



Yeraltısuyu ve Yüzey Sularının Nitrat Kirliliği Tahmini: Kütahya Örneği

Forecasting the Nitrate Pollution of Groundwater and Surface Waters: Kütahya Example

Recep Benzer^{1*}, Semra Benzer²

¹Milli Savunma Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye

Öz

Bu çalışma, Kütahya ili sınırlarında bulunan yeraltı ve yüzeysel sularındaki nitrat düzeylerini yapay sinir ağları yaklaşımı ile belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada incelenen yeraltı ve yüzeysel su numunelerindeki nitrat düzeyleri ve ortalama değerleri sırasıyla; 0.01-190.63 mg l-1, 0.01-10.20 mg l-1, 16.09 mg l-1, 2.51 mg l-1 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, Avrupa Birliği tarafından uygulanan Nitrat Direktifi kapsamında, Kütahya İl Tarım Müdürlüğü'nün 2012 ve 2013 yıllarına ait yeraltı (23 istasyon) ve yüzey (10 istasyon) suları ölçümleri kullanılarak yapılmıştır. Kütahya iline ait yeraltı ve yüzeysel sularındaki nitrat seviyelerinin İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak nitrat verilerindeki bazı değerlerin ulusal ve uluslararası limit değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma, gelecek yıllardaki nitrat düzeylerinin daha uzun süreli olarak takibinin geleneksel yöntemin yanında yapay sinir ağları yaklaşımı ile de değerlendirilmek suretiyle tahmin edilmesi ve bu konuda gerekli tedbirlerin alınması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Kütahya, Nitrat, Yapay sinir ağları, Yeraltı suları, Yüzeysel sular

Abstract

The purpose of this study is to forecast future years' nitrate levels of underground and surface waters on the borders of Kütahya province using previous data with artificial neural networks. Surveyed nitrate levels of underground and surface waters are 0.01-190.63 mg l-1 and 0.01-10.20 mg l-1 respectively. Mean values of nitrate levels are calculated as 16.09 mg l-1 and 2.51 mg l-1. The study is based on underground (23 stations) and surface waters (10 stations) and measurements are made by Kütahya Provincial Directorate of Agriculture in 2012-2013 within the scope of the Nitrate Directive administration by the European Union. The nitrate levels of the underground and surface waters of Kütahya province are determined as appropriate to Regulation on Waters for Human Consumption. However, when the nitrate levels are observed as higher than the national or international risk limits, nitrate ratios should be followed for longer. It is necessary and important to track the levels and support the predictions with artificial neural networks as well as traditional methods.

Keywords: Artificial neural networks, Kütahya, Nitrate, Surface water, Underground water

1. Giriş

Kütahya Gediz Havzası popülasyonun yoğun olması, endüstriyel, ticari ve tarımsal gelişmeler sebebiyle pek çok riskle karşı karşıyadır. Tarım aktiviteleri, kontrolsüz gübre kullanımı ve kanser yapan pestisitlerin kullanımı tehlikeye yol açmaktadır (Almasri ve Kaluarachchi 2005). Yeraltı ve yerüstü sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri antropojenik ve jeolojik formasyonlardan etkilenmektedir. (Subramani

vd. 2005). Azot gübrelerinin aşırı kullanımı sonucu yeraltı sularında meydana gelen nitrat kirliliği insan sağlığı, çevre ve çiftlik hayvanları için hem Türkiye hem de Dünya'da ciddi bir problemdir (Büyük vd. 2016).

Canlıların hayat döngüsü boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, kültürel ve ekonomik ortam çevre olarak betimlenmektedir (Özyaral ve Curabeyoğlu 2011). Metropol şehirlerde içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılan su havzalarında, aşırı inşaat, sanayi ve tarım etkinlikleri kirlilik oranının yükselmesine sebep olmaktadır (Filibeli 1999). Tarım faaliyetleri kapsamında yapılan ilaçlamalar sonucunda ilacın rüzgârla su kaynaklarına taşınması

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: rbenzer@kho.edu.tr

Recep Benzer orcid.org/0000-0002-5339-0554

Semra Benzer orcid.org/0000-0002-8548-8994

veya tarım ilaçları yâda pestisit üretimi yapan fabrikalardaki atıkların doğal su sistemlerine boşaltılması su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca tarım faaliyetlerinde, kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı ve ilaç kullanım bilinçsizliği de su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır (Baykan 2004).

Nitrat doğal olarak doğada etkin bir biçimde bulunmaktadır. İnsan, hayvan, endüstriyel ve kimyasal atıklar ile tarımsal ilaçların bilinçsizce kullanılması; doğal yaşamda azot seviyesinin artmasına, buna bağlı olarak da içme ve kullanma sularında nitrat kirliliğine sebep olmaktadır (Johnson ve Kross 1990). Ülkemizdeki içme ve kullanma sularının çoğunluğu yeraltı sularından temin edilmektedir. Söz konusu su kaynaklarımız sanayi, tarım ve hayvancılık atıkları, depolama sahalarındaki sızıntılar ve çevrelerindeki aşırı yapılaşma sonucu kirlilik ile karşı karşıya kalmaktadır (Tuncay 1994).

Avrupa Birliği'ndeki içme ve kullanma sularının durumu analiz edildiğinde, yüzeysel sularının %20'sinin tehlike altında olduğu görülmektedir. Ayrıca yeraltı su kaynaklarının %60'ından içme suyu olarak istifade edilmektedir. Tüm bu durumlar ışığında, yeraltı sularının aşırı kullanılması ve yüzeysel sularının temiz tutulmaması sebebiyle sulak alanların %50'sinde yok olma tehlikesi bulunmaktadır (WISE 2016).

