilmiştir. Yaylacık Orman İşletme Şefliğine ait yol şebeke planı kullanılarak mevcut orman yollarının kontrolü sağlanarak google earth görüntüsünün yardımı ile sayısallaştırılmıştır. Çalışma alanında meşcere kapalılığının yüksek olduğu yerlerde uydu görüntüsünün yanı sıra GPS yardımı ile yolların sayısal ortama aktarılması sağlanmıştır. Yol şebeke planında gözükmeyen yollar için koordinatlar alınarak haritalara işlenmesi sağlanmış ve diğer yollar ile birlikte değerlendirilmiştir. Çalışma alanını gösterir topoğrafik haritalara ait geometrik düzeltmeler GPS ile toplanan noktalara göre ArcGIS yazılımı ile yapılmıştır. Raster tabanlı verilerle aynı olacak şekilde koordinat sistemleri standart hale getirilmiştir. Çalışma alanının topoğrafik bilgilerini için RASTER SYM verisi kullanılarak ArcGIS 10.0 konumsal analiz eklentisinde bulunan özellikler kullanılarak baki, yükselti ve eğim hesapları yapılmıştır.

Yol ağı belirlenmesinde etkili olan kriterlerin oluşturulması aşamasında amaç fonksiyonlarında kullanmak için altı karar değişkeni değerlendirilmiş olup karar değişkenlerinin her biri için ayrı tablolar oluşturulmuştur. Oluşturulan tablolarda

değişkenlere ait kriterlerin kodları, uygunluk derecelendirmeleri (UD), maksimum ve minimum değerleri ile yüzde olarak değerleri gösteren sütunlar kullanılmıştır. Tablolarda değişkenlerin kriterlere olan etki ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan ortalama değerlerinede yer verilmiştir.

Bu çalışmada orman yol ağı planlamada kullanılacak kriterler ve kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Kriterler kendi içerisinde sınıflandırılarak puanlandırılmış ve kriterlerin yol ağı planlamadaki önem düzeyleri tespit edilmiştir. Bu çalışma ile orman yol ağı planlamasında etkili olan kriterlerin önem derecesine göre neler olduğunun CBS tabanlı, ÇKD yöntemi kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmaların akış şeması Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Orman yol ağı planlamasında etkili olan kriterlerin ve etki değerlerinin belirlenmesi akış şeması.

## 2.2. Yol Ağı Planlama Kriterlerinin Derecelendirilmesi ve Ağırlıklandırılması

Yol ağı planlamada önemli olan kriterler işletme şefliği sınırı içerisinde bulunan orman yol ağı dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında karar almada karşılaşılabilecek sorunların ortadan kaldırılması için derecelendirme yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen yol ağı planlama kriterleri için beş farklı derece ve uygunluk değeri belirlenmiştir.

Yol ağı planlama kriterlerinin belirlenmesinde ve derecelendirilmesinde arazi çalışmaları ile birlikte uzman kişilerin katılımı ve literatüre dayalı bilgilerin kullanımı için geliştirilmiş yaklaşım sergilenmiştir. Çalışmada karar değişkenlerinin derecelendirme usulüne dayanan yöntem ile yol planlamalarına ait literatür çalışmaları ve konumsal verilerin hassasiyeti dikkate alınmıştır [10].

Çalışma kapsamında yol ağı planlama kriterleri olarak belirlenen arazi eğimi 8 sınıfa, arazi kullanımı 8 sınıfa, yola uzaklık 10 sınıfa, yol yoğunluğu 10 sınıfa, bakı 9 sınıfa ve ana dereye uzaklık 3 sınıfa ayrılacak şekilde değerlendirilmiştir [25]. Değerlendirilen bu altı kriterin önem düzeyinin belirlenmesi amacı ile sıralama yöntemine ait ortalama değerler tespit edilmiştir. Sıralama yöntemi en çok kullanılan ağırlık belirleme yöntemi olup bu yöntemde toplamlar arasındaki oransal ilişki, karşılıklı sayı çiftleri arası oransal ilişki ve üstsel ilişki kurularak ağırlıklar hesap edilmektedir [19]. Çalışma kapsamında amenajman planlarına ait vektör tabanlı veriler sınıflara ayrılarak çalışma alanının arazi kullanımı 8 sınıfta belirlenmiştir. Belirlenen arazi kullanım sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak arazi kullanım sınıflarının ağırlık değeri Tablo 2 kullanılarak yüzdeliğe çevrilmiştir.

Tablo 2. Çalışma alanı arazi kullanım sınıfları.

Çalışma alanı arazi kullanım sınıfları	Aralıklar
1	Orman
2	Bozuk orman
3	Zıraat
4	Taşlık
5	Koruya dönüştürme
6	İskan ve diğer yapılaşmalar
7	Su
8	Orman toprağı (OT)

Çalışma kapsamında 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaların eşyüksele eğrileri sayısallaştırılarak çalışma alanının sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuştur. Bu kapsamda 8 eğim sınıfı değerlendirmeye alınmıştır. Tablo 3 kullanılarak eğim sınıflarına ait uygunluk derecelendirmeleri (UD) ve UD'ye ait değerler yüzdeliğe çevrilmiştir.

Tablo 3. Çalışma alanı arazi eğim sınıfları.

Çalışma alanı arazi eğim sınıfları	Aralıklar	(Yüzde, %)
1	0	- 10
2	10,0001	- 20
3	20,0001	- 30
4	30,0001	- 40
5	40,0001	- 50
6	50,0001	- 60
7	60,0001	- 70
8	70<	

Çalışma kapsamında ArcGIS konumsal analiz (Spatial Analyst) eklentisi içerisinde yer alan yoğunluk analizi (Density) fonksiyonu kullanılarak çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin yol yoğunluğu sınıfları oluşturulmuştur. Raster hücrelerinin komşuluk ilişkileri öklid bağıntısı yardımı ile değerlendirilmiştir. Yol yoğunluğu araştırma alanı için km ve hektar (ha) cinsinden ortaya konulmuştur [26]. Çalışma alanı için 5 m/ha aralıklar ile 10 farklı yol yoğunlu sınıfı belirlenmiştir. Tablo 4 kullanılarak yol ağı planlamada önemli ölçüde ele alınması gereken yol yoğunluğu sınıflarına ait uygunluk derecelendirmeleri ve UD'ye ait değerler yüzdeliğe çevrilmiştir.

Tablo 4. Çalışma alanı yol yoğunluğu sınıfları.

