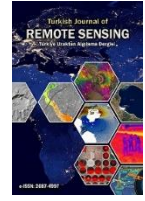


Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal

e-ISSN 2687-4997



Uzaktan Algılama Teknikleriyle Elde Edilmiş Yükseklik Noktalarının Farklı Yapay Sinir Ağları Yöntemleriyle Tahmini

Vahdettin Demir*¹, Ramazan Doğu¹

¹ KTO Karatay Üniversitesi, Doğa Bilimleri ve Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama
Yükseklik
Tahmin
Yapay Sinir Ağları
Ağrı Dağı

ÖZ

Bu çalışmanın amacı uzaktan algılama ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanarak farklı büyüklüklerdeki alanlar için yükseklik tahmini gerçekleştirmektir. Bu amaçla çok katmanlı yapay sinir ağları (ÇKYSA), radyal tabanlı yapay sinir ağları (RTYSA) ve geliştirilmiş yapay sinir ağları (GRYSA) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada yükseklik verileri Google-earth pro yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada alanı olarak kentsel sınırlar dışında tahmini zor olabilecek dağlık bir bölge olan Ağrı Dağı ve yamaçları seçilmiştir. Çalışmada modeller eğitim ve test setlerine %80 ve %20 oranlarında ayrılmış ve üç farklı kriterine göre bulgular karşılaştırılmıştır. Bunlar karekök ortalama karesel hata, ortalama mutlak hata ve determinasyon katsayısı R^2 'dir. Çalışma sonuçları incelendiğinde en başarılı tahminlerin iki girişli (X ve Y) GRYSA kullanılarak elde edildiği ve yükseklik noktalarının tahmininde alternatif bir yöntem olarak kullanılabilineceği ortaya konmuştur.

Estimation of Elevation Points Obtained by Remote Sensing Techniques by Different Artificial Neural Network Methods

Keywords:

Remote sensing
Height
Estimation
Artificial neural networks
Mount Ararat

ABSTRACT

The aim of this study is to perform height estimation for areas of different sizes using remote sensing and artificial neural networks methods. For this purpose, multilayer artificial neural networks (MLANN), radial-based artificial neural networks (RBANN) and generalized artificial neural networks (GRANN) methods were used. Height data in the study were obtained using Google-earth pro software. In the study, Mount Ararat and its slopes, which is a mountainous region that can be difficult to estimate outside the urban borders, were chosen as the area. In the study, the models were divided into training and test sets at 80% and 20% rates, and the findings were compared according to three different criteria. These are root mean square error, mean absolute error, and coefficient of determination R^2 . When the results of the study were examined, it was revealed that the most successful estimations were obtained by using GRYSSA with two inputs (X and Y) and it could be used as an alternative method in estimating the height points.

Makale Bilgileri/Article Info

Geliş / Received: 30/05/2023
Kabul / Accepted: 05/10/2023
Yayınlanma / Published: 30/12/2023

Alıntı/Citation:

Demir V., Doğu, R. (2023). Uzaktan Algılama Teknikleriyle Elde Edilmiş Yükseklik Noktalarının Farklı Yapay Sinir Ağları Yöntemleriyle Tahmini. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 5 (2) , 59-66.

1. GİRİŞ

Arazi noktalarından üretilmiş sayısal modeller su kaynaklarının yönetimi, kentsel ve kırsal planlama, ulaştırma planlaması, tarım, ormancılık, havza yönetimi, afet risk değerlendirmesi vb. birçok alanda kullanılmaktadır (Çubukçu et al., 2021; Demir & Çubukçu, 2021). Sayısal olarak oluşturulan bu modeller özellikle mühendislik çalışmalarının temel proje altlığını oluşturmaktadır. Bu modeller aracılığıyla yer altı ve yüzey hakkında bilgiler işlenebilir, analiz edilebilir ve görsel olarak sunulabilir. Ancak, arazideki tüm noktaların yüksekliklerini ölçmek zor ve yüksek maliyetlidir. Bu sebepten ötürü arazideki ara noktaların tahmin edilmesi için arazi noktalarının çeşitli teknikler kullanılarak yoğunlaştırması veya eksik verilerin tahmini, yüksek maliyetli işlemlerin hızlı ve ücretsiz olarak yapılmasını sağlamaktadır (Demir & Keskin, 2020).

