

Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Toprak Sıcaklığının Tahmini

Fulya ASLAY¹, Üstün ÖZEN²

¹ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erzincan Üniversitesi, Yalnızbağ Kampüsü, ERZİNCAN, 24100

² Yönetim Bilişim Sistemleri ABD, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Yakutiye Kampüsü, ERZURUM, 25240

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 1970-2011 yılları arasındaki Türkiye'deki illere ait 88 istasyonda ölçülen aylık ortalama değerlere sahip bazı meteorolojik parametreleri kullanarak bir sonraki yılın aylık ortalama toprak sıcaklıklarını tahmin eden bir model geliştirmektir. Beş, on, yirmi, elli ve yüz santimetre olmak üzere beş farklı derinlikteki toprak sıcaklıkları için ileri beslemeli ve levenberg marquardt algoritmaları olan beş ayrı yapay sinir ağı (YSA) modeli geliştirilmiştir. Yapay sinir ağını eğitmek için kullanılan veriler lineer regresyon modeline uygulanarak, yapay sinir ağı modelleri ile regresyon modellerinin performansları belirlilik katsayısı (R^2), ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) gibi kriterlere göre kıyaslanmıştır. Bu kriterlere göre yapay sinir ağı modellerindeki tahmin sonuçlarının regresyon modellerindeki tahmin sonuçlarından çok daha iyi olduğu ve yapay sinir ağı modellerindeki tahmin sonuçlarının ölçülen gerçek toprak sıcaklıklarına çok daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Veri madenciliği, yapay sinir ağları, toprak sıcaklığı tahmini

Estimating Soil Temperature With Artificial Neural Networks Using Meteorological Parameters

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a model which estimates monthly average soil temperature in the coming year by using some meteorological parameters that cover monthly average values measured by Turkish State Meteorological Service in 88 stations in Turkey between 1970 and 2011 years. Five different artificial neural network estimation models that are feed forward neural networks and algorithm of levenberg marquardt networks have been developed for soil temperature in different depths such as five, ten, twenty, fifty and a hundred centimeters. These models have been applied to linear regression models and the productivity of artificial neural network models and regression models has been compared in regard to criteria like R^2 , MSE and MAPE according to the criteria, it has been determined that estimations with artificial neural network models are much more better than the ones with regression models, and estimations with artificial neural network models are so close to the real soil temperatures.

Keywords: Data mining, artificial neural networks, prediction of soil temperature.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Toprak sıcaklığı hidroloji, toprak bilimi, jeo-teknoloji, ekoloji, meteoroloji, tarım ve çevresel çalışmalar gibi farklı alanlarda kullanılan çok önemli bir parametredir [1]. Toprakta suyun bulunuşu, hareketi, buharlaşması ve hava kapasitesi, ayrışma olayları, mikrobiyolojik faaliyet, kök solunumu ve bitkisel faaliyet gibi olayların tümünde, toprak sıcaklığının etkisi bulunmaktadır [2]. Ayrıca toprak kaynaklı ısı pompası uygulamalarında, don tahmini yapmada ve binaları ısıtma ve soğutma gibi, güneş enerjisi uygulamaları için de toprak sıcaklığı çok önemli bir meteorolojik parametre olup, toprak üstü sıcaklığı da binaların termal performanslarını hesaplamada ve

yeryüzünden havaya doğru ısı değişimini tahmin etmede çok önemlidir [3].

Küresel ısınmanın iklimsel etkisi olarak son yıllarda en çok üzerinde durulan hususlardan biri toprak sıcaklığının artmasıyla meydana gelen kuraklıktır. [4]'e göre, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne hazırlanmış olan Türkiye'nin 1971, 2000 ve 2007 tarihli kuraklık haritalarına bakıldığında, hava sıcaklıklarındaki artışlar Türkiye'yi ciddi anlamda bir kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya bırakmaktadır. Toprak sıcaklığındaki günlük değişimler toprak içerisinde meydana gelen biyolojik ve kimyasal işlemlerin tamamını doğrudan etkilemektedir [11]. Topraktaki kimyasal ve biyolojik olaylarda, enerjiye ihtiyaç duyulur. Yeterli sıcaklık olmazsa bu olayların özellikle biyolojik olanları, elverişli yoğunlukta devam edemezler. Bu yüzden toprak sıcaklığı hayati öneme sahip bir zirai meteorolojik faktördür. Örneğin, nitrifikasyon, toprak

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: fasley@erzincan.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2013.16.4, 139-145

sıcaklığı 4,5 °C'nin üzerine çıktığı zaman başlar ve 27-30 °C'lerde en elverişli düzeyde devam eder [6].

Aynı zamanda toprak sıcaklığı bitkilerin büyümesinde de çok etkilidir [7]. Nitrojen ya da karbon dioksitin açığa çıkması gibi, bitkilerin besin mineralizasyonları da toprak sıcaklığına bağlıdır [8]. Toprakta besin difüzyonunu etkileyen toprak sıcaklığı aynı zamanda bitkilerdeki organik madde oranını da etkilemektedir. Suyun emilme ve translokasyonu gibi bitki kökünün fonksiyonları üzerinde de toprak sıcaklığının oldukça etkisi vardır. Tropikal iklimlerde olduğu gibi toprak sıcaklığının normalden fazla olması fide ölümlerine, bitkilerin boylarının küçük kalmasına ve bitkilerin çok fazla suya ihtiyaç duymalarına ayrıca çok çeşitli bitki hastalıklarına sebep olmaktadır [9].

