

Potansiyel ağaçlandırma sahalarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi

Muhammed Kürşad Muğla¹ , Tarık Türk² 

¹İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Emlak ve İstimlak Dairesi Başkanlığı, Avrupa Kamulaştırma Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye.

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye.

Öz: Son zamanlarda dünya genelinde her yıl milyonlarca hektar orman, insanlardan kaynaklanan etkilerle yok olmaktadır. Bu durum, ormansızlaşma kavramını çağımızın en büyük sorunlarından birisi haline getirmiştir. Ormansızlaşmayla mücadele etmek ve sürdürülebilir bir orman yönetimi sağlamak amacıyla mevcut ormanların korunması gerekmektedir. Bununla birlikte en uygun potansiyel ağaçlandırma sahalarının tespit edilerek bu sahaların ağaçlandırma çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, orman varlığı için mevcut durumun sayısal ortamda kolaylıkla irdelenebilmesi ve potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenebilmesi adına konuma dayalı bilgi sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden faydalanılabilmektedir. Bu çalışmada, Sivas il sınırı içerisindeki potansiyel ağaçlandırma sahalarının CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sahaların kısa sürede, doğru, etkin ve otomatik olarak belirlenebilmesi için CBS yazılımı ortamında model builder tabanlı, AHS'de kullanılan ölçüt ağırlıklarının hesaplanması işlemi için ise Matlab tabanlı kullanıcı arayüz programları geliştirilmiştir. Ortaya konulan yöntemden elde edilen sonuç haritalar ile çalışma alanının Google Earth'deki güncel uydu görüntüleri ve daha önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları konumsal olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda toprak derinliği hesaba katılarak yapılan değerlendirmede yaklaşık %50 (Google Earth) ve %51.30 (önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları) civarında bir örtüşme söz konusu iken kadastral durum dikkate alınarak yapılan değerlendirmede örtüşme yaklaşık %70 (Google Earth) ve %81.13 (önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları) civarındadır.

Anahtar Sözcükler: Analitik hiyerarşi süreci, Coğrafi bilgi sistemleri, Ağaçlandırma, Ormansızlaşma

Detection of potential afforestation fields by analytical hierarchy process and geographical information systems

Abstract: Recently, millions of hectares of forests are disappearing every year due to the effects caused by people. This situation has made the concept of deforestation one of the biggest problems of our age. Existing forests need to be protected in order to combat deforestation and ensure a sustainable forest management. However, determining the most suitable potential afforestation areas and carrying out afforestation works of these areas are of great importance. In this context, Geographical Information Systems (GIS), which is a location-based information system, can be used in order to easily examine the current situation in the digital environment for forest existence and to identify potential afforestation areas. In this study, it is aimed to determine the potential afforestation areas within Sivas province border automatically by GIS based Analytical Hierarchy Process (AHP) method. In order to determine these sites in a short time, accurately, effectively and automatically, a model builder based interface has been developed in the GIS software environment, while Matlab based user interface program has been developed to calculate the criterion weights used in AHP. The result maps obtained from the method presented were compared with the current satellite images of the study area in Google Earth and the previously projected afforestation areas spatially. As a result of this comparison, approximately 50% (Google Earth) and 51.30% (previously projected afforestation areas) overlap in the assessment made by taking into account the depth of the soil, while the overlap is approximately 70% (Google Earth) and 81.13% (previously projected afforestation areas).

Keywords: Analytical hierarchy process, Geographical information systems, Afforestation, Deforestation

1. Giriş

Geniş bir alanda kendine özgü iklim oluşturabilen, belirli yükseklik, yapı ve kapalıdaki ağaçlar ile içinde yaşayan canlıları kapsayan bir ekosistem olarak tanımlayabileceğimiz ormanların sayısız ekolojik, sosyal ve ekonomik faydaları vardır (OGM, 2018). Ormanlar; yakacak, oksijen ve gıda kaynağıdır; kullandığımız kağıtların, mobilyaların ve bazı ilaçların hammaddesidir. Ormanlar gürültü kirliliğini azaltır, yeraltı sularının oluşmasına yardımcı olur, su ve rüzgar erozyonunu önleyerek toprağın verimini kaybetmesini ve taşkınları önler, sosyal alanlar oluşturur, orman köylüsüne istihdam sağlar (Muğla, 2019; OGM, 2018). Ayrıca fosil yakıtların fazla kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklikler, hızla gelişen yapılaşma ve sanayileşme gibi insan etkileriyle atmosfere salınan zararlı gazlar her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak yeryüzünün daha fazla ısınmasıyla meydana gelen küresel iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık, verimli yağış azlığı, buzulların eriyerek deniz seviyesini yükseltmesi gibi insan hayatını olumsuz etkileyecek durumların önüne geçilmesinde de atmosferdeki sera gazının azaltılmasını sağlayan ormanlar büyük önem taşımaktadır (Muğla, 2019; OGM, 2018). Nitekim Birleşmiş Milletler tarafından ormansızlaşmanın gerek iklim değişikliği açısından, gerekse biyolojik çeşitlilik açısından çevre tehdidi oluşturduğu açıkça ortaya konmuş, ormanların insanlık için bir ‘Hayat Destek Sistemi’ olduğu kabul edilmiştir (OGM, 2015). Ormanların insanoğlu ve doğal çevre için son derece önem kazandığı günümüzde, mevcut orman durumunun iyi biliniyor korunması ve orman varlığının artırılması için ağaçlandırma sahalarının tespit edilip gerekli çalışmaların yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, orman varlığının mevcut durumunun sayısal ortamda kolaylıkla irdelenebilmesi ve potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenebilmesi için konuma dayalı bilgi sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden faydalanılmaktadır (Ateşoğlu, 2015; Muğla, 2019; Piran, Maleknia, Akbari, Soosani & Karami, 2013; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020).

Literatürde bu konuya ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Gürkaynak (2014) tarafından CBS kullanılarak yapılan çalışmada, Kahta Devlet Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki potansiyel ağaçlandırma alanları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında orman toprağı (OT), yükseklik, eğim, bakı ve ortofotolardan elde edilen baraj, yol ve iskan alanlarına yakınlık verilerinden her biri 5 gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca orman içi açıklık alanlar da ortofotolardan belirlenmiştir. Bu tespit edilen beş önemli faktöre ve ilgili ölçütlere göre bölmeciklerin potansiyel öncelik sınıfları tespit edilerek öncelikli olarak ağaçlandırılması gereken alanlar ortaya konulmuştur. Ateşoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada, Arıt ve Eşme-Güre orman işletme şefliği sınırları içerisinde CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle potansiyel ağaçlandırma alanları tespit edilmiştir. Çalışmada, Landsat TM uydu görüntüleri ve Coordination of Information on the Environment (CORINE) verileri kullanılmıştır. Her iki alana ait uydu görüntülerine maksimum benzerlik algoritması ile kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonrasında 2032 ha toplam alanı bulunan Arıt Orman İşletme Şefliğine ilişkin genel doğruluk %81, 38 447 ha alana sahip Eşme-Güre Orman İşletme Şefliğine ilişkin genel doğruluk ise %89 civarında elde edilmiştir.

van Loi (2008), Vietnam bölgesinde Landsat ETM+ uydu görüntülerini kullanarak uzaktan algılama teknikleriyle yoğun orman, bozulmuş orman, orman alanı, otlak, çalılık arazisi, çorak arazi olmak üzere toplamda altı arazi örtüsü sınıfı tanımlamıştır. İklim, toprak mülkiyeti, topoğrafya ve bitki örtüsü gibi ölçütler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle ağırlıklandırılarak CBS ortamında analiz edilmiştir. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak yapılan çalışma sonucunda tüm alan yüksek potansiyele sahip, orta potansiyele sahip, düşük potansiyele sahip ve çok düşük potansiyele sahip alanlar olarak 4 sınıfa ayrılmış olup orman oluşturabilmek için 365 891 ha'lık uygun bir alan bulunduğu ortaya konulmuştur. Bhagat (2009), Hindistan'da yaptığı çalışmada Landsat ETM+ verileri kullanılarak uzaktan algılama ve CBS yöntemleri ile potansiyel ağaçlandırma sahalarını belirlemiştir. Çalışma alanındaki mevcut orman yoğunlukları Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kullanılarak sınıflandırılmış, toprak nemi ise Soil Wetness Index (SWI) dağılımına dayanarak Birleşik NDVI ve SWI haritaları üretilmiştir. Sonuç haritada incelenen alanın yaklaşık %13'ünün birinci derece potansiyele

sahip ağaçlandırma alanı, %27'sinin ise ikinci derece potansiyele sahip ağaçlandırma alanı olduğu ortaya konulmuştur. Hossain, Lin ve Hussain (2003) yaptığı çalışmada Bangladeş'in Cox's Bazar Sahili'nde potansiyel mangrov ağaçlandırma sahalarının tespit edilmesini amaçlamıştır. Landsat TM görüntüsü kullanılan çalışma sonuçlarına göre; 2146 ha birinci derece ve 1605 ha ikinci derece mangrov ekim sahası bulunduğunu ortaya koymuştur.