Son yıllarda literatürde yer alan önemli çalışmalar incelendiğinde Demir ve Keskin (2020), Samsun Mert Nehri Havzası'nda yükseklik tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında halihazır haritalarda yer alan poligon noktalarından elde ettiği enlem ve boylam bilgilerini model giriş setinde kullanmışlardır. Modellemelerinde farklı yapay sinir ağı yöntemlerini karşılaştırmışlardır ve en yüksek R² değeri (0.948) hem enlem hem de boylam bilgilerinin kullanıldığı giriş setinde ve ÇKYSA yönteminde elde etmişlerdir. Demir ve Çubukçu (2021), benzer çalışma alanında yükseklik noktalarını M5 model ağacı (M5-ağacı) ve çok değişkenli uyarlamalı regresyon eğrileri (MARS) sezgisel regresyon yöntemleri kullanarak tahmin etmişlerdir. Sonuçları doğrusal regresyon yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda M5-tree yönteminin yükseklik modellemesinde başarılı ve alternatif bir yöntem olduğu belirtmişlerdir. Yüzey modelleme ile ilgili literatürde ayrıca bulanık mantık, deterministik ve jeo-istatistiksel yöntemler, matematiksel-teorik yüzeyler üzerinde; polinom, klasik ve esnek hesaplama yöntemlerine dayalı yöntemlerinin kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır (Behzadi & Jalilzadeh, 2020; Çakır, 2013, 2015; Çubukçu et al., 2021; Gümüş & Şen, 2017; Konakoglu et al., 2016; Yenipınar et al., 2021).

Bu çalışmada, dağlık bir bölgede uzaktan algılama ile elde edilen yükseklik noktalarının üç farklı yapay sinir ağları tekniği ile tahmini araştırılmıştır. Çalışmada modeller enlem ve boylam bilgileri kullanılarak eğitilmiş (verilerin %80'i) ve test (verilerin %20'si) edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırma kriterlerine göre yorumlanmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmada yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerinden Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇKYSA), Genelleştirilmiş Yapay Sinir Ağları (GRYSA), Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA)

yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin seçilme nedeni literatürde oldukça geniş çerçevede multi disiplinler çalışmalarda kullanılan ve literatürde iyi bilinen yöntemler olmasının yanı sıra diğer kapalı kutu modellere göre iç yapısının daha fazla biliniyor olması ve modelleme zamanının oldukça hızlı olmasıdır (Çubukçu et al., 2022; Kisi & Demir, 2016).

2.1. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

ÇKYSA, tek katmanlı YSA'nın doğrusal olmayan problemlerde başarısız olması üzerine geliştirilmiştir (Arı & Berberler, 2017). ÇKYSA'da bilgi girişinin yapıldığı girdi katmanı, bir veya daha fazla gizli (ara) katman ve bir çıktı katmanı bulunmaktadır (Çıtakoğlu & Özeren, 2021; Uray et al., 2019). Tahminlerde girdi değerlerinin her bir "wi" ağırlıklarla çarpılır (Zeybekoglu, 2018). Daha sonra elde edilen bilgiye eşik değeri "b" eklenir. Daha sonra sonuç değeri için aktivasyon fonksiyonu uygulanır ve çıktı değeri elde edilir (Yılmaz, 2017). ÇKYSA'da ağırlıkları ayarlamak için kullanılan, Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır (Marquardt, 1963). Birçok çalışmada LM fonksiyonunun daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür (Citakoglu, 2015). ÇKYSA da toplama fonksiyonu Denklem 1'deki gibidir (Çubukçu et al., 2022).

$$NET_{it} = \sum_{k=1}^D A_{kl} C_{tk} + \theta_l \quad (1)$$

θ_l taraflılık sabiti (bias), A_{kl} Giriş ve Ara tabakaları arasındaki ağırlıklar kümesi, D girdi vektörünün boyutu, C_{tk} t örneği için giriş tabakasının çıktı kümesidir. Uygulamada ara tabaka hücre sayısı 1-20 arasında, iterasyon değeri ise 100 olarak seçilmiştir. Bu çalışmada D_Min_Max normalizasyonu kullanılmıştır. YSA modelinin uygulanması için tüm veriler 0,2 ile 0,8 arasında normalize edilmiştir (Citakoglu, 2017; Çubukçu et al., 2019).

