T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NEHİR SUYU SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN METEOROLOJİK FAKTÖRLERLE İLİŞKİLERİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Hazırlayan
Merve TEMİZYÜREK

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2015
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NEHİR SUYU SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN METEOROLOJİK FAKTÖRLERLE İLİŞKİLERİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Merve TEMİZYÜREK

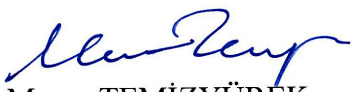
Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2015-5645 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Ağustos 2015
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Merve TEMİZYÜREK

YÖNERGEYE UYGUNLUK

'Nehir Suyu Sıcaklık Değişimlerinin Meteorolojik Faktörlerle İlişkilerinin Analizi ve Modellenmesi' adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Merve TEMİZYÜREK

Danışman

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK danışmanlığında **Merve TEMİZYÜREK** tarafından hazırlanan "**Nehir Suyu Sıcaklık Değişimlerinin Meteorolojik Faktörlerle İlişkilerinin Analizi ve Modellenmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selma YAŞAR KORKANÇ .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Evrim KARAÇETİN .....

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 15/09/2015 tarih ve 2015/38-27 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15 / 09 / 2015

Prof. Dr. Kâzım KEŞLİOĞLU

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu projenin yürütülmesi ve düzenlenmesi sırasında değerleri yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK'e, her zaman maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2015-5645 no'lu araştırma projesi olarak desteklenmiştir. Bu destekten dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

NEHİR SUYU SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN METEOROLOJİK FAKTÖRLERLE İLİŞKİLERİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Merve TEMİZYÜREK

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2015

Danışman: Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ÖZET

Su sıcaklığı, en önemli su kalite parametrelerinden biridir. Bu parametre sudaki bütün kimyasal ve biyolojik prosesleri etkilemesinin yanı sıra sucul yaşam için de önemlidir. Nehirlerde su sıcaklığı genel olarak, meteorolojik ve jeofiziksel faktörlerle ilişkilidir. Bu tez çalışması, Kızılırmak Nehri örneğinde su sıcaklıkları ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkilerin yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile analizini ve modellenmesini amaçlamaktadır. Çalışmada, Kızılırmak Nehri üzerinde yer alan dört akım gözlem istasyonunda ölçülmüş su sıcaklıkları ve bu istasyonlara en yakın meteorolojik gözlem istasyonlarından elde edilmiş meteorolojik veriler kullanılmıştır. Çok katmanlı algılayıcı türünde bir YSA modeli, tek gizli katmanı olacak şekilde seçilmiştir. Model, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve önceki su sıcaklıkları olmak üzere dört girdi parametresi içermektedir. Model çıktısı su sıcaklıklarından oluşmaktadır. Tüm veriler, zaman zaman eksik kayıtlar olmasıyla birlikte 1995-2007 yılları için aylık olarak mevcuttur. Model, verilerin %50'si ve ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmaları kullanılarak eğitilmiştir. Modelin aktivasyon fonksiyonları (S-şekilli veya hiperbolik tanjant) ve gizli katmandaki nöron sayıları deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Verilerin %25'i modeli test etmek ve %25'i ise kontrol için kullanılmıştır. Modelin performansı gözlenen ve simüle edilen su sıcaklıkları arasında ortalama karekök hata ve determinasyon katsayısı hesaplanarak değerlendirilmiştir. Analizler en iyi sonuçların S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik azalma algoritmasının uygulanmasıyla elde edildiğini göstermiştir. Analizler YSA modellerinin Kızılırmak Nehri'nde meteorolojik verilere dayalı su sıcaklıklarının modellemesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, su sıcaklıkları, Kızılırmak Nehri

MODELING THE RELATIONSHIPS BETWEEN WATER TEMPERATURES AND METEOROLOGICAL PARAMETERS AT KIZILIRMAK RIVER USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Merve TEMİZYÜREK