Mahdavi, Ghasemi ve Jafarzadeh (2017), ağaçlandırma çalışmalarının başarılı olması amacıyla CBS kullanarak arazi uygunluğunun değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, İran'da üç doğal ağaç türünün (Quercus persica, Pistacia atlantica, Amygdalous scoparia) potansiyel habitatlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda; çalışma alanının eğim ve bakı haritaları üretilmiştir. Toprak haritalarının üretilmesi için ise yaklaşık 954 ha bölgeden 30 cm derinlikte rastgele 40 toprak numunesi alınmış; PH, doku, elektriksel iletkenlik ve organik materyal gibi toprak örnek özellikleri ölçülmüştür. Seçilen ağaç türlerinin ekolojik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak coğrafi analizlerle elde edilen sonuçlara göre toplam alanın yaklaşık 890 ha'lık bölümünün yeniden ağaçlandırılabilir olduğuna kanaat getirilmiştir. Quercus persica için 368.72 ha (%41.41), Pistacia atlantica için 353.44 ha (%36.69) ve Amygdalus scoparia türü için 176.20 ha (%19.78) uygun alan bulunmuştur. Eslami, Roshan ve Hassani (2010), İran'ın kuzey bölgesinde yer alan Guilan kentindeki ağaçlandırma çalışmalarında uygun türlerin seçilmesinde CBS'den faydalanmıştır. Bu çalışmada yükseklik, eğim, bakı, iklim ve toprak yapısı gibi ölçütler önem değerine göre derecelendirilmiş ve AHS yöntemiyle ağırlıklandırılarak sonuç harita üretilmiştir.

Diğer taraftan, Ustaoglu ve Aydinoglu (2020) İstanbul'un Pendik ilçesinde CBS tabanlı bulanık küme ve AHS ile en uygun yeşil alanların belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Dubovyk, Menz ve Khamzina (2016), CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi ve bulanık mantık ile bir ağaç türünün ekili olduğu alanların uygun olup olmadığının değerlendirilmesine yönelik çalışma yapmışlardır. Piran vd. (2013) tarafından İran'ın batısındaki Ilam kentinde yapılan çalışmada CBS tabanlı AHS ile en uygun yerel orman park alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar ortaya konmuştur. Con vd. (2013) tarafından, Gediz havzasının kuzey doğusunda; amenajman durumu, saha eğim sınıfı, yükselti aralıkları, toprak derinliği, kuraklık indeksi ve arazi kabiliyet sınıfı gibi veriler kullanılarak CBS ortamında analiz edilmiş ve potansiyel ağaçlandırma sahaları belirlenmiştir.

Bu çalışmada; yükseklik, eğim, bakı, amenajman durumu, erozyon riski, arazi kabiliyeti sınıfı, toprak derinliği, kuraklık indisi, yollara yakınlık, baraj ve göllere yakınlık, enerji nakil hatları, korunan alanlar, sit alanları, yerleşim yerleri gibi veriler kullanılarak Sivas il sınırı içerisindeki potansiyel ağaçlandırma sahalarının CBS tabanlı AHS yöntemiyle analiz edilerek geliştirilen kullanıcı arayüz programlarıyla otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı seçilen Sivas, İç Anadolu Bölgesi'nde 35° 85' ile 38° 75' doğu boylamları ve 38° 05' ile 40° 05' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Ortalama yüksekliği 1500 metrenin üzerinde olan ilin kuzeyi Karadeniz ikliminin etkisinde iken geneli karasal iklim özelliğine sahiptir (Sivas Valiliği, 2019). İklim ve yer şekilleri özellikleri bakımından Sivas doğal bir orman alanı olması gerekirken; yüzyıllar boyunca devam eden ormanların tahribatı yüzünden bugün Sivas çevresinde orman alanları fazla geniş bir yer tutmaz. İlin Koyulhisar bölgesi zengin çam ormanı ile kaplıdır. Şerefiye yöresi Koyulhisar çevresi kadar olmamakla birlikte önemli bir orman bölgesidir. İlde Orman Genel Müdürlüğü (OGM) verilerine göre toplamda 387 281 ha ormanlık alan bulunmaktadır.



Şekil 1: Çalışma alanı (Kuşçu Şimşek, Türk & Ödül, 2019)

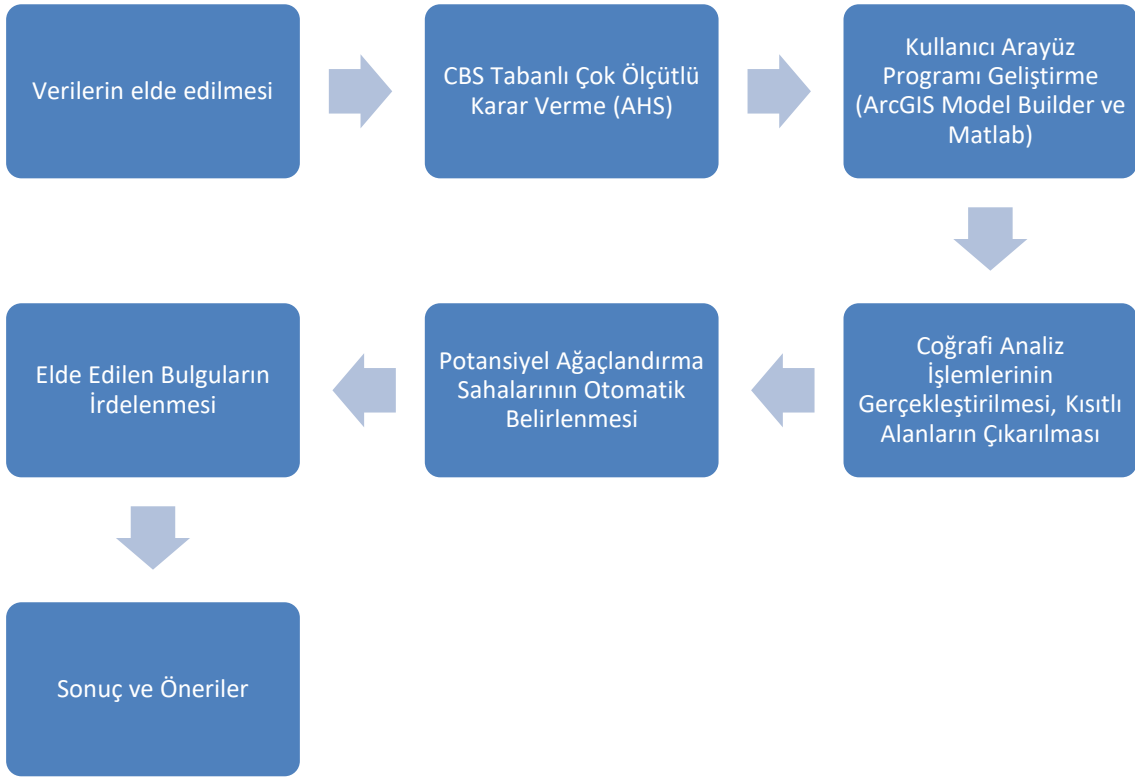
3. Yöntem

Bu çalışmada, CBS tabanlı AHS kullanılarak geliştirilen kullanıcı arayüz programları yardımıyla potansiyel ağaçlandırma sahalarının otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu süreçte kullanılan veriler Tablo 1’de çalışmada izlenen iş adımları ise Şekil 2’de verilmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan veriler

Veri	Veri Kaynağı
Amenajman Planları	Orman Genel Müdürlüğü (OGM)
Büyük Toprak Grupları (BTG) Haritası	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM)
Baraj-Göl-Gölet	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)
Korunan Alanlar	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)
Kadastral Veriler	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)
Sayısal Arazi Modeli (SAM)	Harita Genel Müdürlüğü (HGM)
Karayolları	Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)
Enerji Nakil Hatları	Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. (ÇEDAŞ)

Bu çalışmada verilerin toplanması, derlenmesi, gerekli dönüşümlerin, sorgulamaların ve analizlerin yapılması sürecinde ESRI ArcGIS 10.3 CBS yazılımı kullanılmıştır. Farklı kurumlardan elde edilen veriler kullanılan CBS yazılımı ortamında WGS84 Zone 37N ortak projeksiyon koordinat sistemine dönüştürülmüştür.