Çalışmaya konu olan toprak sıcaklığının bu kadar önemli olmasından dolayı toprak sıcaklığı tahminini yapabilen bir modelin yukarıda bahsedilen birçok alan için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısmını oluşturan ikinci bölümünde toprak sıcaklığı tahminiyle ilgili yapılan çalışmaların literatür özetine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde model oluşturulmadan önce uygulanan adımlara, yapay sinir ağları ile oluşturulan modelin yapısına ve modeli değerlendirme kriterlerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde yapay sinir ağları ile oluşturulan modelin tahmin sonuçları ile lineer regresyon kullanılarak oluşturulan modelin tahmin sonuçları verilerek, her iki modelin tahmin sonuçları ölçülen gerçek toprak sıcaklığı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde ise modellerin performansları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Toprak sıcaklığı tahmini yapılan çalışmaların özellikle son yıllarda yapıldığı ve bu çalışmaların sıcaklık, rüzgar, global solar radyasyon, yağış gibi meteorolojik parametrelerin tahmininin yapıldığı çalışmalara göre daha az olduğu görülmektedir. Toprak sıcaklığı tahmini ile ilgili çalışmalar incelendiğinde çoğunlukla regresyon ve hareketli ortalamalar tekniği gibi istatistiki analiz yöntemlerinin ya da yapay sinir ağlarının tercih edildiği görülmektedir. Aşağıda istatistiksel analiz yöntemleri ve yapay sinir ağlarının kullanıldığı ayrıca farklı yöntemlerin bir arada kullanılıp karşılaştırıldığı çalışmalara yer verilmiştir.

[10] Farklı toprak türlerine ait bölgelerde genel bir toprak sıcaklığı tahmini yapabilmek için günlük hava sıcaklığı ve yağış parametrelerini kullanarak 7 farklı lineer regresyon modeli geliştirmişlerdir. 10 cm. derinlikte günlük toprak sıcaklığı verilerini geliştirmiş oldukları tahmin modellerindeki toprak sıcaklığı verileriyle karşılaştırmışlardır ve R^2 değerini 0,86 ile 0,97 arasında bulmuşlardır. [5] Kanada'nın batısındaki ormanlık bir alanda toprak sıcaklığını tahmin etmek için hava sıcaklığı ve yaprak alan indeksi değişkenlerini bağımsız değişken olarak kullanarak çoklu hareketli

ortalamalar yöntemiyle farklı derinliklerdeki toprak sıcaklığını tahmin etmeye çalışmışlardır.

[12] Kanada'nın Ottawa ve Ontario eyaletlerine ilişkin meteorolojik verilerden günlük yağış miktarı, buharlaşma miktarı, maksimum ve minimum sıcaklık ile gün ve yıl giriş verilerini kullanarak 10 cm., 50 cm., ve 150 cm. toprak sıcaklığı çıktısını tahmin eden bir YSA modeli geliştirerek YSA'nın diğer istatistiki tahmin yöntemlerine göre sadece birkaç saniyede toprak sıcaklığını tahmin edebilen alternatif bir yöntem olduğunu savunmuşlardır. [13] Ege Bölgesi'ndeki illere ait 2000-2006 yılları arasındaki enlem, boylam, yükseklik, derinlik ve ay giriş verilerini kullanarak toprak sıcaklığı tahmini yapan ileri beslemeli bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Modelde 6 ilin toprak sıcaklığı değerlerini modeli eğitmede kullanırken Uşak ve Aydın illerinin verilerini ise modeli test etme aşamasında kullanarak tahmin edilen toprak sıcaklığı değerlerini bu iki ilin gerçek toprak sıcaklığı değerleri ile karşılaştırmışlardır. [14] Adana ilindeki toprak sıcaklığını tahmin etmek için 2000-2007 yılları arasındaki toprak sıcaklığı, hava sıcaklığı, basınç, rüzgar hızı, bağıl nem ve yağış parametrelerini girdi olarak kullanarak toprak sıcaklığı çıktısını tahmin etmeyi amaçlayan ileri beslemeli ve geriye yayımlı bir YSA modeli geliştirmiştir. Modelde bir sonraki ayın toprak sıcaklığını tahmin etmek için önceki ayların giriş verilerini kullanmıştır. [15] Denizli iline ait meteorolojik veriler ile toprak sıcaklığı tahmini yapan YSA modeli geliştirmişlerdir. Modelin giriş verileri aylık ortalama sıcaklık, toprak üstü sıcaklık, nem, güneşlenme süresi ve aylık ortalama basınç olup çıkış verisi ise 10 cm. toprak sıcaklığıdır.