Avrupa Birliği Nitrat Direktifinde; canlıların doğal yaşam alanı olan hava, toprak, içme ve kullanma sularındaki azot kirliliğini önlemek amaçlanmıştır (Ecetoc 1988). Avrupa Birliği ülkeleri, nitrat kirliliğinden etkilenmiş veya önlem alınmaz ise yakın bir gelecekte etkilenmesi söz konusu olan içme ve kullanma sularını belirlemeyi hedeflemişlerdir. (Kuik 2006). Direktif, Üye Ülkelerin Eylem Programlarının etkinliğini değerlendirmek üzere izleme programları oluşturup, uygulamasını şart koşmaktadır. Nitrat Direktifine göre her dört yılda bir nitrat miktarının gözden geçirilmesi gerekmektedir (Karaczun 2005). Böylece belirlenen yerlerde yüzeysel ve yeraltı sularında nitrat miktarı izlenmesi önem kazanmaktadır.

Yapay Sinir Ağları (YSA) bilgisayarlar ile çözülmesi zor veya karmaşık olarak nitelendirilen problemlerin çözümünde kabul görmüş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Gümümüzde kullanılan algoritmalarda ise genellikle karmaşık matematiksel eşitliklerin çözümüne dayalı olup doğru sonuçların elde edilebilmesi için gelişmiş donanıma sahip bilgisayara ve zamana gereksinim duymaktadır.

Ülkemiz sularında nitrat kirlenmesi ile ilgili çalışmalar kısıtlı olmakla birlikte konuya olan yaklaşım, dünyadaki

eğilime paralel bir gelişme göstermektedir. Türkiye'de içme ve kullanma sularındaki nitrat kirlilik düzeyinin belirlenmesi amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Durmaz vd. (2007) Şanlıurfa ve yöresindeki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeylerini, Alemdar vd. (2009) Bitlis ilinde içme sularında nitrat ve nitrit düzeylerini, Bulut vd. (2012) Çivril Gölü'nde yüzeysel sularının kalitesini, Ertaş vd. (2013) Kayseri Bölgesinde kuyu sularındaki nitrat ve nitrit düzeylerini, Kır vd. (2015) Eğirdir Gölü'ndeki su ve sediment numunelerinde nitrat, nitrit, fosfat ve florür düzeylerini incelemişlerdir.

Dünya genelinde sulardaki nitrat seviyeleri ile ilgili birçok araştırma bulunmaktadır Johnson ve Kross (1990) kırsal alanlardaki yeraltı ve kuyu sularında kirliliğin önemini, Farshad ve Imandel (2002) Tahran'da bulunan yeraltı sularında nitrat ve nitrit düzeyini, Mesa vd. (2003) İspanya Tenerife Adası'nda içme suları ile alınan nitrat miktarını, Mahvi vd. (2005) tarım faaliyetlerinin yeraltı suyu nitrat kirliliğine olan etkisini, Ribbe vd. (2008) Şili Pocochay Havzası'nda yüzeysel suları nitrat kirliliğini, Keskin (2010) Eskipazar'da tarımsal alanlardaki nitrat ve ağır metal kirliliğini incelemişlerdir.

Su sistemlerinde nitrat miktarının tahmin edilmesi ve modellenmesi ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Yesilnacar vd. (2008) Harran Ovası'nda bulunan yüzeysel sularının yapay sinir ağları ile tahminini, Palani vd. (2008) ve Singh vd. (2009) yapay sinir ağları ile su kalitesinin modellenmesini, Kunkel vd. (2010) Avrupa Birliği politikaları ile yüzeysel sularında nitrat kirliliği tahminini, İleri vd. (2014) Uluabat Gölü'nde sedimentde kirlilik parametrelerinin GIS ile modellenmesini çalışmışlardır.

Bu çalışmada; Kütahya ili yerüstü ve yeraltı su kaynaklarındaki nitrat düzeylerinin YSA yaklaşımı ile modellenmesi ve gelecekteki nitrat konsantrasyonunun tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Kütahya, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer almaktadır. İç Anadolu Bölgesi ile Ege Deniz'ine kıyısı olan Ege Bölümü arasında geçiş alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kütahya ili, 38° 70' ve 39° 80' K enlemi ile 29° 0' ve 30° 30' D boylamları arasında bulunmaktadır. Kütahya 11.875 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin yaklaşık %1.5'ini kaplamaktadır. Kütahya'nın doğusunda Eskişehir ve Afyon, batısında Manisa ve Balıkesir, kuzeyinde Bursa, güneyinde Uşak, kuzeydoğusunda Bilecik illerimiz bulunmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2014). Çalışma alanı olan

Kütahya ili sınırlarındaki su kaynakları da Manisa, İzmir, Kütahya ve Uşak olmak üzere 4 ili içine alan Gediz havzasında bulunmaktadır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), tüzel kişiliğe sahip olup, ulusal su kaynaklarının planlanması, yönetimi, geliştirilmesi ve işletilmesinden sorumlu birincil yönetici devlet kurumudur. Bu çalışma Kütahya Tarım İl Müdürlüğü tarafından Gediz Havzasında 2012 ve 2013 yıllarında 33 istasyonda (23 yer altı ve 10 yüzeysel suyu) yapılan ölçümler üzerinden yürütülmüştür.

Kütahya ilinin bulunduğu havza su kalitesi açısından incelendiğinde su kalitesinin Sınıf III ve Sınıf IV seviyesinde olduğu, başka bir deyişle kirliliği ve çok kirlenmiş su kalitesi özelliği gösterdiği anlaşılmaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2016). Nitrat analizi Kütahya İl Tarım Müdürlüğü kontrolünde DSİ tarafından yapılmış ve elde edilen bu sonuçlar Yapay Sinir Ağları yaklaşımı ile değerlendirilmiştir.