2.2. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları

RTYSA'da ara katman hücre sayısı ayarlanabilmektedir ve aktivasyon fonksiyonu olarak Radyal Tabanlı Fonksiyonlar kullanılmaktadır. RTYSA çıktısı, giriş vektörü ile ara katmandaki merkezler arasındaki uzaklığın aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir çıktı elde edilmesi ve bu çıktının ara katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıkla çarpılması ve bu çarpımların toplanması ile oluşur (Çetinkaya, 2011). RTYSA da toplama fonksiyonu Denklem 2'deki gibidir.

$$o_j^s(t) = \sum_{i=1}^k w_{ji} \Psi_{ji}(\|x^s - v_i\|) \quad (2)$$

Burada x_s : s. gözleme ait giriş vektörü, w_{ji} : i. giriş ile j. radyal tabanlı fonksiyon yapay sinir hücresi arasındaki ağırlık, v_i : Radyal tabanlı ağdaki i. yapay sinir hücresi merkez vektörü, Ψ_i : Gizli katmandaki i. aktivasyon fonksiyonu. Gizli katmanda genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak Gaussian fonksiyonu kullanılmaktadır (Kılıç, 2015). Bu çalışmada da Gaussian fonksiyonu kullanılmıştır.

2.3. Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı

GRYSA giriş katmanı, örüntü katmanı toplama katmanı ve çıkış katmanı olmak üzere dört katmandan oluşan ileri beslemeli bir YSA modelidir (Oral et al., 2018). Geri beslemeli YSA'lardan farklı olarak GRYSA, iteratif eğitim prosedürü gerektirmemektedir (Specht, 1991). Bağımsız x değişkenine göre bağımlı y değişkeninin regresyonu (Alp & Cıgızoğlu, 2004):

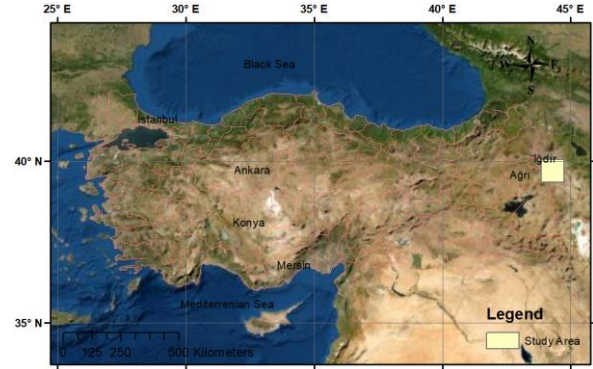
$$y(x) = \frac{\sum_{k=1}^N y_k K(x, x_k)}{\sum_{k=1}^N K(x, x_k)} \quad (3)$$

Burada, $y(x)$, x girişinin tahmin değeridir, y_k , nöron k desen katmanı için aktivasyon ağırlığıdır, $K(x, x_k)$, Radyal temel fonksiyon çekirdeğidir (Gaussian kernel).

2.4. Uygulama Alanı

Çalışma alanı olarak Iğdır-Ağrı ilinde bulunan Ağrı Dağı seçilmiştir. Bu alanın seçilmesindeki temel amaç dağlık bir alanda araştırmanın gerçekleştirilmesidir. Bu amaçla Türkiye'nin en

yüksek rakıma sahip dağı Ağrı Dağı seçilmiştir (URL-1, 2023). Çalışma alanı Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı (Demir & Doğu, 2022)

2.5. Veri

Çalışmada tahmin edilen veriler Google Earth Pro kullanılarak elde edilmiştir. Google Earth Pro'da yol ekle seçeneği kullanılarak rastgele noktalar oluşturulmuş ve bu noktalar *.kmz formatında kaydedilmiştir. Daha sonra bu veriler GPS veri formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra bu veriler nokta formatına dönüştürülerek ArcGIS yazılımı ile Excel formatına aktarılmıştır. Excelde her bir nokta enlem boylam yükseklik bilgileriyle kaydedilmiştir. Verilerin elde edilmesiyle ilgili ayrıntılı bilgi için daha önce yazarlar tarafından hazırlanmış bildiri metni incelenebilir (Demir ve Doğu, 2022). Elde edilen veriler ücretsiz bir şekilde temin edilmiş olup, platform üzerindeki tüm alanlar için benzer şekilde temin edilebilmektedir. Uygulama için veri sayısı 3500 olarak sınırlandırılmıştır. Bu verilerin %80'i 2800 adeti eğitim, %20 si 700 adeti ise test aşamasında kullanılmıştır. Aşağıda verilere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler yer almaktadır.