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August, 2015

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ABSTRACT

River water temperature is one of the most important water quality parameters. It not only affects all chemical and biological processes in water but also has important implications for aquatic life. Water temperature variations in rivers can be affected by various factors, which are generally characterized as meteorological and geophysical parameters. This study aims to develop an artificial neural network (ANN) model to examine the relationships between water temperatures and meteorological parameters at Kızılırmak River in Turkey. In this study, monthly water temperatures measured at four stations on Kızılırmak River and meteorological data obtained from nearby meteorologic stations were used. A multi-layer perceptron type ANN model with one hidden layer was selected. The model included four input parameters: air temperature, wind speed, relative humidity, and historical water temperatures. The model output consisted of water temperatures. All data were available for the 1995-2007 period on the monthly timescale, with occasional missing records. The activation functions (sigmoid or hyperbolic tangent) of the ANN model and the number of neurons in the hidden layer were determined by trial-and-error method. Model training was accomplished by using 50% of the data and a scaled conjugate gradient and gradient descent algorithms. 25% of data were used for model testing and the remaining 25% for control. The performance of the model was evaluated by calculating the root mean square error (RMSE) and determination coefficient between observed and simulated water temperatures. The best results were obtained by using sigmoid activation function and scaled conjugate gradient algorithm. The analysis showed that ANN models can be used for simulating the water temperatures based on meteorological data at Kızılırmak River.

Keywords: Artificial neural networks, water temperatures, Kızılırmak River

İÇİNDEKİLER

NEHİR SUYU SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN METEOROLOJİK FAKTÖRLERLE İLİŞKİLERİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Sayfa

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... **i**
YÖNERGEYE UYGUNLUK ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xi**

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Nehirlerde Su Sıcaklığı, Önemi ve Etkileyen Faktörler Hakkında Genel Bilgiler 4
1.1.1. Su Sıcaklıklarının Çevresel Açıdan Önemi 4
1.1.2. Nehir Suyu Sıcaklıklarını Etkileyen Faktörler 5
1.1.3. İklim Değişikliğinin Nehir Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkileri 7
1.1.4. Nehir Suyu Sıcaklıklarının Modellenmesi 9
1.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme Hakkında Genel Bilgiler 11
1.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri 11
1.2.2. Yapay Sinir Ağları ve Biyolojik Sinir Ağları 12
1.2.3. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması 15

1.2.3.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar 15
1.2.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar 16
1.2.4. Yapay Sinir Ağları Kullanım Alanları 18
1.3. Literatür Özeti 19

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı 22
2.2. Kullanılan Veriler ve Özellikleri 23
2.3. Veri Analizleri 25
2.3.1. İstatistiksel Analizler 25
2.3.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme 26

3.BÖLÜM

BULGULAR

3.1. İstatistiksel Analiz Bulguları 28
3.1.1. Su Sıcaklık ve Meteorolojik Verilerinin İstatistiksel Özellikleri 28
3.1.2. Su Sıcaklıkları ve Meteorolojik Parametreler Arasındaki Korelasyonlar 32
3.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme 33
3.2.1. En iyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi 33
3.2.2. Su Sıcaklıkları Modellemesinde En Etkili Parametreler 37

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR 43

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Termal Birimler 6
Tablo 2.1. Kızılırmak Nehri üzerindeki akım gözlem istasyonlarının konum bilgileri .. 24
Tablo 2.2. Kızılırmak Havzası'nda bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarının konum bilgileri 25
Tablo 3.1. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklık verilerinin istatistiksel özellikleri 29
Tablo 3.2. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde aylık ortalama su sıcaklıkları (^{o}C) 30
Tablo 3.3. Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında ölçülen hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem verilerinin istatistiksel özellikleri 31
Tablo 3.4. Zara ve Kayseri istasyonları için 1995-2007 dönemini aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama bağıl nem değerleri 32
Tablo 3.5. Su sıcaklıklarının bir önceki aya ait su sıcaklıkları, hava sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgâr hızı ile korelasyonları 33
Tablo 3.6. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri 34
Tablo 3.7. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri 34
Tablo 3.8. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve gradyan azalma algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri 34
Tablo 3.9. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve gradyan azalma algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri 35
Tablo 3.10. Girdilerin ortalama hava sıcaklığı, ortalama rüzgâr hızı ve ortalama bağıl nem parametrelerinden oluştuğu durumda elde edilen en iyi ağ konfigürasyonları ve RMSE ve R^2 değerleri 37
Tablo 3.11. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri ortalama hava sıcaklığı, bir önceki yıla ait sıcaklık, rüzgâr hızı, iken elde edilen en iyi ağ değerleri 37