İnsan beyni, bilinen en esrarengiz ve karmaşık hesaplayıcı olarak değerlendirilmektedir. YSA, insan beyninin çalışmasını taklit ederek yeni sistem oluşturmaya çalışan yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. İstinasız tüm YSA yapılarının esin kaynağı biyolojik sinir ağlarının çalışma yöntemidir (Sağıröğlü vd. 2003). YSA, insan beyninin öğrenme, hatırlama, genelleme yapma özelliklerini taklit ederek yeni bilgiler üretebilmektedir. YSA biyolojik sinir ağlarını taklit eden doğal olmayan yapay yapılardır. YSA ile konu hakkında bilgiler alındıktan sonra örnekler üzerinde eğitimler gerçekleştirilerek ve genelleştirmeler yapılarak, daha sonraki olaylar ile ilgili çözümler üretilebilmektedir (Ertunç 2006). YSA birbirine bağlı birden fazla doğrusal veya doğrusal olmayan katmanlarda paralel olarak işlem yapan yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. YSA göze çarpan öğrenme yeteneğini sunmakla birlikte çözülmesi zor veriler nedeni ile tutarlılığı bozulmuş ve tahmin edilmesi güç bir performans gösterebilmektedir (Gallant 1993).

Süreklilik gösteren veriler ve büyük ölçekli kayıtlar sebebiyle gerek görülmeyen özelliklerin ayıklanması ve verinin boyutlarının indirgenmesi algoritmanın çalışma süresini azaltmakta ve daha genel düzeyde sonuçlar verebilmesini sağlamaktadır (Dash ve Liu 1997).

YSA çözülmesi zor ve tehlikeli şartlanmış problemlerin çözümünde oldukça fazla kabul görmüş uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan tahmin yöntemlerinde çoğunlukla çözümlemeli yazılım kodlarından faydalanılmaktadır. Kullanılan algoritmalar ise çoğunlukla çözülmesi zor matematiksel eşitliklere dayanmakta ve iyi sonuçların

alınabilmesi için güçlü bilgisayarlara ve zamana ihtiyaç duymaktadır. Çözülmesi zor matematiksel metot ve algoritmalar kullanılmıyorsa YSA'nın kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir (Kalogirou vd. 1999).

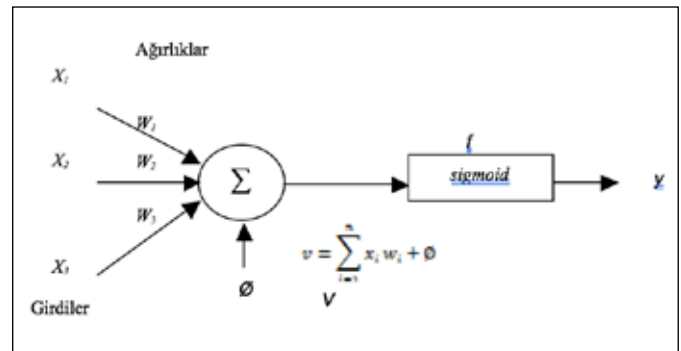
Bu çalışmada, sinir ağlarını eğitmeye yarayan birden fazla algoritma olsa da geri yayılım (Back Propagation) algoritması kullanılmıştır. YSA'daki her katman nöronlar ve bunlar arasındaki ilişkilerden oluşmaktadır (Venkatchalam 1993). Nöronlar arasındaki ağırlıklar öğrenme sürecinde kullanılmaktadır. Geri yayılım algoritması, girdiler ve elde edilmesi istenen çıktılar olarak, ağırlıkları bu iki kümeyi birbirine yaklaştırmaktadır (Touretzky ve Pomerleau 1989).

Yapay sinir ağları ise her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem birimlerinden oluşmaktadır. En basit anlatımıyla, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık değeri vererek ağırlıklandırır, doğrusal ve/veya doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlamış olur ve bir çıktı değeri oluşturmasını sağlar (Kubat 2015).

YSA'nın temel işlemci birimi yapay nörondur (Şekil 1). Bir yapay nöronda bulunan unsurlar girişler x_i , ağırlıklar w_i , toplama fonksiyonu (Σ), aktivasyon fonksiyonu (f) ve çıkış (y) olarak karşımıza çıkmaktadır.

YSA'da kullanılan aktivasyon fonksiyonu, çıktının istenilen aralıklarda olmasını sağlamaktadır. YSA hücrelerinin kullandığı birçok aktivasyon fonksiyonu vardır. Tanjant-hiperbolik, sigmoid ve doğrusal fonksiyonları iyi sonuçlar verdiği için sıklıkla tercih edilen aktivasyon fonksiyonlarıdır (Lüy ve Saray 2012).

Bu çalışmada, aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon türevi alınabilen, doğrusal olmayan, 0 ve 1 değerleri arasında değer alan bir fonksiyondur ve YSA içinde çoğunlukla genelleme yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Sigmoid fonksiyonu olarak Eşitlik 1 kullanılmıştır.



Şekil 1. Temel yapay sinir ağı tanımı (Özşahin, 2013).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

Geri beslemeli YSA ileri beslemeli olanın aksine YSA'daki hücrenin çıktısı sadece kendinden sonra gelen hücrenin katmanına girdi olarak verilmemektedir. Kendisinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir hücreye girdi olabilir (Rojas 2005).

Tasarlanacak olan YSA modelinde eğitim seti, ağırlık geliştirilmesi için; test seti ise modelin performansının değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Zhang vd. (1998)'in önerisi doğrultusunda verilerin %70'i eğitim verisi %30'u test verisi olarak kullanılmıştır.