Tablo 1. Verilere ait istatistiksel bilgiler

Alan (km ²)	Veri Seti	Değişken (m)	Veri Sayısı	Maksimum Değeri (m)	Minimum Değeri (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
1x1	Eğitim	X	2800	44.30	44.29	44.30	0.01	0.05
		Y	2800	39.72	39.71	39.71	0.01	0.23
		H	2800	4777.29	4434.71	4638.73	93.21	-0.11
	Test	X	700	44.30	44.29	44.30	0.01	-0.03
		Y	700	39.72	39.71	39.71	0.01	0.22
		H	700	4777.37	4442.25	4636.28	94.83	-0.09
10x10	Eğitim	X	2800	44.35	44.25	44.29	0.03	0.07
		Y	2800	39.76	39.68	39.71	0.02	0.40
		H	2800	5095.94	2292.61	3769.09	561.94	0.22
	Test	X	700	44.35	44.25	44.30	0.03	0.02
		Y	700	39.76	39.68	39.71	0.02	0.44
		H	700	5091.19	2360.99	3726.94	536.67	0.34
100x100	Eğitim	X	2800	44.79	43.79	44.28	0.30	0.08
		Y	2800	40.11	39.33	39.68	0.22	0.19
		H	2800	4320.79	792.00	1521.43	609.53	0.79
	Test	X	700	44.79	43.79	44.28	0.29	0.10
		Y	700	40.10	39.35	39.66	0.22	0.37
		H	700	4129.71	798.49	1561.11	599.53	0.62

Tablo 1 incelendiğinde, verilerin ortalama 1500 ile 4600 metre aralığında test edildiği enlem ve boylam bilgilerinin standart sapmasının oldukça düşük olmasına rağmen yükseklik verilerinde 600 metrelere varan standart sapmaların olduğu görülmektedir.

2.6. Model Performansının Belirlenmesi

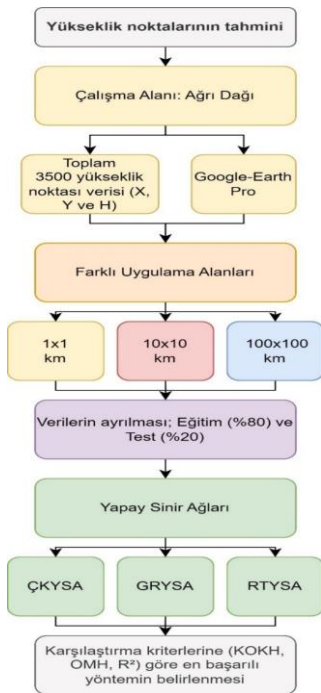
Yapay sinir ağları yöntemleri (ÇKYSA, GRYSA, RTYSA), aşağıda eşitlikleri verilen ve literatürde sıklıkla tercih edilen kriterlere göre karşılaştırılmıştır (Gholami et al., 2018). Bu kriterler sırasıyla, Karekök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak hata (OMH) ve determinasyon katsayısı (R^2)'dir.

$$KOKH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(H_t - H_g)^2} \quad (4)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |H_t - H_g| \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i,g} - \bar{H}_{i,g})^2 \cdot (H_{i,t} - \bar{H}_{i,t})^2}{\sum_{i=1}^n (H_{i,g} - \bar{H}_{i,g})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (H_{i,tahmin} - \bar{H}_{i,t})^2} \quad (6)$$

Denklemlerde H yükseklik değerlerini ifade etmekte olup, gözlenen verileri H_g ile, tahmin edilen verileri ise H_t ile temsil etmektedir. n ise veri sayısını göstermektedir. Çalışmaya ait iş akış şeması Şekil 2'de yer almaktadır.



