

To Cite This Article: Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Zorlu, K., Pacci, S., & Serin, S. (2022). Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılıklarının belirlenmesi ve yapay sinir ağı (YSA) ile tahmin edilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 47, 258-279. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.1097942>

ILGAR DAĞI PERİGLASYAL ŞEKİLLERİ ÜZERİNDE OLUŞMUŞ TOPRAKLARIN EROZYON DUYARLILIKLARININ BELİRLENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞI (YSA) İLE TAHMİN EDİLMESİ

Determination of Erosion Susceptibilities of Soils Formed on the Periglacial Landforms of Mount Ilgar and Its Estimation Using Artificial Neural Network (ANN)

Volkan DEDE^{ID} Orhan DENGİZ^{ID} İnci DEMİR AĞ TURAN^{ID} Kuttusi ZORLU^{ID} Sena PACCİ^{ID} Soner SERİN^{ID}

Öz

Periglasyal şekiller, geçmiş dönem iklim koşullarına bağlı olarak gelişen ve günümüz iklim koşulları altında devinim gösteren oluşumlardır. Bu şekiller, Dünya'nın yüksek enlemlerinin yanı sıra alçak enlemlerinin yüksek dağlık alanlarında da yayılış göstermektedir. Kuzeydoğu Anadolu'da, Küçük Kafkaslar (4090 m) üzerinde yer alan Ilgar Dağı (2918 m) da söz konusu periglasyal şekillerin dağılışı gösterdiği önemli noktalar arasındadır. Tipik bir volkan konisi görünümünde olan Ilgar Dağı'nın jeolojisini, temelde Üst Miosen ve Alt Pliosen yaşlı bazalt, tuf ve aglomera oluştururken, zirveler bölümünü ise Pleistosen yaşlı andezitler meydana getirmektedir. Ilgar Dağı'nın Öküzkökü ve Mısıkan adlı parazit konilerinin yamaçlarında girdan, çember ve taş kümelerinden oluşan periglasyal şekiller görülmektedir. Bu çalışmada, (1) Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde gelişen toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve (2) bazı erozyon duyarlılık parametrelerinin (Strüktür stabilite indeksi-SSI, dispersiyon oranı-DO ve kabuk oluşumu-CF) tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla sahadan alınan 25 adet örneklem verisi analiz edilerek toprakların fiziko-kimyasal özellikleri saptanmıştır. Söz konusu toprak özellikleri girdi olarak kullanılarak, erozyon duyarlılık parametreleri (CF, DO, SSI) yapay sinir ağı (YSA) ile tahmin edilmiştir. Bulgular, toprakların organik madde içeriklerinin yüksek olması, topraklarda kabuk oluşumuna dolayısıyla da fiziksel bozunumun oldukça düşük düzeylerde kalmasına neden olurken; kum oranının yüksek olmasının ise SSI ve DO değerinin de yüksek olmasına neden olduğu görülmüştür. Ayrıca YSA ile tahmin edilen yüksek erodobilite faktörü % 82 ile CF olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Periglasyal şekiller, erodobilite, Yapay Sinir Ağı (YSA), Ilgar Dağı, Küçük Kafkaslar, Türkiye.

Abstract

Periglacial landforms are formations that develop depending on the climatic conditions of the past period and show alteration under today's climatic conditions. These landforms are distributed in the high mountain areas of the low latitudes as well as the high latitudes of the Earth. Mount Ilgar (2918 m a.s.l.), located on the Lesser Caucasus (4090 m a.s.l.) in Northeastern Anatolia, is among the important points where the landforms are distributed. The geology of Mount Ilgar, which has the appearance of a typical volcanic cone, is composed of Upper Miocene and Lower Pliocene aged basalt, tuff and agglomerate, while Pleistocene aged andesites form the summits. Periglacial landforms consisting of non sorted steps, mud circles and stony earth circles are observed on the slopes of parasite cones called Öküzkökü and Mısıkan of Mount Ilgar. In this study, it was aimed to (1) determine the physico-chemical properties of soils developed on the periglacial landforms of Mount Ilgar and (2) estimate various erosion susceptibility parameters (Structural stability index-SSI, dispersion ratio-DR and crust formation-CF). For this purpose, the physico-chemical properties of the soils were determined by analyzing 25 sample data, collected from the field. Erosion susceptibility parameters (SSI, DR, CF) were estimated by artificial neural network (ANN) by using the soil properties as input. The results show that the high organic matter content of the soils causes the crust formation in the soils, thus keeping the physical degradation at very low levels; it was observed that the high sand content caused the SSI and DR values to be high. In addition, the highest erodibility factor estimated by ANN was CF with 82%.

Keywords: Periglacial landforms, erodibility, Artificial Neural Network (ANN), Mount Ilgar, Lesser Caucasus, Turkey.

* **Sorumlu Yazar:** Dr. Öğr. Ü., Ardahan Üniversitesi, ✉ volkandede@ardahan.edu.tr

GİRİŞ

Canlıların hayatlarını devam ettirebilmesi için çok önemli bir kaynak olan toprak, yüzyıllar içerisinde iklim, topoğrafya ve canlıların ana materyal üzerine etkileri sonucunda meydana gelen karmaşık bir yapıya sahip doğal bir varlık olarak tanımlanmaktadır (Dengiz ve Başkan, 2010). Uzun yıllar boyunca çevresel faktörlerden etkilenerek meydana gelen toprakların, dışarıdan uygulanan herhangi bir etkiyle oluşumlarının hızlandırılması mümkün değildir. Farklı çevresel faktörlerden etkilenen ana materyaller birbirinden tamamen farklı özelliklerde topraklar meydana getirebilirler. Periglasyal alanlar da bu farklılıkların görülebileceği yerler arasındadır. Buzul çevresi alanları karakterize eden periglasyal terimi, Walery von Lozinski tarafından 1909 yılında ortaya atılmıştır (Lozinski, 1909). Bu alanlarda gelişen topraklar ve periglasyal şekiller, bulunduğu coğrafi ortam hakkında önemli kanıtlar sunmaktadır. Periglasyal şekiller, Dünyada soğuk iklimlere sahip olan ve özellikle yıl içerisinde donma-çözülme olaylarının egemen olduğu alanlarda gelişim göstermektedirler. Ayrıca bu şekiller geçmişin yanı sıra, günümüz iklim koşulları altında da gelişimlerini sürdürmektedirler (Knight vd., 2019; Uxa vd., 2017; Oliva vd., 2016, 2018, 2020; Velichko ve Nechaev, 1992). Genel literatürde periglasyal şekillerin daha iyi anlaşılması amacıyla yapılan çalışmalar 1960'lı yıllarda başlamış olup, günümüzde de devam etmektedir (Wahrhaftig ve Cox, 1959; Giardino ve Vick, 1987; Whalley ve Martin, 1992; Hamilton ve Whalley, 1995; Humlum, 1998; Colucci vd., 2016; Drewes vd., 2018; Knight vd., 2019). Bununla birlikte Anadolu'da periglasyal alanlar/şekiller üzerinde gelişen toprakların erozyon duyarlılıklarının tespit edildiği çalışmalar sınırlı kalmıştır (Dede vd., 2020).

Erozyon, Dünya üzerinde sürekli meydana gelen doğal jeomorfolojik bir süreçtir. Bununla beraber, bu sürecin antropojenik bozulmalar ile hızlanmasının toprak ve çevre kalitesi üzerinde ciddi sonuçları olabilmektedir. Toprak erozyonu, toprak taneciklerini birbirinden ayırarak parçalayan ve dağıtan su ve rüzgârın etkisiyle aşınarak başka bölgelere taşınmasıyla meydana gelir (Bennett, 1955; Foth, 1990). Toprakların önemi düşünüldüğünde bu kaynakların korunması ve devamlılığının sağlanması gerekmektedir (Kanar ve Dengiz, 2015). Toprakların erozyona uğrama eğilimleri, kalite unsuru olarak değerlendirilen parametrelerden biri olup, arazi ve toprak yönetimi, toprak özellikleri (toprak tekstürü, strüktürü, organik madde içeriği, kimyasal bileşimi), topoğrafya ve iklimsel faktörlerden etkilenmekte ve dinamik bir karakter taşımaktadır (Öztürk, 2013). Toprak yüzeyinde kabuk oluşumu, su infiltrasyonunun ve yarıyıllı su kapasitesinin azalması, besin elementlerinin kaybı ile topraktaki biyolojik aktivitedeki düşüş toprak kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve bu toprakların erozyona karşı hassasiyetini arttırmaktadır (Özdemir, 2013; Çelik ve Dengiz, 2018). Benzer şekilde, Bu vd. (2014) toprak kabuk oluşumunun toprakların su geçirgenliği ve dolayısıyla toprak erozyon duyarlılığı (erodobilite) üzerine önemli etkisi olduğunu ifade etmişler ve bunun sebebi toprağa yağış veya sulama yoluyla gelen suyun, drene olamadığı takdirde yüzey akışına geçerek beraberinde toprak taneciklerini de taşıması olduğunu belirtmişlerdir. Kabuk oluşumunun yanı sıra agregatların stabilitesi, topraklarda iyi strüktürel ilişkilerin oluşması ve sürdürülmesi bakımından büyük öneme sahiptir (İç ve Gülser, 2008). Dispersiyon oranı ise toprakların viskoz karakteristiğinin değişimi sonucunda strüktürel yapısındaki bozulmayı yansıtmakta olup, bu oranının azalması durumunda erozyona karşı dayanıklılıklarının arttığını göstermekte ve %15'ten küçük orana sahip topraklar erozyona karşı dayanıklı olarak kabul edilmektedir (Lal, 1988).