[16] Irak'ın Nineveh istasyonuna ait meteorolojik verilerden ortalama sıcaklık, güneş ışınımı, solar radyasyon ve toprak sıcaklığı giriş verilerini kullanarak ileri beslemeli geri yayımlı YSA, çok katmanlı algılayıcıların özel bir formu olan ileri beslemeli kademeli korelasyonu ve doğrusal dışı otoregresif model kullanarak toprak sıcaklığı tahmin etmişlerdir. [17] Türkiye'nin 2006-2008 yıllarına ait 66 istasyonun enlem, boylam, yükseklik, ay, yıl, aylık solar radyasyon, aylık güneş ışınımı ve aylık hava sıcaklığı giriş verilerini kullanarak toprak sıcaklığı tahmini yapan ileri beslemeli bir YSA modeli geliştirmişlerdir ve bu model ile toprak sıcaklığı belirlenemeyen yerlerde YSA'nın güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini savunmuşlardır. [18] Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletine ait meteorolojik verilerden 1993-1997 yıllarına ait 5 yıllık veri ile 1993-2002 yıllarına ait 10 yıllık verileri ayrı ayrı giriş olarak kullanarak 2004 yılı için 10 cm. ve 20 cm. toprak sıcaklığı tahmini yapan ileri beslemeli ve geri yayımlı bir YSA modeli geliştirmişlerdir ve YSA'nın toprak sıcaklığını tahmin etmede ikna edici çok iyi bir matematiksel model olduğunu savunmuşlardır.

[19] Irak'ın kurak bir bölgesindeki 5 istasyondan alınan meteorolojik verilerden günlük toprak sıcaklığını

tahmin eden çok katmanlı bir algılayıcı YSA ve çok değişkenli lineer regresyon modeli geliştirmişlerdir. Modeller için hava sıcaklığı, bağıl nem, solar radyasyon ve yağış parametrelerini giriş verisi olarak kullanarak günlük toprak sıcaklığını yüzeyin 5, 10, 20, 30, 50 ve 100 cm derinliklerinde tahmin etmişlerdir. Modelleri birbiriyle kıyaslayarak geliştirdikleri YSA modelinin lineer regresyon modelinden çok daha üstün olduğunu ve iyi tahmin değerleri verdiğini savunmuşlardır. Ayrıca giriş parametresi olarak kullandıkları parametreler içerisinde özellikle hava sıcaklığı ve bağıl nem parametrelerinin farklı derinliklerde ayırt edici bir özellik olduğunu belirtmişlerdir. [20] Türkiye'nin 8 meteoroloji istasyonunda toprak sıcaklığı tahmini yapmak için sadece komşu istasyonların toprak sıcaklığı parametrelerinin kullanıldığı bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Modeli kurmadan önce çoklu lineer olmayan regresyon analizi ile hedef istasyonlar ile onların komşu istasyonları arasındaki ilişki seviyesini belirleyerek stepwise regresyon yöntemi ile optimum bağımsız değişkenleri seçmişlerdir. Çalışmanın sonunda kurdukları model ile hedef istasyonlardaki kayıp verilerin çok yüksek bir doğrulukla tamamlanabildiğini savunmuşlardır.

Toprak sıcaklığı tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarla kıyaslandığında günlük ya da bir aylık tahmin yerine bir sonraki yıla ait on iki ayın her birinin aylık ortalama toprak sıcaklıklarının tahmininin yapıldığı ve lineer regresyon ile yapay sinir ağı kullanılarak oluşturulan modellerin kıyaslandığı bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. YSA tahmin modelleri ile üretilen toprak sıcaklığı değerlerinin gerçek değerlere yakın olmasından dolayı uygulamada geliştirilen YSA modellerinin hidroloji, toprak bilimi, jeo-teknoloji, ekoloji, meteoroloji ile tarım ve çevresel çalışmalar gibi birçok farklı alanda kullanılabileceği ve bu tahminlerin özellikle toprak altındaki kimyasal ve biyolojik olaylarla ilgili karar vermede oldukça etkili olabileceği düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

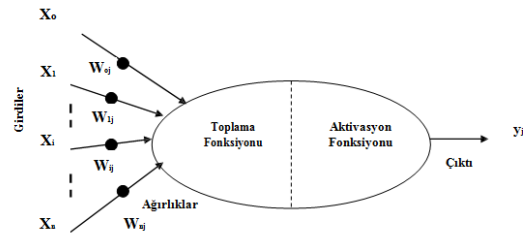
Bu çalışmanın amacı geçmiş yıllara ait aylık ortalama değerlere sahip bazı meteorolojik parametreleri kullanarak gelecek yıla ait beş, on, yirmi, elli ve yüz santimetre derinliklerdeki aylık ortalama toprak sıcaklığı değerlerini tahmin etmek üzere YSA tabanlı bir model geliştirmektir.

Çalışma kapsamında 1970-2011 yılları arasındaki Türkiye'deki illere ait 88 istasyonda ölçülen aylık ortalama değerlere sahip meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Veri tabanlarında bilgi keşfi sürecine bağlı kalınarak, bu veriler önce birtakım veri hazırlama işlemleri uygulanmıştır. Veriler ön işleminden geçirilerek önce eksik ve hatalı veriler tespit edilmiştir. Eksik verileri tamamlarken en uygun metodu seçmek için literatür araştırması yapılmıştır ve Monte Carlo Markov

Zinciri algoritmasının kullanıldığı çoklu veri ataması yöntemiyle eksik veriler tamamlanmıştır. Son olarak ise verilere basit normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Veri hazırlama işlemi istasyonlardaki verilerin normal dağılım eğri grafiğini korumak için her bir istasyona ayrı ayrı uygulanmıştır. Mevcut veriler içerisinde en az eksik veri içeren istasyonlardan olan Erzinan istasyonu çalışmada modellerin tahmin sonuçlarının paylaşıldığı örnek istasyon olarak seçilmiştir.