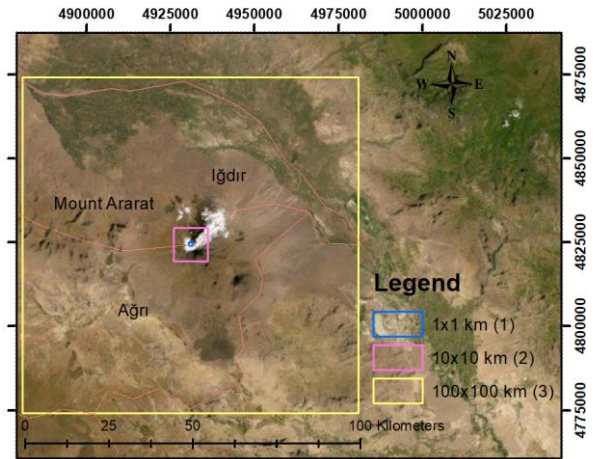
Şekil 2. Uygulama iş akış şeması

3. BULGULAR

Çalışmada öncelikle çalışılacak alanlar belirlenmiştir. Bu alanların özelliği tahmini zor dağlık alanlar olmasıdır. Bu amaçla Ağrı ve Iğdır illerimizin bir kısmı içeren Ağrı Dağı'nın olduğu bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu bölgeye ait veriler önce halihazır haritalardan temin edilmesi yönünde girişimde bulunulsa da bölgelerde hali hazır haritanın bulunmaması (genellikle il merkezlerine ait haritalar mevcuttu) nedeniyle uzaktan algılama teknikleriyle elde edilmesi planlanmış ve bu amaçla ücretsiz bir yazılım olan Google Earth Pro kullanılmıştır.

Verilerin temin edilmesinde; ortak sayıda nokta kullanılması, belli bir çerçeve içinde sadece noktaların temin edilmesi, noktaların rastgele elde edilmesi ve farklı büyüklüklerdeki alanlara ait noktaların elde edilmesi hususlarına göre veriler temin edilmiştir.

Çalışmada her bir uygulama alanı için 3500 adet nokta, kare çerçevelerin içinde, rastgele tarama ile, üç farklı büyüklükte alan için elde edilmiştir. Çalışmada araştırılan alanlar; 1x1 km, 10x10 km ve 100x100 km lik kare alanlardır. Şekil 3'te çalışma bölgeleri yer almaktadır.



Şekil 3. Uygulama alanları (Demir & Doğu, 2022)

Uygulama alanlarına göre eğitim aşaması sonuçları Tablo 2-4'te yer almaktadır.

Tablo 2. Eğitim aşaması sonuçları (1x1 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Eğitim		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	1x1	X	81.2138	69.9981	0.2503
		X ve Y	4.8613	3.7806	0.9973
		Y	385.6574	322.4022	0.5343
GRYSA	1x1	X	81.3625	70.3894	0.2479
		X ve Y	1.1825	0.8835	0.9998
		Y	41.0211	32.5568	0.8087
RTYSA	1x1	X	81.3652	70.1751	0.2475
		X ve Y	11.6322	8.7874	0.9846
		Y	81.9686	71.1656	0.2363

Tablo 3. Eğitim aşaması sonuçları (10x10 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Eğitim		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	10x10	X	432.5403	333.5953	0.4010
		X ve Y	136.6000	103.8936	0.9403
		Y	387.4730	323.6128	0.5194
GRYSA	10x10	X	431.8452	332.0826	0.4036
		X ve Y	16.5694	12.6611	0.9991
		Y	385.5618	319.7247	0.5246
RTYSA	10x10	X	432.7200	335.1516	0.4005
		X ve Y	92.0927	66.2320	0.9728
		Y	431.6249	332.5581	0.4036

Tablo 4. Eğitim aşaması sonuçları (100x100 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Eğitim		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	100x100	X	535.4105	419.0543	0.2040
		X ve Y	137.9634	98.1584	0.9471
		Y	455.0025	329.5134	0.4251
GRYSA	100x100	X	538.3883	420.1133	0.1953
		X ve Y	51.4223	31.0769	0.9928
		Y	455.5143	330.5647	0.4239
RTYSA	100x100	X	436.4895	338.7661	0.4034
		X ve Y	88.0827	64.3180	0.9757
		Y	428.0517	332.6177	0.4263

Tablo 2-4 incelendiğinde en başarılı sonuçların X ve Y giriş setlerinin kullanıldığı GRYSA yönteminde elde edilmiştir. Tüm alanlar içinde en az hata en küçük alan olan 1x1 km² alanda elde edilmiştir (KOKH: 1.1825, OMH: 0.8835, R²: 0.9998). Alan arttıkça hata değerlerinde de artış görülmektedir. Test aşamasına ait sonuçlar ise Tablo 5-7’de yer almaktadır.