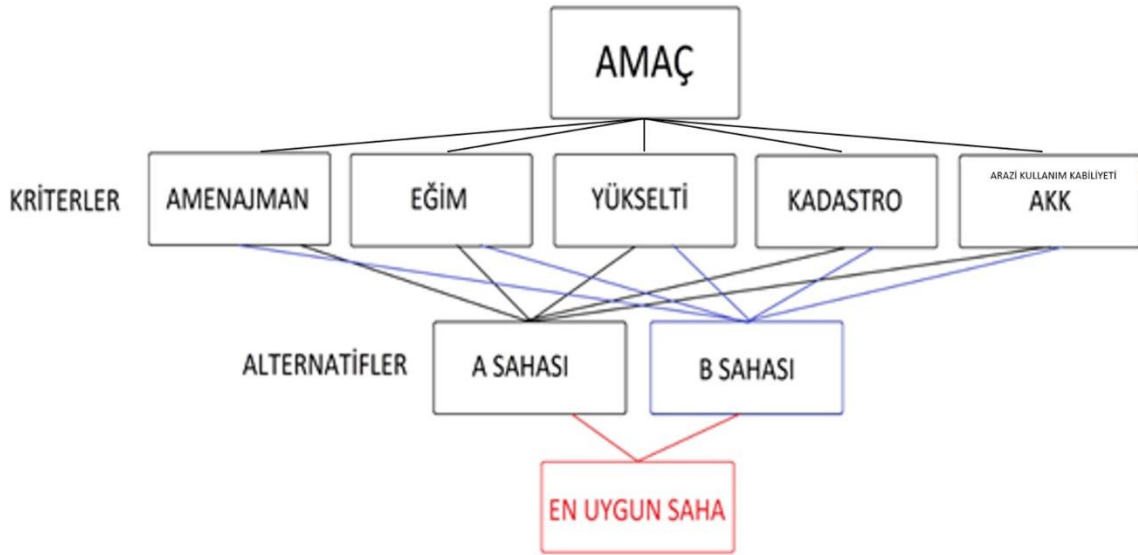
Şekil 2: Çalışmada izlenen adımlar

3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

Saaty (1977) tarafından model haline getirilen AHS yöntemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde, karar ölçütleri hiyerarşik kurallar ve farklı alternatifler ile belirlenirken önem derecesine göre sıralanır. Önem derecesine göre sıralanma, uzman görüşleri alınarak yapılır. Bu durum yöntemin doğruluğunu artırmaktadır. AHS'nin avantajı, hem niceliksel hem de niteliksel verilerin kolay anlaşılmasını ve etkili bir biçimde ele alınmasını sağlamasıdır (Bunruamkaew ve Murayam, 2011; Ciritci ve Türk, 2019; Min, 1994; Moeinaddini, Khorasani, Danehkar & Darvishsefat, 2010). Literatürde birçok çalışmada yaygın olarak kullanılan yöntemin işlem adımları aşağıda belirtilmektedir.

- Karar geliştirme süreçlerinde hedeflerin, ölçütlerin, kısıtlayıcıların ve/veya alternatiflerin bir hiyerarşi çerçevesinde tanımlanması ve düzenlenmesi,
- Süreçlerde dikkate alınacak ölçütlerin ikili karşılaştırma yoluyla hiyerarşiyi oluşturan her bir düzeyde değerlendirilmesi,
- Hiyerarşinin tüm düzeylerinde de belirleyici olan bu ölçütlerin sayısal bir algoritma üzerinden ağırlıklandırılması ve test edilmesi (Saaty, 2008).

İlk aşama problemin alt ölçütlere ayrılması ve bu ölçütler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulmasını kapsar.



Şekil 3: AHS'nin temelleri

Daha sonra belirlenen ölçütler (K_n) uzman görüşüyle AHS temel ölçek tablosuna göre (Tablo 2) derecelendirilerek ($n \times n$) formatında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Tablo 3).

Tablo 2: AHS temel ölçek tablosu (Saaty, 1980'den uyarlanmıştır)

Mutlak Ölçekte Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	İki faaliyet de nesnelere eşit olarak katkıda bulunur.
3	Diğerine Göre Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı, bir aktiviteyi diğerine göre güçlü bir şekilde desteklemektedir.
5	Temel veya Güçlü Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı, bir aktiviteyi diğerine göre daha güçlü bir şekilde desteklemektedir.
7	Çok Güçlü Derecede Önemli	Bir etkinlik diğerine göre güçlü bir şekilde tercih edilmekte ve üstünlüğü pratikte kanıtlanmaktadır.
9	Aşırı Derecede Önemli	Bir aktiviteyi diğerine tercih eden kanıtlar, mümkün olan en yüksek onaylama sırasına bağlıdır.
2,4,6,8	İki Bitişik Yargı Arasındaki Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde

Tablo 3: K ikili karşılaştırma matrisi

	K_1	K_2	K_3	...	K_n
K_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
K_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
K_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
...
K_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir. Elde edilen matrisin, her bir sütun toplamı bire eşit olacaktır.

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla, oluşan matrisin her bir satırında yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınarak ağırlık vektörü olarak adlandırılan \mathbf{w} vektörü elde edilir. Elde edilen sütun vektörünün her bir değeri ölçütlerin sırasıyla yüzde ağırlık değerlerini vermektedir (Yaralıoğlu, 2001).

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

AHS'deki en önemli özelliklerden biri de karşılaştırmalardaki tutarlılığın belirlenebilmesidir. Bu bağlamda tutarlılığın hesaplanması için Tutarlılık İndeksi (Consistency Index, CI) ve Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio, CR) değerleri hesaplanmaktadır. CI için ise öncelikle maksimum temel özdeğer (λ_{max}) hesaplanır (Göral, 2015; Yaralıoğlu, 2001).

$$M_i = \frac{K_i}{W_i} \quad (4)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6)$$

Son olarak CR hesaplanır. Bu eşitlikteki rastgele index (Random Index, RI), Tablo 4'te matris büyüklüğüne göre yani n değerine göre seçilir (Saaty, 1980).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

Tablo 4: RI değerleri (Macharis, Springael, De Brucker & Verbeke, 2004)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

İşlemler sonucunda dikkate alınması gereken eşik değer 0.10'dur. Eğer CR eşik değerden büyükse bu durum ikili karşılaştırma matrisindeki verilerin uyumsuz olduğu anlamına gelmekte olup matrisin düzenlenerek işlemlerin tekrar edilmesini gerektirmektedir. Oranın 0.10 değerinin altında olması verilerin tutarlı olduğunu göstermektedir (Saaty, 1980).

3.2 Çalışmada Kullanılan Ölçütler

Potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenmesi amacıyla iki tanesi kısıtlayıcı olmak üzere toplam 13 ölçüt kullanılmıştır. Bu kapsamda Sivas Orman İşletme Müdürlüğü ve özel mühendislik bürolarında görev yapan Orman Mühendisleri ile görüşülerek anket yapılmıştır. Bu anket sonucunda elde edilen bilgiler ışığında ölçütler için alt sınıflar oluşturularak 1 ile 9 aralığında derecelendirilmiştir. Ağırlıklar belirlenirken ise aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu ölçütler; yükseklik, eğim, bakı, arazi kullanım kabiliyeti (AKK), amenajman durumu, kadastral durum, toprak derinliği, yollara yakınlık, baraj, göl, gölet gibi alanlara yakınlık, erozyon riski durumu, yerleşim yerlerine yakınlık, sit ve diğer koruma alanları gibi alanlarda bulunmaması, enerji nakil hatlarına yakın olmaması durumlarıdır.

3.2.1 Yükseklik

Deniz seviyesinden yükseğe çıkıldıkça belirli bir yüksekliğe kadar hava sıcaklığı her 200 metrede ortalama 1 santigrat derece

olarak azalmakta, yağışlar ise her 100 metre için yılda ortalama 50 mm artmaktadır. Yükseltinin fazla olduğu alanlarda düşük sıcaklık ve fazla nem toprak özellikleri üzerinde etkili olmakta, bu da vejetasyon süresini kısaltmakta, ağaç beslenmesi ve gelişimi açısından olumsuz sonuçlar doğurmakta ve dikilebilecek tür sayısını kısıtlamaktadır (Muğla, 2019; OGM, 2019). Bu bilgiler göz önünde bulundurularak 10 x 10 metre çözünürlüğündeki yükseklik verileri, dört sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5). 2000+ m yüksekliği bulunan alanlar kısıtlı olarak kabul edilmiştir.

3.2.2 Eğim

Eğim derecesinin fazla olduğu alanlarda erozyon şiddeti yüksektir (OGM, 2019). Toprak kaybının önlenmesi için erozyon şiddetinin yüksek olduğu alanların ağaçlandırılması önemli olsa da eğimin fazla olduğu yerlerde toprak derinliğinin az, veriminin düşük olması sebebiyle yapılacak olan çalışmaların başarı oranı düşük olacaktır (OGM, 2019). Ayrıca, eğim derecesi fazla olan yerlerde yapılacak ağaçlandırmalar özel bir teknik gerektirmektedir. Türkiye’de olduğu gibi genellikle yarı kurak ve kurak iklim tiplerine sahip dik yamaçlı yerlerde ağaçlandırma yapılırken yağış sularının yüzeysel akışla fazla kaybına engel olmak, diğer bir ifade ile toprak içine sızacak su miktarını arttırmak için yamaçta teraslar açılır (Muğla, 2019; Tavşanoğlu, 1974). Bu ve benzeri teknikler de yapılacak çalışmanın maliyetini etkilemektedir. Derecelendirmeler, bahsedilen durumlar göz önünde bulundurularak ağaçlandırma projelerinde uygulanan aralıklara göre sınıflandırılarak yapılmıştır. Eğimin %60 ve üzeri olduğu alanlar kısıtlı olarak kabul edilmiştir (Tablo 5).