Yapay sinir ağları ileri beslemeli ve geri beslemeli olarak iki ayrılırlar. Çok katmanlı algılayıcılar, radyal tabanlı yapay sinir ağları, vektör kuantalamalı yapay sinir ağları, olasılık tabanlı yapay sinir ağları ve genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları gibi en çok kullanılan ileri beslemeli yapay sinir ağları içerisinde çalışmada verilere en uygun model olan çok katmanlı algılayıcı modeli seçilmiştir.

Bir YSA süreç elemanları olarak adlandırılan yapay nöronlardan oluşmaktadır [21]. YSA'nın girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş temel elemanı bulunmaktadır ve Şekil 1'de gösterilmektedir [22]:



Şekil 1. YSA'nın Süreç Elemanları

Uygulamada 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm ve 100 cm derinliklerde toprak sıcaklığı tahmini için beş farklı model oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerin yapısı aynı olmakla birlikte yalnızca giriş katmanındaki parametreler değişiklik göstermektedir. 5 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı tahminini gerçekleştiren modelde kullanılan giriş ve çıkış katmanındaki değişkenler ise Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. 5 cm Derinliğindeki Toprak Sıcaklığı Tahmin Modeli İçin Kullanılan Değişkenler

X1	Yıl (Şimdiki Yıl)
X2	Ay (Şimdiki Yıl)
X3	Ortalama Basınç (Şimdiki Yıl)
X4	Ortalama Buhar Basıncı (Şimdiki Yıl)
X5	Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (Şimdiki Yıl)
X6	Ortalama Nisbi Nem (Şimdiki Yıl)
X7	Ortalama Rüzgar Hızı (Şimdiki Yıl)
X8	Ortalama Sıcaklıkların Maksimumu (Şimdiki Yıl)
X9	Ortalama Sıcaklıkların Minimumu (Şimdiki Yıl)
X10	Toplam Yağış (Şimdiki Yıl)
X11	Ortalama 5 cm Toprak Sıcaklığı (Şimdiki Yıl)
X12	Ortalama 10 cm Toprak Sıcaklığı (Şimdiki Yıl)

X13	Ortalama 20 cm Toprak Sıcaklığı (Şimdiki Yıl)
X14	Ortalama Toprak Üstü Minimum Sıcaklığı (Şimdiki Yıl)
Y	Ortalama 5 cm Toprak Sıcaklığı (Gelecek Yıl)

Çok değişkenli bir YSA modelinde modeli oluştururken özellikle gizli katman sayısı, gizli katmanda yer alacak işlem elemanı sayısı, gizli katmanda ve girdi katmanında yer alacak aktivasyon fonksiyonları ile öğrenme algoritması gibi parametrelerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Ancak bu parametrelerin belirlenmesi için kesin bir önerme olmaması nedeniyle [23] parametreler deneme yanılma yoluyla elde edilir.

Oluşturulan modeller için ileri beslemeli YSA yapısı kullanılmış olup, ağı öğrenmesi için danışmanlı öğrenme algoritmalarından birisi olan levenberg marquardt öğrenme algoritması tercih edilmiştir. Levenberg Marquardt algoritması maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş en az kareler hesaplama metodudur [24] [25]. Yapay sinir ağlarında geri yayılım algoritması çok kullanılmasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. Geri yayılım algoritması sonuca çok yavaş olarak yaklaşmaktadır. Ayrıca lokal minimuma yakalanma riski de vardır. Geri yayılım, bir gradyan azalan algoritmasıyken, Levenberg-Marquardt algoritması Newton metoduna bir yaklaşımdır. Levenberg-Marquardt algoritması, Newton metodunun hızıyla, gradyent azalan metodun sağlamlığının bileşkesidir ve Levenberg-Marquardt algoritması geriye yayılım algoritmaları arasında en hızlı olanıdır [26] [27]. Uygulamada problemin türüne uygun olması ayrıca hızlı ve öğrenme hatasının düşük olması sebebiyle bu öğrenme algoritması tercih edilmiştir.

Modeller bir girdi katmanı, bir gizli katman, bir çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Modellerin gizli katman sayısı belirlenirken bir ve iki gizli katmanlı olarak modeller üzerinde deneme yapılmıştır ve bir gizli katman kullanılan YSA modelinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Literatürde yapılan araştırmada çoğunlukla bir veya iki gizli katman içeren ağların daha iyi sonuçlar verdiği ve özellikle tek gizli katmanlı YSA modellerinin tercih edildiği görülmektedir [28]. Öte yandan katman sayısının artırılması; hem ağı öğrenbilmesi için gereken döngü sayısını ve dolayısıyla eğitim süresini, hem de ağı öğrenmek ve genellemek yerine ezberleme olasılığını arttırmaktadır. Bu yüzden, ağ mimarisinin en başta bir veya iki gizli katmanla oluşturulması, eğer ağ performansı yetersiz görülürse gizli katman sayısının artırılması çoğu araştırmacı tarafından kabul edilen bir yöntemdir [29].

MATLAB programı kullanılarak oluşturulan modellerde doğrusal aktivasyon fonksiyonu, tek kutuplu sigmoid aktivasyon fonksiyonu ve tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu [30] iteratif olarak denenerek tahmin için en uygun olan aktivasyon fonksiyonları belirlenmiştir.