Erozyonun nedenleri bilinmekle beraber bunların ölçülmesi, etkileme koşulları, etmenler arasındaki etkileşimin sonuca yansıma ağırlığı, düzeyi ve sayısal değerini belirlemek oldukça karmaşıktır (Celilov ve Dengiz, 2019). Bu durumları göz önüne alan araştırmacılar, son yıllarda elde ettikleri sistematik bulgu ve bilgileri de değerlendirerek, belli koşullar ve etmenler bilindiği sürece toprak erozyonunun hassaslığını, miktarını tahmin etme ve hesaplama yolunda önemli bir noktaya ulaşmışlardır (Parlak vd., 2014). Bu noktada Yapay Sınır Ağları'nın (YSA) erozyon tahmini çalışmalarında kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır (Gholami vd., 2021; Licznar ve Nearing, 2003; Kim ve Gilley, 2008; Gholami vd., 2018; Alexakis vd., 2019). YSA, çözülmesi zor ve karmaşık olan farklı alanlara ait problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar elde etmeye yönelik katkılar sağlamaktadır. YSA, temel korelasyon belirsiz olduğunda ve bağımlı varyantların son bağımsız varyant veri kümelerine göre tahmin edilebilmesi gerektiğinde, varyantlar ve çakışan hedef varyantlar arasında korelasyon türlerini tanıyabilir ve öğrenebilir (Suo vd., 2010). YSA, öncelikle doğrusal olmayan belirli bir kümenin elemanlarını tanımlar, daha sonra bu kümenin girdi verileri, bariz bir sinyal tipi ile ilişkili olduğunda; çıktıdaki arzu edilen bir model, ağ tarafından eğitilebilir. Çıktıyı öğrenme ve tahmin etme

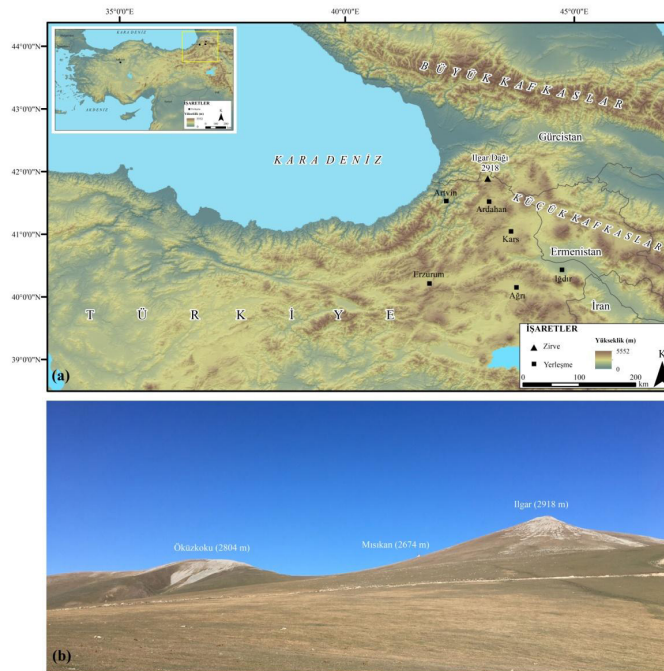
yeteneği, ağın özelliklerinden biridir (Bose, 1994; Odabaş vd., 2014). YSA, araştırmacılar tarafından, iklim tahmini (Luk vd., 2001; Abbot ve Marohasy, 2012; Mohammadi vd., 2021), su kaynakları yönetimi (Coppola vd., 2003; Najah vd., 2013), enerji ve çevre (Acheampong ve Boateng, 2019; Fadare, 2010; Kalogirou, 2000), arazi kullanımı ve değişimi (Almeida vd., 2008; Moghadam vd., 2017) ve ekonomi (Feng ve Zhang, 2014) gibi alanlarda kullanılmıştır. Bununla birlikte, toprak ve erozyon çalışmalarında da YSA'dansıklıkla yararlanılmıştır (Li vd., 2013; Bilgili, 2011; Ebrahimi vd., 2019).

Literatür incelendiğinde, periglasyal alanlar ile toprak erozyonu ilişkisini YSA ile değerlendiren çalışmalar sınırlı kalmıştır. YSA'nın genel literatürde sıklıkla kullanılması ve söz konusu avantajlarından dolayı mevcut araştırmada erozyon duyarlılığı parametrelerini tahmin etmede kullanımı uygun görülmüştür. Periglasyal şekiller üzerindeki toprakların erozyon duyarlılık parametrelerinin belirlenmesi için yapılan sınırlı çalışmalardan biri Dede vd. (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada toprakların agregat stabilitesi, dispersiyon oranı, strüktür stabilite indeksi, kil oranı ve kabuk oluşumu özellikleri belirlenmiş ve toprağın diğer fizikokimyasal özellikleri ve erozyon duyarlılık parametreleri arasında büyük bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle periglasyal alanlar/şekiller üzerinde gelişen topraklarda erozyon duyarlılık parametrelerinin belirlenmesi araştırmaya değer bir konu olarak görülmektedir. Bu gerekçeyle mevcut araştırmada, Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde oluşmuş olan toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve bazı erozyon duyarlılık parametrelerinin (Strüktür stabilite indeksi-SSI, dispersiyon oranı-DO ve kabuk oluşumu-CF) belirlenmesi ayrıca bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin girdi olarak kullanılarak, erozyon duyarlılık parametrelerinin (kabuk oluşumu-CF, dispersiyon oranı-DO, strüktür stabilite indeksi-SSI) YSA ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Ilgar Dağı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde Ardahan Platosu üzerinde bulunmaktadır. Ilgar Dağı yaklaşık olarak 41° 25' K enlemi ile 42° 45' D boylamının kesişiminde, Karadeniz'e kuş uçuşu 100 km mesafede yer almaktadır. Ilgar Dağı, Küçük Kafkaslar'ın üzerinde kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde 5 km genişliğe sahip bir volkan konisi karakteri taşımaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (a) ve genel görünümü (b).

İlgar Dağı Kuzeydoğu Anadolu'da Ilgar (2918 m), Öküzkökü (2804 m), Koket (2741 m), Mısıkan (2674 m) ve Hebeş (2462 m) zirvelerinden oluşmaktadır. Bu zirveler arasında Öküzkökü ile Mısıkan parazit konilerinin üzerinde ve yamaçlarında girland, çember ve taş kümesinden oluşan periglasyal şekiller bulunmaktadır (Şekil 2). Volkan konisi özelliğinden dolayı drenajı radyal karakterdedir. Genel olarak dağın kuzeyinde daha derince yarılmış vadiler yer almaktadır. Ilgar Dağı'nı, kuzeyde Çürükköprü ve Karapınar, batıda Eğrigüney, güneyde ise Kuru ve Dağköprü Dereleri drene etmektedir. Ilgar Dağı, jeolojik gelişimini Tersiyer'den Kuvaterner'e kadar olan süreçte tamamlamıştır. Kütlelerin zirveler kuşağını oluşturan Ilgar, Koket, Mısıkan ve Öküzkökü Tepeleri'nde Pleistosen yaşlı andezitler, temelinde ise Üst Miosen-Alt Pliosen yaşlı bazalt, tuf ve aglomeralar yer almaktadır (Keskin, 2013). Oluşum yaşı açısından farklılık olsa da genel olarak alanda volkanik kayalar egemendir.



Şekil 2. Ilgar Dağı'ndaki periglasyal şekillerin genel görünümü, girland (a), çember (b) ve taş kümesi (c).

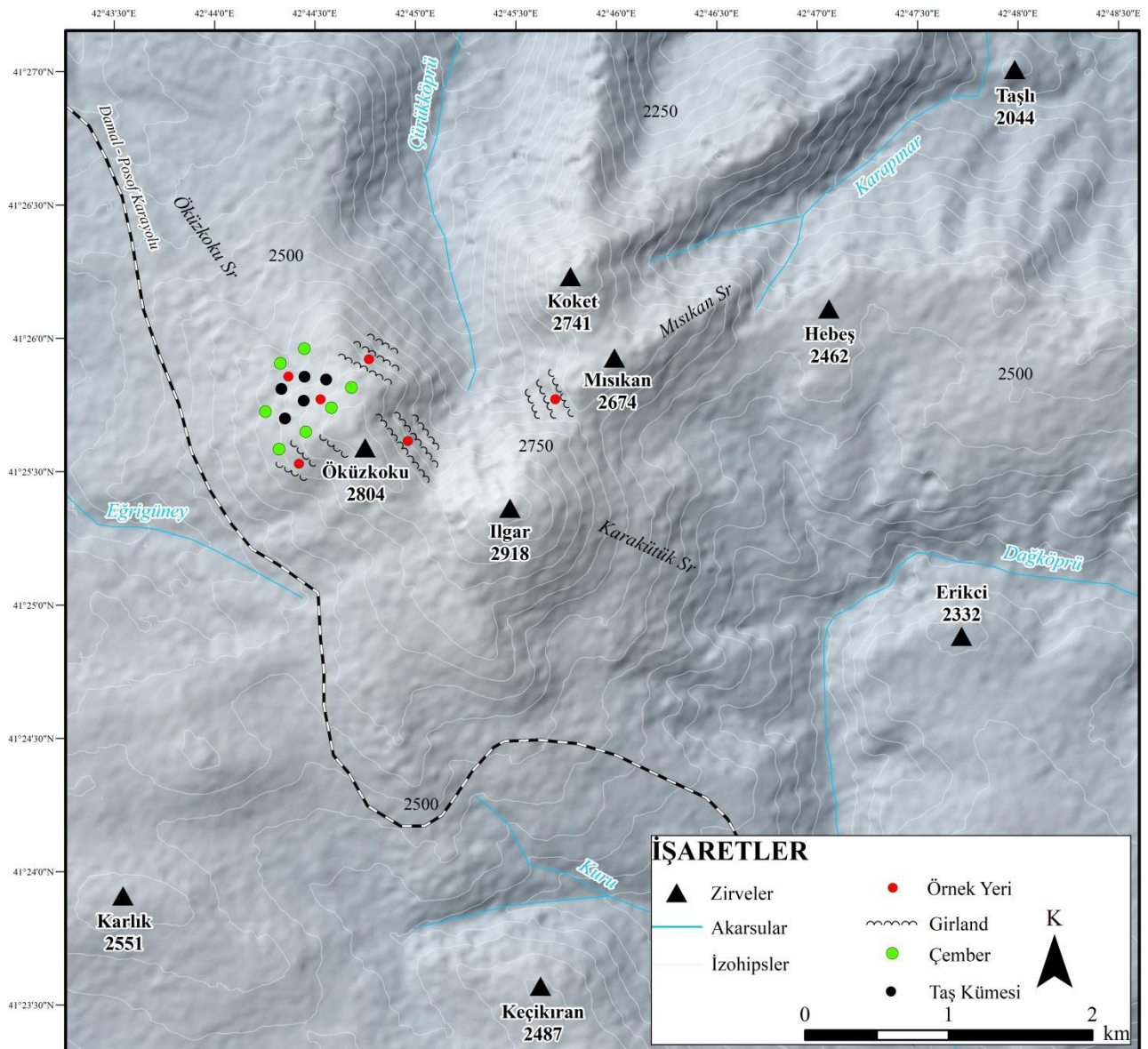
Veri Toplama Yöntemleri ve Toprak Analizleri

İlgar Dağı'nda yapılan arazi çalışmalarında, sahadan 0-20 cm derinlikten 25 adet yüzey toprak örneği alınmıştır (Tablo 1, Şekil 3). Topraklar, laboratuvara aktarıldıktan sonra, fiziksel ve kimyasal analizler için hava kuru hale getirilmiş, tahta tokmakla dövülerek 2 mm'lik elekten geçirilip analize hazır hale getirilmiştir.

Tablo 1. Toprak örneklerinin hipsometrik özellikleri.