3.2.3 Bakı

Yarı nemli ve yarı kurak bölgelerde genellikle gölgeli bakılarda meşçere kapalılık derecesi güneşli bakılara kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni toprağın nem miktarının gölgeli bakılarda daha yeterli ve yazın güneşli bakıların genellikle kurak olmasıdır. Gölgeli bakılarda karlar yavaş yavaş eridiğinden toprağa sızan su miktarı daha fazla olur, yüzeysel akış azalır. Gölgeli bakılarda vejetasyon devresi daha geç başladığı için bitkilerin ilkbahar donlarından zarar görme olasılığı daha azdır (Muğla, 2019; OGM, 2019). Bu sebeple çalışmada kuzey bakı 9, güney bakı 4, doğu ve batı bakı ise 6 olarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.4 Arazi Kullanım Kabiliyeti

Arazi Kullanım Kabiliyeti sınıflandırmasına göre; yeryüzündeki tüm araziler 8 sınıfa ayrılarak incelenir. Bu sınıflandırma sisteminde 1. ve 2. sınıf araziler sulu tarıma en uygun; 3. ve 4. sınıf araziler bazı kısıtlamalar dahilinde tarıma uygun araziler olarak tanımlanmıştır. Diğer dört sınıf içerisinde yer alan araziler ise işlemeli olarak tarımsal üretime uygun olmayan arazilerdir (Alparslan & Aydoğan., 2004). 6. sınıf araziler, ağaçlandırmaya en uygun sınıf olarak 9 ile derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.5 Amenajman Durumu

Amenajman planları, sürdürülebilir bir orman yönetimi sağlamak amacıyla mevcut orman durumunu ortaya çıkarmak ve gelecek planlaması yapmak amacıyla orman mühendislerinden oluşan komisyonlarca hazırlanan, 10 yıl aralıkla revize edilen planlardır (OGM, 2018). Amenajman planları; ağaç türü, yaşı, kapalılık durumu gibi yönlerden ortak özelliğe sahip en az 1 ha alana sahip meşçere adı verilen bölümlerden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında meşçere tipleri irdelenerek potansiyel oluşturma önemine göre derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.6 Kadastral Durum

Ağaçlandırma sahalaları için öncelik olarak kadastro niteliği orman olan alanlar tercih edilirken, şartların uygun olduğu durumlarda hazine arazileri de çalışma öncesi ön tahsisle, çalışma sonrası kesin tahsisle OGM adına tahsis edilebilmektedir (OGM, 2015). Mera alanları da çayır ve otlak alanların azlığı sebebiyle fazla tercih edilmese de uygun görüldüğü durumlarda komisyon kararıyla OGM adına tahsis edilerek ağaçlandırılabilir. Buna ek olarak, en az 0.5 ha büyüklüğündeki şahış

parsellerinde “özel ağaçlandırma” yapılabilmektedir (OGM, 2012). Kadastral durum bu hususlar dikkate alınarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.7 Toprak Derinliği

Toprak derinliği bitki köklerinin gelişecekleri toprak hacmi ve bu toprakta tutulacak su ve besin maddesi miktarı üzerinde etkili olur (Gönensin, 1992). Derin topraklar aynı bünyeye sahip sığ topraklardan daha fazla bitki besini ve su tutabilir (Aboumarsi ve Karagöz, 2015). Yapılacak olan ağaçlandırma çalışmasının başarılı olabilmesi için yeterli toprak derinliğinin olması gerekmektedir. Büyük toprak grupları haritasından elde edilen toprak derinliği haritası, Tablo 5’te belirtildiği şekilde derecelendirilmiştir.

3.2.8 Karayollarına Yakınlık

Yol kenarı ağaçlandırması, estetik ve rekreasyon amacı haricinde yoldan çevreye yayılan gürültü ve hava kirliliğinin önlenmesinde de önemli rol oynamaktadır (Muğla, 2019). Örnek verecek olursak orman varlığı 50 m genişliğindeki bir otobanın trafik gürültüsünü 20-30 desibel kadar azaltmakta ve bir kayın ağacı bir yıl içinde 7 kilogram toz ve 300 kilogram zehri emip, dışarı süzmekle birlikte aşırı kirlenme durumunda ise gövdesindeki bozulma ile alarm vermektedir (OGM, 2018). Karayollarına yakınlık, yedi ayrı sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.9 Baraj, Göl, Gölet gibi Alanlara Yakınlık

Ormanlar, toprağı tutma özelliği sayesinde barajların ömrünü uzatırlar (Muğla, 2019; OGM, 2018). Barajlar, temiz su kaynağı olup yağmur verimini artırır ve su varlığının artmasına yardımcı olurlar. Örneğin, etrafı ormanla çevrili bir baraj gölünün 1 cm³ünde 76 çeşit mikrop tespit edilmişken bu rakam tarım alanları veya çıplak alanlarla çevrili barajın suyunda 4400 çeşittir (OGM, 2018). Dolayısıyla bu alanlara yakın bir ağaçlandırma çalışması birçok açıdan fayda sağlayacaktır. Baraj, göl, gölet gibi alanlara yakınlık, yedi ayrı sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.10 Erozyon Riski

Toprağın sularla ve rüzgarla taşınmasını ifade eden erozyon nedeniyle dünya genelinde kaybedilen toprak yaklaşık 24 milyar ton/yıl iken Türkiye’de bu miktar 750 milyon ton/yıl civarındadır (AA, 2018). Erozyonu önleyerek zararlı etkilerinden kurtulmak için mevcut ormanlar korunmalı ve çıplak araziler ağaçlandırılmalıdır (Deniz ve Ok, 2016). Erozyon riski haritası, büyük toprak grupları haritasından elde edilerek derecelendirilmiştir (Tablo 5).

3.2.11 Yerleşim Yerlerine Yakınlık

Temiz ve yaşanabilir bir çevre oluşturulmasına katkı sağlamak, eğlenme ve dinlenme yeri gibi rekreasyon alanları oluşturmak açısından yerleşim yerlerine yakınlık önem arz etmektedir. Ayrıca çalışmada yerleşim alanları da kısıtlı alan olarak kabul edilmiştir (Tablo 5).