Yapay sinir ağındaki verilerin, ilk etapta hepsi bir aralıkta ve birbirleri ile benzer bir biçimde olması gerekmektedir. Tüm veriler değer olarak bir aralıkta ve birbirleri ile orantılı bir biçimde olmadığında, yani veriler arasındaki fark aşırı büyük ya da aşırı küçük ise, elde edilen net girdiler orantısız değerler halinde olacaktır. Bu nedenle, hesaplama hatalarından kaçınmak için, verilerin belirli bir aralıkta ölçeklendirilmesi gerekir. Genellikle ölçeklendirme için [0–1] aralığı tercih edilir. Çalışmamızda, normalize fonksiyonu (Jain ve Bhandare 2011) olarak Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$V_N = 0.8 x \left(\frac{V_R - V_{en\ küçük}}{en\ büyük - V_{en\ küçük}} \right) + 0.1 \quad (2)$$

V_R : normalize edilecek değer

V_{min} : En küçük değer

V_{max} : En büyük değer

Bu çalışmada, kullanılan nitrat veri setleri için değişik gizli katman sayıları (1-10 arasında) seçilmiş, değişik nöron sayıları (1-20 arasında) ile modeller kurulmuş ve iterasyon sayısı 1000 seçilerek eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim fonksiyonu olarak trainlm, öğrenme fonksiyonu olarak learnsgdm, performans değişkeni olarak da MSE (Mean Square Error) kullanılmıştır. Hata kareler ortalaması (MSE) fonksiyonu olarak Eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (3)$$

Y_i : doğal veri

\hat{Y}_i : tahmin edilen veri

n: veri sayısı

Daha sonra test için ayrılan veriler ile kurulan tüm model test edilmiştir. Test işlemi sonucunda bulunan tahmin değerleri, gerçek değerlerle karşılaştırılarak yapay sinir ağı modelinin tahmin doğruluğu değerlendirilmiştir.

Çalışmada bağımlı değişken olarak Kütahya iline ait 23 yer altı ve 10 yüzeysel suyu istasyonundan elde edilen nitrat verileri kullanılmıştır.

3. Bulgular

İçme sularındaki azami nitrat konsantrasyonu, TS 266 Standartı (Türk Standartlar Enstitüsü 2005), WHO Raporu (1985) ve Avrupa Birliği Direktifine (Official Journal of the European Communities 1998) göre 50 mg l⁻¹'dir. TS 266'ya (Türk Standartlar Enstitüsü 2005) göre yeraltı sularında azami izin verilen nitrat konsantrasyonu 25 mg l⁻¹'dir. Kütahya iline ait verilerde, kabul edilebilir maksimum değer üzerinde nitrat verileri olduğu saptanmıştır. Kütahya'daki yeraltı ve yüzeysel sularında nitrat konsantrasyonunun 0.01 ila 190.63 mg l⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Ortalama nitrat konsantrasyonu değerleri ise yeraltı sularında 16.09 mg l⁻¹ ve yüzeysel sularında 2.51 mg l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Nitrat yeraltı sularında doğal olarak ortaya çıkabilir, ancak 3 mg l⁻¹'den büyük konsantrasyonlar genellikle kirliliğe işaret etmektedir (Lockhart vd. 2013).

Tarım İl Müdürlükleri, Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği kapsamında, yılın belirli aylarında (Ocak-Mart-Haziran-Eylül-Aralık) yüzeysel ve yeraltı sularında nitrat analizleri yapmaktadır. Bu bağlamda Kütahya Tarım Müdürlüğü'nden alınan 33 istasyona (23 yer altı, 10 yüzeysel suyu) ait 245 veri (Çizelge 1) kullanılarak gelecek yıllara yönelik nitrat konsantrasyonu tahmini yapılmıştır.

Kütahya iline ait 15, 21, 37 ve 41 numaralı istasyonlardaki yeraltı su kaynaklarında alınan numunelerde nitrat konsantrasyonu limit değerleri aşmaktadır. 41 numaralı istasyonda nitrat konsantrasyonu değerinin 50 mg l⁻¹'nin üzerinde tespit edilmesi bu istasyona dikkat edilmesi gerektirdiğini göstermektedir. Yüksek nitrat konsantrasyonu aşırı ve kontrolsüz sulama ile daha da artmaktadır (Yesilnacar vd. 2008).

Nitrat konsantrasyonu tahmini için önerilen YSA modelinin yapısı; girdi katmanının nöron sayısı 3, gizli katmanının sayısı 4, çıktı katmanının nöronunun sayısı 1 olarak tasarlanmıştır (Şekil 2).

Öngörülen yapaysinir ağı modeli (Şekil 2), gizli katmanındaki nöron sayısının belirlenmesinde deneme-yanılma yöntemi ile belirlenmiştir. Ortalama Hata Kareleri (MSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) performans fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Başlangıç öğrenim oranı ve momentum değerleri 0,1 olarak alınmıştır. Kurulan yapay sinir ağı için 1000 iterasyon gerçekleştirilmiştir.

Gradient descent yöntemi, ağın öğretilmesi için kullanılır ve en fazla 0,1 olması önerilir (Gallant, 1993). Bu çalışmada da öğrenme hızı 0,1 olarak belirlenmiştir.