Çalışma alanı yol yoğunluğu sınıfları	Aralıklar (m/ha)
1	0 - 5
2	5,0001 - 10
3	10,0001 - 15
4	15,0001 - 20
5	20,0001 - 25
6	25,0001 - 30
7	30,0001 - 35
8	35,0001 - 40
9	40,0001 - 45
10	45<

Çalışma kapsamında yola uzaklık kriteri için öklid geometrisi kullanılarak araştırma alanı sınırlarını kapsayacak şekilde uzaklık ve yakınlık ilişkilerine ait 10 m x 10 m piksel boyutlu raster verileri oluşturulmuştur. Yola uzaklık kriterinin belirlenmesinde kullanılan bu yöntem tüm hücrelerin belirlenen yol güzergahı merkezinden başlayarak orta noktasına göre kenar doğruları yardımı ile hipotenüslerinin hesaplanmasına dayanmaktadır. Tablo 5 kullanılarak yol ağı planlamada önemli ölçüde ele alınması gereken yola uzaklık sınıflarına ait uygunluk derecelendirmeleri ve UD'ye ait değerler yüzdeliğe çevrilmiştir. Çalışma kapsamında yola uzaklık sınıfları sıfır ile bin metre arasında ve üzerindeki uzaklıklar arasında 100'er metre aralıklarla 10 yola uzaklık sınıfına ayrılmıştır.

**Tablo 5. Çalışma alanı yola uzaklık sınıfları.**

<b>Çalışma alanı yola uzaklık sınıfları</b>	<b>Aralıklar (m)</b>
1	0 - 100
2	100,0001 - 200
3	200,0001 - 300
4	300,0001 - 400
5	400,0001 - 500
6	500,0001 - 600
7	600,0001 - 700
8	700,0001 - 800
9	800,0001 - 900
10	900<

Çalışma kapsamında ana dereye uzaklık hesaplamalarında öklid geometrisi kullanılarak 10 m x 10 m piksel boyutlu raster verileri oluşturulmuştur. Tablo 6 kullanılarak yol ağı planlamada önemli ölçüde ele alınması gereken ana dereye uzaklık sınıflarına ait uygunluk derecelendirmeleri ve UD'ye ait değerler yüzdeliğe çevrilmiştir. Ana dereye uzaklık sınıfları sıfır ile elli metre ve üzeri uzaklıklar arasında yirmi beşer metre mesafelerde üç sınıfa ayrılmıştır.

**Tablo 6. Çalışma alanı ana dereye uzaklık sınıfları.**

<b>Ana dereye uzaklık sınıfları</b>	<b>Aralıklar (m)</b>
1	0 - 25
2	25 - 50
3	50 <

Çalışma kapsamında SAM ile araştırma alanına ait bakı sınıfları tespit edilmiştir. Bakı için 9 farklı sınıf kullanılmıştır. Tablo 7 kullanılarak yol ağı planlamada önemli ölçüde ele alınması gereken bakı sınıflarına ait uygunluk derecelendirmeleri ve UD'ye ait değerler yüzdeliğe çevrilmiştir.

**Tablo 7. Çalışma alanı bakı sınıfları.**

<b>Çalışma alanı bakı sınıfları</b>	<b>Aralıklar</b>
1	-Kuzey
2	-Kuzeybatı
3	-Kuzeydoğu
4	-Güney
5	-Güneybatı
6	-Güneydoğu
7	-Batı
8	-Doğu
9	-Düz

Yol ağı planlamada etkili olan kriterlere ait fonksiyonların karar değişkenlerine ait oluşturulan raster gridlere önceden atanmış kodlar yardımıyla benzerlik karşılaştırmaları yapılarak, UD'lere ait yüzde değerleri "txt" metin formatlı metaverilerin sınıflandırılması yöntemi kullanılarak raster verilere tanımlanmıştır. Bu işlem için ArcGIS 10.0 yazılımında yer alan konumsal eklenti modülü altında bulunan önceden tanımlı sınıflandırma yöntemi bütün karar değişkenine ait kriterlere uygulanarak veriler hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında karar değişkenlerine ait her bir sınıf için araştırmacının kısıtlanamayacağı şekilde esneklik sağlanmıştır. Ayrıca literatürde yer alan yol ağları çalışmalarının birleştirilmesi için minimum ve maksimum şeklinde derecelendirme yapılmıştır. Daha sonra minimum ve maksimum uygunluk derecelerinin aritmetik ortalamaları alınarak ortalama UD değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada mutlak yokluk derecesinin kullanılması gereken durumlarda ise uygunluk derecesi için aritmetik ortalama hesabı yapılmamıştır. Karar değişkenlerine ait olan dereceler için belirlenen karar değişkenlerinin fonksiyonlarının geliştirilmesi sebebiyle şiddet derecesi genelleştirilmiş ve standartlaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında sınıflara ayrılan karar değişkenlerine ait kriterler için derecelendirme tablosu oluşturulmuştur (Tablo 8). Bu derecelendirme tablosunda 0 mutlak yokluğu temsil ederken 1 en iyi değeri, 10 ise en kötü değeri temsil etmektedir. Çalışma kapsamında matematiksel olarak ifade edilemeyen sözlü olarak en iyi, iyi, uygun, kötü, en kötü şeklinde belirlenen değerlerin tespit edilmesinde ve CBS tabanlı yol ağı planlama kriterlerinin belirlenmesinde de derecelendirme yöntemi kullanılmıştır. Yol

ağı planlamada etkili olan kriterlere ait sınıfların belirlenmesinde yol ağı planlama çalışmalarına ait bilgilerden ve daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. Bu kapsamda yokluk (Yo), yol ağı planlaması için çok uygun yerler (ÇU), yol ağı planlaması için uygun yerler (U), yol ağı planlaması için az uygun yerler (AU) ve yol ağı planlaması için çok az uygun yerler (ÇAU) şeklinde konumsal durumlarının belirlenmesi amacıyla beş temel yol ağı planlama fonksiyonuna ulaşmak için oluşturulmuştur.