Tablo 3.12. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri rüzgâr hızı, bir önceki yıla ait sıcaklık, bağıl nem iken elde edilen en iyi ağ değerleri 38
Tablo 3.13. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri ortalama hava sıcaklığı, bir önceki yıla ait sıcaklık, bağıl nem iken elde edilen en iyi ağ değerleri 38

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Basitleştirilmiş bir biyolojik nöron şeması 13
Şekil 1.2. İki nöron arasındaki sinapslar boyunca yapılan sinyal transferinin 13
şematik gösterimi 13
Şekil 1.3. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan en basit TKA modeli 15
Şekil 1.4. Çok katmanlı algılayıcı modeli [29] 17
Şekil 2.1. Kızılırmak Nehri'nin Türkiye üzerindeki konumu [40] 23
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarının Kızılırmak Nehri üzerindeki yerleri 24
Şekil 3.1. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklıkları (1) 28
Şekil 3.2. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklıkları (2) 29
Şekil 3.3. Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında 1995-2007 döneminde ölçülen hava sıcaklığı,rüzgâr hızı ve bağıl nem verileri (1) 30
Şekil 3.4. Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında ..... 1995-2007 döneminde ölçülen hava sıcaklığı,rüzgâr hızı ve bağıl nem verileri (2) 31
Şekil 3.5. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların 1995-2007 dönemi için gözlenen değerlerle karşılaştırılması (1) 35
Şekil 3.6. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların 1995-2007 dönemi için gözlenen değerlerle karşılaştırılması (2) 36
Şekil 3.7. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların gözlenen değerlerle korelasyonu (1) 36
Şekil 3.8. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların gözlenen değerlerle korelasyonu (2) 36

GİRİŞ

Doğal su kütlelerinin tartışmasız en önemli fiziksel özelliği olan su sıcaklığı, yoğunluk, viskozite, buhar basıncı, gaz çözünürlüğü, kimyasal ve biyolojik reaksiyon hızları gibi birçok diğer özelliği etkilemektedir. Nehirlerde termal rejim ve dolayısıyla su sıcaklıkları atmosferik olaylar, yüzey akışı, baz akım ve atık ısı deşarjları gibi yollarla doğrudan ısı girişleri ve su ile çevre arasındaki ısı değişiminden etkilenir. Nehir suyu sıcaklıkları pek çok dışsal faktöre bağlı olarak önemli mekânsal ve zamansal farklılıklar gösterebilmektedir [1].

İklim, değişiminin insanın yaşadığı çevreye derin etkileri olabilecek, doğal ekosistemin vazgeçilmez bir parçasıdır. Geçmiş yıllarda küresel iklim periyodik bir değişime uğramıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) tarafından hazırlanan üçüncü küresel iklim değerlendirmesi raporuna göre son 100 yıllık periyotta sıcaklık yaklaşık olarak 5^{o}C'lik belirgin bir artış göstermiştir [2]. Küresel ısınma doğal döngünün önemli bir parçası olarak hem doğal ekosistem hem de insan yaşamı üzerinde önemli bir rol oynayan su kaynakları üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir [3]. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli sonuçlarından olan su kaynaklarının azalması, çevresel etki yanında sürdürülebilir yaşamı engelleyecek boyutlara ulaşmaktadır. Küresel ısınma sonucu su kaynaklarında ciddi sorunlar yaşanmakta olup tarım ve orman ürünlerinde azalış, enerji sıkıntısı, kıyı kesimlerden iç kısımlara doğru nüfus hareketi gibi etkilere neden olması beklenmektedir [4].