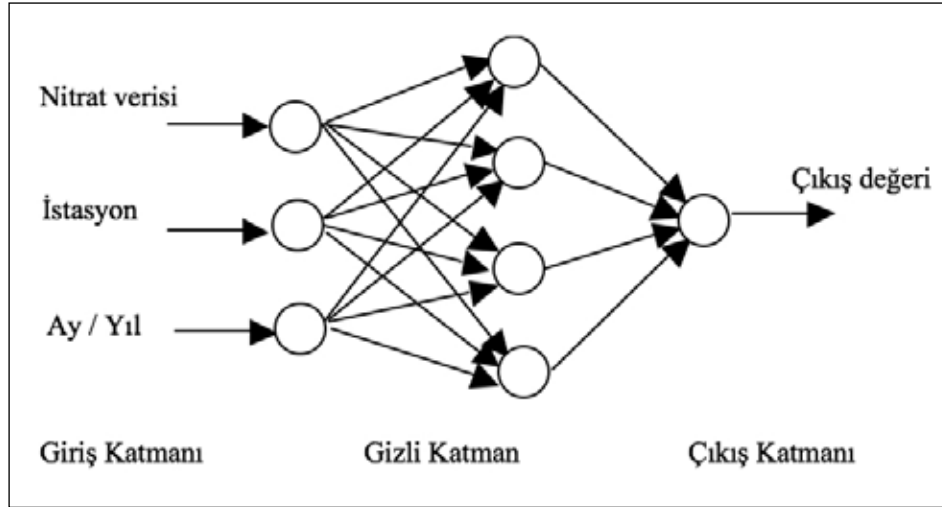
YSA modeline nitrat konsantrasyonu verileri girdi olarak girilmeden önce, girdiler tanımlanan normalleştirme fonksiyonuna göre normalize edilmiştir. Normalizasyonu yapı-

lan Kütahya iline ait nitrat konsantrasyonu verilerinin %70'i eğitim için %30'u test verileri için kullanılmıştır.

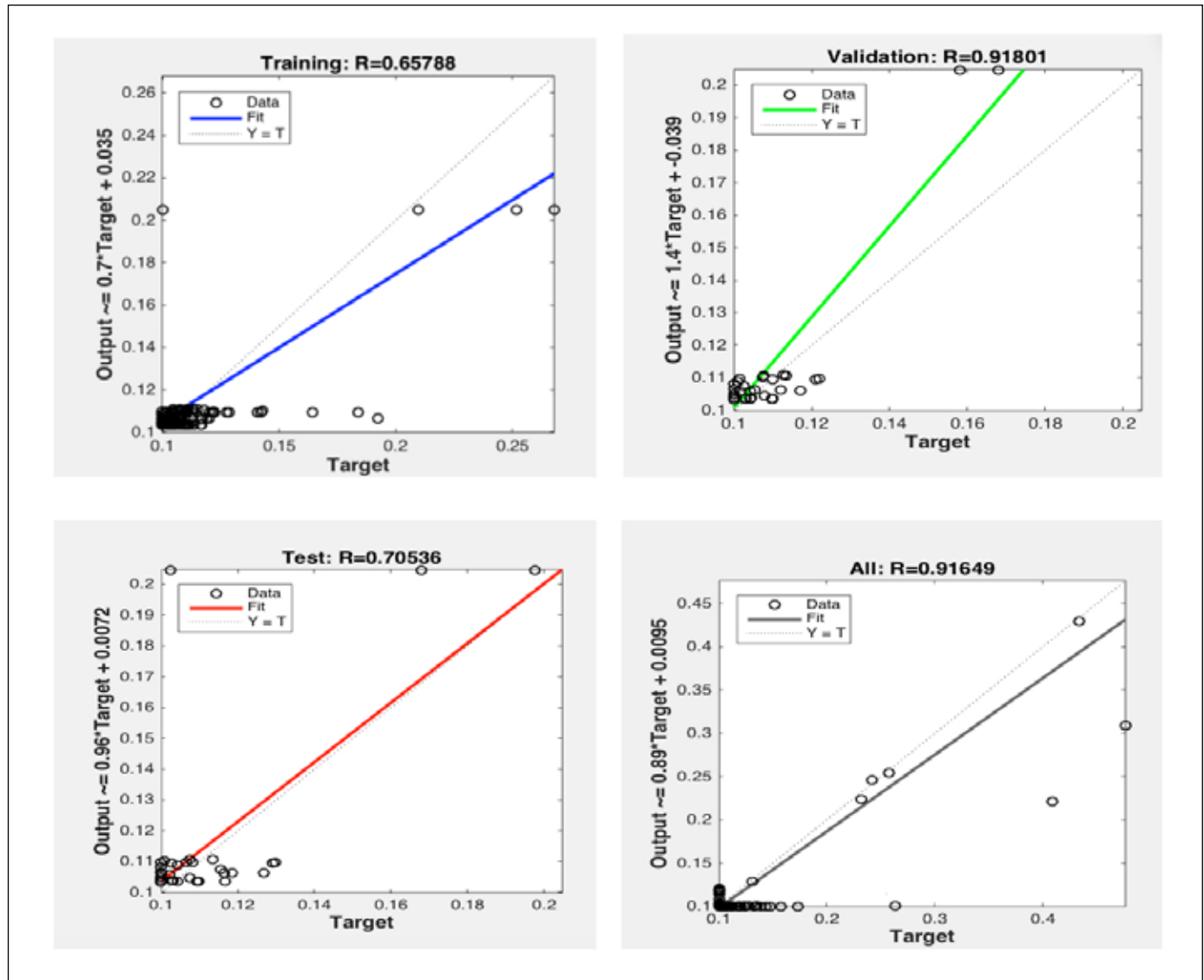
Kütahya İl Tarım Müdürlüğü'nden alınan nitrat konsantrasyonu verilerine ait elde edilen MATLAB sonuçları Şekil 3'de ve performans sonuçları ise Şekil 4'de görülmektedir.

Çizelge 1. Kütahya ili 2012 ve 2013 yıllarına ait Nitrat konsantrasyonu verileri.