Örnek Kodu	Periglasyal Şekil	Koordinatları (K/D)	Yükseltisi (m)	Lokasyonu
ILG21-01	Girland	41 25.712 / 42 44.743	2804	Öküzkökü Tepe
ILG21-02	Girland	41 25.719 / 42 44.746	2803	Öküzkökü Tepe
ILG21-03	Girland	41 25.731 / 42 44.752	2798	Öküzkökü Tepe
ILG21-04	Girland	41 25.738 / 42 44.764	2794	Öküzkökü Tepe
ILG21-05	Girland	41 25.759 / 42 44.737	2783	Öküzkökü Tepe
ILG21-06	Çember	41 25.743 / 42 44.747	2791	Öküzkökü Tepe
ILG21-07	Çember	41 25.740 / 42 44.751	2793	Öküzkökü Tepe
ILG21-08	Çember	41 25.736 / 42 44.734	2794	Öküzkökü Tepe
ILG21-09	Çember	41 25.733 / 42 44.737	2795	Öküzkökü Tepe
ILG21-10	Çember	41 25.745 / 42 44.749	2791	Öküzkökü Tepe
ILG21-11	Taş Kümesi	41 25.728 / 42 44.729	2797	Öküzkökü Tepe
ILG21-12	Taş Kümesi	41 25.727 / 42 44.724	2796	Öküzkökü Tepe
ILG21-13	Taş Kümesi	41 25.724 / 42 44.723	2798	Öküzkökü Tepe
ILG21-14	Taş Kümesi	41 25.728 / 42 44.705	2793	Öküzkökü Tepe
ILG21-15	Taş Kümesi	41 25.731 / 42 44.704	2793	Öküzkökü Tepe
ILG21-16	Girland	41 25.705 / 42 44.716	2804	Öküzkökü Tepe
ILG21-17	Girland	41 25.707 / 42 44.707	2801	Öküzkökü Tepe
ILG21-18	Girland	41 25.715 / 42 44.693	2799	Öküzkökü Tepe
ILG21-19	Girland	41 25.721 / 42 44.693	2795	Öküzkökü Tepe

ILG21-20	Girland	41 25.725 / 42 44.695	2792	Öküzkoğu Tepe
ILG21-21	Girland	41 25.863 / 42 45.869	2667	Mısıkan Tepe
ILG21-22	Girland	41 25.854 / 42 45.865	2664	Mısıkan Tepe
ILG21-23	Girland	41 25.846 / 42 45.862	2661	Mısıkan Tepe
ILG21-24	Girland	41 25.840 / 42 45.857	2657	Mısıkan Tepe
ILG21-25	Girland	41 25.829 / 42 45.860	2652	Mısıkan Tepe



Şekil 3. Ilgar Dağı'nın periglasyal jeomorfoloji ve toprak örnek yerleri haritası.

Çalışmada toprak özelliklerinden tekstür Bouyoucos (1962)'a; hacim ağırlığı Blake ve Hartge (1986)'ye ve organik madde Jackson (1958)'a göre belirlenmiştir. Agregat stabilitesi (AS), Yoder tipi eleme setinde ıslak eleme yöntemine göre (Kemper ve Rosenau, 1986); dispersiyon oranı (DO), süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Ngatunga vd.,1984). Toprak kabuk oluşumu (CF), Pieri (1989)'e göre denklem (1) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$CF= OM(\%) *100 / C (\%) + Si (\%) \quad (1)$$

burada; CF: Toprak kabuk oluşumu, OM: Organik madde, C: Kil, Si: Silt'i ifade etmektedir.

Elde edilen değer 5'ten küçük olması durumunda topraklarda çok şiddetli fiziksel bozulmayı gösterirken, 5 ile 7 arasında şiddetli, 7 ile 9 arasında düşük fiziksel bozulmayı ve 9'dan büyük olması durumunda fiziksel bozulmanın olmadığını belirtmektedir. Strüktür stabilite indeksi (SSI), hidrometre ölçümlerine dayanılarak ve denklem (2) kullanılarak bulunmuştur (Leo, 1963).

$$SSI = \sum n - \sum b \quad (2)$$

burada;

$\sum n$ = Mekanik analizle elde edilen silt ve kil; $\sum b$ = Agregatlardan süspansiyona dispers olan silt ve kil fraksiyonları

toplamlarını ifade etmektedir.

Veri Setinin Hazırlanması ve YSA Uygulaması

Toprak örneklerinin analizleri sonrası elde edilen bazı fiziko-kimyasal özelliklerden OM, HA, kil, kum ve silt değerleri toprak erozyona karşı duyarlılığını artırma durumuna göre 1 ile 4 arasında sınıflandırılmıştır. 1 değeri o parametrenin alt sınıf değerinin erozyona uğrama hassaslığının yüksek, 4 değeri ise erozyona uğrama hassaslığının düşük olduğunu göstermektedir. 1 ile 4 arasındaki değerler ise o parametrenin erozyona karşı hassaslık derecesine bağlıdır (Tablo 2). Bu sınıf aralıkları literatürdeki araştırmalardan yararlanılarak belirlenmiştir (Chaudhri vd., 1976; Aşkın vd., 2016; Saygın vd., 2019; Alaboz vd., 2021).

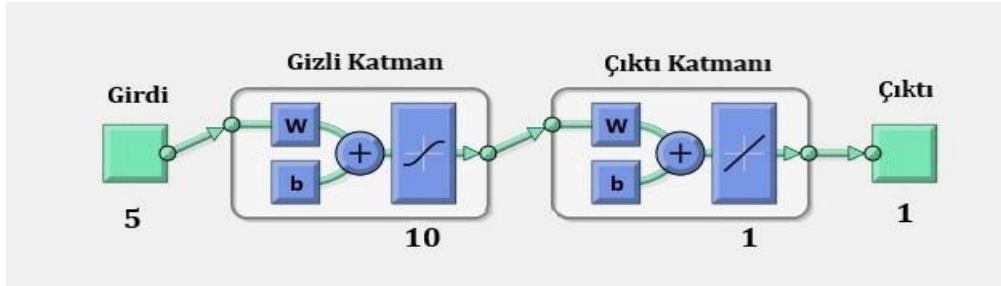
Tablo 2: Erozyon hassaslık sınıflarının oluşumunda ele alınan parametreler ve ağırlık puanları.

Organik Madde (%)			Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)					
Sınıf	Değer	Tanım	Sınıf	Değer	Tanım			
1	0.0 - 1,5	Çok Yüksek	1	> 1,41	Çok Yüksek			
2	1,5 - 3.0	Yüksek	2	1,23 - 1,41	Yüksek			
3	3.0 - 4.0	Orta	3	0,9 - 1,23	Orta			
4	>4.0	Düşük	4	0,2 - 0,9	Düşük			
Kil (%)			Silt (%)			Kum (%)		
Sınıf	Değer	Tanım	Sınıf	Değer	Tanım	Sınıf	Değer	Tanım
1	< 10	Çok Yüksek	1	> 50	Çok Yüksek	1	< 10	Çok Yüksek
2	10 - 30	Yüksek	2	30 - 50	Yüksek	2	10 - 30	Yüksek
3	30 - 50	Orta	3	10 - 30	Orta	3	30 - 50	Orta
4	> 50	Düşük	4	< 10	Düşük	4	>50	Düşük

Sınıflara ayrılan değerlerden oluşan veri seti YSA'da girdi olarak kullanılmıştır. YSA, herhangi bir yardım almaksızın doğrudan insan beyninin öğrenme, hatırlama, üretme gibi fonksiyonlarını içerisinde barındırabilen ağ yapıdaki bir modeldir (Cebeci,

2013). YSA, öğrenme ve tahmin etme süreçlerinde, gerçek hayattaki problem alanı ile ilgili veriler ve sonuçlardan yararlanır. YSA, özellikle doğrusal olmayan sistemlerde tahmin yürütme açısından istatistiksel tekniklerden çok daha fazla kolaylık sağlayan bir özelliğe sahiptir (Pacci vd., 2022). Bu özelliği ile YSA karmaşık doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan önemli yöntemlerden biri olarak görülmektedir (Odabaş vd., 2014, 2016). Matlab ile uygulanan YSA'da, ağı eğitmek için Levenberg-Marquardt (LM) algoritması gerçekleştirilmiştir. LM algoritması, Gauss-Newton (GN) ile Gradient-Descent (GD) algoritmaları arasında, bir aracı optimizasyon algoritması olarak bilinmektedir (Farhat ve Cheok, 2017; Temizel vd., 2014).

Oluşturulan YSA, erozyona duyarlılık parametrelerinden DO, CF ve SSI değerlerini tahmin etmek üzere asimile edilmiş bir modeldir. YSA'da girdi olarak kullanılan toprağın erozyona duyarlılığının göstergesi olan toprak erodobilite faktörlerinden DO, CF ve SSI değerleri birbirinden ayrı üç hedef olarak çalıştırılmış ve birbirinden ayrı üç çıktı verisi elde edilmiştir. Birbirinden ayrı çalıştırılan üç veri setinde toplam örneklem sayısı 25 olup, bu örneklerin 17'si (% 70) eğitim, 4'ü (% 15) test ve diğer 4'ü ise (% 15) doğrulama verisi olarak kullanılmıştır. Girdi, gizli ve çıktı katmanlarından oluşan model, ayrıca birden fazla düğüm katmanından meydana gelmektedir. Şekil 4'teki tek gizli katmanlı ağ modeli; OM, HA, kum, kil ve silt olmak üzere 5 girdi verisi; 10 nörondan meydana gelen gizli katman; gizli katmanlardan gelen verilerin toplandığı çıktı katmanı ve ağıncı çıktı verilerini ortaya koymaktadır. Gizli katmanda kullanılan nöron sayısı çalışmalarda çok önemlidir, çünkü çok fazla nöron aşırı uyum sorunlarına neden olabilmektedir (Huang ve Foo, 2002).



Şekil 4. Tek gizli katmanlı ağ modeli.

Tasarlanan YSA, 5 adet girdi (OM, HA, kil, kum, silt) ve çıktılar (DO-YSA, CF-YSA, SSI-YSA) kullanılarak eğitilmiştir. Tüm ağırlık değerleri belirlendiğinde ve YSA girdi değerlerinin bir fonksiyonu olarak çıktı verileri hedef verilerine tam olarak yaklaştığında eğitim süreci sona ermiştir. Ağda farklı sayıda gizli katman, nöronlar ve katmanlar arasındaki farklı transfer fonksiyonları vardır. Bu çalışmada elde edilen model, çıktı katmanında 10 nöron ve sigmoid fonksiyonu ile 1 gizli katmandan meydana gelmektedir (Şekil 4). Burada oluşturulan YSA'nın performansını değerlendirmek için Ortalama Kareler Tahmin Hatası (MSE) ve Belirleme Katsayısı (R^2) dikkate alınmıştır. Bu kriterler denklem (3) ve (4) kullanılarak hesaplanmıştır (Hosseinpour vd., 2016).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{ai} - y_{pi})^2}{N - 1} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (y_{ai} - \bar{y}_a)(y_{pi} - \bar{y}_p) \right]^2}{\sum_{i=1}^N (y_{ai} - \bar{y}_a)^2 (y_{pi} - \bar{y}_p)^2} \quad (4)$$

burada; y_i ve y_{pi} ölçülen ve tahmin edilen DO, CF, SSI değerleridir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanından alınan 25 toprak örneğinde 11 farklı toprak özellikleri incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 3). Toprakların OM içerikleri % 1.43 ile % 16.05 arasında değişmekte olup, ortalama % 7.45'tir. Toprakların büyük çoğunluğu kumlu tın bünyeli olup, kil % 2.12 ile % 17.33 arasında değişirken, kum % 53.29 ile % 77.25 arasında değişmektedir. Toprakların hacim ağırlıkları OM içerikleri ile özellikle kum ve kil miktarına bağlı olarak 0.94 gr cm^{-3} ile 1.54 gr cm^{-3} arasında değişmektedir. Toprakların erodobilite faktörleri olarak ele alınan SSI, DO ve CF'nin sırasıyla ortalama değerleri 23.50, 32.16 ve 22.25 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toprakların AS değerleri % 53.39 olarak belirlenmiştir.