İklim değişikliğinden dolayı nehirlerin hidrolojik ve termal rejimlerinde değişim beklenmektedir. Bu durumun tatlı su ekosistemleri, su kalitesi ve insanların kullanım suyu için doğrudan sonuçları olacaktır [5]. Nehir suyu sıcaklıkları genellikle atmosferik koşullara karşı hassasiyet gösterirler. Ayrıca nehir akışındaki değişiklikler özellikle

kurak dönemlerde su sıcaklıklarını önemli derecede etkiler [6,7]. Bu yüzden, atmosferik ısınmanın ve nehir akışındaki değişimlerin etkilerinin birleşimi, iklim değişikliğinin nehir suyu sıcaklıkları üzerine gelecekteki etkilerinin modellendiği çalışmalarda dikkate alınmalıdır [5].

Nehir suyu sıcaklığını simüle etmek ya da tahmin etmek için kullanılan modeller, su kaynakları ve sucul habitat yönetiminde önemi giderek artan bir araç haline gelmektedir. Su sıcaklığı-çevresel değişkenler ilişkisini analiz etmek için farklı modeller geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bunlar, deterministik ve istatistiksel/ stokastik modeller olmak üzere iki ana kategoride gruplandırılır. Genellikle, deterministik modeller sayısal girdi verisi gerektirir (örneğin; derinlik, gölgelenme miktarı, rüzgâr hızı). Bu yüzden, antropojenik etkilerinden dolayı (örneğin; rezervuar varlığı, termal kirlilik ve ormanların tahribi) farklı etki senaryolarını analiz etmek için daha uygundur. Deterministik modellere karşın, istatistiksel modellerin esas avantajı basitlikleri ve en az düzeyde veri gerektirmeleriyle ilgilidir. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon gibi parametrik modeller sıklıkla daha kısa zaman ölçekleri için (günlük, haftalık gibi) kullanılan yöntemlerdir. Sıralı regresyon, bağımsız değerler önemli ölçüde bağlantılı olduğu zaman avantaj sunar. Periyodik modeller periyodik zaman serilerinde sıklıkla var olan mevsimsellikle ilgili avantaj sunar. Parametrik olmayan modeller (non-parametrik) (örneğin; k-en yakın komşu, yapay sinir ağları (YSA)) su sıcaklığı ve çevresel değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin analizi için daha uygundur [8].

Bu tez çalışmasının temel konusu nehir suyu sıcaklıklarının meteorolojik faktörlerle ilişkisinin analiz edilmesi ve modellenmesidir. Çalışma Kızılırmak Havzası örneğinde yürütülmüştür. Kızılırmak Havzası, geniş bir havza olduğundan dolayı farklı iklim özelliklerine ait bölgeleri kapsamaktır. Bu çalışmada farklı bölgelerde bulunan istasyonlara ait su ve meteorolojik parametre verileri alınması iklim ve su sıcaklığı arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek açısından iyi bir örnek olacaktır. Bu tez çalışması kapsamında Kızılırmak Nehri'nde üzerinde bulunan 4 akım gözlem istasyonundan 1995-2007 dönemine ait su sıcaklığı verileri alınmıştır. Kızılırmak Havzası'nda bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarından alınan meteorolojik verilerle su sıcaklıklarının

ilişkileri incelenmiş ve bu ilişkilerin YSA yöntemi kullanılarak modellenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması 4 temel bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde su sıcaklığı ve iklim ile ilgili temel bilgiler verilmektedir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın konusu ile literatür analizi sunulmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde bu çalışmada izlenen yöntem ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde bulgular özetlenmekte ve son bölüm olan dördüncü bölümde çalışma sonuçları sunularak gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmaktadır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Nehirlerde Su Sıcaklığı, Önemi ve Etkileyen Faktörler Hakkında Genel Bilgiler

Bu tez çalışmasında nehirlerde su sıcaklık değişimlerinin meteorolojik faktörlerle ilişkilerinin analiz edilmesi ve modellenmesi konu edilmektedir. Bu kapsamda bu bölümde su sıcaklıklarının önemi, su sıcaklıklarını etkileyen faktörler ve su sıcaklıklarının meteorolojik faktörlerle ilişkisi üzerinde durulacaktır.