**Tablo 8. Amaç fonksiyonuna ait değişkenlerin derecelendirmesi için oluşturulan tablo.**

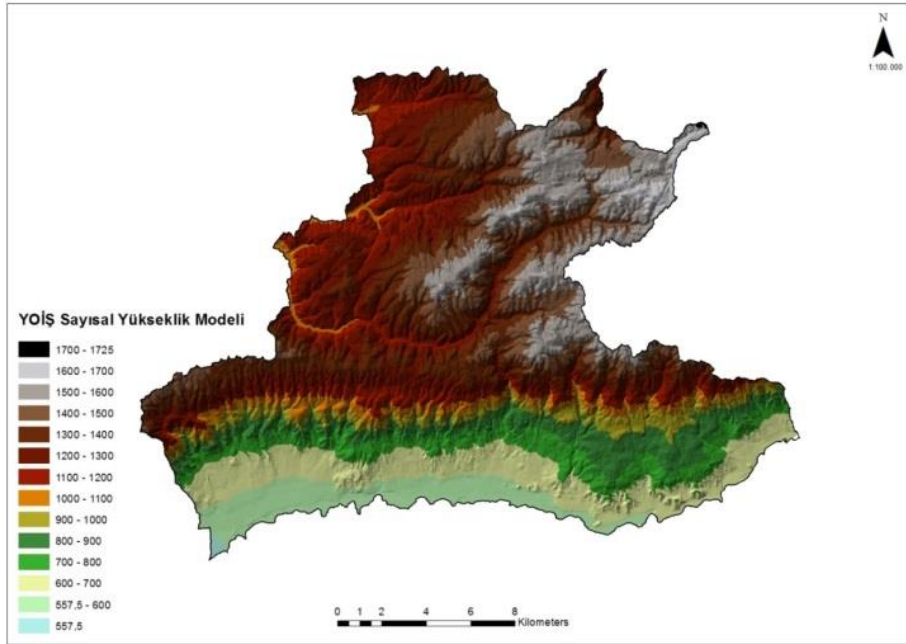
Puanlar	Amaç Fonksiyonları	Yol Ağı Uygunluk Sınıfları	Açıklama
1 - 3	Yol planlaması (YP) için çok uygun yer	Çok uygun	Yol için oldukça uygun kriterlere sahip alan
4 - 6	YP için Uygun yer	Uygun	Yol için makul ölçüde kabul edilebilir alan
7 - 9	YP için az uygun yer	Az uygun	Yol için uygun ancak daha uygun alanlar seçilebilir
10	YP için çok az uygun yer	Çok az uygun	Zorunlu hallerde yol için tercih edilebilir alan
0	Kesinlikle YP'nin yapılamayacağı yer	Yokluk	Kesinlikle yol yapımı için uygun olmayan alan

Çalışma kapsamında amaç fonksiyonları için arazi eğimi, arazi kullanımı, bakı, yol yoğunluğu, ana dereye uzaklık ve yola uzaklık şeklinde belirlenen karar değişkenlerinin alt kriterlerine ait derecelerin önem düzeyleri 0 etkisi olmayan mutlak yokluğu, 1 en yüksek ve 10 en düşük değerler arasında puan vererek her bir karar değişkenine ait UD hesaplaması için hazırlanmıştır. Ayrıca literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda yol ağı planlamada etkili olan kriterler derecelendirilmiştir. Daha sonra uygunluk derecesine ait değerlerin yüzdeliğe (%) dönüşümlerinde kullanılan karar değişkenlerine ait alt kriterler doğrusal regresyon eşitliği tahmin modeli kullanılarak MS EXCEL üzerinden hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Araştırma Alanına Ait Bulgular

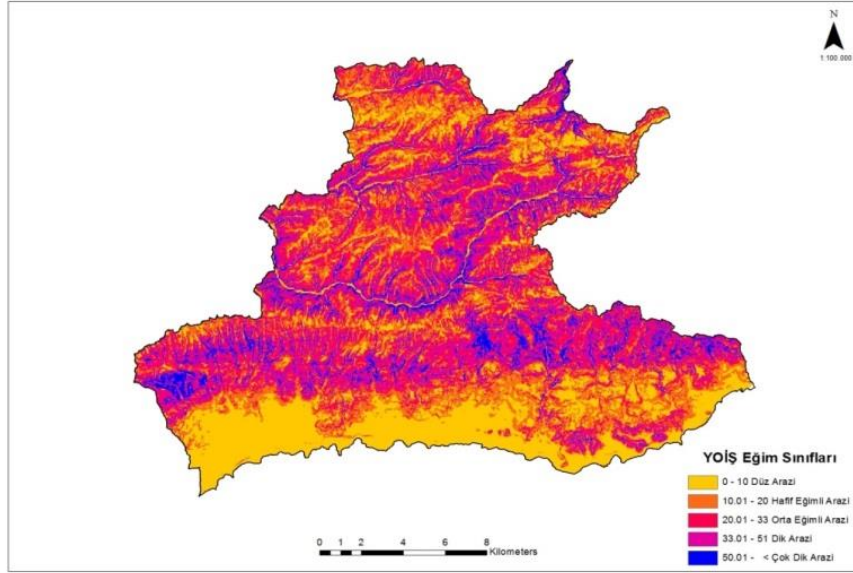
Çalışma alanına ait sayısal arazi modeli (SAM) 10 metre aralıklı eşyükselti eğrili sayısal topoğrafik haritalardan yararlanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3). Eşyükselti eğrili sayısal topoğrafik haritalardaki hatalar, CBS programında ayıklanarak ve topolojisi kurularak işlenebilir hale getirilmiştir.



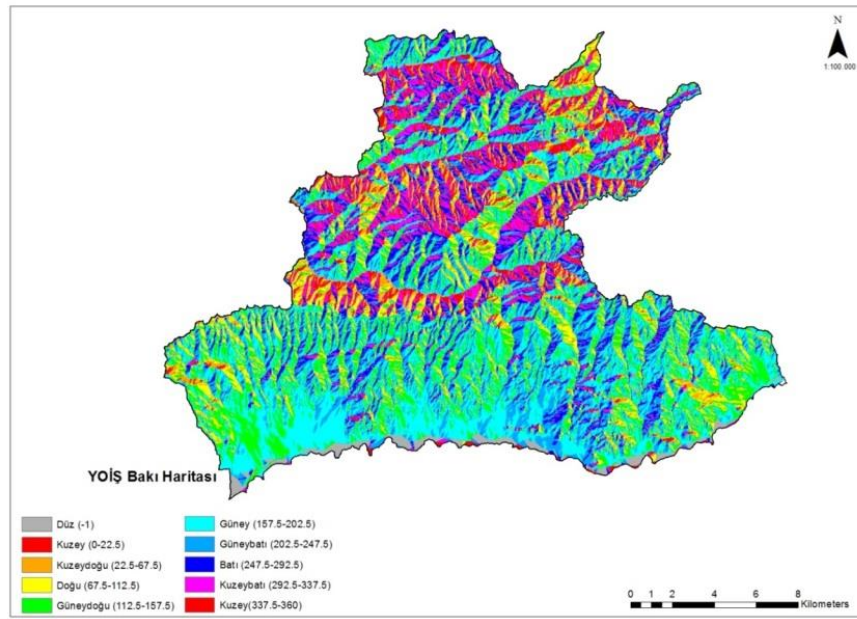
**Şekil 3. Çalışma alanını gösterir sayısal arazi modeli.**

Çalışma alanı için oluşturulan sayısal arazi modeli CBS ortamında ele alınarak çalışma alanının eğim analizi ve bakı analizi yapılarak eğim sınıfları (Şekil 4) ve bakı sınıfları (Şekil 5) haritaları üretilmiştir.