Gizli katmandaki nöron sayısı ile ilgili hesaplamalarda literatürde birden fazla yöntemin olduğu ve tam olarak kaç olması gerektiğine ilişkin belirli bir kural olmadığı görülmektedir [31]. Bir girdi katmanı, bir gizli katman ve bir çıktı katmanından oluşan üç katmanlı bir YSA için, gizli nöron sayısının, girdi katmanındaki nöron sayısının %75'i olması gerektiğini ileri sürmüştür. Katz [32], en uygun gizli nöron sayısının, giriş katmanındaki nöron sayısının 1.5 katı ile 3 katı arasında olduğunu ileri sürmektedir. Doig [33]'e göre ise gizli katmanda olması gereken nöron sayısının gizli katman sayısına göre çok daha fazla alternatiflere sahip olduğundan uygun sayıyı belirlemek üzere aşağıdaki formülden yararlanılabileceğini söylemiştir.

$$N_s = \frac{\frac{1}{2}(N_g + N_c) + \sqrt{N_d}}{N_b}$$

- Ns: Gizli katmandaki nöron sayısını
- Ng: Girdi katmanındaki nöron sayısını
- Nç: Çıktı katmanındaki nöron sayısını
- Nd: Gözlem sayısını
- Nb: Katman sayısını göstermektedir.

Bu formüle göre çalışmada oluşturulan yapay sinir ağı modellerinden 5 cm derinliğindeki toprak sıcaklığını tahmin eden model için gizli katmandaki nöron sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

Gözlem sayısı her bir istasyon için;
(2010-1970)*12= 480 olarak hesaplanır.

$$N_s = \frac{\frac{1}{2}(14 + 1) + \sqrt{480}}{3}$$

Ns = 9,80 ≈ 10 olarak bulunur.

Gizli katmandaki nöron sayısı öncelikle 10 olarak denenmiştir ve daha sonra sayı azaltıp artırılarak tahmin sonuçları birbirleriyle kıyaslanmıştır. En iyi tahmin sonuçlarının 14 gizli nöron sayısına sahip modelde olduğu görülmüştür. Diğer modeller için de gizli katmandaki nöron sayısı deneme yanılma yöntemiyle hesaplanmıştır.

YSA modelinin eğitimi öğrenme ve test olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. 1970-2011 yılı arasındaki verilerden 1970-2009 yılları arasındaki veriler öğrenme ve doğrulama için, 2010 yılı içerisindeki veriler ise test işlemi için kullanılmıştır.

Oluşturulan her bir modelin performansı OKH, R² ve MAPE ile değerlendirilmiştir.

OKH, seride gözlenen ve tahmin edilen veri değerlerinin farkının toplanıp, toplam veri sayısına bölünmesiyle elde edilen değerdir. İstenen değer ile yapay sinir ağı modelinin üretmiş olduğu çıktı arasındaki hatayı karesel olarak gösteren parametredir. Bu değerın sifira yakın olması, tahmin edilen değerın kuvvetli biçimde doğruya yakınsadığını göstermektedir. R², regresyon denkleminin verilere olan uyumunun sağlanıp sağlanmadığını göstergesi olup açıklanabilen

değişimin toplam değişime olan oranıdır. Bu oran belirlilik katsayısı olarak adlandırılır ve bağımlı değişimdeki değişimin ne kadarının bağımsız değişken tarafından açıklanabildiğini gösterir. 0 ve 1 arasında değer alabilen R^2 değerinin 1'e yakın olması bağımlı değişimdeki varyansın büyük bir kısmının modeldeki bağımsız değişkeni açıkladığı sonucunu verir [34]. MAPE, hataların mutlak değerlerinin ortalamasının gerçek değerlerin yüzdesi olarak gösterilmesidir. Witt ve Witt, MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, %10 ile %20 arasında olan modelleri ise doğru tahminler olarak sınıflandırmıştır [35]. Benzer şekilde Lewis, MAPE değeri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve %50'nin üzerinde olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır [36].

Farklı derinliklerdeki toprak sıcaklığı tahminleri için YSA modellerini oluştururken her bir derinlik için girdi katmandaki değişkenler Çizelge 1'deki değişkenler içerisinde o derinliğe uygun olarak seçilmiştir. 5 cm ve 20 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı modellerinde girdi işlem elemanı sayısı 14 olup, 10 cm, 50 cm ve 100 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı modellerinde girdi işlem elemanı sayısı 13 olarak belirlenmiştir. Modellerde kullanılan transfer fonksiyonları iteratif olarak denenerek en iyi performansa sahip transfer fonksiyonları girdi katmanında sigmoid fonksiyonu, gizli katmanda purelin fonksiyonu ve çıkış katmanında purelin fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Tüm modellerde öğrenme algoritması levenberg marquardt olarak seçilmiştir. Oluşturulan YSA modellerinin performansları Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. YSA Modellerinin Performansları

	5 cm Derinlik	10 cm Derinlik	20 cm Derinlik	50 cm Derinlik	100 cm Derinlik
R^2	0,994	0,990	0,994	0,992	0,992
OKH	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
MAPE (12ay) ortalama	17,82	11,31	15,31	8,57	5,08

Yapay sinir ağı modellerinde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler, SPSS Clementine programı aracılığıyla lineer regresyon modeline de uygulanarak tahmin sonuçları birbirleriyle kıyaslanmıştır.