1.1.1. Su Sıcaklıklarının Çevresel Açıdan Önemi

Su sıcaklığı, sucul ekosistemler için önemli bir su kalitesi parametresidir. Kimyasal reaksiyon hızlarını, suyun çözünmüş oksijen içeriğini, sucul flora ve fauna için büyüme hızlarını ve ölümlerini etkiler. Nehirlerde su sıcaklığı hem meteorolojik faktörlerle hem de suyun başlangıç durumu ve deşarj edilen su sıcaklıklarından etkilenmektedir [9].

Su sıcaklığı, nehir ekosistemlerinin yapısında önemli bir rol oynar [10]. Nehirler, göller gibi su sistemlerinin sıcaklıkları, sisteme ısı girişleri ve sistemden ısı kayıpları arasındaki ilişkiden etkilenir. Nehir su sıcaklıkları aynı zamanda nehir metabolizmasının ve enerji transferlerine bağlı olan ekosistem faaliyetlerinin kısıtlanmasında da yer alır [11].

Su sıcaklıklarının değişimi sucul ekosistemleri birçok yoldan etkileyebilir. Bu etkiler arasında hassas bitkiler ve hayvanlar üzerine doğrudan öldürücü etkiler, sucul ekosistem üzerinde büyüme veya üremede dolaylı uzun zamanlı etkiler ve türlerin dağılımda değişiklik yoluyla dolaylı etkiler sayılabilir [12].

Sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu, balık gelişimi hatta ölümü gibi hem kimyasal hem de biyolojik prosesleri etkileyebilir [8]. Nehir sıcaklığının artması, sucul yaşamı herhangi toksik atığa, parazite ve hastalıklara karşı daha hassas yapacak aşırı derece düşük çözünmüş oksijen seviyelerine sebep olur.

Nehirlerin termal rejimi, sucul organizmaların dağılımı, büyümesi, üremesi ve ölümü üzerinde oldukça büyük etkiye sahiptir [13]. Balıklar vücut sıcaklıkları çevrelerindeki sıcaklıkla değiştiği için su sıcaklık değişimlerine karşı hassastır.

Su sıcaklığının yükselmesi balıkları birçok yönden etkileyebilir. İlk olarak, su sıcaklığı çok arttığında balık ölüm oranları anında artar. İkinci olarak balık türlerinin besin kaynakları, su sıcaklığındaki dalgalanmalara karşı balıklardan daha hassas olabilir. Bu da balık popülasyon dinamiklerini ve beslenme alışkanlıklarını etkiler. Üçüncü olarak, balık yumurtlaması ve yumurta gelişimi su sıcaklığı eşiğinde yetişkin veya daha olgun balıklara göre doğrudan daha az etkilenebilir [9]. Bunun yanında su sıcaklık değişimleri suda gerçekleşen bütün biyolojik ve kimyasal reaksiyonları etkiler ve su yoğunluğunu ve dolayısıyla suyun hareketi üzerinde etkilidir [12].

1.1.2. Nehir Suyu Sıcaklıklarını Etkileyen Faktörler

Doğal su kütlelerinin ısı denge eşitliği aşağıdaki şekilde geliştirilebilir. Herhangi bir su sisteminin sıcaklığı, sisteme eklenen ısı miktarı, sistemin özgül ısısı, hacmi ve yoğunluğu ile ilişkilidir. Bu ilişki Eşitlik 1.1'deki gibi ifade edilebilir [14].

$$T = \frac{H}{\rho * C_p * V} \tag{1.1}$$

Eşitlik 1'de, T (^{o}C veya ^{o}K), su sıcaklığını; H (joule), sisteme eklenen ısıyı, C_p (J (kg ^{o}C)$^{-1)}$, özgül ısıyı, ρ (kg m^{-3}), yoğunluğu ve V (m^{3}) ise su hacmini ifade etmektedir. Bu parametreler için kullanılabilecek birimler Tablo 1.1'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Termal Birimler (^{o}C: Santigrad derece, ^{o}F: Fahrenheit derece, ^{o}K: Kelvin derece, kg: Kilogram, m: Metre, g: Gram, lb: Pound, cm: Santimetre, ft: Feet, J: Joule)