Tablo 5. Test aşaması sonuçları (1x1 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Test		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	1x1	X	82.1477	70.4297	0.2144
		X ve Y	5.0486	3.8924	0.9970
		Y	390.6765	323.5696	0.4888
GRYSA	1x1	X	82.3394	71.0533	0.2095
		X ve Y	1.6782	1.2125	0.9997
		Y	41.9047	33.6302	0.7951
RTYSA	1x1	X	475.4698	344.9141	0.3479
		X ve Y	338.5988	252.0137	0.6361
		Y	774.4441	663.0053	0.3026

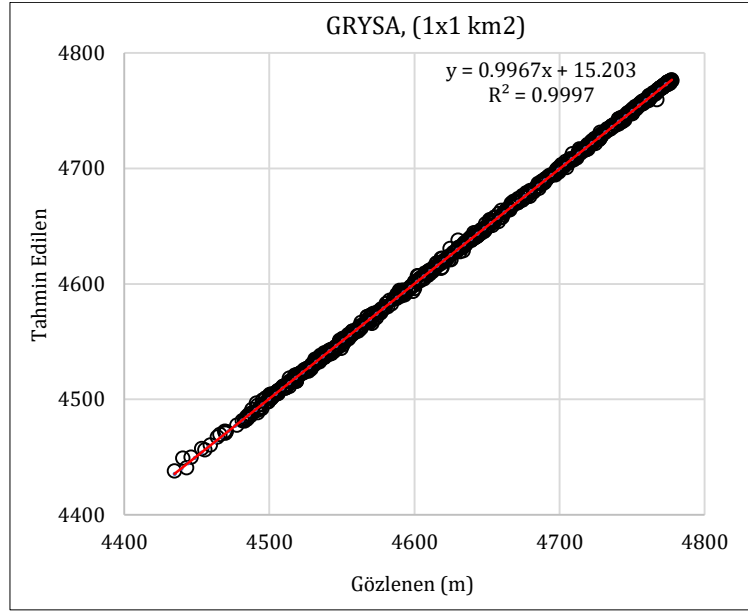
Tablo 6. Test aşaması sonuçları (10x10 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Test		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	10x10	X	425.6656	332.4097	0.4027
		X ve Y	137.1840	104.7444	0.9380
		Y	386.4835	322.3571	0.5108
GRYSA	10x10	X	425.5698	331.2443	0.4034
		X ve Y	21.6405	15.9821	0.9985
		Y	384.7959	319.4195	0.5149
RTYSA	10x10	X	432.2819	331.0703	0.3715
		X ve Y	93.4694	66.6324	0.9706
		Y	432.4882	330.0282	0.3713

Tablo 7. Test aşaması sonuçları (100x100 km²)

Yöntem	Alan (km ²)	Giriş	Test		
			KOKH	OMH	R ²
ÇKYSA	100x100	X	569.8355	456.6850	0.2012
		X ve Y	134.0586	96.9186	0.9563
		Y	467.5114	334.8437	0.4635
GRYSA	100x100	X	568.4621	454.6343	0.2069
		X ve Y	65.8283	39.7324	0.9897
		Y	467.5473	335.2457	0.4641
RTYSA	100x100	X	447.0150	340.0846	0.3360
		X ve Y	92.3521	66.2543	0.9713
		Y	435.3389	330.4650	0.3676

Test aşamasında da eğitimde olduğu gibi en başarılı sonuçlar GRYSA yönteminde gözlemlenmiştir. Bu yöntemi RTYSA izlemiş ve daha az başarılı yöntem ise ÇKYSA yöntemidir. Modelin genel performansı eğitim ve test aşamasına göre değerlendirildiğinde GRYSA oldukça başarılı bir modeldir. Aşağıda Şekil 4’te en iyi yönteme ait saçılma grafikleri yer almaktadır.