No	Su kaynağı	İst N.	Nitrat Verileri (mg l ⁻¹)												
			2012												2013
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
1	Yüzeysel	1	2.50	3.20	1.92	2.40	1.82	3.80	1.20	0.44	0.68	0.44	0.96	0.63	2.53
2	Yüzeysel	2	2.54	2.30	1.86	1.80	0.96	1.04	0.64	0.50	1.92	0.41	0.62	0.23	3.97
3	Yüzeysel	3	1.12	1.68	2.02	4.60	1.18	0.24	0.34	0.34	0.26	0.26	0.92	0.72	0.01
4	Yüzeysel	4	3.60	1.86	1.74	8.92	1.56	1.22	1.44	0.68	1.11	0.96	0.76	1.02	0.01
5	Yüzeysel	5	0.20	1.20	3.20	0.18	0.34	1.32	1.00	0.62	1.77	1.00	0.82	0.93	0.01
6	Yüzeysel	9	1.80	1.78	1.66	1.72	1.92	1.12	1.60	1.28	1.67	0.78	0.62	0.85	4.11
7	Yeraltı	15			9.72			4.80			3.87			2.32	39.97
8	Yeraltı	16			6.92			4.50			1.97			2.22	0.56
9	Yeraltı	17			6.82			3.50			0.98			2.31	13.83
10	Yeraltı	18			11.5			22			3.21			1.05	13.96
11	Yeraltı	19			20			4.40			3.82			1.04	18.30
12	Yeraltı	20			2.52			0.22			0.76			2.11	0.01
13	Yeraltı	21			0.90			4.20			1.90			2.09	46.80
14	Yeraltı	27			1.50			2.20			2.44			1.18	5.03
15	Yüzeysel	28	2.60	2.06	1.74	1.80	7.11	2.30	1.96	0.94	1.84	0.74	1.06	0.18	6.06
16	Yeraltı	29			7.30			2.90			2.80			0.17	23.28
17	Yeraltı	30			0.62			0.62			1.19			0.97	0.01
18	Yeraltı	31			15.3			0.64			3.92			2.49	26.17
19	Yeraltı	32			5.30			1.10			3.71			3.99	7.13
20	Yeraltı	33			5.30			4.40			2.67			1.89	16.19
21	Yeraltı	34			3.10			1.06			1.82			0.47	0.01
22	Yeraltı	35			1.73			1.82			0.24			0.78	7.26
23	Yüzeysel	36	2.24	3.20	4.30	8.91	1.71	3.10	1.94	1.04	2.43	1.76	0.60	1.09	2.27
24	Yeraltı	37			1.08			3.60			2.46			0.59	190.63
25	Yeraltı	38			2.06			2.60			3.06			0.88	7.26
26	Yeraltı	39			4.82			0.26			0.72			0.63	14.35
27	Yeraltı	40			2.37			8.60			0.98			2.33	18.80
28	Yeraltı	41			10.1			6.40			4.00			1.32	36.16
29	Yeraltı	42			4.12			3.90			2.36			2.59	14.48
30	Yeraltı	43			5.02			6.90			1.74			0.67	7.39
31	Yeraltı	44			6.51			1.28			2.40			0.67	7.39
32	Yüzeysel	45	3.10	1.48	2.44	10.2	1.18	1.38	1.96	1.08	2.02	1.22	0.58	1.87	2.00
33	Yüzeysel	46	3.04	2.10	2.44	1.52	5.22	1.56	3.70	1.14	1.21	4.20	0.88	0.85	1.61



Şekil 2. Yapay Sinir Ağları katmanları.



Şekil 3. Eğitim, doğrulama, test ve tüm veri sonuçları.

Tasarlanan yapay sinir ağında en uygun öğrenme, her zaman öğrenme fonksiyonunun kontrolünde kullanılan performans fonksiyonunun hedeflenen değere ulaşması ile sağlanamayabilir. En uygun öğrenme seviyesine, hedeflenenden önce ulaşılması halinde eğitim erken dönemlerde de sonlandırılabilir. Maksimum epoch sayısı 1000 olarak alınmıştır. Yapılan denemeler sonunda ağ 12 epoch çalıştığında genelleme yapacak yeteneğe kavuşmuş en iyi test hatası elde edilmiştir (Şekil 4).

Kütahya iline ait nitrat verileri ile YSA modeli için MSE değeri sırasıyla 176,10 ve 8,22 olarak hesaplandı. Kütahya ilindeki istasyonlardaki yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına ait nitrat konsantrasyonu verileri ile tasarlanan YSA modeli kullanılarak 2023 yılına ait nitrat konsantrasyonu tahmini yapılmıştır. YSA ile Kütahya İlinde 2023 yılında yeraltı sularındaki nitrat konsantrasyonu ortalama olarak 5.6079 mg l⁻¹, yüzeysel sularında ise 2.1098 mg l⁻¹ olarak hesaplanmıştır. MATLAB uygulaması ile yapılan modellemede elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, etkili su kalitesi yönetimi için karmaşık verilerin değerlendirilmesinde YSA'ların yararlı olduğunu

göstermektedir. Nitrat kirliliğini önlemek için bu bölgedeki nitrat değerlerinin izlenmesi ve nitrat konsantrasyonu verilerinin daha sağlıklı elde edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