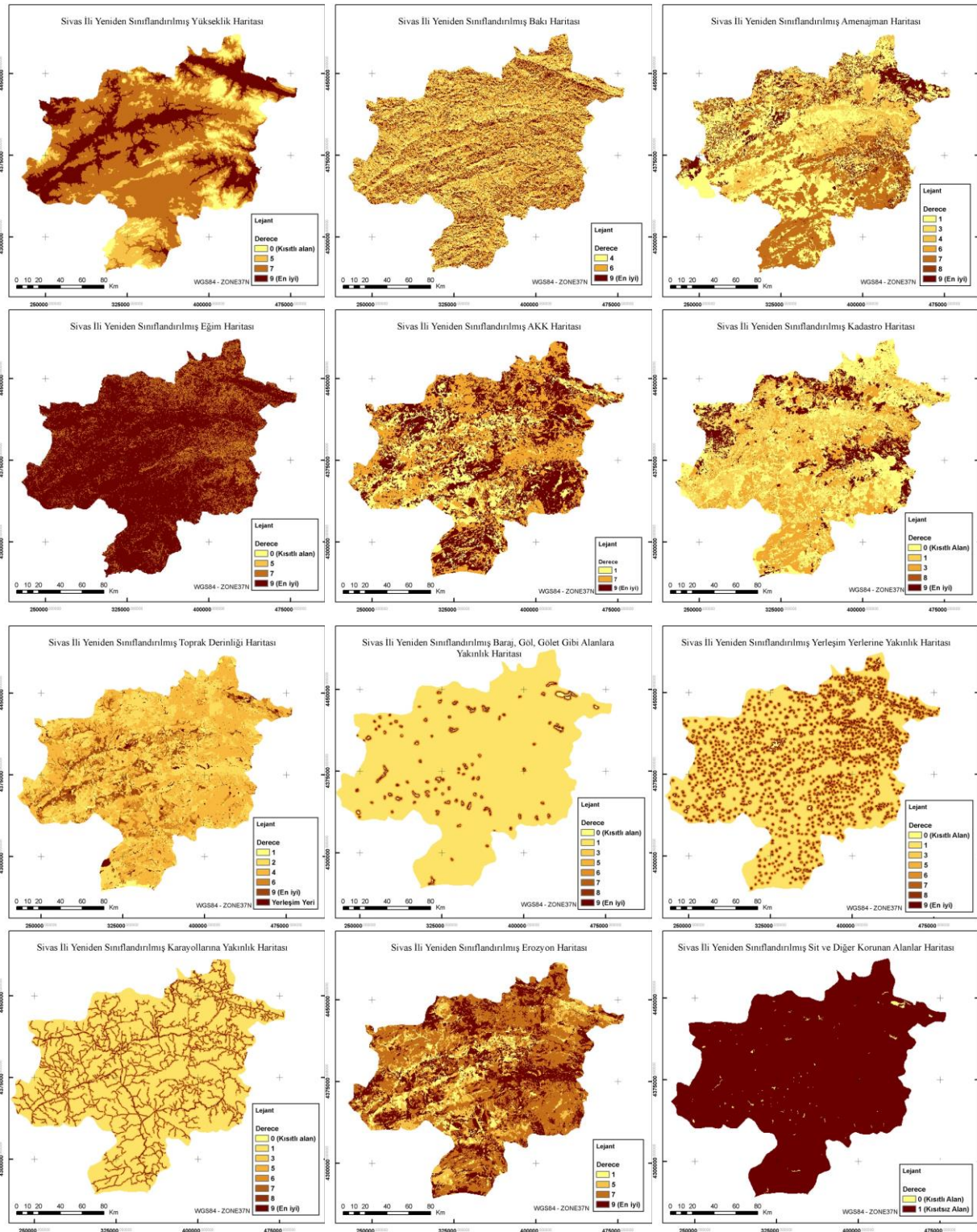
3.2.12 Kısıtlı Alanlar

2000+ m yükseltiyeye sahip alanlar, %60+ eğime sahip alanlar, yerleşim yerleri, baraj/göl/gölet gibi alanlar dışında enerji nakil hatlarına 10 m yakın alanlar, sit ve diğer koruma alanları gibi alanlar da kısıtlı alan olarak kabul edilmiştir. Yerleşim yerleri, baraj/gölet gibi alanlar arazi kullanım durumu sebebiyle, sit ve koruma alanları yasal durum sebebiyle, enerji nakil hatlarına 10 m kadar yakın olan alanlar ise olası yangın durumunda tampon bölge oluşabilmesi nedeniyle kısıtlanmıştır. Kısıtlı alanlar, sonuç haritasından çıkarılmıştır.

Tablo 5: Çalışmada kullanılan ölçütler ve atanan değerler (Sivas Orman İşletme Müdürlüğü'nde ve özel mühendislik bürosunda görevli Orman Mühendisleri'nin görüşleri doğrultusunda değerler atanmıştır.)

Yükseklik Aralıkları (m)	Değer	Eğim Aralıkları (%)	Değer
0-1400	9	0-20	9
1400-1750	7	20-40	7
1750-2000	5	40-60	5
Bakı	Değer	Kadastral Durum	Değer
Kuzey	9	Orman	9
Güney	4	Hazine	8
Doğu	6	Mera	3
Batı	6	Şahıs	1
Toprak Derinliği (cm)	Değer	AKK Sınıfı	Değer
90+	9	I ve IV arası sınıftaki araziler	1
90-50	6	V. Sınıf Araziler	5
50-20	4	VI. Sınıf Araziler	9
20-0	2	VII. Sınıf Araziler	7
Litozolik	1	VIII. Sınıf Araziler	1
Karayollarına Yakınlık (m)	Değer	Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara Yakınlık Mesafesi (m)	Değer
0-100	9	0-300	9
100-200	8	300-600	8
200-300	7	600-900	7
300-400	6	900-1200	6
400-500	5	1200-1500	5
500-1000	3	1500-2000	3
1000+	1	2000+	1
Meşçere Tipi	Değer	Yerleşim Yerlerine Yakınlık (metre)	Değer
Orman Toprağı (OT) , OT-Z (OT-Ziraat)	9	0-300	9
Bozuk sahalar	8	300-600	8
OT-E (Orman Toprağı – Erozyon)	7	600-900	7
OT-T (Orman Toprağı – Tarım)	4	900-1200	6
Bozuk ve taşlık sahalar	3	1200-1500	5
Diğer (İskan, kapalı orman vs)	1	1500-2000	3
		2000+	1
Erozyon Riski	Değer		
Çok şiddetli	9		
Şiddetli	7		
Orta	5		
Hiç yok veya çok az	1		

Bu kapsamda üretilen ölçüt haritaları incelendiğinde (Şekil 4); çalışma alanının minimum yüksekliği 508 m, maksimum yüksekliği 3020 m, ortalama yüksekliği ise 1592 m olmakla birlikte ortalama eğiminin %60'dan düşük olduğu görülmektedir. Kadastral açıdan mevcut orman varlığı göz ardı edildiğinde özellikle kuzey, doğu ve kuzeydoğu bölgelerinin ağaçlandırma için daha uygun olduğu ifade edilebilir. Diğer taraftan, ortalama toprak derinliğinin 50 cm'den az olması nedeniyle sağlıklı bir ağaçlandırma çalışması için yetersiz, AKK sınıflandırmasına göre ağaçlandırılabilirlik yönünden doğu ve güney bölgelerinin daha uygun, amenajman haritasına göre kuzey doğu bölgesinin meşçere tiplerine göre ağaçlandırma için daha uygun oldukları ve erozyon riskinin ise orta şiddetli olduğu söylenebilir.