İstatistikte normal dağılım simetrik bir dağılım olarak bilinmektedir. Normal dağılımda simetriğin bozulma derecesine ise çarpıklık (skewness) denir. Bu dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Ayrıca, normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesine basıklık (kurtosis) denir (Yıldız vd., 1998). Tablo 3'te, çarpıklık katsayıları OM, AS, kil, silt, kum, HA, SSI, DO ve CF normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak özelliklerin hepsi pozitif (sağa) çarpıktır. Wilding (1985) ve Mallants vd. (1996) toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<% 15), orta (% 15-35) ve yüksek (>% 35) olarak sınıflandırmaktadır. Buna göre çalışma alanında AS, DO ve CF yüksek değişkenliğe sahip, kil, kum, silt ve SSI orta değişkenlikte diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir (Tablo 3).

Tablo 3: Toprakların fiziksel, kimyasal, makro ve mikro besin elementi özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Özellikler	Ort	SS	DK*	Varyans	EDD	EYD	Çar**	Bas
OM (%)	7,45	3,99	14,62	15,94	1,43	16,05	0,36	-0,87
AS (%)	53,39	18,45	64,66	340,63	24,34	89,00	0,08	-1,24
Kil (%)	9,71	3,57	15,21	12,76	2,12	17,33	-0,00	0,21
Silt (%)	24,46	5,36	25,80	28,82	11,47	37,27	-0,16	0,83
Kum (%)	65,81	5,41	23,96	29,29	53,29	77,25	-0,05	0,28
HA (gr cm^{-3})	1,19	0,16	0,60	0,02	0,94	1,54	0,47	-0,67
SSI (%)	23,50	6,02	21,65	36,25	12,40	34,05	-0,08	-1,08
DO (%)	32,16	13,75	52,41	189,27	9,01	61,42	0,42	-0,59
CF	22,25	11,23	40,90	126,15	4,90	45,80	0,37	-0,62

Ort.: Ortalama, SS.: Standart sapma, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık, MBK: Mikrobiyal Biyomas Karbon, HA: Hacim Ağırlığı, AS: Agregat Stabilitesi, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, DO: Dispersiyon Oranı, CF: Kabuk Oluşumu, *Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik, **Çarpıklık: < $|\neq 0,5|$ = Normal Dağılım, 0,5 - 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Toprak özelliklerinin DO, CF ve SSI arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak gösterebilmek amacıyla yapılan korelasyon analizlerinin sonuçları (Spearman korelasyon katsayısı - r_s) Tablo 4'te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 9 adet istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$; $p < 0,01$) ilişki belirlenmiştir.

Toprakların SSI içerikleri ile AS (0,472*) arasında % 5 seviyesinde pozitif bir ilişki varken, SSI ile kil (0,576**) ile % 1 düzeyinde pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Ayrıca kum (-0,765**) ile arasında % 1 seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir. DO ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiye bakıldığında OM (-0,437*) ve kil (-0,485*) arasında % 5 seviyesinde negatif bir ilişki belirlenmiştir. DO ile AS (-0,750**) arasında ise % 1 düzeyinde negatif bir ilişki bulunmaktadır. CF ile HA (-0,792**) arasında ise % 1 düzeyinde negatif bir ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, CF ile OM (0,936**) ve AS (0,639**) arasında % 1 düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Toprağın erozyona duyarlılığını tahmin etmek için agregat stabilitesinin kullanılması çeşitli araştırmacılarca önerilmiştir (Miller ve Baharrudin, 1987; Bajracharya vd., 1992; Barthes ve Roose, 2002; Bissonnais vd., 2007). Genellikle kil içeriğinin artması ile agregat stabilitesinde de bir artış gözlenmektedir (Yılmaz vd., 2005). Çalışma alanında organik madde içeriğinin ve kil miktarının yüksek olduğu alanlarda agregat stabilitesinin de yüksek olduğu

belirlenmiştir. Canpolat ve Demiralay (1995), toprağa organik materyal ilave edilmesinin toprağın agregat stabilitesi üzerine etkisini gözlemlemek amacı ile yaptığı çalışmada, toprağa ilave edilen organik madde miktarı arttıkça agregat stabilitesinde de artış olduğunu bildirmişlerdir.

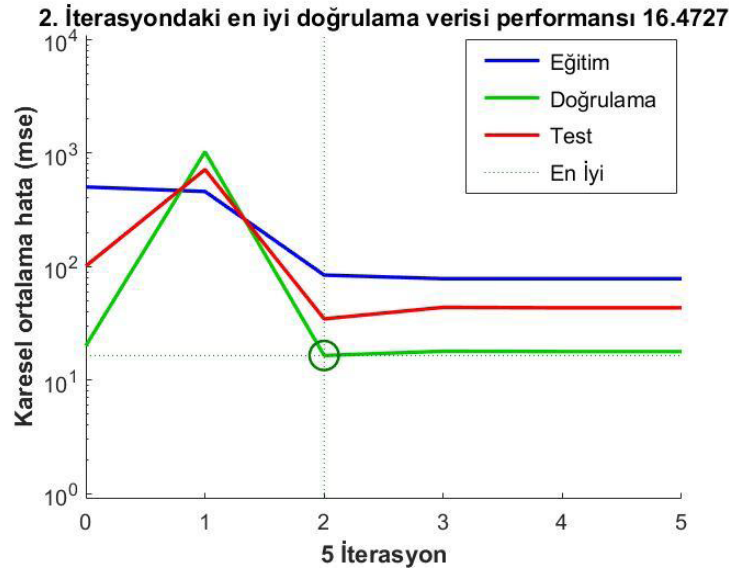
Tablo 4: Toprak özelliklerinin DO, CF ve SSI ile korelasyon matrisi.

Toprak özellikleri	DO	CF	SSI
% OM	-0.437*	0,936**	0,297
% AS	-0.750**	0,639**	0,472*
% Kil	-0.485*	0,212	0,576**
% Silt	0.139	-0,246	0,360
% Kum	0.236	0,016	-0,765**
HA	0.302	-0,792**	-0,196

*: $p < 0.05$ düzeyinde önemlilik, **: $p < 0.01$ düzeyinde önemlilik.

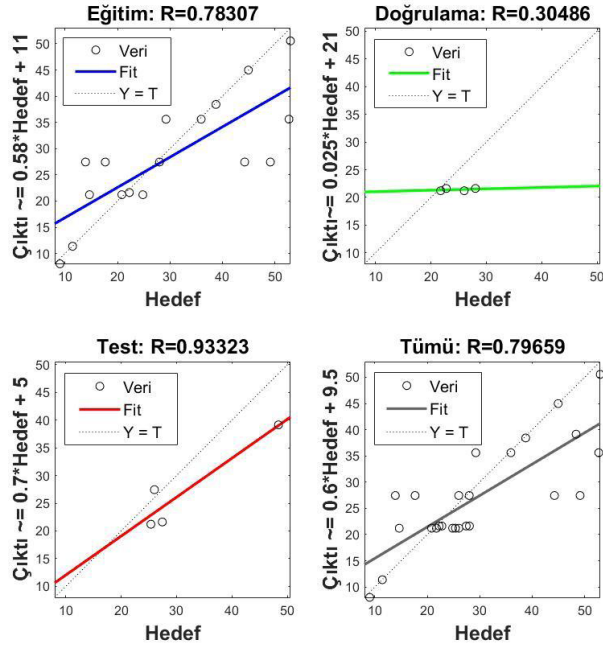
Toprak Erodibilite Faktörlerinin YSA ile Tahmini

Toprakların erozyona hassasiyetini belirlemede önemli bir kriter olarak kullanılan DO, toprakların tekstürü ile toprak taneciklerinin dispers olabilme hassasiyeti esasına dayanır. Kolayca dispers olabilen kil içeriği fazla topraklar, yüksek dispersiyon oranına sahiplerdir ve daha düşük oran gösteren topraklara kıyasla erozyona daha müsaittir (Lutz ve Chandler, 1947). DO'nun tahmin edilmesinde, LM kombinasyonu kullanılmıştır ve 5 iterasyon kullanan model en iyi doğrulama verisi performansını 16.4727 ile ikinci iterasyonda göstermiştir (Şekil 5). Şekil 5'te test ve doğrulama verilerinin birinci iterasyona kadar artış gösterdiği, eğitim verisinin ise hafif bir azalma gösterdiği görülmektedir. Daha sonra tüm veriler ani bir düşüş ile ikinci iterasyonda en iyi performansı göstermektedir.



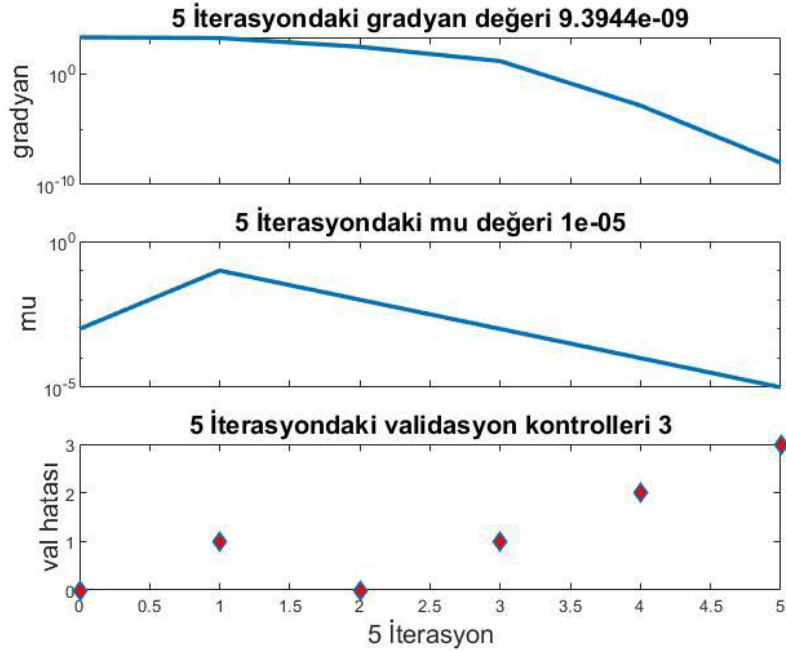
Şekil 5: DO'ya ait Levenberg-Marquardt kombinasyonu performans grafiği.

Belirleme katsayısı (R^2) yapay sinir ağının önerilen tahmin performansını keşfetmek için kullanılan önemli bir göstergedir. Bu gösterge sayesinde, DO'nun doğruluğu fiziko-kimyasal toprak parametreleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar DO'nun belirlenmesinde eğitim % 78, doğrulama % 30, test % 93 ve tüm veriler % 79 oranında doğrulukla tahmin edilebilir olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 6).