Şekil 4. Çalışma alanını gösterir eğim sınıfları haritası.



Şekil 5. Çalışma alanını gösterir baki haritası.

Çalışma alanı için oluşturulan eğim ve baki haritalarında gruplandırma yapılarak her bir grubun alan miktarı hektar (ha) ve yüzde (%) olarak tespit edilmiştir. Tablo 9'da çalışma alanına ait eğim gruplarının alansal dağılımı gösterilmiştir. Tablo 10'da ise çalışma alanına ait baki gruplarının alansal dağılımı gösterilmiştir. Çalışma alanı için baki CBS programı ile 9 sınıfa ayrılmıştır.

Tablo 9. Çalışma alanına ait eğim grupları ve dağılımı.

Çalışma alanı eğim grupları	Yüzde oranı (%)	Alan miktarı (ha)
0 – 10 düz	20,3	7269,125
11 – 20 hafif eğimli	25,7	9202,784
21 – 33 orta eğimli	28,4	10169,614
33 – 50 dik	17,5	6105,349
> 50 çok dik	8,1	2900,488
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>35808,5</b>

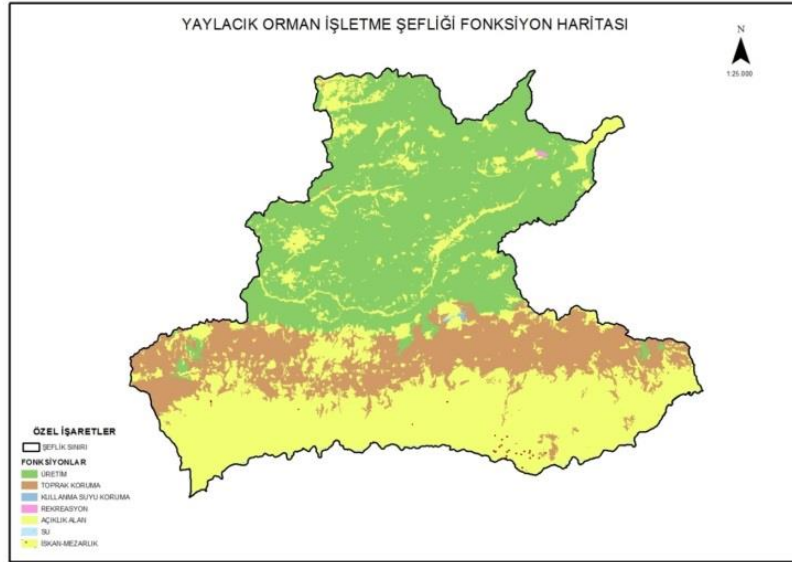
Yol ağı planlamada oldukça önemli olan eğim kriteri değerlendirildiğinde çalışma alanının orman yollarının yapımına uygun olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışma alanının % 46'sının düz ve hafif eğimli arazi olduğu, % 45,9'unun ise orta eğimli ve eğimli arazi olduğu, % 8,1'inin çok dik arazi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 10. Çalışma alanına ait bakı grupları ve dağılımı.

Çalışma alanı bakı grupları	Açısı	Yüzey alanı (%)	Yüzey alanı (ha)
-Düz	1	2,05	734,6
-Kuzey	0-22,5	3,14	1127,7
-Kuzeydoğu	22,5-67,5	3,00	1075,5
-Doğu	67,5-112,5	11,74	4202,3
-Güneydoğu	112,5-157,5	21,13	7567,5
-Güney	157,5-202,5	20,00	7161,3
-Güneybatı	202,5-247,5	11,65	4171,3
-Batı	247,5-292,5	9,39	3361,6
-Kuzeybatı	292,5-337,5	14,43	5167,2
-Kuzey	337,5-360	3,46	1239,3

Yol ağı planlamada oldukça önemli olan bakı kriteri değerlendirildiğinde çalışma alanının orman yollarının yapımına uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının %24,03'ünün kuzey bakılarda, %52,78'inin ise güney bakılarda olduğu belirlenmiştir. Orman yolları tebliğinde belirtilen yol ağı planlamasında, orman yollarının mümkün olduğunca güneye bakan yamaçlardan geçirilmesi gerektiği önerilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanının orman yolları planlaması için bakı yönünden de uygun olduğu tespit edilmiştir.

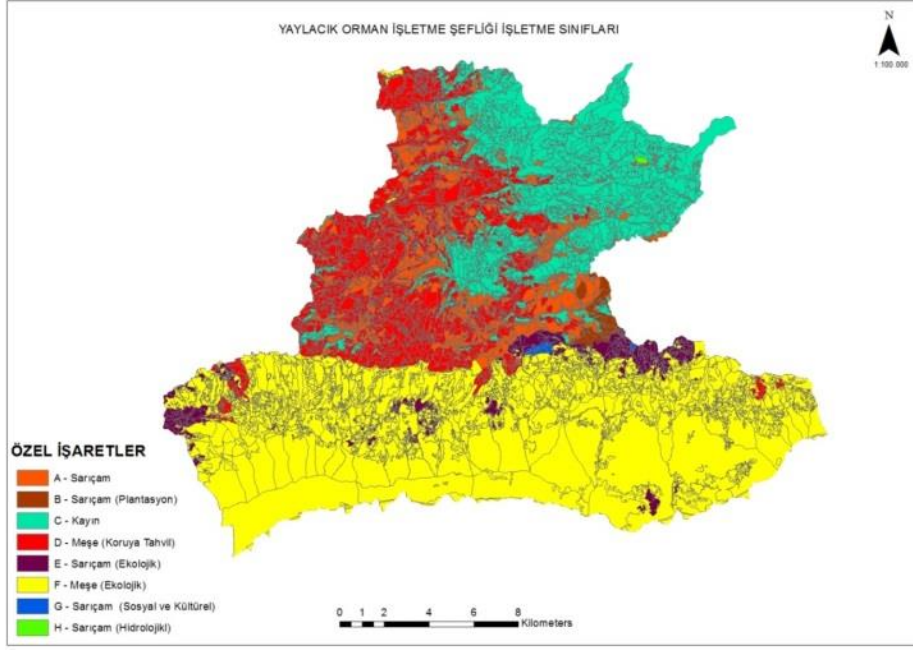
Çalışma alanına ait amenajman haritasının sayısallaştırılması sonucunda ve amenajman planında bölmelere verilen fonksiyonlar kullanılarak fonksiyon haritası oluşturulmuştur (Şekil 6). Çalışma alanının 14249,8 ha. büyüklüğündeki kısmının üretim fonksiyonu, 7069,4 ha. büyüklüğündeki kısmının toprak koruma fonksiyonu, 24,2 ha. büyüklüğündeki kısmının kullanma suyu koruma fonksiyonu, 15,8 ha. büyüklüğündeki kısmının rekreasyon fonksiyonu, 13314,4 ha. büyüklüğündeki kısmının açık alan, 47,9 ha. büyüklüğündeki kısmının su ve 581,5 ha. büyüklüğündeki kısmının mezarlık-iskan fonksiyonu olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının üretim olarak 4 işletme sınıfına ayrılmış olduğu, amenajman planına göre ise 8 adet işletme sınıfı bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 7). Bu sekiz işletme sınıfının alansal dağılımları Tablo 11' de gösterilmiştir.