[15]

Parametre	Sembol	MKS (Metre-kilogram-saniye)	CGS (Santimetre-gram-saniye)	İngiliz
Sıcaklık	T	^{o}C veya K	^{o}C veya K	^{o}F veya ^{o}K
Isı	H	joule	kalori	Btu
Yoğunluk	P	kg m^{-3}	g cm^{-3}	Ib_m ft^{-3}
Hacim	V	m^3	cm^3	ft^3
Özgül Isı	C_p	J (kg $^{o}C)^{-1}$	cal (g $^{o}C)^{-1}$	Btu (Ib_m $^{o}F)^{-1}$

Sabit hacimli bir su sistemi için birim zamandaki ısı dengesi Eşitlik 1.2'deki gibi ifade edilebilir [14].

[Birikim] = [Girdiler] –[Kayıplar]± [Yüzeysel Isı Değişimi] (1.2)

Eşitlik 1.2'de ısı girdileri sisteme akışlar yoluyla giren ısıyı ifade eder. Diğer bir ifadeyle, noktasal deşarjlar gibi türbülanslı nehirler aracılığıyla giren ısıları da temsil eder. Gölün çıkışında ısının sistemi terk etmesi nedeniyle bir kayıptır. Son olarak, yüzeysel ısı değişimi hava-su ara yüzeyi boyunca atmosferle etkileşimleri nedeniyle ısı kazanımını temsil eder. Artı veya eksi işaretleriyle belirtildiği gibi, bu terim bir kaynak ya da bir kayıp olabilir, gölün durumuna ve atmosfere bağlıdır [14]. Diğer kaynaklar ve kayıplar ısı dengesine dâhil edilmiş olabilir. Örneğin, sedimentlerle enerji değişimi çok sığ sularda önemli olabilir. Ancak çoğu doğal su kütlesi için sediment-su değişimi önemli değildir [14].

Birikim, zamanla (t) sistemdeki ısı (H), değişimini temsil eder (Eşitlik 1.3).

$$\text{Birikim} = \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (1.3)$$

Nehir suyu sıcaklığıyla ilişkili ve sıcaklık dalgalanmasına sebep olan pek çok faktör vardır. Bunlar; meteorolojik faktörler ve jeofiziksel faktörler olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Meteorolojik faktörler atmosferik şartları içerir. Jeofiziksel faktörler ise topografya, akarsu deşarjı ve nehir yatağı gibi faktörleri içerir [16]. Güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nemlilik gibi atmosferik şartlar çoğunlukla nehir yüzeyinde olan ısı değişimini belirlediğinden dolayı en önemli faktörlerdir [17]. Atmosferik koşullar öncelikle su yüzeyindeki ısı değişiminden sorumludur. Etkileyen parametreler güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, nemlilik, rüzgâr hızının yanı sıra yağışın türünü ve miktarını da içerirler. Topografya, enlem/boylam, nehir bitki örtüsü, jeoloji, nehir yönü (oryantasyon) ve arazi gölgelenmesi gibi faktörleri içerir ve nehirlerin termal rejimini de etkileyebilir. Kerestecilik gibi insan faaliyetleri nehir bitki örtüsü nehir yatağı boyunca yer değiştirmesiyle güneş radyasyonunun nehre ulaşmasında bir artmayla sonuçlanabilir. Akarsu deşarjı faktörleri çoğunlukla nehir hidroliği ile (yüzey alanı, su hacmi vs.) ilişkilidir. Nehir yatağı ısı akışları da proses değişimine ve yeraltı suyunun katkısına bağlı olan nehirlerin termal rejimini etkileyebilir [17].