Şekil 6. DO Levenberg-Marquardt yaklaşımı için çıktı verileri ve hedefler arasındaki regresyon sonuçları.

Ağda yineleme sayısı (iterasyon-epoch) gerçekleştirilmiş ve tek nöron tabanlı sinir ağı için uygulanan iterasyon sayısının 5 olduğu kontrol edilmiştir. Eğitimde gradyan, mu ve doğrulama kontrolünün elde edilen iterasyon değerleri DO için Şekil 7’de gösterilmiştir.

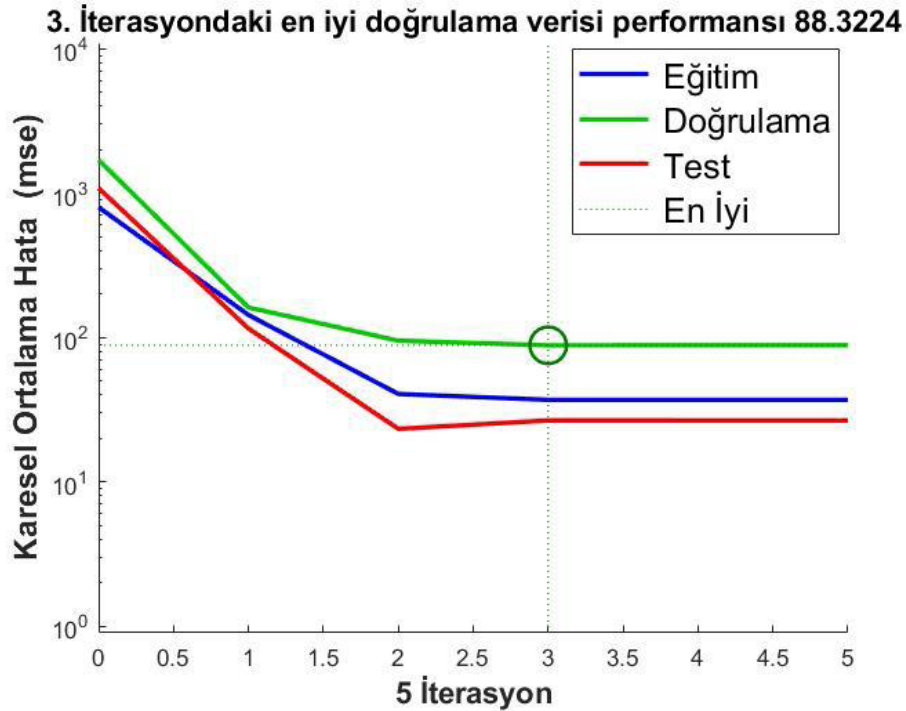


Şekil 7. DO’ya ait 5 iterasyon için eğitim durumu parametrelerinin grafiği.

Yapay sinir ağı eğitimi iterasyon sayısını tamamlamadan, doğrulama verisinin karesel ortalama hatasına veya eğitim verisinin gradyan değerine göre erkenden tamamlayabilmektedir. Gradyan değerleri, her bir iterasyonda ağdan çıkan tahmini değerlerin gradyan değerleridir ve belirlenen gradyan değerine doğru azalarak devam eder (İnce, 2018).

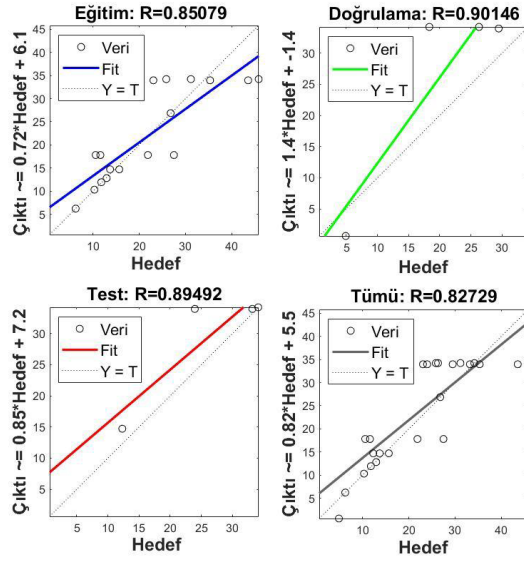
Toprak yüzeyindeki agregatların, çevresel faktörlerin etkisi ile parçalanıp dağılması ve toprak yapısında meydana gelen bozulmalar sebebi ile toprak yüzeyi daha çabuk kurur ve topraktaki su buharlaşırken yüzeyde sertleşmeye neden olan birtakım bileşikler birikir. Bu sebepten dolayı toprakta büyük gözeneklerin olmaması ya da çok az olması dolayısıyla, doygun su iletkenliği çoğunlukla düşüktür. Bu şekilde toprakta yağmur damlalarının yaptığı darbeler ve güneşin neden olduğu kurutma gibi doğal süreçler sonucunda yüzeyde oluşan bu tabaka toprak kabuğu olarak tanımlanır (Öztürk ve Özdemir, 2006). Özellikle silt ve kum içeriği yüksek olan topraklarda görülen kabuk oluşumu sebebi ile toprakların geçirgenlik kapasiteleri azalmakta ve topraktan sızamayan su eğim doğrultusunda yüzey akışa geçerek su erozyonunu teşvik etmektedir (Chaudhri vd., 1976).

Diğer bir erodobilite faktörü olan toprak kabuk oluşumunun tahmin edilmesinde, Levenberg-Marquardt kombinasyonunda, 5 iterasyon kullanan model en iyi doğrulama verisi performansını 88.3224 ile üçüncü iterasyonda göstermiştir. Şekil 8'de eğitim, doğrulama ve test verilerinin ilk olarak hızlı bir şekilde azaldığı daha sonra test ve doğrulama verilerinin birinci iterasyonda ufak bir değişiklik ile azalmaya devam ettiği görülmektedir. İkinci iterasyonda doğrulama ve eğitim verileri ufak değişikliklerle azalmaya devam ederken test verisinde artış gözlenmekte ve tüm verilerin üçüncü iterasyonda en düşük ortalama karesel hata ile en iyi sonucu gösterdiği gözlenmektedir.



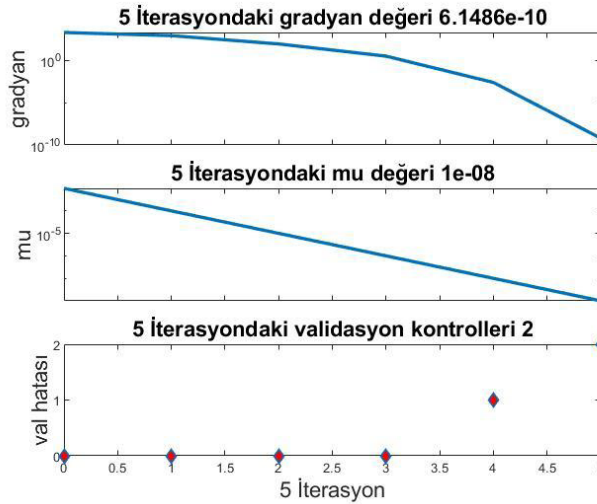
Şekil 8. CF'nin Levenberg-Marquardt kombinasyonu performans grafiği.

Toprak kabuk oluşumu için belirleme katsayılarından elde edilen sonuçlara göre ise eğitim verisi % 85, doğrulama % 90, test % 89 ve tüm veriler % 82 oranında doğrulukla tahmin edilebildiği ortaya konmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. CF'nin Levenberg-Marquardt yaklaşımı için çıktı verileri ve hedefler arasındaki regresyon sonuçları.

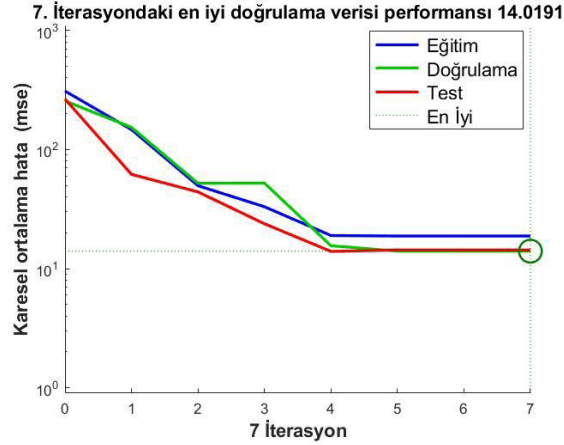
Ayrıca, çalışmada kabuk oluşumu için iterasyon sayısının 5 olduğu kontrol edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. CF'ye ait 5 iterasyon için eğitim durumu parametrelerinin grafiği.

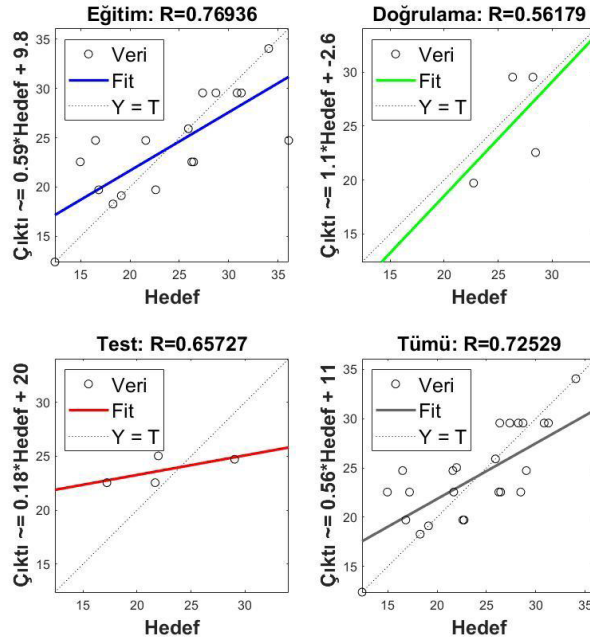
Toprakların erozyonla taşınmalarına yönelik en önemli nedenlerinden biri çeşitli sebeplerle toprakta strüktürel stabilitenin azalması, buna bağlı olarak toprak aşınabilirliğinin artmasıdır (Karagöktaş ve Yakupoğlu, 2014). Toprakların SSI değerleri büyüdükçe erozyona karşı dirençleri artmaktadır. Strüktürel stabilite, agregatların suda ve diğer dış etkenlerde bozulmaya karşı direncini gösterir. Toprak strüktürünün bozulması suyun toprak içerisindeki hareketliliğini, dolayısıyla toprağın geçirgenliğini azaltır ve toprakların erozyona duyarlılığını artırır (Yılmaz vd., 2005). Çalışmada, strüktür stabilite indeksinin tahmin edilmesinde de Levenberg-Marquardt kombinasyonu kullanılmış ve 7 iterasyon kullanan model en iyi doğrulama

verisi performansını 14.0191 ile yedinci iterasyonda göstermiştir (Şekil 11). Şekil 11'de eğitim verisinin karesel ortalama hatasının ikinci iterasyona kadar ani bir düşüş sergilediği, test verisinin birinci iterasyona kadar ani daha sonra ikinci iterasyona kadar hafif bir düşüş gerçekleştirdiği görülmektedir. Doğrulama verisi ise test verisinin aksine önce hafif daha sonra ani bir düşüş sergilemiştir. Bunun yanında eğitim ve test verileri dördüncü iterasyona kadar hafif bir düşüş göstermeye devam ederken doğrulama verisinin karesel ortalama hatası önce üçüncü iterasyona kadar artış sergileyip daha sonra üç ve dördüncü iterasyonlar arasında ani bir düşüş sergilemiştir. Dört ve yedinci iterasyonlar arasında tüm veriler sabite yakın bir karesel ortalama hata sergilemeye devam etmiş ve en iyi doğrulama verisi performansı yedinci iterasyonda gözlemlenmiştir.