Şekil 6. Çalışma alanına ait fonksiyon haritası.

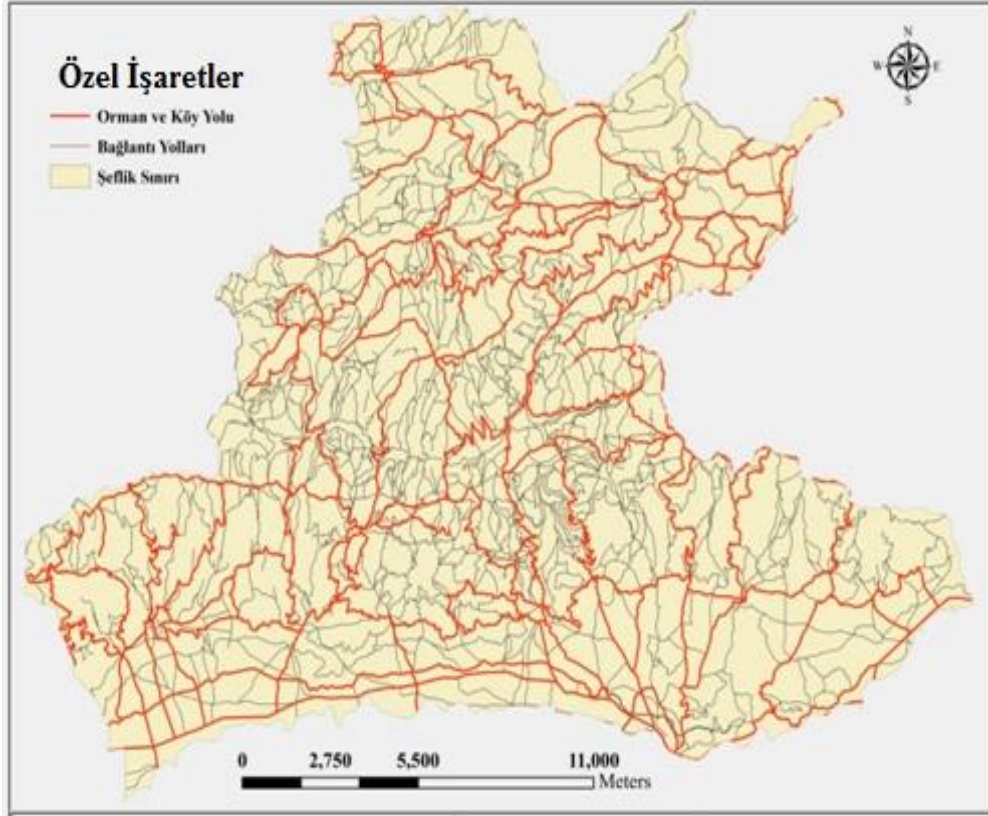
Tablo 11. Çalışma alanının işletme sınıflarına dağılımı.

İşletme Sınıfları	Ana fonksiyonlar	Genel fonksiyonlar	İdare Süreleri	Alan (hektar)
A (Sarıçam)	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	100	2870,2
B (Sarıçam)- (Ağaçlandırma)	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	120	2698,3
C (Kayın)	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	100	6980,6
D (Meşe)	Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	80	6445,9
E (Sarıçam)	Ekolojik	Erozyon önleme	200	1261,2
F (Meşe)	Ekolojik	Erozyon önleme	220	17373,1
G (Sarıçam)	Sosyal ve kültürel	Ekoturizm ve rekreasyon	200	15,8
H (Sarıçam)	Sosyal ve kültürel	Hidrolojik	200	57,8



Şekil 7. Çalışma alanına ait işletme sınıfları haritası.

Çalışma alanındaki tüm yollar Şekil 8'de olduğu gibi belirlenmiştir. Çalışma alanında bulunan bağlantı yolları siyah renk ile gösterilirken orman ve köy yolları ise kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanına ait yol ağı haritası.

### 3.2. Yol Ağı Planlama Kriterlerine Ait Değişkenlerin Oluşturulması ve Hesaplanması

Çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin arazi kullanım durumları şeflik planlarına ait vektör tabanlı veri tabanının sınıflara ayrılması sonucu belirlenmiştir. Sınıflara ait arazi kullanım durumları farklı sayılar ile gösterilmiştir. Tablo 12'nin yardımı ile uygunluk değeri ve bu değere ait yüzdelik değerler belirlenmiştir. Çalışma alanı için 8 farklı arazi kullanım sınıfı belirlenmiştir.

Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda, belirlenen arazi kullanım sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak her bir arazi kullanım sınıfının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Yol ağı planlaması açısından arazi kullanım sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 76,09 ağırlık değeri ile orman, % 76,09 ağırlık değeri ile koruya dönüştürme, % 60,14 ağırlık değeri ile bozuk orman, % 44,18 ağırlık değeri ile orman toprağı (OT), ve % 22,91 ağırlık değeri ile taşlık olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değerleri % 0 olarak belirlenen ziraat, iskan, diğer yapılaşmalar ve su arazi kullanım sınıflarının ise orman yol ağı planlamasına uygun olmayan arazi kullanım sınıfı oldukları tespit edilmiştir.

**Tablo 12. Çalışma alanı arazi kullanım sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.**

Çalışma alanı arazi kullanımı	Kod	Max.	Min.	Ort. Değer	Ağırlık değeri (%)
Orman	1	2	4	3	76,09
Bozuk orman	2	2	7	4,5	60,14
Ziraat	3	0	0	0	0
Taşlık	4	6	10	8	22,91
Koruya dönüştürme	5	1	5	3	76,09
İskan ve diğer yapılaşmalar	6	0	0	0	0
Su	7	0	0	0	0
OT	8	3	9	6	44,18
<b>Ortalama</b>				<b>3,06</b>	<b>75,43</b>

Çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin arazi eğim sınıfları topoğrafik haritalar yardımıyla elde edilen topoğrafik yapılardan % 10 eğim farkları ile 8 eğim grubuna ayrılmıştır. Yol ağı planlamada dikkate alınması gereken çalışma alanı eğim sınıflarının her biri için Tablo 13'ün yardımı ile uygunluk değeri ve bu değere ait yüzdelik değerler belirlenmiştir.