Bir nehrin termal rejimi, seçilmiş zaman aralıklarında (mevsimsel, günlük ya da 24 saatlik bir nehrin su sıcaklığındaki doğal değişimleri temsil eder. Birçok faktör termal rejimi etkileyebilir ve bunlar farklı faktörler kullanılarak sınıflandırılabilir [16]. Örneğin, yapılan bir çalışmada bu faktörler iç ve dış faktörler olmak üzere 2 kategoride sınıflandırılmıştır [18]. Dış faktörler net enerji ve su girdileri olarak düşünebilir. İç faktörler nehir prosesleriyle ve nehir karakterleriyle (bitki örtüsü tabakası, yüzey- yeraltı su etkileşimleri vb.) ilişkilidir [18].

Bu tez çalışmasında su sıcaklıklarının özellikle atmosferik ya da meteorolojik faktörlerle ilişkilerine odaklanılmaktadır.

1.1.3. İklim Değişikliğinin Nehir Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkileri

İklim sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir. Bu sistem, zaman içinde, kendi iç dinamiklerinin etkisi altında ve dış etmenlerdeki değişikliklere bağlı olarak yavaş yavaş değişim gösterir. Dış etmenler, volkanik patlamalar ve güneşle ilgili değişkenlikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki insan kaynaklı

değişiklikleri içerir. Güneş radyasyonu, iklim sisteminin güç kaynağıdır. Yerküre'nin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla iklimi değiştiren üç temel yol bulunmaktadır [19]:

1) Gelen güneş radyasyonundaki değişiklikler (Güneşin kendisindeki ya da Yerküre'nin yörüngesindeki değişikliklere bağlı olarak),
2) Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir),
3) Yerküre'den uzaya geri gönderilen uzun dalgalı radyasyondaki değişiklikler (sera gazı salınımlarının atmosferdeki birikimlerine bağlı olarak). Bunların yanı sıra, rüzgârlar ve okyanus akıntılarının, Yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır [19].

İklim değişikliği, "nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ya da değişkenliğinde onlarca yıl ve daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler" biçiminde tanımlanmaktadır. Dünyamızın bugüne kadarki tarihi boyunca, yaklaşık 4,5 milyarlık bir periyotta iklim sisteminde, milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler meydana getirmiştir [19].

Nehir sistemlerinde iklim değişikliğinin etkileri, akıştaki değişiklikler, nehir akışı, yeraltı suyu akışı ve diğerleri arasında su sıcaklıklarını içerir. Su sıcaklığı artırıldığında çözünmüş oksijen azalır ve biyolojik aktiviteler artar. Bu değişimlerin genelde nütrientler, organik madde ve biyokütle üzerinde potansiyel sonuçları vardır. İklim değişikliğinin nehir suyu sıcaklığı üzerindeki etkisi büyük oranda meteorolojik ve fiziksel parametrelerin yanı sıra gelecekteki hava sıcaklığının değişimine bağlıdır. Su sıcaklığı hava sıcaklığıyla büyük oranda ilişkili olduğu için, su sıcaklığının da iklim değişikliği altında artması beklenmektedir [16]. Su sıcaklığı nehrin fiziksel, biyolojik ve kimyasal karakteristiklerini doğrudan etkiler ve tüm sucul organizmaların yaşamını ve

uygunluğunu belirler. Nehir ekolojisinin neredeyse tüm yönlerine doğrudan ve dolaylı olarak etki eder [16].

Hava sıcaklığı, su sıcaklığını etkileyen, nehir yüzeyinin üstündeki en önemli faktörlerden biridir [8,16]. Nehir suyu sıcaklıklarının belirlenmesinde atmosfer ve suyun birbirleriyle ilişkisi bugün daha iyi anlaşılmaktadır. Büyük havzası olan büyük nehirler de nehrin ilgili kesimleri üzerinde hâkim farklı iklim koşulları tarafından etkilenir. Mevsimsel farklılıkların yanında, akım sıcaklıkları onlarca yılı kapsayan dönemlerde uzun süreli değişikliklere uğrayabilir. Mevsimsel değişimler üzerine yerleştirilen bu tür uzun vadeli eğilimler, ağırlıklı olarak insan kaynaklı ve iklim değişikliği ile havza ve akım modifikasyonu olmak üzere iki temel nedenden kaynaklanır [1].