Şekil 4. Saçılma grafiği

Şekil incelendiğinde model sonuçları ile gözlenen değerler hemen hemen tüm veri büyüklüklerinde 45 derecelik $x=y$ doğrusu üzerindedir. Ayrıca determinasyon katsayısının 1'e oldukça yakın olması modelin oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Google-Earth Pro yazılımı ve uzaktan algılama teknikleriyle üç farklı büyüklükteki alan için yükseklik noktaları elde edilmiştir. Bu alanlar Ağrı Dağı çevresinde yer almakta olup 1x1 km, 10x10 km ve 100x100 km² boyutlarında kare alanlardır. Bu alanlara ait toplam 3500'er nokta eğitim ve test veri setlerine ayrılarak üç farklı yapay sinir ağı yöntemine göre tahmin edilmiştir. Çalışmada ÇKYSA, RTYSA ve GRYSA yöntemleri kullanılmıştır. Modellerin karşılaştırılmasında KOKH, OMH ve determinasyon katsayısı kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde:

- Y konum bilgileriyle gerçekleştirilen modellemeler sadece X konum bilgileriyle gerçekleştirilen modellerden daha başarılıdır.
- En başarılı sonuçlar her 2 girişli (X ve Y) modellerde elde edilmiştir.
- GRYSA yöntemi, RTYSA ve ÇKYSA yöntemlerine göre daha başarılıdır.
- Alan büyüdükçe hata değerlerinin arttığı görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar özellikle şehir sınırları dışındaki alanlar için mühendislik projelerinde kullanılarak projelere hız kazandırabilmektedir.

Bu çalışmanın limitleri; üç farklı büyüklükteki alan için, üç farklı yöntem ve üç farklı karşılaştırma kriteri kullanılarak yükseklik noktalarının tahmin edilmesi üzerine kurgulanmıştır. Fakat gelecekteki çalışmalarda, aynı bölge için elde edilen farklı uzaktan algılama platformlarının performans karşılaştırması, farklı alanlar için farklı makine

öğrenmesi yöntemlerinin ve optimizasyon tekniklerinin, eğitim ve test oranlarının değiştirilerek karşılaştırılması planlanmaktadır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projelerini Destekleme Programı 2021-2 kapsamında 1919B012107905 numaralı başvuru ile desteklenmektedir.

Araştırmacıların katkı oranı beyan özeti

V. Demir: Araştırma, Uygulama, Makale yazımı, Yorumlama, Revizyon.
R. Doğu: Veri temini, Verilere ait istatistikler, Uygulama.

Çıkar çatışması beyanı

Makale ile ilgili olarak, herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve yayın etiği beyanı

Yapılan çalışmada yazarlar, araştırma ve yayın etiğine aykırı bir durum olmadığını ve çalışmanın etik kurul izni gerektirmediğini beyan etmektedir.

KAYNAKÇA

- Alp, M., & Cıgızoğlu, K. (2004). Farklı Yapay Sinir Ağı Metodları ile Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesi. *İtü Mühendislik Dergisi*, 3(1), 80-88.
- Arı, A., & Berberler, E. (2017). Yapay Sinir Ağları ile Tahmin ve Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Arayüz Tasarımı. *ACTA*

INFOLOGICA, 1(2), 55–73.
<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/398974>