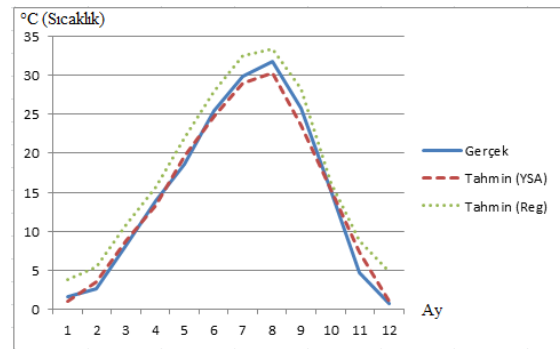
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Yapay sinir ağı ve regresyon modelleri ile tahmin edilen toprak sıcaklığı değerleri, 2011 yılına ait

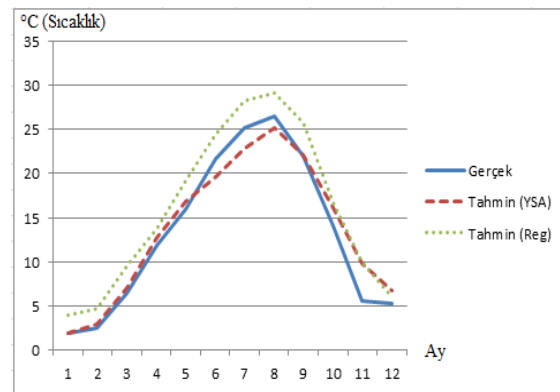
ölçülen aylık ortalama toprak sıcaklığı değerleri ile karşılaştırıldığında;

Beş santimetre derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde yapay sinir ağı ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,994 ve MAPE değeri 17,82 iken regresyon modeli ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,963 ve MAPE değeri 82,31 olarak bulunmuştur. On santimetre derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde yapay sinir ağı ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,990 ve MAPE değeri 11,31 iken regresyon modeli ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,963 ve MAPE değeri 44,70 olarak bulunmuştur. Yirmi santimetre derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde yapay sinir ağı ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,994 ve MAPE değeri 15,31 iken regresyon modeli ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,966 ve MAPE değeri 36,92 olarak bulunmuştur. Elli santimetre derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde yapay sinir ağı ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,992 ve MAPE değeri 8,57 iken regresyon modeli ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,968 ve MAPE değeri 19,35 olarak bulunmuştur. Yüz santimetre derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde yapay sinir ağı ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,992 ve MAPE değeri 5,08 iken regresyon modeli ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0,971 ve MAPE değeri 12,0 olarak bulunmuştur.

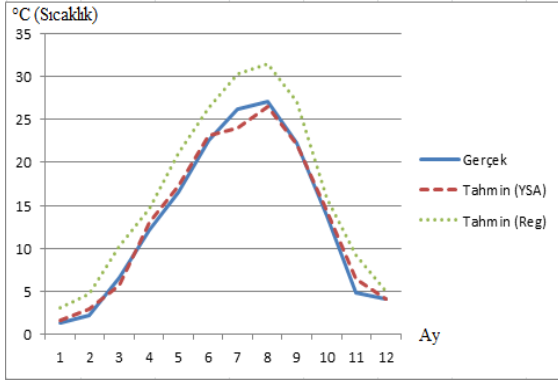
Uygulamada farklı derinlikler için tahmin edilen toprak sıcaklığı değerlerinin ölçülen gerçek toprak sıcaklığı değerlerinden sapma grafikleri Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmektedir.



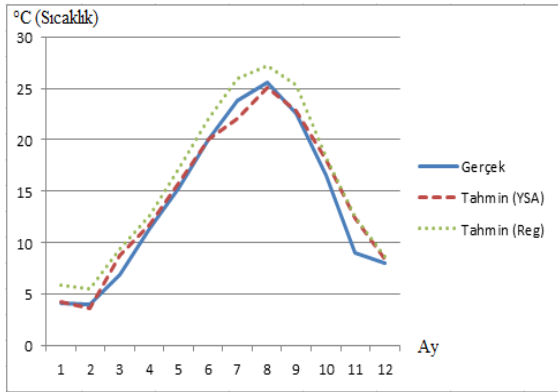
Şekil 3. 5 cm Derinlik İçin Sapma Grafiği



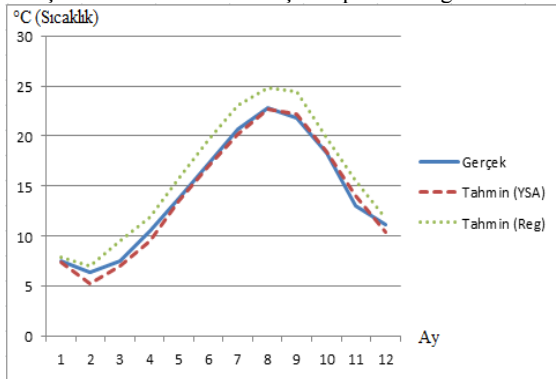
Şekil 4. 10 cm Derinlik İçin Sapma Grafiği