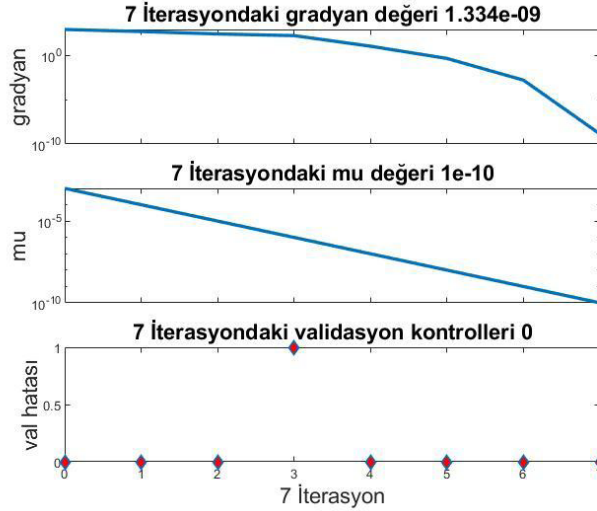
Şekil 11. SSF'ya ait Levenberg-Marquardt kombinasyonu performans grafiği.

Belirleme katsayısı uygulandıktan sonra strüktür stabilite indeksinin belirlenmesinde eğitim % 76, doğrulama % 56, test % 65 ve tüm veriler % 72 oranında doğrulukla tahmin edilebildiği ortaya konulmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. SSF'nın Levenberg-Marquardt yaklaşımı için çıktı verileri ve hedefler arasındaki regresyon sonuçları.

Strüktür stabilite indeksi için ayrıca yineleme sayısı ile kontrol edilen veri setinin 7 iterasyon ile çalıştığı doğrulanmış ve Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 13. SSI'ya ait 7 iterasyon için eğitim durumu parametrelerinin grafiği.

Bu çalışmada, birbirinden ayrı üç veri seti olarak YSA'ya tahmin ettirilen erodobilite faktörlerinin (DO, CF ve SSI) doğruluk oranları incelendiğinde, DO için % 79, CF için % 82 ve SSI için ise % 72 olarak belirlendiği görülür (Tablo 5). Çalışmada periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş toprakların YSA ile en yüksek doğrulukla tahmin edilen erodobilite faktörü % 82 doğruluk ile CF olduğu belirlenmiş ve Tablo 5'te tüm regresyon sonuçları verilmiştir.

Tablo 5: Toprakların erodobilite faktörlerine ait YSA ile belirlenen regresyon sonuçları.

	DO	CF	SSI
Eğitim	% 78	% 85	% 76
Doğrulama	% 30	% 90	% 56
Test	% 93	% 89	% 65
Tümü	% 79	% 82	% 72

SONUÇ

Ülkemizin kuzeydoğusunda Ardahan Platosu üzerinde yer alan ve 2918 m yüksekliğe sahip olan Ilgar Dağı'nın, Öküzçoku ve Mısıkan parazit konilerinin yamaçlarında dağılım gösteren gırland, çember ve taş kümelerinden meydana gelen periglasyal şekiller üzerinde oluşan toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiş ve erozyona karşı duyarlılıklarının ortaya konulması amacıyla DO, SSI ve CF gibi erodobilite faktörleri belirlenmiştir.

Toprakların genellikle kumlu tın sınıfta olmasına rağmen organik madde bakımından zengin olması nedeniyle hacim ağırlıkları da farklılık göstermektedir. Toprakların organik madde içeriklerinin yüksek olması, topraklarda kabuk oluşumuna dolayısıyla da fiziksel bozunumun oldukça düşük düzeylerde kalmasına neden olmuştur. Kum oranının yüksek olmasının ise SSI ve DO değerinin yüksek olmasına neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, OM içeriğinin ve kil miktarının yüksek olması agregat stabilitesinin de yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Periglasyal şekiller üzerinde oluşan topraklarda organik madde içeriklerinin yüksek olması, kabuk oluşumuna ve bundan dolayı fiziksel bozunumun oldukça düşük düzeylerde kalmasını sağlamıştır. Analiz edilen topraklarda kum oranının yüksek olmasının ise SSI ve DO değerinin de yüksek olmasına neden olduğu görülmüştür. Toprakların erodobilite faktörleri değerlendirildiğinde DO ortalama değeri 32.16, SSI değeri 23.50 ve CF değeri ise 22.25 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toprakların AS değerleri % 53.39 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada ayrıca ele alınan erozyon duyarlılık faktörlerinin YSA ile tahmin edilmesi amaçlanmış olup elde edilen sonuçlara göre oldukça yüksek tahmin oranları saptanmıştır. YSA'ya tahmin ettirilen erodobilite faktörlerinin (DO, CF ve SSI) doğruluk oranları, DO için % 79, CF için % 82 ve SSI için ise % 72 olarak belirlenmiştir. Çalışmada periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş toprakların YSA ile en yüksek doğrulukla tahmin edilen erodobilite faktörü % 82 doğruluk ile CF olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen bulguların periglasyal ve erozyon çalışmalarına teorik anlamda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, çalışmayı 2020-001 numaralı proje ile destekleyen Ardahan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne içtenlikle teşekkür eder.

| EXTENDED ABSTRACT |

Determination of Erosion Susceptibilities of Soils Formed on the Periglacial Landforms of Mount Ilgar and Its Estimation Using Artificial Neural Network (ANN)Volkan DEDE^{ID} Orhan DENGİZ^{ID} İnci DEMİRAĞ TURAN^{ID} Kuttusi ZORLU^{ID} Sena PACCİ^{ID} Soner SERİN^{ID}**INTRODUCTION**

The soil, which is a very important resource for the survival of living things, is defined as a natural entity with a complex structure that has emerged as a result of the effects of climate, topography and living things on the parent material over the centuries (Dengiz and Başkan, 2010). It is not possible to quicken the formation of soils, which have been affected by environmental factors for many years, by any external effect. The parent materials, which are affected by different environmental factors, can create soils with completely different properties. Periglacial areas are also among the places where these differences can be seen. The term periglacial, which characterizes the periglacial areas, was first used by Walery von Lozinski in 1909 (Lozinski, 1909). The soils and periglacial landforms developed in these areas provide important evidence about the geographical environment in which it is located. Periglacial landforms develop in areas with cold climates on Earth and especially in areas where freeze-thaw events are dominant throughout the year. In addition, these landforms continue to develop under today's climatic conditions (Knight et al., 2019; Uxa et al., 2017; Oliva et al., 2016, 2018, 2020; Velichko and Nechaev, 1992). General literature studies for a better understanding of periglacial landforms started in the 1960s and continue today (Wahrhaftig and Cox, 1959; Giardino and Vick, 1987; Whalley and Martin, 1992; Hamilton and Whalley, 1995; Humlum, 1998; Colucci et al., 2016; Drewes et al., 2018; Knight et al., 2019). However, There is limited studies on the erosion susceptibility of soils in periglacial areas in Anatolia (Dede et al., 2020). For this reason, the current research has focused on examining erosion in terms of periglacial areas/landforms. Erosion is a natural geomorphological process that occurs continuously on Earth. Soil erosion occurs when soil particles are eroded and transported to the regions by the effect of water and wind, which separate sand disperses the soil particles (Bennett, 1955; Foth, 1990). Researchers have reached an important point in the way of estimating and calculating the sensitivity, quantification of soil erosion as long as certain conditions and factors are known (Parlak et al., 2014).

At this point, the use of Artificial Neural Network (ANN) in erosion prediction studies (Gholami et al., 2021; Licznar and Nearing, 2003; Kim and Gilley, 2008; Gholami et al., 2018; Alexakis et al., 2019) is increasing day by day. ANN provides contributions to achieve successful results in solving problems belonging to different fields that are difficult and complex to solve. ANN can recognize and learn the types of correlations between variants and overlapping target variants when the underlying correlation is uncertain and dependent variants must be predicted based on recent independent variant data sets (Suo et al., 2010). ANN is frequently used in soil and erosion studies (Li et al., 2013; Bilgili, 2011; Ebrahimi et al., 2019; Licznar and Nearing, 2003; Kim and Gilley, 2008; Gholami et al., 2018; Alexakis et al., 2019). However, studies evaluating the

relationship between periglacial areas and soil erosion with ANN are limited in the literature (Dede et al., 2020). Due to the frequent use of ANN in the general literature and its advantages, its use in estimating erosion susceptibility parameters was deemed appropriate in the current study. Dede et al. (2020) studies, aggregate stability, dispersion rate, structural stability index, clay content and crust formation properties of soils were determined and it was determined that there was a great relationship between other physicochemical properties of the soil and erosion susceptibility parameters. In this context, in the present study, it was aimed to determine the physico-chemical properties and erosion susceptibility parameters (structural stability index-SSI, dispersion ratio-DR and crust formation-CF) of the soils formed on the periglacial landforms of Mount Ilgar (2918 m a.s.l.). In addition, it is aimed to estimate erosion susceptibility parameters (CF, DR, SSI) with ANN by using some physico-chemical soil properties as inputs.

STUDY AREA

Mount Ilgar is located on the Ardahan Plateau in the Erzurum-Kars Section of the Eastern Anatolia Region. Mount Ilgar is located approximately at the point 41° 25' N latitude and 42° 45' E longitude, 100 km from the Black Sea by a as the crowflies. Mount Ilgar shows a volcanic cone character with a width of 5 km in north-south and east-west directions over the Lesser Caucasus (Figure 1). Mount Ilgar consists of Ilgar (2918 m a.s.l.), Öküzökü (2804 m a.s.l.), Koket (2741 m a.s.l.), Mısıkan (2674 m a.s.l.) and Hebeş (2462 m a.s.l.) peaks in Northeastern Anatolia. Due to its volcanic cone feature, it has the characteristics of a radial drainage network. In general, there are more deeply cleft valleys in the north of the mountain. The mountain is drained by Çürükköprü and Karapınar in the north, Eğrigüney in the west, Kuru and Dağköprü Streams in the south. Mount Ilgar completed its geological development in the period from Tertiary to Quaternary. In the Mount Ilgar, Koket, Mısıkan and Öküzökü Hills, which form the peaks belt of the mass, there are Pleistocene aged andesites, and at the base are Upper Miocene-Lower Pliocene aged basalts, tuff sand agglomerates (Keskin, 2013). Although there are differences in terms of formation age, volcanic rocks are generally dominant in the area.