Çalışma alanı için 8 farklı arazi eğim sınıfı belirlenmiştir. Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda, belirlenen arazi eğim sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak arazi eğim sınıflarının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Yol ağı planlaması kapsamında arazi eğim sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 97,36 ağırlık değeri ile birinci eğim sınıfı, % 92,05 ağırlık değeri ile ikinci eğim sınıfı, % 81,41 ağırlık değeri ile üçüncü eğim sınıfı, % 60,14 ağırlık değeri ile dördüncü eğim sınıfı, % 28,23 ağırlık değeri ile beşinci eğim sınıfı, % 22,91 ağırlık değeri ile altıncı eğim sınıfı, % 12,28 ağırlık değeri ile yedinci eğim sınıfı olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değeri % 0 olarak belirlenen sekizinci eğim sınıfının orman yol ağı planlamasına uygun olmayan arazi eğim sınıfı olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 13. Çalışma alanı arazi eğim sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.**

Çalışma alanı arazi eğim sınıfları	Eğim (%)	Max.	Min.	Ort.	Ağırlık değeri (%)
1	0	10	1	1	97,36
2	10,0001	20	1	2	92,05
3	20,0001	30	2	3	81,41
4	30,0001	40	4	5	60,14
5	40,0001	50	6	9	28,23
6	50,0001	60	7	9	22,91
7	60,0001	70	8	10	12,28
8	70<		0	0	0
<b>Ortalama</b>				<b>4,86</b>	<b>56,34</b>

Çalışma kapsamında ArcGIS konumsal analiz (Spatial Analyst) eklentisi içerisinde bulunan yoğunluk analizi (Density) fonksiyonu kullanılarak çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin yol yoğunluğu sınıfları oluşturulmuştur. Raster hücrelerinin komşuluk ilişkileri öklid bağıntısı yardımı ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanı için 5 m/ha aralıklar ile 10 farklı yol yoğunluğu sınıfı belirlenmiştir. Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenen çalışma alanı yol yoğunluğu sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak her bir yol yoğunluğu (YY) sınıfının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir (Tablo 14).

Yol ağı planlaması açısından çalışma alanı yol yoğunluğu sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 97,36 ağırlık değeri ile birinci YY sınıfı, % 86,73 ağırlık değeri ile ikinci YY sınıfı, % 76,09 ağırlık değeri ile üçüncü YY sınıfı, % 65,46 ağırlık değeri ile dördüncü YY sınıfı, % 65,46 ağırlık değeri ile beşinci YY sınıfı, % 49,50 ağırlık değeri ile altıncı YY sınıfı, % 38,87 ağırlık değeri ile yedinci YY sınıfı, % 28,23 ağırlık değeri ile sekizinci YY sınıfı, % 6,96 ağırlık değeri ile dokuzuncu YY sınıfı olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değeri % 0 olarak belirlenen onuncu YY sınıfının orman yol ağı planlamasına uygun olmayan yol yoğunluğu sınıfı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 14. Çalışma alanı yol yoğunluğu sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.

Çalışma alanı yol yoğunluğu sınıfları	Yol yoğunluğu (m/ha)	Max.	Min.	Ort. Değer	Ağırlık değeri (%)
1	0 - 5	1	1	1	97,36
2	5,0001 - 10	1	3	2	86,73
3	10,0001 - 15	2	4	3	76,09
4	15,0001 - 20	2	6	4	65,46
5	20,0001 - 25	2	6	4	65,46
6	25,0001 - 30	2	9	5,5	49,50
7	30,0001 - 35	3	10	6,5	38,87
8	35,0001 - 40	5	10	7,5	28,23
9	40,0001 - 45	9	10	9,5	6,96
10	45<	0	0	0	0
<b>Ortalama</b>				<b>4,78</b>	<b>57,18</b>

Çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin ana dereye uzaklık (ADU) sınıfları hesaplamasında öklid geometrisi ile 10 m x 10 m piksel boyutlu raster veriler oluşturulmuştur. Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenen çalışma alanı ana dereye uzaklık sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak her bir ana dereye uzaklık sınıfının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir (Tablo 15). Ana dereye uzaklık sınıfları 25'er m mesafelerde toplam 3 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanında üç farklı ana dereye uzaklık sınıfı belirlenmiştir. Yol ağı planlaması açısından çalışma alanı ana dereye uzaklık sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 81,41 ağırlık değeri ile üçüncü ana dereye uzaklık sınıfı, % 76,09 ağırlık değeri ile ikinci ana dereye uzaklık sınıfı olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değeri % 0 olarak belirlenen birinci ana dereye uzaklık sınıfının orman yol ağı planlamasına uygun olmayan ana dereye uzaklık sınıfı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 15. Çalışma alanı ana dereye uzaklık sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.

ADU sınıfları	ADU (m)	Mak.	Min.	Ortalama değer	Ağırlık değeri (%)
1	0 - 25	0	0	0	0
2	25 - 50	1	5	3	76,09
3	50<	1	4	2,5	81,41
<b>Ortalama</b>				<b>1,8</b>	<b>78,8</b>

Çalışma alanında bulunan yerlerin yola uzaklık sınıfları 0-1000 m ve üzeri uzaklıklar arasında 100'er metre aralıklar ile 10 sınıfa ayrılmıştır. Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenen çalışma alanı yola uzaklık (YU) sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak her bir yola uzaklık sınıfının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir (Tablo 16). Yol ağı planlaması açısından çalışma alanı yola uzaklık sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 97,36 ağırlık değeri ile onuncu yola uzaklık (YU) sınıfı, % 92,05 ağırlık değeri ile dokuzuncu YU sınıfı, % 86,73 ağırlık değeri ile sekizinci YU sınıfı, % 86,73 ağırlık değeri ile yedinci YU sınıfı, % 81,41 ağırlık değeri ile altıncı YU sınıfı, % 60,14 ağırlık değeri ile beşinci YU sınıfı, % 49,50 ağırlık değeri ile dördüncü YU sınıfı, % 28,23 ağırlık değeri ile üçüncü YU sınıfı, % 22,91 ağırlık değeri ile ikinci YU sınıfı olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değeri % 6,96 olarak belirlenen birinci yola uzaklık sınıfının orman yol ağı planlamasına en az uygun olan yola uzaklık sınıfı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 16. Çalışma alanı yola uzaklık sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.