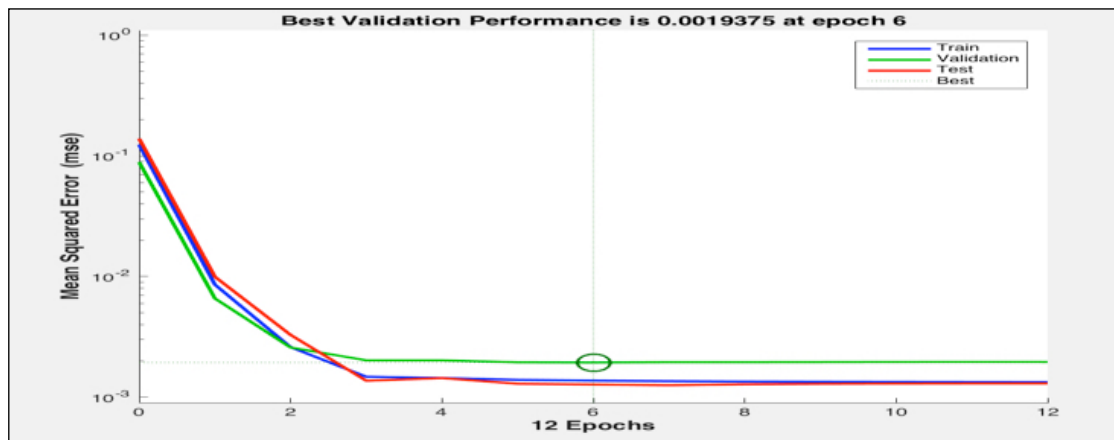
Girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkinin karmaşıklığı göz önüne alındığında yapay sinir ağları tahmin modelleriyle elde edilen sonuçlar son derece memnuniyet verici ve yeterlidir. Tasarlanan eğitilmiş, doğrulanmış YSA modeli nitrat tahmininde yeterince güçlüdür.

YSA geleceği tahmin etmede etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. Tahmin doğruluğu modellerin sorunsuz olması koşuluyla verilerdeki hata miktarıyla ilgilidir. Tarım İl Müdürlüklerinin nitrat verilerini daha sık ve düzenli olarak toplamaları, gelecek verilerin tahmini açısından çok önemlidir. Ayrıca kirliliğin kontrolü açısından da bu verilerin sağlıklı takip edilmesi önem taşımaktadır.

İstasyon sayısını ve tahmin yöntemlerini (YSA, ARIMA Modeli vb.) artırarak uzun vadeli verilerle elde edilen verileri karşılaştırmanın daha iyi olacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle, mevcut çalışmada önerilen YSA uygulamaları ile yüzeysel su kaynakları ve yeraltı su kaynaklarının daha uygun maliyetli ve kolay bir şekilde yönetilebileceği gösterilmiştir.

Çizelge 2. Nitrat konsantrasyonu verileri, YSA verileri ve tahmin sonuçları.

	Yeraltı su kaynakları				Yüzeysel su kaynakları			
	En az	En çok	Ortalama	YSA	En az	En çok	Ortalama	YSA
2012	0.17	22.00	3.42	2.8756	0.18	10.20	1.81	1.652
2013	0.01	190.63	22.39	19.2864	0.01	6.06	2.56	2.316
Genel	0.01	190.63	16.09	12.2273	0.01	10.20	2.51	2.081
2023 Tahmin Sonuçları								
2023	15.6079				2.1098			



Şekil 4. YSA Ağının performansı.