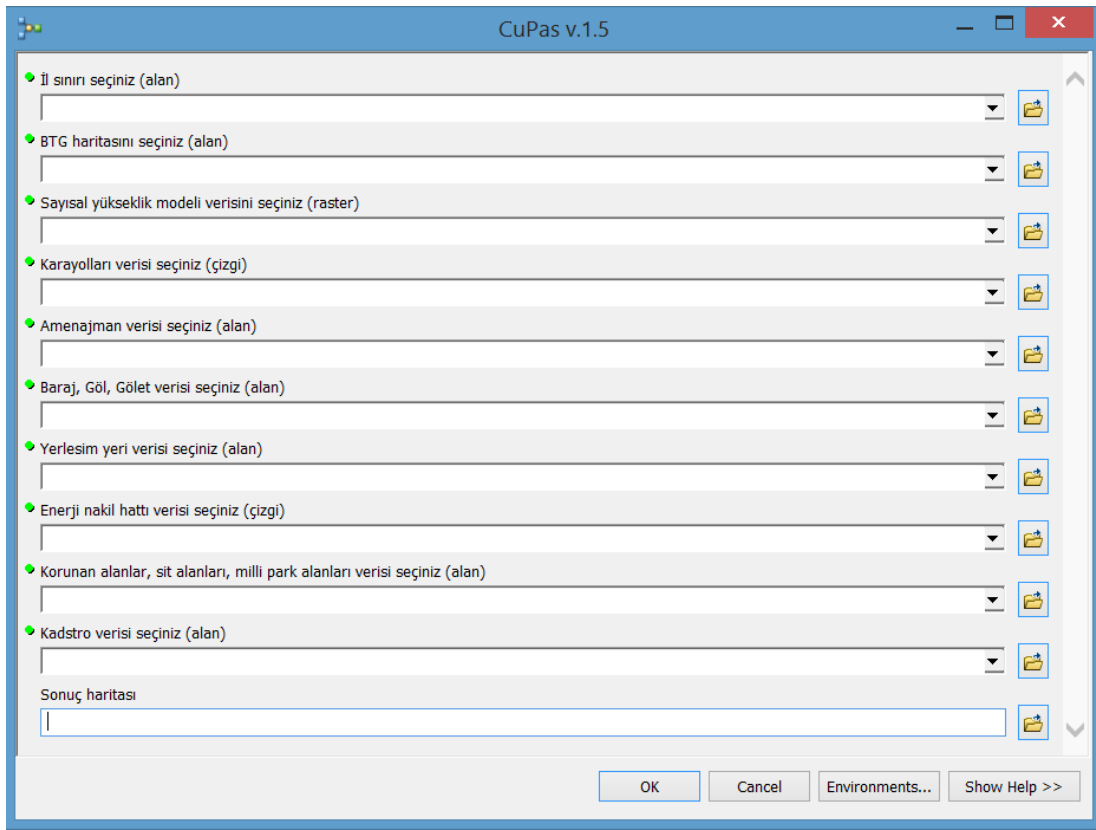


Şekil 4: Yeniden sınıflandırılan ölçüt haritaları

3.3 Kullanıcı Arayüz Programlarının Geliştirilmesi

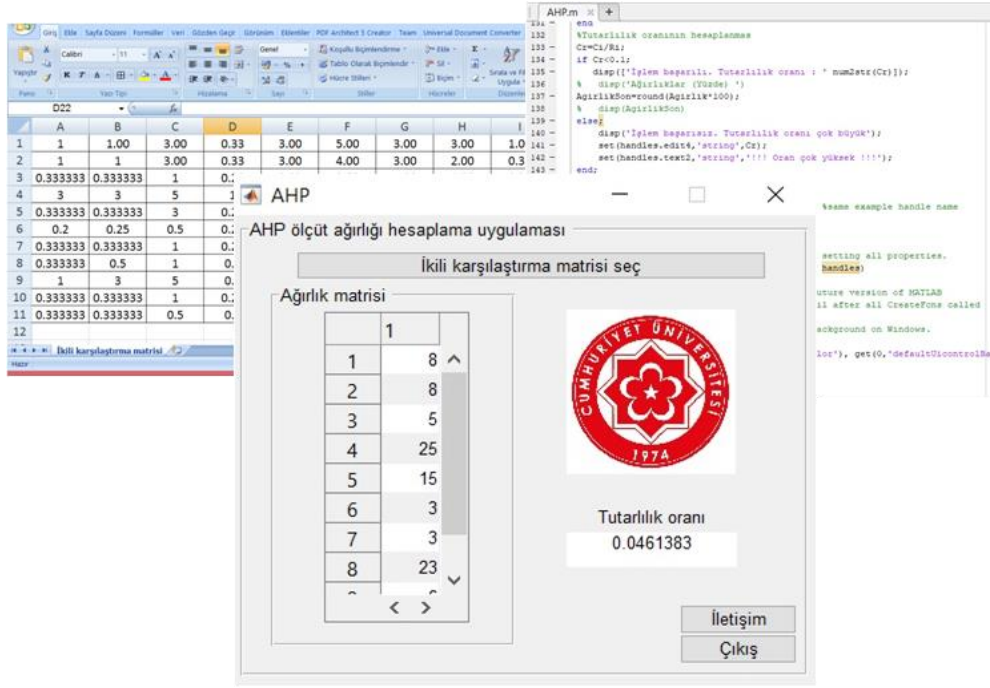
CBS ortamında geliştirilen kullanıcı arayüz programları, gerçekleştirilmesi zor ve zaman alan birçok farklı coğrafi sorgulama ve analiz işlemi kısa sürede, kolay ve etkin olarak otomatik gerçekleştirme imkanı sunmaktadır (Türk, 2008, 2011). Çalışma kapsamında, ArcGIS CBS yazılımı ortamında model builder yardımıyla kullanıcı arayüz programı geliştirilmiştir. Bu arayüzün çalıştırılmasıyla birlikte kısa sürede ve kolaylıkla sonuç haritalara ulaşılabilmektedir (Şekil 5). Arayüzde kullanılan araçlar aşağıda sıralanmaktadır.

- Kesme (Clip),
- Vektörden Raster'a dönüşüm (Feature to Raster),
- Yeniden Sınıflandırma (Reclassify),
- Eğim (Slope),
- Bakı (Aspect),
- Öklit Uzaklığı (Euclidean Distance),
- Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay).



Şekil 5: Geliştirilen kullanıcı arayüz programı

Ayrıca, ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Matlab tabanlı bir arayüz programı da geliştirilmiştir. Geliştirilen arayüzde Excel formatında 1 ile 15 arasındaki boyutta ikili karşılaştırma matrisi işleme sokularak CR değerinin uygun olması durumunda ölçüt ağırlıkları yine Excel formatında dosyaya yazılmaktadır. Aynı zamanda, arayüz formu üzerinde CR değeri de görülebilmektedir (Şekil 6). CR değerinin uygun olmadığı durumlarda ise uygulama kullanıcıyı uyarılmaktadır.



Şekil 6: Matlab tabanlı AHS ağırlık hesaplama arayüzü

İkili karşılaştırma matrisi oluşturmak için yapılan anket doğrultusunda AHS yöntemi uygulanmış ve ölçüt ağırlıkları hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Kullanılan ölçütler ve ağırlıklar

Toprak Derinliği Verisi Kullanılarak Elde Edilen Ölçüt Ağırlıkları	Ağırlık (%)	Kadastro Verisi Kullanılarak Elde Edilen Ölçüt Ağırlıkları	Ağırlık (%)
Amenajman Durumu	26	Amenajman Durumu	25
Toprak Derinliği	21	Kadastral Durum	23
AKK	14	AKK	14
Yükseklik	9	Yükseklik	8
Eğim	7	Eğim	8
Erozyon Riski	6	Erozyon Riski	6
Bakı	5	Bakı	5
Yerleşim Yerlerine Yakınlık	5	Yerleşim Yerlerine Yakınlık	5
Karayollarına Yakınlık	3	Karayollarına Yakınlık	3
Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara	4	Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara	3
CR: 0.07		CR: 0.05	

4. Bulgular ve Tartışma

Senaryo 1: Geliştirilen arayüz ile kadastro verileri kullanılmadan sadece toprak derinliği ölçütü dikkate alınarak elde edilen sonuç haritalar; kısıtlı sahalara, 1. derece potansiyele sahip sahalara, 2. derece potansiyele sahip sahalara, 3. derece potansiyele sahip sahalara olarak 4 sınıfa indirgenerek incelenmiştir. Farklı disiplinlerden elde edilen amenajman, yükseklik ve BTG verilerindeki sınır farklılıklarından dolayı çalışma alanı, il yüz ölçümüne bire bir eşit değildir. Potansiyel sahalara alansal dağılımları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7: Potansiyel ağaçlandırma sahalara alansal dağılımı

Sınıf	Alan (km ²)	Oran (%)
Çalışma Alanı	27 161.22	100
1. Derece Saha	9004.77	33.14
2. Derece Saha	7968.01	29.34
3. Derece Saha	7519.28	27.68
Kısıtlı Saha	2672.16	9.84

Ortaya konan sistem ile üretilen sonuç haritanın genel örtüşme oranının tespit edilmesi amacıyla çalışma alanında rastgele yaklaşık %5'lik bir alan seçilmiş ve bu alana karşılık gelen Google Earth'deki güncel uydu görüntüleri (2016-2019), Sivas Orman İşletme Müdürlüğü'nde ve özel mühendislik bürolarında görev yapan Orman Mühendisleri'nin görüşlerinden yararlanılarak alansal olarak karşılaştırılmıştır. Bu incelemeler neticesinde sonuç ürün haritanın yaklaşık %50 civarında örtüştüğü tespit edilmiştir.

Geçmiş yıllarda projelendirilen toplamda 8114.43 ha'lık farklı şefflik sınırlarındaki 20'den fazla çalışma sahası ile elde edilen veriler karşılaştırıldığında ise 238.13 (%3.04) ha alanın kısıtlı sahada, 4162.93 (%51.30) ha alan 1. derece potansiyele sahip sahada, 2496.05 (%30.76) ha alanın 2. derece potansiyele sahip sahada, 1217.16 (%15.00) ha alanın 3. derece potansiyele sahip sahada bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8: Mevcut ağaçlandırma sahaları ile potansiyel sahaların karşılaştırmalı alansal dağılımı

Sınıf	Alan (ha)	Oran (%)
Projelendirilmiş Saha	8114.43	100
1. Derece Saha	4162.93	51.30
2. Derece Saha	2496.05	30.76
3. Derece Saha	1217.16	15.00
Kısıtlı Saha	238.13	2.94

Senaryo 2: Bu senaryoda ise ilk senaryoda eksik olan kadastro verileri çalışmaya dahil edilmiş ve yüksek doğruluğa sahip olmayan toprak derinliği verileri dikkate alınmadan analiz gerçekleştirilmiştir. Kadastro verileri kullanılarak elde edilen ağırlıklara göre çakıştırma analizi sonucunda üretilen haritanın alansal dağılımı Tablo 9'da, elde edilen değerlerin geçmiş yıllarda projelendirilen sahalarla karşılaştırılmasına ait alansal dağılımlar ise Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 9: Kadastro verisi kullanılarak elde edilen potansiyel sahaların alansal dağılımı

Sınıf	Alan (km ²)	Oran (%)
Çalışma Alanı	27 220.83	100
1. Derece Saha	6839.76	42.23
2. Derece Saha	7797.96	48.14
3. Derece Saha	1560.37	9.63
Kısıtlı veya Veri Yok	11 022.74	-

Tablo 10: Mevcut ağaçlandırma sahaları ile kadastro verisi kullanılarak elde edilen potansiyel sahaların karşılaştırmalı alansal dağılımı

Sınıf	Alan (ha)	Oran (%)
Projelendirilmiş Saha	8114.60	100
1. Derece Saha	4891.44	81.13
2. Derece Saha	1133.62	18.80
3. Derece Saha	4.44	0.07
Kısıtlı veya Veri Yok	2085.11	-

Toprak derinliği verileri kullanılarak elde edilen sonuç harita (Şekil 7) ile daha önceden projelendirilmiş sahalar karşılaştırıldığında, 1.derece potansiyel sahaya denk gelen alan yüzdesi 51.30, Google Earth'deki güncel uydu görüntülerinin incelenmesi sonucunda örtüşme oranının ise yaklaşık %50 olduğu tespit edilmiştir. Kadastro verileri kullanılarak elde edilen sonuç harita (Şekil 8) ile daha önceden projelendirilmiş sahalar karşılaştırıldığında, 1. derece potansiyel sahaya denk gelen alanın %81.13 olarak tespit edildiği, Google Earth'deki güncel uydu görüntülerinin incelenmesi sonucunda örtüşme oranının ise yaklaşık %70 civarında olduğu görülmektedir.