YU sınıfları	Yola uzaklık (m)	Mak.	Min.	Ortalama Değer	Ağırlık Değeri (%)
1	0	100	9	10	9,5
2	100,0001	200	7	9	8
3	200,0001	300	6	9	7,5
4	300,0001	400	5	6	5,5
5	400,0001	500	4	5	4,5
6	500,0001	600	1	4	2,5
7	600,0001	700	1	3	2
8	700,0001	800	1	3	2
9	800,0001	900	1	2	1,5
10	900<		1	1	1
<b>Ortalama</b>				<b>4,4</b>	<b>61,20</b>

Çalışma alanı içerisinde bulunan yerlerin bakı sınıfları topoğrafik haritalardan üretilen SAM yardımıyla tespit edilmiştir. Araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenen çalışma alanı bakı sınıflarına yol planlama önceliğine göre uygunluk derecelendirmeleri yapılarak bakı sınıflarının ağırlık değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir (Tablo 17). Çalışma alanı

için 9 farklı bakı sınıfı belirlenmiştir. Yol ağı planlaması açısından çalışma alanı bakı sınıflarının ağırlık değerleri sırası ile % 97,36 ağırlık değeri ile dördüncü bakı sınıfı (güney), % 86,73 ağırlık değeri ile beşinci bakı sınıfı (güneybatı), % 86,73 ağırlık değeri ile altıncı bakı sınıfı (güneydoğu), % 81,41 ağırlık değeri ile yedinci bakı sınıfı (batı), % 81,41 ağırlık değeri ile sekizinci bakı sınıfı (doğu), % 65,46 ağırlık değeri ile dokuzuncu bakı sınıfı (düz), % 65,46 ağırlık değeri ile üçüncü bakı sınıfı (kuzeydoğu), % 65,46 ağırlık değeri ile ikinci bakı sınıfı (kuzeybatı) olduğu belirlenmiştir. Ağırlık değeri % 60,14 olarak belirlenen birinci bakı sınıfının (kuzey) orman yol ağı planlamasına en az uygun olan bakı sınıfı olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 17. Çalışma alanı bakı sınıflarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan tablo.**

Çalışma alanı bakı sınıfları	Bakı	Kod	Mak.	Min.	Ort. değer	Ağırlık değeri (%)
1	Kuzey	0-22,5	2	7	4,5	60,14
2	Kuzeybatı	292,5-337,5	2	6	4	65,46
3	Kuzeydoğu	22,5-67,5	2	6	4	65,46
4	Güney	157,5-202,5	1	1	1	97,36
5	Güneybatı	202,5-247,5	1	3	2	86,73
6	Güneydoğu	112,5-157,5	1	3	2	86,73
7	Batı	247,5-292,5	1	4	2,5	81,41
8	Doğu	67,5-112,5	1	4	2,5	81,41
9	Düz	-1	2	6	4	65,46
<b>Ortalama</b>					<b>2,8</b>	<b>78,09</b>

### 3.3. Yol Ağı Planlama Kriterlerine Ait Ağırlıkların Belirlenmesi

Yol ağı planlama kriterlerine ait ağırlıkların belirlenmesinde sıralama yöntem kullanılarak toplamları arasındaki oransal ilişki, karşılıklı sayı çiftleri arasındaki oransal ilişki ve üstsel ilişki olmak üzere üç farklı yaklaşım ile ortalamaları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda yol ağı planlamalarında en etkili kriterler olarak % 22'lik ortalama ile yol yoğunluğu ve arazi eğimi kriterlerinin olduğu belirlenmiştir. En az etkiye sahip yol ağı planlama kriterinin ise % 11'lik ortalama ile ana dereye uzaklık kriteri olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı için yol ağı planlamada etkili olan kriterlerin önem düzeyleri yüzdelik olarak sırası ile % 22 oranında yol yoğunluğu, % 22 oranında arazi eğimi, % 20 oranında yola uzaklık, % 13 oranında arazi kullanımı, % 12 oranında bakı ve % 11 oranında ana dereye uzaklık olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 18. Yol ağı planlama kriterlerinin ağırlıklandırılması.**

Yol planlama kriterleri	ağı	Toplamları arasındaki oransal ilişki	Karşılıklı sayı çiftleri arasındaki oransal ilişki	Üstsel ilişki	Ortalamalar
Arazi Eğimi		0,22-%22	0,20-%20	0,26-%26	0,22-%22
Ana Dereye Uzaklık		0,12-%12	0,14-%14	0,08-%8	0,11-%11
Yol Yoğunluğu		0,21-%21	0,19-%19	0,25-%25	0,22-%22
Yola Uzaklık		0,20-%20	0,18-%18	0,22-%22	0,20-%20
Bakı		0,12-%12	0,14-%14	0,09-%9	0,12-%12
Arazi Kullanımı		0,13-%13	0,15-%15	0,10-%10	0,13-%13
		<b>1- %100</b>	<b>1-%100</b>	<b>1-%100</b>	<b>1-%100</b>