<https://doi.org/10.26833/ijeg.1125412>

- Behzadi, S., & Jalilzadeh, A. (2020). Introducing a Novel Digital Elevation Model Using Artificial Neural Network Algorithm. *Civil Engineering Dimension*, 22(2), 47–51.
<https://doi.org/10.9744/ced.22.2.47-51>
- Çakır, L. (2013). Sayısal Yükseklik Modellerinde Polinomlar ve Yapay Sinir Ağları Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*, 23-25 Mayıs 2013, Trabzon, Türkiye., 1–4.
- Çakır, L. (2015). Sayısal Yükseklik Modellerinde Klasik Ve Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25--28 Mart 2015, Ankara, Türkiye.*, 1-6.,
- Çetinkaya, C. (2011). *Retina Görüntülerinde Radyal Tabanlı Fonksiyon Sinir Ağları İle Damar Tipik Noktalarının Tespit Edilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Uluslararası Bilgisayar Anabilim Dalı, İzmir.
- Citakoglu, H. (2015). Comparison of artificial intelligence techniques via empirical equations for prediction of solar radiation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 28–37.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.020>
- Citakoglu, H. (2017). Comparison of artificial intelligence techniques for prediction of soil temperatures in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1–2), 545–556.
<https://doi.org/10.1007/s00704-016-1914-7>
- Çitakoğlu, H., & Özeren, Y. (2021). Sakarya Havzası Su Kalitesi Parametrelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *European Journal of Science and Technology*, 24, 10–17.
<https://doi.org/10.31590/ejosat.898046>
- Çubukçu, E. A., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2021). Digital Elevation Modeling Using Generalized - Radial Based - Multi Layered Artificial Neural Networks. *Turkish Journal of Engineering*, 6(3), 199–205.
<https://doi.org/10.31127/tuje.889570>
- Çubukçu, E. A., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2022). Modeling of Annual Maximum Flows with Geographic Data Components and Artificial Neural Networks. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(2), 200–211.
<https://doi.org/10.26833/ijeg.1125412>
- Çubukçu, E. A., Sancioğlu, S., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2019). Sea Water Level Estimation Using Six Different Artificial Neural. *International Civil Engineering and Architecture Conference*, 716–725.
- Demir, V., & Çubukçu, E. A. (2021). Digital Elevation Modeling with Heuristic Regression Techniques Abstract. *European Journal of Science and Technology*, 24, 484–488.
<https://doi.org/10.31590/ejosat.916012>
- Demir, V., & Doğu, R. (2022). Creating digital elevation model with Google Earth Pro. *4th Advanced Engineering Days(AED) -21-22 September 2022*, 21(5), 78–80.
<https://doi.org/10.35414/akufemubid.936431>
- Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2020). Height Modeling with Artificial Neural Networks (Samsun-Mert River Basin). *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 6(1), 54–61.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.01.05>
- Gholami, V., Booi, M. J., Nikzad Tehrani, E., & Hadian, M. A. (2018). Spatial soil erosion estimation using an artificial neural network (ANN) and field plot data. *CATENA*, 163, 210–218.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.027>
- Gümüş, K., & Şen, A. (2017). Sayısal Yüksekli Modellerinin Doğruluğunu Etkileyen Faktörlerin Varyan Analizi İle İstatiksel Olarak İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 46–58.
<https://doi.org/10.28948/ngumuh.297729>
- Kisi, O., & Demir, V. (2016). Evapotranspiration Estimation using Six Different Multi-layer Perceptron Algorithms. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, 5(2), 1-6..
<https://doi.org/10.4172/2168-9768.1000164>
- Kılıç, G. (2015). *Yapay Sinir Ağları İle Yemekhane Günlük Talep Tahmini*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim dalı, Denizli.
- Konakoglu, B., Cakir, L., & Gökalp, E. (2016). 2D coordinate transformation using artificial neural networks. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2W1), 183–186. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W1-183-2016>
- Marquardt, D. (1963). An algorithm for least squares

- estimation of non-linear parameters. *J.Soc.Ind. Appl.Math.*, 431–441.
- Oral, M., Kartal, S., & Özyıldırım, B. M. (2018). A cluster based approach to reduce pattern layer size for generalized regression neural network. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(5), 857–863. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.76401>
- Specht, D. F. (1991). A general regression neural network. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2(6), 568–576. <https://doi.org/10.1109/72.97934>
- Uray, E., Demir, V., Keskin, A. Ü., & Tan, Ö. (2019). Use of Artificial Neural Networks in Stability Control of Cantilever Retaining Walls. *International Civil Engineering and Architecture Conference, 2001*, 469–478.
- URL-1 (2023). Türkiye'nin En Yüksek Dağları Sıralaması. <https://www.techworm.com/turkiyenin-en-yukse-daglari-siralaması/> [Erişim Tarihi: 10.05.2023]
- Yenipınar, E., Kayhan, M. M., Esra Aslı, Ç., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2021). Türkiye'nin Uzun Dönem Yağış Miktarının IDW ve Kriging Yöntemleri ile Tahmin Edilmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2), 47–52.
- Yılmaz, A. (2017). *Yapay Zeka*. KODLAB Yayınevi, İstanbul.
- Zeybekoglu, U. (2018). Forecasting of Annual Mean Rainfall Using Artificial Neural Network and Wavelet Components : Case of Study Sinop. 1. *International Technological Sciences and Design Symposium*, 1700–1709.



© Author(s) 2023.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>