Şekil 5. 20 cm Derinlik İçin Sapma Grafiği



Şekil 6. 50 cm Derinlik İçin Sapma Grafiği



Şekil 7. 100 cm Derinlik İçin Sapma Grafiği

YSA ile oluşturulan modellerin performansları değerlendirildiğinde, R^2 değerinin 0,990 ile 0,994 arasında değiştiği ve 1'e çok yakın olduğu görülmektedir. Böylece modelde toprak sıcaklığı değeri olan bağımlı değişkenin kullanılan bağımsız değişkenler tarafından oldukça iyi açıklandığı söylenebilir. OKH değerinin ise sıfıra oldukça yakın olmasından dolayı tahmin edilen değer kuvvetli bir biçimde doğruya yakınsadığı söylenebilir. Ölçülen ve tahmin edilen toprak sıcaklığı değerlerinin test MAPE değerine bakıldığında, 5 cm, 10 cm ve 20 cm derinliğindeki tahmin modellerinde MAPE %10 ile %20 arasında olduğundan dolayı bu modellerin iyi, 50 cm ve 100 cm derinliğindeki tahmin modellerinde ise MAPE %10'un altında olduğundan dolayı bu modellerin de çok iyi modeller olduğu ve böylece YSA ile geliştirilen tüm

modellerin doğru tahmin veren modeller sınıfına girdiği söylenebilir.

Regresyon modellerinin performansları incelendiğinde ise R^2 değerinin 0,960 ile 0,971 arasında olduğu görülmektedir. Ölçülen ve tahmin edilen toprak sıcaklığı değerlerinin test MAPE değerine bakıldığında, 5 cm derinliğindeki regresyon tahmin modelinin MAPE'sinin %50'den daha büyük olmasından dolayı doğru tahmin veren bir model olmadığı söylenebilir. 10 cm ve 20 cm derinliğindeki regresyon tahmin modellerinin MAPE değerinin %20 ile %50 arasında olmasından dolayı kabul edilebilir modeller olduğu, 50 ve 100 cm derinliğindeki regresyon tahmin modellerinde ise MAPE değerinin %10 ile %20 arasında olmasından dolayı bu modellerin iyi modeller olduğu söylenebilir.

5. DEĞERLENDİRME (EVALUATION)

DMI'den ölçülen 1970-2011 yılları arasındaki aylık ortalama toprak sıcaklıkları değerlerine bakıldığında bu yıllar arasında her bir ay için toprak sıcaklıklarının minimum ve maksimum değerleri arasında yaklaşık sekiz derece gibi farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yapay sinir ağı ile üretilen toprak sıcaklıklarına bakıldığında çoğunlukla gerçek değerlerden sadece bir iki derece gösterdiği, regresyon ile üretilen toprak sıcaklıklarına bakıldığında ise çoğunlukla gerçek değerlerden üç dört derece sapma gösterdiği görülmektedir.

YSA ve Regresyon Modellerinin tahmin sonuçları karşılaştırıldığında açık bir şekilde yapay sinir ağı ile geliştirilen modellerin regresyon modellerine göre çok daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak her iki modelde de Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında üretilen tahmin değerlerinin diğer aylara göre daha zayıf olduğu görülmektedir. Bu durumun kış ayları dönemindeki yağışın çok olmasının ve toprak üzerinde kar örtüsünün bulunması gibi etkenlerden olduğu düşünülmektedir.

Uygulamada oluşturulan tahmin modelleri her bir istasyona ayrı ayrı uygulanmıştır ve farklı istasyonlarda modelin tahmin gücünün oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumda modelin tüm Türkiye'ye genellenebileceği söylenebilir. Bir yıl sonraki toprak sıcaklığı tahminine yönelik olarak geliştirilen modeller ile daha ileriki yıllara ait tahminler yapılması için modellerin yapısının değiştirilmesi ve istenen yıla göre yapay sinir ağı modelinin yeniden eğitilmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Jackson, T., S., Mansfield, K., saafi, M., Colman, T., Romine, P., "Measuring Soil Temperature and Moisture Using Wireless MEMS Sensors", *Measurement* **41**, 381-390, 2008.
2. Tonkaz, T., Doğan, E., Aydemir, S., "GAP Bölgesi Toprak Sıcaklıklarının Alansal Değişimleri ve Hava Sıcaklığı ile İlişkileri", *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1/2), 55-61, 2007.