## 4. Sonuç ve Tartışma

Ülke genelinde standart bir uygulama için orman yolu yapımı ve planlamasında dikkate alınması gereken kriterlerin belirlenmesi son derece önemlidir. Çalışmanın amacı orman yol ağı planlamada önemli olan kriterleri etki derecelerine göre belirlemek ve ülke genelinde standart bir uygulamanın geliştirilmesini sağlamaktır. Araştırma Tokat Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Yaylacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yapılmıştır. Çalışma sonucunda orman yol ağı planlamasında kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Yol ağı planlamada oldukça önemli olan eğim ve bakı kriterleri değerlendirildiğinde çalışma alanının orman yollarının yapımına uygun olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışma alanının % 46'sının hafif eğimli ve düz arazi olduğu, % 45,9'unun ise eğimli ve orta eğimli arazi olduğu, % 8,1'inin çok dik arazi olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının % 24,03'ünün kuzey bakılarda yer aldığı, % 52,78'inin ise güney bakılarda yer aldığı belirlenmiş olup orman yolları tebliğinde belirtilen yol ağı planlamada orman yollarının mümkün olduğunca güneye bakan yamaçlardan geçirilmesi gerektiği hususu kapsamında çalışma alanının bakı yönünden de orman yolları planlamasına uygun olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda orman yol ağı planlamada etkili olan kriterler; yol yoğunluğu, arazi eğimi, bakı, arazi kullanımı, ana dereye uzaklık, yola uzaklık olarak belirlenmiş olup kriterlerin önem düzeyleride tespit edilmiştir. Yol ağı planlamada etkili olan her bir kriter kendi içerisinde sınıflandırılarak puanlandırılmıştır. Orman yol ağı planlamada kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde ve karar almada karşılaşılabilecek problemlerin ortadan kaldırılmasında derecelendirme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem ile belirlenen kriterler için beş farklı derece ve uygunluk değeri tanımlanmıştır. Bu kapsamda yokluk (Yo), yol ağı planlaması için çok uygun yerler (ÇU), yol ağı planlaması için uygun yerler (U), yol ağı planlaması için az uygun yerler (AU) ve yol ağı planlaması için çok az uygun yerler (ÇAU) şeklinde konumsal durumlarının belirlenmesi amacıyla beş temel yol ağı planlama fonksiyonuna ulaşmak için oluşturulmuştur. Sonuç olarak yol ağı planlamalarında en etkili kriterin yol yoğunluğu ve arazi eğimi olduğu, en az etkiye sahip kriterin ise ana dereye uzaklık olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı için yol ağı planlamada etkili olan kriterlerin önem düzeyleri yüzdelik olarak sırası ile % 22 oranında yol yoğunluğu, % 22 oranında arazi eğimi, % 20 oranında yola uzaklık, % 13 oranında arazi kullanımı, % 12 oranında bakı ve % 11 oranında ana dereye uzaklık olduğu belirlenmiştir. Ülke genelinde uygulamada bütünlük ve kolaylık sağlaması açısından çalışma sonucunda orman yol ağı planlamada kullanılacak kriterlerin ve önem düzeylerinin belirlenmesi akış şeması oluşturulmuştur.

### Teşekkür

Bu çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin 9320 No'lu Projesi kapsamında bilimsel araştırma olarak desteklenen doktora tezimin bir bölümü yer almaktadır. Bu nedenle Karadeniz Teknik Üniversitesine ve KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine teşekkür ederim. Ayrıca doktora tez danışmanım Prof.Dr. H.Hulusi ACAR'a bilimsel destek ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

### Referanslar

- [1] Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı Tebliği No:292," OGM, Ankara, 2008.
- [2] B. Arıçak, "Orman Yolu İnşaatında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma," Ph.D. Thesis, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- [3] M. Hasdemir ve M. Demir, "Türkiye'de Orman Yollarını Karayolundan Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, vol. 50, no. 2, pp. 85-96, 2000.
- [4] E. Görçelioğlu, *Orman Yolları-Erozyon İlişkisi*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No:4460/476, 184 s., İstanbul, 2004.
- [5] M. Demir, "Impacts, Management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network System in Turkey," *Transport Research Part-A*, vol. 41, pp. 56-68, 2007.
- [6] O. Erdaş, *Orman Yolları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 188/26, 744 sayfa, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 1997.
- [7] Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, "VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı," Yayın No. DPT:2531-OİK:547, Ankara, 2001.
- [8] E. Hayati, B. Majnounian, E. Abdi, J. Sessions, and M. Makhdoum, "An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 185, no. 2, pp. 1767–1776, May 2012, doi: 10.1007/s10661-012-2666-1.

- [9] S. Gülci, "Orman İçi ve Kenarı Yol Ağlarında Ekolojik Sanat Yapıları Üzerine Araştırmalar," Ph.D. Thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2014.
- [10] A. Guisan, T. C. Edwards, and T. Hastie, "Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene," *Ecological Modelling*, vol. 157, no. 2–3, pp. 89–100, Nov. 2002, doi: 10.1016/s0304-3800(02)00204-1.
- [11] E. Göçmen Polat, "An Analysis for Pasture Improvement: Provincial Example," *International Scientific and Vocational Studies Journal*, Jun. 2022, doi: 10.47897/bilmes.1070773.
- [12] F. Sari, "Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS," *Forest Ecology and Management*, vol. 480, p. 118644, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.foreco.2020.118644.
- [13] E. D. Urmak, Y. Çatal ve M. Karaatlı, "İllerin ormancılık faaliyetlerinin AHP temelli MAUT ve SAW yöntemleri ile değerlendirilmesi," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 22, no. 2, pp. 301-325, 2017.
- [14] M. Dedeoğlu ve O. Dengiz, "Coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen çok kriterli karar destek analiz yaklaşımı kullanılarak arazi uygunluk sınıflarının belirlenmesi," *Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 13, no. 2, pp. 60-72, 2018.
- [15] J. R. Eastman, W. Jin, P. A. K. Kyem ve J. Toledano, "Raster Procedures for Multi-Criteria/Multi-Objective Decisions," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 61, no. 5, pp. 539-547, 1995.
- [16] W. Kainz, M. J. Egenhofer ve I. Greasley, "Modelling Spatially Relations and Operations with Partially Ordered Sets," *Int. J. Geographical Information Systems*, vol. 7, no. 3, pp. 215-229, 1993.
- [17] J. Malczewski, "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 20, no. 7, pp. 703–726, Aug. 2006, doi: 10.1080/13658810600661508.
- [18] R. W. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process—what It Is and How It Is Used," *Mathematical Modelling*, vol. 9, no. 3–5, pp. 161–176, 1987, doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [19] J. Malczewski, "On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches," *Transactions in GIS*, vol. 4, no. 1, pp. 5–22, Jan. 2000, doi: 10.1111/1467-9671.00035.
- [20] K. Chang, *GIS Models and Modelling*. Introduction to Geographic Information Systems, Chapter Fourteen, McGraw Hill, New York, p. 400, 2004.
- [21] S. J. Carver, "Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems," *International journal of geographical information systems*, vol. 5, no. 3, pp. 321–339, Jan. 1991, doi: 10.1080/02693799108927858.
- [22] H. Jiang and J. R. Eastman, "Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, no. 2, pp. 173–184, Mar. 2000, doi: 10.1080/136588100240903.
- [23] E. Çalışkan, "Planning of Forest Road Network and Analysis in Mountainous Area," *J. Agr. Sci. Tech.*, vol. 15, pp. 781-792, 2013.
- [24] D. Öztürk ve F. Batuk, "Implementation of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis with VB in ArcGIS," *International Journal of Information Technology & Decision Making*, vol. 10, no. 6, pp. 1023-1042, 2011.
- [25] F. Zimmermann, "Conservation of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in a Fragmented Landscape - habitat Models, Dispersal and Potential Distribution," Ph.D. Thesis, Faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne, Switzerland, pp. 1-193, 2004.
- [26] Esri, "Using ArcView GIS: User Manual," Redlands, California: Environmental Systems Research Institute, 1996.