5. Kaynaklar

- Alemdar, S., Kahraman, T., Agaoglu, S., Alişarlı, A. 2009.** Nitrate and nitrite levels of drinking water in Bitlis province, Turkey. *J Anim Vet Adv.* 8(10):1886-92.
- Almasri, MN., Kaluarachchi, JJ. 2005.** Modular neural networks to predict the nitrate distribution in ground water using the on-ground nitrogen loading and recharge data. *Environ. Model. Software.* 20:851-871.
- Baykan, AR. 2004.** Türkiye çevre atlası. TC Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara. s. 472.
- Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., Esengül, K. 2012.** Evaluation of surface water quality in Çivril Lake. *Anadolu Univ. J. Sci. Tech.-C Life App. Sci. Biotech.* 2(1):1-8.
- Büyük, G., Akça, E., Kume, T., Nagano, T. 2016.** Investigation of Nitrate Pollution in Groundwater Used for Irrigation in Konya Karapınar Region, Central Anatolia. *KSU J. Natural Sci.* 19(2):168-173.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2014.** Kütahya İl Çevre Durum Raporu. <http://www.csb.gov.tr> (Erişim tarihi: 05 Ocak, 2017). s. 184.
- Dash, M., Liu, H. 1997.** Feature selection for classification. *Intelligent Data Analysis.* *An Int. J.* 1(3):131-156.
- Durmaz, H., Arduç, M., Aygün, O., Genli, N. 2007.** Şanlıurfa ve yöresindeki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeyleri, *Van Vet J.* 18(1):51-54.
- Ecetoc 1988.** Nitrate and drinking water. Brussels, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (*Technical Report No. 27*). s. 31.
- Ertaş, N., Gönülalan, Z., Yıldırım, Y., Serhat, AL., Karadal, F. 2013.** Kayseri Bölgesi Kuyu Sularındaki Nitrat ve Nitrit Düzeyleri. *J.Fac.Vet.Med.İstanbul Univ.* 10(1):15-19.
- Ertunç, HM. 2006.** Prediction of the Pool Boiling Critical Heat Flux Using Artificial Neural Network, *IEEE T Compon Pack T.* 29(4): 770-777.
- Farshad, AA., Imandel, K. 2002.** An assessment of ground-water nitrate and nitrite levels in the industrial sites in the west of Tehran. *J School Public Health Inst Public Health Res.* 1: 33-44.
- Filibeli, A. 1999.** İçmesuyu koruma havzalarının kirlenmeye karşı korunması. *Su Kirlenmesi Kontrolü Derg.* 9(2): 5-8.
- Gallant, SI. 1993.** Neural network learning and expert systems. Cambridge, MA: *MIT Press.* s. 382.
- İleri, S., Karaer, F., Katip, A., Onur, SS., Aksoy, E. 2014.** Assessment of some pollution parameters with geographic information system (GIS) in sediment samples of Lake Ulubat, Turkey. *J Biol. Env. Sci.* 8(22):19-28.
- Jain, YK., Bhandare, SK. 2011.** Min max normalization based data perturbation method for privacy protection. *Int. J. C. Com. Tech. (IJCCT).* 2(8):45-50.
- Johnson, CJ., Kross, BC. 1990.** Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *American J Ind. Med.* 18(4):449-456.
- Kalogirou, S., Panteliou, S., Dentsoras, A. 1999.** Modelling of Solar Domestic Water Heating Systems Using Artificial Neural Networks. *Sol. Energ.* 65(6): 335-342.
- Karaczun, Z. 2005.** Preparing for EU environmental policy in Poland: the case of the nitrate directive. *Land Use Policy.* 22: 245-253.
- Keskin, TE. 2010.** Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey). *Env. Earth Sci.* 61(4): 703-721.
- Kır, İ., Erdoğan, M., Engin, MS. 2015.** Determination of Nitrite, Nitrate, Phosphate and Fluoride Quantities in Water and Sediment of Eğirdir Lake, Turkey. *J. Natural App. Sci.* 19(2):129-132.
- Kubat, C. 2015.** Matlab Yapay Zeka ve Mühendislik Uygulamaları, *Abaküs Yayıncılık*, Ankara. s. 754.
- Kuik, O. 2006.** Ex ante and ex post costs of implementing the Nitrates Directive. Report Commissioned by European Commission, *DG Environment*, Brussels. s. 42.
- Kunkel, R., Kreins, P., Tetzlaff, B., Wendland, F. 2010.** Forecasting the effects of EU policy measures on the nitrate pollution of groundwater and surface waters. *J. Env. Sci.* 22(6): 872-877.
- Lockhart, KM., King, AM., Harter, T. 2013.** Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production. *J Contam Hydrol.* 151: 140-154.
- Lüy, M., Saray, U. 2012.** Wind speed estimation for missing wind data with three different backpropagation algorithms. *Energ Edu. Sci. Tech. Part A.* 30(1): 45-54.
- Mahvi, AH., Nouri, J., Babaei, AA., Nabizadeh, R. 2005.** Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *Int J Environ Sci. Tech.* 2 (1): 41-47.
- Mesa, JMC., Armendariz, CR., De La Torre, AH. 2003.** Nitrate intake from drinking water on Tenerife Island (Spain). *The Sci. Total Environ.* 302: 85-92.
- Official Journal of the European Communities 1998.** Council Directive 98/83/EC, on the quality of water intended for human consumption. L 330/32. s. 8.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2016.** Havza Koruma Eylem Planları-Gediz Havzası. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Gediz Havzası. <http://gediz.ormansu.gov.tr/> (Erişim tarihi: 05 Ocak, 2017). s. 498.

- Özsahin, Ş. 2013.** Optimization of Process Parameters in Oriented Strand Board Manufacturing with Artificial Neural Network Analysis, *Eur J Wood Wood Prod.* 71(6): 769-777.
- Özyaral, O., Curabeyoğlu, A. 2011.** Ekoloji Egoloji İkilemi: İkincil Doğa. *X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi.* 04-07 Ekim 2011, s. 109. Çanakkale.
- Palani, S., Liong, SY., Tkalich, P. 2008.** An ANN application for water quality forecasting. *Marine Pollution Bulletin.* 56(9): 1586-1597.
- Ribbe, L., Delgado, P., Salgado, E., Flügel, WA. 2008.** Nitrate pollution of surface water induced by agricultural non-point pollution in the Pocochay watershed, Chile. *Desalination.* 226(1): 13-20.
- Rojas, R. 2005.** Neural Networks:A Systematic Introduction. Springer. s. 476.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. 2003.** Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları, Birinci Baskı, Kayseri: *Ufuk Yayıncılık.* s. 448.
- Singh, KP., Basant, A., Malik, A., Jain, G. 2009.** Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecol. Model.* 220(6): 888-895.
- Subramani, T., Elango, L., Damodarasamy, SR. 2005.** Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India, *Environ. Geol.* 47: 1099-1110.
- Touretzky, DS., Pomerleau, DA. 1989.** What's hidden in the hidden layers. *Byte*, August, 227-233.
- Tuncay, H., 1994.** Su Kalitesi. E.Ü. Zir.Fak. Yayınları No: 512. *Ofset Basımevi* Bornova, İzmir. s. 215.
- Türk Standartlar Enstitüsü 2005.** TS 266, Water intended for human consumption. *Turkish Standards Institution.* s. 20.
- Venkatachalam, AR. 1993.** Software cost estimation using artificial neural networks. In *Neural Networks, 1993. IJCNN'93-Nagoya. Proceedings of 1993 International Joint Conference on 1993 Oct 25, IEEE*, 1: 987-990.
- WHO Raporu 1985.** Health hazards from nitrate in drinking-water. Report on a WHO meeting, Copenhagen, 5-9 March 1984. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (Environmental Health Series No. 1). s. 215.
- WISE 2016.** Water Note 3. Groundwater at Risk: Managing the water under us. http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/waternotes/water_note3_groundwateratrisk.pdf. (Erişim tarihi: 05 Ocak, 2017). s. 2.
- Yesilnacar, MI., Sahinkaya, E., Naz, M., Ozkaya, B. 2008.** Neural network prediction of nitrate in groundwater of Harran Plain, Turkey. *Environ. Geol.* 56(1): 19-25.
- Zhang, G., Patuwo, BE., Hu, MY. 1998.** Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of The Art, *Int J Forecast.* 14(1): 35-62.