RESEARCH METHOD AND TECHNIQUES

During the fieldworks on Mount Ilgar, 25 surface soil samples were taken from 0-20 cm depth from the field (Figure 3). After the soils were transferred to the laboratory, they were air-dried for physical and chemical analysis, beaten with a wooden mallet, passed through a 2 mm sieve and madeready for analysis.

In the study, texture from soil properties to Bouyoucos (1962); bulk density was determined according to Blake and Hartge (1986) and organic matter according to Jackson (1958). Aggregate stability (AS), in Yoder type sieving set, according to wet sieving method (Kemper and Rosenau, 1986); dispersion ratio (DR) was calculated by dividing the % of silt+clay measured in suspension without dispersion to the % of silt+clay measured in mechanical analysis (Ngatunga et al., 1984). Soil crust formation (CF) was calculated according to Pieri (1989) with the help of equation (1). If the obtained value is less than 5, it indicates very severe physical deterioration in the soil, between 5 and 7 it indicates severe physical deterioration, between 7 and 9 low physical deterioration and if it is greater than 9, there is no physical deterioration. The structural stability index (SSI) was found based on hydrometer measurements and using equation (2) (Leo, 1963).

OM, HA, clay, sand and silt values of some physico-chemical properties obtained after the analyzes of soil samples were classified between 1 and 4 according to the state of increasing the soil's susceptibility to erosion. A value of 1 indicates that the subclass value of that parameter has a high sensitivity to erosion, and a value of 4 indicates a low sensitivity to erosion. Values between 1 and 4 depend on the sensitivity of that parameter to erosion (Table 2). These class ranges were determined by using the researches in the literature (Chaudhri et al., 1976; Aşkın et al., 2016; Saygın et al., 2019; Alaboz et al., 2021).

The data set consisting of the values divided into classes was used as input in the ANN. ANN is a networked model that can directly contain functions of the human brain such as learning, remembering and producing without any assistance (Cebeci, 2013). In ANN implemented with Matlab, Levenberg-Marquardt (LM) algorithm was implemented to train the network.

The created ANN is an assimilated model to estimate DR, CF and SSI values from erosion susceptibility parameters. DR, CF and SSI values of soil erodibility factors, which are indicators of soil erosion sensitivity used as input in ANN, were run as three separate targets and three separate output data were obtained. The total number of samples was 25 in the three data sets that were run separately from each other, and 17 of these samples (70 %) were used as training data, 4 (15 %) as test data, and the other 4 (15 %) as validation data. The model, which consists of input, hidden and output layers, also consists of more than one node layer. The single hidden layer network model in Figure 4. 5 input data as OM, HA, sand, clay and silt; The hidden layer consisting of 10 neurons. It reveals the output layer and the output data of the network, where the data from the hidden layers are collected. The number of neurons used in the hidden layer is very important in studies because too many neurons can cause over fitting problems (Huang and Foo, 2002). The designed ANN was trained using 5 inputs (OM, HA, clay, sand, silt) and outputs (DR-ANN, CF-ANN, SSI-ANN). The training process is over when all weight values have been determined and the output data as a function of the ANN input values fully approximates the target data. There are different numbers of hidden layers, neurons, and different transfer functions between layers in the network. The model obtained in this study consists of 10 neurons in the output layer and 1 hidden layer with a sigmoid function (Figure 5). Mean Squares Estimation Error (MSEE) and Coefficient of Determination (R^2) were taken into account to evaluate the performance of the ANN created here. These criteria were calculated using equations (3) and (4).

RESULTS AND DISCUSSION

The 11 different soil properties were examined in 25 soil samples taken from the study area and descriptive statistical calculations of these properties were made (Table 4). The OM contents of the soils vary between 1.43 % and 16.05 %, with an average of 7.45 %. Most of the soils are sandy loam textured, clay varies between 2.12 % and 17.33 %, whiles and varies between 53.29 % and 77.25 %. The bulk density of the soils vary between 0.94 gr cm⁻³ ile 1.54 gr cm⁻³ depending on their OM content and especially the amount of sand and clay. The mean values of SSI, DR and CF, which are considered as the erodibility factors of soils, were determined as 23.50, 32.16 and 22.25, respectively. In addition, the AS values of the soils were determined as 53.39 %.

The results of the correlation analyzes (Spearman correlation coefficient- r_s) performed to show statistically the relationships between DR, CF and SSI of soil properties are given in Table 5. According to the results of the correlation analysis, 9 statistically significant ($p < 0.05$; $p < 0.01$) relationships were determined.

While there was a 5 % positive correlation between the SSI contents of the soils and AS (0.472*), a positive correlation was determined at the 1 % level with SSI and clay (0.576**). In addition, a negative relationship at the level of 1 % was determined between SSI and sand (-0.765**). Considering the relationship between DR and other soil properties, a negative relationship at the 5 % level was determined between OM (-0.437*) and clay (-0.485*). There is a negative correlation of 1 % between DR and AS (-0.750**). It was determined that there was a negative correlation at the level of 1 % between CF and HA (-0.792**). In addition, a positive correlation of 1% was found between CF and OM (0.936**) and AS (0.639**). The use of aggregate stability to predict soil susceptibility to erosion has been proposed by several researchers (Miller and Baharrudin, 1987; Bajracharya et al., 1992; Barthes and Roose, 2002; Bissonnais et al., 2007). Generally, an increase in aggregate stability is observed with increasing clay content (Yılmaz et al., 2005). In the study area, it was determined that aggregate stability was high in areas with high organic matter content and high clay content. Canpolat and Demiralay (1995), in their study to observe the effect of adding organic material to the soil on the aggregate stability of the soil, reported that as the amount of organic matter added to the soil increased, the aggregate stability also increased. In addition, it was aimed to predict the erosion susceptibility factors

discussed in the study with ANN, and very high estimation rates were determined according to the results obtained. It was determined that the highest predicted erodibility factor by ANN was crust formation with 82 %.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Abbot, J., & Marohasy, J. (2012). Application of artificial neural networks to rainfall forecasting in Queensland, Australia. *Adv. Atmos. Sci.*, 29, 717-730. <https://doi.org/10.1007/s00376.012.1259-9>
- Acheampong, A. O., & Boateng, E. B. (2019). Modelling carbon emissions intensity: Application of artificial neural network. *J. Clean. Prod.*, 225, 833-856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.352>
- Alaboz, P., Dengiz, O., Demir, S., & Şenol, H. (2021). Digital mapping of soil erodibility factors based on decision tree using geostatistical approaches in terrestrial ecosystem. *Catena*, 207-105634. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105634>
- Alexakis, D. D., Tapoglou, E., & Vozinaki, A.E.K. (2019). Integrated use of satellite remote sensing, artificial neural networks, field spectroscopy, and GIS in estimating crucial soil parameters in terms of soil erosion. *Remote Sens.*, 11(9), 1106. <https://doi.org/10.3390/rs11091106>
- Almeida, C. M., Gleriani, J. M., & Castejon, E. F. (2008). Using neural networks and cellular automata for modelling intra-urban land use dynamics. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 22(9), 943-963. <https://doi.org/10.1080/136.588.10701731168>
- Aşkın, T., Türkmen F., & Tarakçıoğlu, C. (2016). Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(2) 69-75.
- Bajracharya, R. M., Elliot, W. J., & Lal, R. (1992). Interrill erodibility of some Ohio soils based on field rainfall simulation. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 267-272.
- Barthes, B., & Roose, E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47(2), 133-149. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00180-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00180-1)
- Bennett, H. H. (1955). *Elements of soil conservation*. (2.ed.) New York, McGraw-Hill, 358p.
- Bilgili, M. (2011). The use of artificial neural networks for forecasting the monthly mean soil temperatures in Adana, Turkey. *Turkish J. Agric. For.*, 35, 83-93. <https://doi.org/10.3906/tar-1001-593>
- Bissonnais, Y., Bruand, A., & Jamagne, M. (2007). Laboratory experimental study of soil crusting: Relations between aggregate breakdown mechanisms and crust structure. *Catena*, 16, 377-392.
- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In A. Klute (Eds.), *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, (pp. 363-375). SSSA Book Series.
- Bose, B. K. (1994). Expert-system, fuzzy-logic, and neural-network applications in power electronics and motion control. *Proceeding of the IEEE*, 82(8), 1303-1323. <https://doi.org/10.1109/5.301690>
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.000.2196200.540.0050028x>
- Bu, C. F., Wu, S. F., & Yang, K.B. (2014). Effects of physical soil crusts on infiltration and splash erosion in three typical Chinese soils. *International Journal of Sediment Research*, 29(4), 491-501. [https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(14\)60062-7](https://doi.org/10.1016/S1001-6279(14)60062-7)
- Canpolat, M., & Demiralay, İ. (1995). Organik materyal ilave edilmiş toprakların agregat stabilitesi, briket hacim ağırlığı ve kırılma değeri arasındaki ilişkiler. *Türkiye Toprak İlmi Derneği Toprak ve Çevre Sempozyumu*. Cilt II. Yayın No: 7, ss: A-116 A-124, Ankara.
- Cebeci, D. (2013). *Kurumsal kredi değerlendirmede bulanık AHP-yapay sinir ağları temelli bir yaklaşım ve bir uygulama çalışması*, (Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Celilov, C., & Dengiz, O. (2019). Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz Milli Park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 242-256. <https://doi.org/10.19159/tutad.502457>
- Chaudhri, K. G., Brown, K.W., & Holder, C.B. (1976). Reduction of crust impedance to simulated seedling emergence by the addition of manure. *Soil Science*, 122, 216-222.
- Colucci, R. R., Boccali, C., Zebre, M., & Guglielmin, M. (2016). Rock glaciers, protalus ramparts and pronival ramparts in the South-eastern Alps. *Geomorphology*, 269, 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.039>
- Coppola, E., Poulton, M., Charles, E., Dustman, J., & Szidarovszky, F. (2003). Application of artificial neural Networks to complex ground water management problems. *Natural Resources Research*, 12, 303-320. <https://doi.org/10.1023/B:NARR.000.000.7808.11860.7e>
- Çelik, P., & Dengiz, O. (2018). Akselendi ovası tarım topraklarının temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 9-18. <https://doi.org/10.19159/tutad.322336>
- Çiçek, İ., Gürgen, G., Tunçel, H., & Doğu, A.F. (2004). Glacial morphology of Eastern Black Sea Mountains, Turkey. *Caucasian Geographical Review*, 4, 46-51.

- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Türkeş, M., Gökçe, C., & Serin, S. (2020). Ilgaz Dağları periglasyal şekillerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ile bazı erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18, 99-123. <https://doi.org/10.33688/aucbd.689755>
- Dengiz, O., & Başkan, O. (2010). Characterization of soil profile development on different landscape in semi-arid Region of Turkey a case study; Ankara-Soğulca catchment. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2),106-112.
- Drewes, J., Moreiras, S., & Korup, O. (2018). Permafrost activity and atmospheric warming in the Argentinian Andes. *Geomorphology*, 323, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.09.005>
- Ebrahimi, M., Sarikhani, M. R., Sinegani, A. A. S., Ahmadi, A., & Keesstra, S. (2019). Estimating the soil respiration under different landuses using artificial neural network and linear regression models. *Catena*, 174, 371–382. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.035>
- Fadare, D. A. (2010). The application of artificial neural networks to mapping of wind speed profile for energy application in Nigeria. *Appl. Energy*, 87(3), 934–42. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.09.005>
- Farhat, A., & Cheok, K.C. (2017). Improving Adaptive Network Fuzzy Inference System with Levenberg Marquardt Algorithm. *2017 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon)*. Montreal, QC, Canada.
- Feng, L., & Zhang, J. (2014). Application of artificial neural networks in tendency forecasting of economic growth. *Econ. Model.*, 40, 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.03.024>
- Foth, H. D. (1990). *Fundamentals of soil science*. (8.ed.) New York, John Wiley & Sons, 1990. 368p.
- Gholami, V., Booij, M. J., Tehrani, E. N., & 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>
- Gholami, V., Sahour, H., & Hadian Amri, M. A. (2021). Soil erosion modeling using erosion pinsand artificial neural networks. *Catena*, 196, 104902. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104902>
- Giardino, J., & Vick, S. (1987). Geologic engineering aspects of rock glaciers, In: Giardino, J., Shroder, J., Vitek, J., (Eds.), *Rock Glaciers*, Allen and Unwin, London, 265-287.
- Hamilton, S., & Whalley, W. (1995). Rock glacier nomenclature: a reassessment. *Geomorphology*, 14, 73-80. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00036-5](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00036-5)
- Hosseinpour, S., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., & Khalife, E. (2016). Exact estimation of biodiesel cetane number (CN) from its fatty acid methyl esters (FAMES) profile using partial least square (PLS) adapted by artificial neural network (ANN). *Energy Conversion and Management* 124:389-98. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.027>
- Huang, W., & Foo, S. (2002). Neural network modeling of salinity variation in Apalachicola River. *Water Research*, 36(1), 356-362. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(01\)00195-6](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(01)00195-6)
- Humlum, O. (1998). The climatic significance of rock glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes*, 9, 375-395. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1530\(199810/12\)9:4<375::AID-PPP301>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1530(199810/12)9:4<375::AID-PPP301>3.0.CO;2-0)
- İç, S., & Gülser, C. (2008). Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 104-109.
- İnce, A. (2018). *Yapay sinir ağları ve rastgele orman yöntemleri ile Landsat 8 görüntülerinden otomatik kıyı çizgisi çıkartılması*, (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Jackson, M. L. (1958). *Organic matter determination for soils*. Soil chemical analysis.
- Kalogirou, S. A. (2000). Applications of artificial neural networks for energy systems. *Applied Energy*, 67(1-2),17-35. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(00\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(00)00005-2)
- Kanar, E., & Dengiz, O. (2015). Madendere havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 15-27.
- Karagöktaş, D., & Yakupoğlu, T. (2014). Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 6-12.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In A. Klute (Eds.), *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, (pp. 363-375). SSSA Book Series.
- Keskin, İ. (2013). *1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan F-49 (E-49) Paftası*. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 181.
- Kim, M., & Gilley, J. E. (2008). Artificial Neural Network estimation of soil erosion and nutrient concentrations in runoff from land application areas. *Comput. Electron. Agric.* 64, 268-275. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.021>
- Knight, J., Harrison, S., & Jones, D.B. (2019). Rock glaciers and the geomorphological evolution of deglaciating mountains. *Geomorphology*, 324, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.09.020>
- Kurter, A. (1991). Glaciers of Middle East and Africa Glaciers of Turkey, Satellite Image Atlas of the World, (Ed. R. S. Williams ve J. G. Ferrigno) USGS Professional Paper, 1386-G-1, 1-30.

- Kurter, A., & Sungur, K. (1980). Present Glaciation in Turkey, World Glacier Inventory. *Proceedings of the workshop at Riederalp, Switzerland, 17-22 September 1978. International Association of Hydrological Sciences*, 126,155-160.
- Lal, R. (1998). *Soil quality and agricultural sustainability*. CRC press.
- Leo, M. W. (1963). A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Science*, 96(5), 342-346.
- Li, Q., Yue, T., Wang, C., Zhang, W., Yu, Y., Li, B., Yang, J., & Bai, G. (2013). Spatially distributed modeling of soil organic matter across China: an application of artificial neural network approach. *Catena*, 104, 210-218. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.012>
- Licznar, P., & Nearing, M. A. (2003). Artificial neural networks of soil erosion and runoff prediction at the plot scale. *Catena*, 51, 89-114. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00147-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00147-9)
- Lozinski, von W. (1909). Über die Mechanische Vermittlung der Sandsteine im Gemassigten Klima. *Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie class des Sciences Mathematique et Naturales*, 1, 1-25.
- Luk, K. C., Ball, J. E., & Sharma, A. (2001). An application of artificial neural networks for rainfall forecasting. *Math Comput Model*, 33, 683-93. [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(00\)00272-7](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(00)00272-7)
- Lutz, J. H., & Chandler, F. R. (1947). *Forest Soils*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., & Feyen, J. (1996). Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181.
- Miller, W. P., & Baharrudin, M.K. (1987). Interrill erodibility of highly weathered soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 18, 933-945.
- Moghadam, H., Tayyebi, A., & Helbich, M. (2017). Transition index maps for urban growth simulation: application of artificial neural networks, weight of evidence and fuzzy multi-criteria evaluation. *Environ Monit Assess*, 189, 300. <https://doi.org/10.1007/s10661.017.5986-3>
- Mohammadi, B., Mehdizadeh, S., Ahmadi, F., Lien, N. T. T., Linh, N. T. T., & Pham, Q. B. (2021). Developing hybrid time series and artificial intelligence models for estimating air temperatures. *Stoch Env Res Risk Assess*, 35, 1189-1204. <https://doi.org/10.1007/s00477.020.01898-7>
- Najah, A., El-Shafie, A., Karim, O. A., & El-Shafie, A. H. (2013). Application of artificial neural networks for water quality prediction. *Neural Comput & Applic* 22, 187-201. <https://doi.org/10.1007/s00521.012.0940-3>
- Ngatunga, E.L.N., Lal, I., & Singer, M. J. (1984). Effect of surface management on runoff and soil eroison from some plot at Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33, 1-12.
- Odabaş, M. S., Kayhan, G., Ergun, E., & Şenyer, N. (2016). Using artificial neural network and multiple linear regression for predicting the chlorophyll concentration index of Saint John's Wort Leaves. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 47(2), 237-245.
- Odabaş, M.S., Leelaruban, N., Şimsek, H., & Padmanabhan, G. (2014). Quantifying impact of droughts on barley yield in North Dakota, usa using multiple linear regression and artificial neural network. *Neural Network World*, 24(4), 343-355, 1.
- Oliva, M., Sarıkaya, M. A. & Hughes, P., (2020). Holocene and earlier glaciations in the Mediterranean Mountains. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s42990.020.00025-6>
- Oliva, M., Serrano, E., Gomez-Ortiz, A., Gonzalez-Amuchastequi, M.J., Nieuwendan, A., Palacios, D., Perez-Alberti, A., Pellitero-Ondicol, R., Ruiz-Fernandez, J., Valcarcel, M., Vieira, G., & Antoniades, D. (2016). Spatial and temporal variability of periglaciation of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 137, 176-199.
- Oliva, M., Zebre, M., Guglielmin, M., Hughes, P., Çiner, A., Vieira, G., Bodin, X., Andres, N., Colucci, R.R., Garcia-Hernandez, C., Mora, C., Nofre, J., Palacios, D., Perez-Alberti, A., Ribolini, A., Ruiz-Fernandez, J., Sarıkaya, M. A., Serrano, E., Urdea, P., Valcarcel, M., Woodward, J. C., & Yıldırım, C. (2018). Permafrost conditions in the Mediterranean region since the Last Glaciation. *Earth-Science Reviews*, 185, 397-436.
- Özdemir, N. (2013). *Toprak ve su koruma*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:22, Üçüncü Baskı, 232s, Samsun.
- Öztürk, E. (2013). *Organik düzenleyicilerin toprak kaybı ve toprak kalitesi üzerindeki etkilerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 151s, Samsun).
- Öztürk, E., & Özdemir, N. (2006). Topraklarda kabuk tabakası oluşumu, çeşitleri ve önlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 275-282.
- Pacci, S., Kaya, N. S., Demirağ Turan, İ., Odabaş, M. S., & Dengiz, O. (2022). Comparative approach for soil quality index based on spatial multi-criteria analysis and artificial neural network. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12517.021.09343-x>
- Parlak, M., Yiğini, Y., & Ekinci, H. (2014). Çanakkale Umurbey ovası topraklarının erozyona duyarlılığının mevsimsel değişimi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 123-131.
- Pieri, C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. *IRAT, Paris*, 444 pp.

- Saygın, F., Dengiz, O., İç, S., & İmamoğlu, A. (2019). Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 82-91. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.481642>
- Suo, X. M., Jiang, Y.T., Yang, M., Li, S. K., & Wang, C.T. (2010). Artificial neural network to predict leaf population chlorophyll content from cotton plant images. *Agric. Science in China*, 9(1), 38-45. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60065-1](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60065-1)
- Temizel, K.E., Odabaş, M. S. Şenyer, N. Kayhan, G. Bajwa, S. Çalışkan, O., & Ergun, E. (2014). Comparison of some models for estimation of reflectance of hypericum leaves under stress conditions. *Central European Journal of Biology*, 9 (12): 1226-1234. <https://doi.org/10.2478/s11535.014.0356-4>
- Uxa, T., Mida, P., & Krizek, M. (2017). Effect of climate on morphology and development of sorted circles and polygons. *Permafrost and Periglacial Processes*, 28, 663-674. <https://doi.org/10.1002/ppp.1949>
- Velichko, A. A., & Nechaev, V. P. (1992). Cryogenic regions during the Last Glacial Maximum (permafrost). In Frenzel, B., Pecci, M., and Velichko, A. A., Gustav Fischer Verlag (Eds.) *Atlas of Paleoclimates and Paleoenvironments of the Northern Hemisphere*, Stuttgart 108-109.
- Wahrhaftig, C., & Cox, A. (1959). Rock glaciers in the Alaska Range. *Geological Society of America Bulletin*, 70(4), 383-436.
- Whalley, W. B., & Martin, H.E. (1992). Rock glaciers: II models and mechanism. *Progress in Physical Geography*, 16(2), 127-186. <https://doi.org/10.1177/030.913.339201600201>
- Wilding, L. P. (1985). Spatial variability: it's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In Nielsen, D. R. and J. Bouma (Eds.). *Soil Spatial Variability*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, p. 166-194.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., & Bircan, H. (1998). *İstatistiğe giriş*. Şafak Yayınevi. Erzurum.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z. V. & Öktüren, F. (2005). Toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36), 78-86.
- Yılmaz, K., Çelik, İ., Kapur, S., & Ryan, J. (2005). Clay minerals, Ca/Mg ratio and Fe-Al-oxides in relation to structural stability, hydraulic conductivity and soil erosion in southeastern Turkey. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29(1), 29-37.