3. Baily, D., Thomson, D., "Developing Neural Network Application". **AI Expert**, 33-41, 1990.
4. Uğurlu, Ö. ve Örcen, İ., "Türkiye'de Küresel Isınmanın Enerji Kaynakları Üzerine Etkisi", **EMO Enerji Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi**, 3, 17-19, 2007.
5. Paul, K. I., Polglase, P. J., Smethurst, P.J., O'Connell, A. M., Carlyle, C.J., Khanna, P. K., "Soil Temperature under Forests: A Simple Model for Predicting Soil Temperature under a Range of Forest Types", **Agriculture and Forest Meteorology**, Vol:121, 187-192, 2004.
6. Buckman, H.O., Brady, N.C., "The Nature and Properties of Soils", 6th Edition, **New York: The Mac Millian Co.**, 1960.
7. Garcia-Suarez, A. M. and Butler, C. T., "Soil Temperatures at Armagh Observatory, Northern Ireland from 1904 to 2002". **International Journal of Climatology**, Vol:26, 1075-1089, 2006.
8. Seyfried, M., Flerchinger, G., Murdock, M., Hanson, C., Van Vactor, S., "Long-Term Soil Temperature Database, Reynolds Creek Experimental Watershed, Idaho, United States", **Water Resources Research** 2011, 37(11), 2843-2846, 2001.
9. Tenge, A. J., Kaihura, F. B. S., Lal, R. and Singh, B. R., "Diurnal Soil Temperature Fluctuations for Different Erosion Classes of an Oxisol at Mlingano, Tanzania", **Soil and Tillage Research**, Vol:49, No:3, 211-217, 1998.
10. Zheng, D., Raymond Hunt, E., Running, S., "A Daily Soil Temperature Model Based on Air Temperature and Precipitation for Continental Applications", **Climate Research**, 2, 183-191, 1993.
11. Bond-Lamberty, B., Wang, C., Gower, S., "Spatiotemporal Measurement and Modeling of Stand-Level Boreal Forest Soil Temperatures", **Agriculture and Forest Meteorology**, 131, 27-40, 2005.
12. Yang, C. C., Prasher, S.O., Mehuys, G.R., Patni, N.K., "Application of Artificial Neural Networks for Simulation of Soil Temperature", **Transactions of the ASABE**, Vol: 40(3), 649-656, 1997.
13. Bilgili, M., Şimşek, E., Şahin, B., "Ege Bölgesi'ndeki Toprak Sıcaklıklarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Belirlenmesi", **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, 30(1), 121-132, 2010.
14. Bilgili, M., "The Use of Artificial Neural Networks for Forecasting the Monthly Mean Soil Temperatures in Adana, Turkey", **Tubitak Journal of Agriculture and Forestry**, Vol:35, 83-93, 2011.
15. Mavi, B., Günoğlu, İ., Akkurt, İ., "Yapay Sinir Ağı Kullanarak Toprak Sıcaklığı Tahmini", **Journal of New World Sciences Academy**, 6-2 (2011), 30-36, 2011.
16. Omaira, N. A., Shalla, A., "Nonlinear Autoregressive Neural Network for Estimation Soil Temperature: A Comparison of Different Optimization Neural Network Algorithms", **Special Issue of ICIT 2011 Conference**, 2011.
17. Öztürk, M., Salman, O., Koç, M., "Artificial Neural Network Model for Estimating the Soil Temperature", **Canadian Journal of Soil Science**, 91, 551-562, 2011.
18. Jebamalar, A. S., Roja, A.T., Bai, J.S., "Prediction of Annual and Seasonal Soil Temperature Variation Using Artificial Neural Network", **Indian Journal of Radio&Space Physics**, Vol:41, 48-57, 2012.
19. Tabari, H., Sabziparvar, A. A., Ahmadi, M., "Comparison of Artificial Neural Network and Multivariate Linear Regression Methods for Estimation of Daily Soil Temperature in an Arid Region", **Meteorology and Atmospheric Physics**, Vol:110, 135-142, 2011.
20. Bilgili, M., Şahin, B., Songun, L., "Estimating Soil Temperature Using Neighboring Station Data Via Multi-Nonlinear Regression and Artificial Neural Network Models", **Environmental Monitoring and Assessment**, DOI 10.1007/s10661-012-2557-5, 2012.
21. Trippi, R. and Turban, E., **Neural Networks in Finance and Investing**. Chicago:Irwin Publishing, 1996.
22. Tsaukalas, L. H. and Uhrig, R. E., **Fuzzy and Neural Approaches in Engineering**. New York: Wiley, 1997.
23. Kaastra, I., Boyd, M., "Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series", **Neurocomputing**, 10, 215-236, 1996.
24. Levenberg, K., "A Method for the Solution of Certain Problems in Last Squares", **Quart. Appl. Math.** 2, 164-168, 1944.
25. Marquardt, D., "An Algorithm for Least Squares Estimation of Nonlinear Parameters", **SIAMJ. Appl. Math.** 11, 431-441, 1963.
26. Hagan, M. T., Menhaj, M., "Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm", **IEEE Transactions on Neural Networks**, 5(6), 989-993, 1994.
27. Charalambous, C., "Conjugate Gradient Algorithm for Efficient Training of Artificial Neural Networks", **IEEE Proceedings**, 139 (3), 301-310, 1992.
28. Devilliers, J., Bernard, E., "Backpropagation Neural Networks with One and Two Hidden Layers", **IEEE**, 4 (1), 136-141, 1993.
29. Çelik, B., "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama", **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi**. 2008.
30. Öztemel, E. "Yapay Sinir Ağları", **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 2003.
31. Baily, D., Thomson, D., "Developing Neural Network Application". **AI Expert**, 33-41, 1990.
32. Katz, J. O., "Developing Neural Network Forecasters for Trading", **Technical Analysis of Stocks and Commodities**, 58-70, 1992.
33. Doig, G., "Severity of Illness Scoring in the Intensive Care Unit: A Comparison of Logistic Regression and Artificial Neural Networks", **PhD, The University of Western Ontario**, 1999.
34. Ünver, Ö., **Uygulamalı İstatistik Yöntemler**. (İkinci Baskı). Ankara: Siyasal Kitabevi, 1996.
35. Witt, S. F. and Witt, C. A., **Modeling and Forecasting Demand in Tourism**. Londra: Academic Press., 1992.
36. Lewis, C. D., **Industrial and Business Forecasting Methods**. Londra: Butterworths Publishing, 1982.