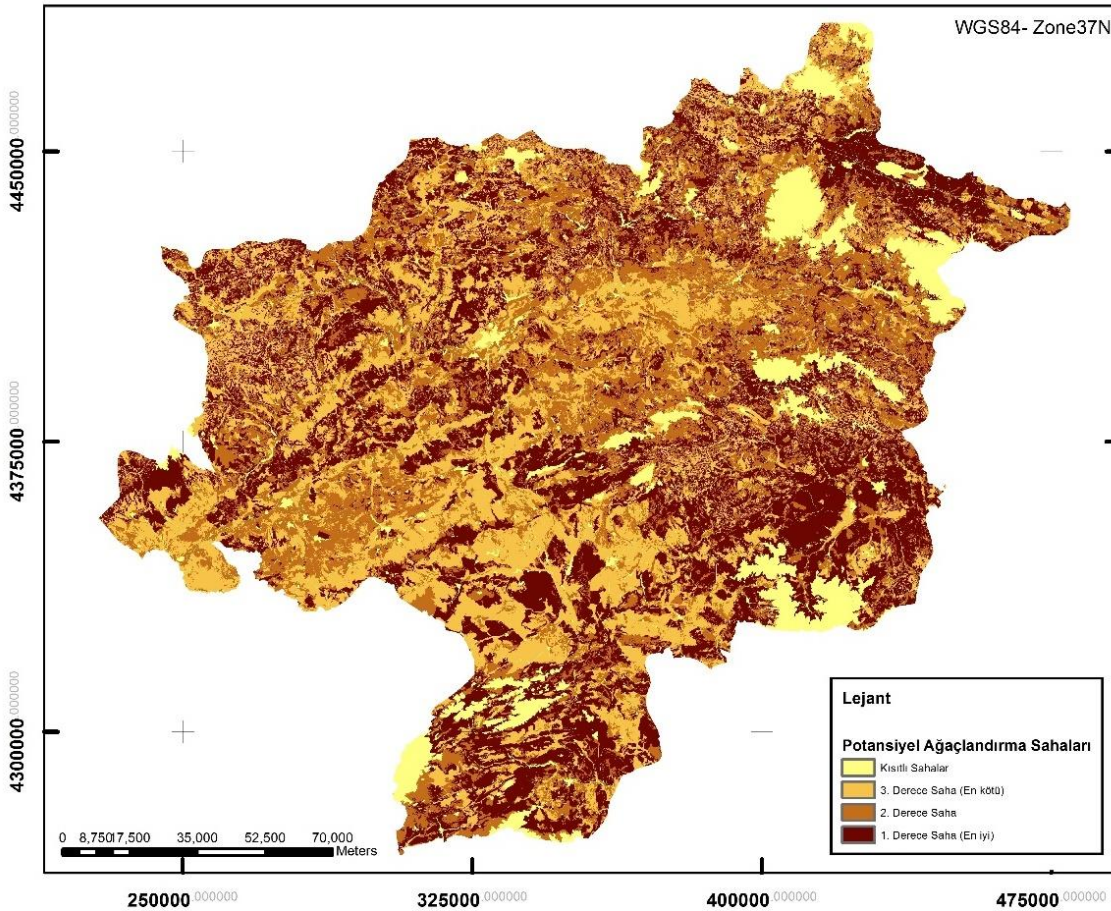
Geliştirilen arayüz yardımıyla potansiyel ağaçlandırma sahası olarak belirlenen alanlar ile geçmiş yıllarda projelendirilmiş ağaçlandırma sahaları ve arazide incelenen diğer sahalar arasında ortaya çıkan farkın ve tespit edilen genel örtüşme oranının

düşük olmasının birçok farklı nedeni bulunmaktadır. Çalışma gerçekleştirilirken kadastro verilerinin tamamına ulaşılamadığından bu verilerin uygulamaya dahil edilememesi ve amenajman planlarının tamamen kadastral duruma dayandırılarak yapılmamış olması örtüşme oranını azaltan durumlardan biridir. Literatürde potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenmesine yönelik çalışmalarda genel olarak Landsat uydu görüntülerine sınıflandırma işlemleri uygulanmaktadır. Bu tür çalışmalarda kadastro verileri kullanılmadan yüksek oranda bir örtüşme elde etmek mümkün değildir.

Çalışmada örtüşme oranını azaltan bir diğer durum ise, toprak derinliği haritasının yüksek doğruluklu olmamasıdır. Ağaçlandırma sahası projelendirmelerinde 10 ha'lık alanda 1 tane olmak üzere toprak numunesi alınarak toprak derinliğinin ve diğer durumların kontrol edilmesi gerekmektedir (Muğla, 2019). 27 164 km²'lik çalışma alanında yeterli miktarda toprak numunesi alınması zaman ve maliyet açısından mümkün olmadığından, Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan resmi olarak temin edilen BTG Haritası'ndaki toprak derinliği verileri dikkate alınmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

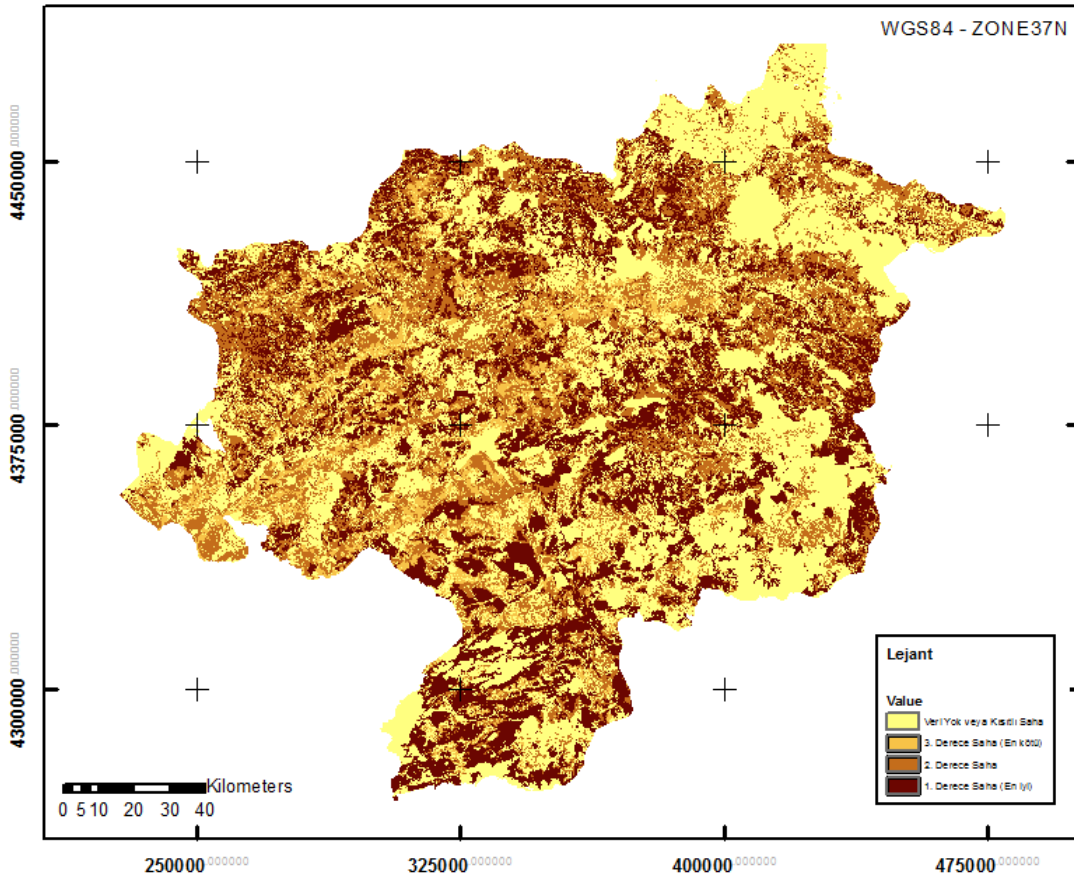
Bu çalışma kapsamında potansiyel ağaçlandırma sahalarının kısa sürede, yüksek doğrulukla etkin olarak CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi (AHS) yardımıyla üretilmesine yönelik bir yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntem doğrultusunda üretilen sonuç haritalar incelendiğinde, 1. derece potansiyel ağaçlandırma sahası olarak belirlenen sınıf ağaçlandırmaya en uygun sahalar olarak kabul edilmektedir.



Şekil 7: Kadastro verileri kullanılmadan elde edilen sonuç harita

Çalışma alanı çok büyük olduğundan sağlıklı bir toprak verisi oluşturulmasına imkan vermemektedir. Bu anlamda yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilebilmesi için daha küçük çalışma alanları seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca, ada/parsel bilgileri bilinen sağlıklı ve eksiksiz kadastro verileri kullanılarak, parsellere atanan potansiyel saha verileri sayesinde parsel bazında incelemeler ve sorgulamalar yapılabilir. Bununla birlikte çalışmanın kapsamı genişletilerek belirlenen potansiyel sahalarda uygulanabilecek proje türlerinin, ağaçlandırma tekniklerinin ve ekilebilecek/dikilebilecek ağaç türlerin tespit edilebilmesine yönelik bir çalışmanın gerçekleştirilmesi bu çalışmanın işlevselliğini artırabilir.

Verilerin uygun şartlarda analizi için AHS yöntemi uygulanmıştır. AHS yöntemindeki ölçüt ağırlıklarının hesaplanması işlemi için Matlab tabanlı arayüz, sonuç haritaların en kısa sürede yarı otomatik olarak üretilmesi için de CBS yazılımı ortamında arayüz programları geliştirilmiştir. Böylece, değişen durumlara göre parametrelere müdahale edilmesini sağlayan ve çalışma süresince defalarca yapılması gereken birçok coğrafi sorgulama ve analiz işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirebilen bir yöntem ortaya konulmuştur. Bu arayüzler ile hem veri güncellenmelerinde hem de görüş ve ölçütlerde meydana gelebilecek değişikliklerde arayüz üzerinde farklı seçimler yapılarak tüm işlemlerin tekrar edilmesine gerek duyulmadan sonuca ulaşılabilir. Sonuç olarak, potansiyel ağaçlandırma sahaları kolaylıkla tespit edilerek ağaçlandırma çalışması için bir sonraki sürece hızlı bir şekilde geçilebilecektir. Gelecek süreçte python vb. programlama dilleri yardımıyla CBS yazılımı ortamında AHS arayüzünün geliştirilmesi ile çalışmanın tek bir platform üzerine inşa edilerek daha esnek bir yapıda olması sağlanabilir.



Şekil 8: Kadastro verileri kullanılarak elde edilen sonuç haritası

Ormansızlaşmayla mücadele kapsamında ülkemizde ve dünya genelinde yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı bilinmektedir. Fakat ağaçlandırma çalışmalarının yapılabilmesi için projelendirilecek sahaların

tespitinde kullanılacak ölçüt sayısının fazla olması, karar verme sürecini zorlaştırmakta ve süreci uzatmaktadır. Bu süreçte CBS'den faydalanılması yapılacak işlemleri kolaylaştırmakla birlikte etkin ve doğru karar verme sürecini hızlandırmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından CÜBAP M709 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Yazar Katkısı

Muhammed Kürşad Muğla: Fikir, Literatür taraması, Veri toplama ve işleme, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Tarık Türk:** Fikir, Tasarım, Analiz ve yorumlama, Yazım, Denetleme, Makale değerlendirme.

Kaynaklar

- AA. (2018). <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/tema-ankara-temsilcisi-ozer-turkiye-yilda-750-milyon-ton-toprak-kaybediyor/1329955>, (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2018).
- Aboumarsa, H. Y., & Karagöz, M.Ö. (2015). *Verimliliğe Etki Eden Faktörler*. İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bitki Beslenme Ders kitabı, İstanbul.
- Alparslan, E., & Aydöner, C. (2004). Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı Bilgilerinin Topoğrafya Bilgileriyle Birlikte Analizi: Kocaeli İli Uygulaması. *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 41-46.
- Ateşoğlu, A. (2015). Remote sensing and GIS applications for suitable afforestation area selection in Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65(1), 53-59.
- Bhagat, V. S. (2009). Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation. *International Journal of Remote Sensing*, 30(10), 2607-2617.
- Bunruamkaew, K., & Murayam, Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of Surat Thani province, Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278.
- Ciritci, D., & Türk, T. (2019). Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 61-74.
- Con, E., Fındık, S., Gem, E., Yener, Y., Korkmaz, M., Ateşoğlu, A., Nefeslioğlu, H.A., Tolunay, A., Akgün, A., Göl, C., Erpul, G., Küçükay, İ., Doğan, O., Mutlu, Ö.M., & Bilir, H. (2013). Potansiyel Ağaçlandırma Sahaları Veritabanı ile Havza İzleme Sisteminin Geliştirilmesi (Y401-G500000 no'lu TÜBİTAK Projesi).
- Deniz, T., & Ok, K. (2016). Erozyon kontrolü çalışmalarında değer analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 139-158.
- Dubovyk, O., Menz, G., & Khamzina, A. (2016). Land suitability assessment for afforestation with *Elaeagnus angustifolia* L. in degraded agricultural areas of the lower amudarya river basin. *Land Degradation & Development*, 27(8), 1831-1839.
- Eslami, A., Roshani, M., & Hassani, M. (2010). The application of GIS in selection of suitable species for afforestation in southern forest of caspian sea. *Research Journal of Environmental Sciences*, 4(3), 223-236.
- Gönensin, S. (1992). Peyzaj mimarları için bazı toprak özelliklerinin arazide belirlenmesi ve değerlendirilmesinin pratik esasları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42(1-2), 139-155.
- Göral, R. (2015). E-WOM'A dayalı çok kriterli karar verme teknikleri ile en uygun otelin belirlenmesi ve bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (33), 1-17.
- Gürkaynak, M. (2014). *Potansiyel Ağaçlandırma Sahalarının Önceliklerinin Belirlenmesinde CBS'nin Kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

- Hossain, M. S., Lin, C. K., & Hussain, M. Z. (2003). Remote sensing and GIS applications for suitable mangrove afforestation area selection in the coastal zone of Bangladesh. *Geocarto International*, 18(1), 61-65.
- Kuşçu Şimşek, Ç., Türk, T., & Ödül, H. (2019). CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci ile Yamaç Paraşütü Sahalarının Belirlenmesi. *Journal of Geography*, (38), 1-10.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European journal of operational research*, 153(2), 307-317.
- Mahdavi, A., Ghasemi, M., & Jafarzadeh, A. (2017). Determination of suitable areas for reforestation and afforestation with indigenous species. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 29-46.
- Min, H. (1994). Location analysis of international consolidation terminals using the analytic hierarchy process. *Journal of Business Logistics*, 15(2), 25.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., & Darvishsefat, A. A. (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste management*, 30(5), 912-920.
- Muğla, M.K. (2019). *Potansiyel ağaçlandırma sahalalarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kullanılması: Sivas ili örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Türkiye.
- OGM. (2012). *Ağaçlandırma Yönetmeliği* (28390 sayılı TC Resmi Gazete).
- OGM. (2015). *Hazinenin Özel Mülkiyetinde veya Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Taşınmazların Bulunan Taşınmazların Orman Rejimine Alınma Usul ve Esasları* (13.4.2015 tarih ve 2015/1 sayılı tamim). OGM Kadastro ve Mülkiyet Daire Başkanlığı, Ankara.
- OGM. (2018). <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%C4%B1n%20Faydalar%C4%B1.pdf>, (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2018).
- OGM. (2019). <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sunumlar/A%C4%9Fa%C3%A7land%C4%B1rma%20Et%C3%BCt%20ve%20Proje%20C5%9Eubesi.pdf>, (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2018).
- Piran, H., Maleknia, R., Akbari, H., Soosani, J., & Karami, O. (2013). Site selection for local forest park using analytic hierarchy process and geographic information system (case study: Badreh County). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6(7), 930-935.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. Resource Allocation. New York: McGraw-Hill.*
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Sivas Valiliği. (2019). <http://www.sivas.gov.tr/ilimiz-hakkinda-genel-bilgiler>, (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2019).
- Tavşanoğlu, F. (1974). *Sel Yataklarının Tahkimi. Dağlık Arazi Dere Havzalarında Sel Kontrolü*, İstanbul
- Türk, T. (2008). Adres Kayıt Sistemi ile Kent Bilgi Sistemleri'nin Bütünleştirilmesi. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2, 99.
- Türk, T. (2011). Türkiye'de Meydana Gelen Suçların Coğrafi Bilgi Sistemleri CBS ile İncelenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (104), 14-20.
- Ustaoglu, E., & Aydinoglu, A. C. (2020). Site suitability analysis for green space development of Pendik district (Turkey). *Urban Forestry & Urban Greening*, 47, 126542.
- van Loi, N. (2008). *Use of GIS Modelling in Assessment of Forestry Land's Potential in Thua Thien Hue Province Of Central Vietnam* (Doktora Tezi). Georg-August-Universität Göttingen, Mathematical and Natural Science Faculties, Göttingen, Almanya.
- Yaraloğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 129-142.