1.1.4. Nehir Suyu Sıcaklıklarının Modellenmesi

Model, gerçek dünyanın bilgisayar ortamındaki gösterimidir. Modeller karmaşık sistemlerin basitleştirilmesini böylece daha anlaşılabilir hale gelmesini sağlar. Ayrıca modeller, bir sistemin nasıl çalıştığının anlaşılmasını, incelenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Modelleme, bu nedenlerle gereklidir. Modeller fiziksel veya matematiksel, stokastik veya deterministik, statik veya dinamik ve simülasyon veya optimizasyon olmak üzere değişik şekillerde sınıflandırılabilirler.

Nehir suyu sıcaklık modellemesi konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar arasında deterministik ve istatistiksel/stokastik modeller bulunmaktadır. Deterministik modeller, nehir ve etrafını saran çevresinin arasındaki ısı değişimlerinin altında yatan fiziksel olayların matematiksel temsiline dayanır. Bu tür modeller genellikle enerji bütçesi yaklaşımını kullanır. Nehir geometrisi, hidrolojisi ve meteorolojisi dahil, fazla sayıda girdi verisi gerektirirler. Örneğin, gölgelenme miktarının ve rüzgâr etkisinin yanı sıra suyun derinliği gibi nehrin fiziksel özelliklerinin, su sıcaklıkları veya nehrin termal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için sıklıkla deterministik modeller kullanılır [8].

Bu modeller, kullanıcılar ısı bütçesinin bazı parçalarındaki değişiklikleri modellemek istediklerinde etkili modellerdir [19]. Sonuç olarak, analiz ve rezervuar varlığı, termal kirlilik, orman tahribi ve diğer antropojenik etkilerden dolayı farklı etki senaryolarını

karşılaştırmak için oldukça kullanışlıdırlar. Örneğin, SHADE modeli, su sıcaklığını simüle eder ve gölgelenme etkisini de inceleyebilir [20]. Deterministik modelleme yaklaşımının potansiyel bir sınırlaması, bu yaklaşımın veri gereksinimi açısından oldukça talepkâr olması ve uygulamalarının bu yüzden karmaşık olmasıdır [8].

Su sıcaklığı tahmininde ya da modellemede deterministik modellere alternatif bir yaklaşım olarak istatistiksel/stokastik modeller kullanılır. Deterministik modellerin aksine, bu tür modellerin temel avantajı, basitlikleri ve az miktarda veri talepleridir. İstatistiksel modeller genellikle parametrik ve parametrik olmayan olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılırlar. Parametrik modeller arasında, regresyon modelleri ve stokastik modeller olmak üzere ileri bir sınıflandırma yapılabilir. Regresyon modelleri genellikle haftalık, aylık, ve yıllık zaman aralıklarında, esas olarak hava ve su sıcaklıkları arasında nispeten yüksek ilişki (korelasyon) olduğuna dayanarak bu zaman periyotlarında su sıcaklığını tahmin etmek ya da simüle etmek için uygulanırlar. Bu ilişki, güneş radyasyonuna bağlı olan iki değişkenin kesişiminden dolayı daima belirgindir [8]. Bazı durumlarda, doğrusal olmayan regresyon modelleri, yüksek ve düşük hava sıcaklıklarda su sıcaklığı dengesini daha iyi yakalamak için kullanılır [21].

Su sıcaklıkları haftalıktan daha kısa bir zaman aralığı için modelleneceği zaman, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modellerini, genellikle su sıcaklığı zaman serilerindeki otokorelasyondan dolayı, uygulamak zordur. Bu yüzden, günlük gibi, haftalıktan daha kısa zaman periyotları için otokorelasyonu hesaplayan diğer model türlerinin yanı sıra sıklıkla stokastik modeller kullanılır. Stokastik model, olasılık ve rastlantısal olaylara dayanan modellerdir. Neden-sonuç ilişkisi içermezler. İstatistiksel parametreleri (ör. ortalama, standart sapma) kullanırlar [8, 22].

İstatistiksel modeller başlıca parametrik ve parametrik olmayan modeller olmak üzere ikiye ayrılır. Parametrik modeller, genellikle regresyon ve stokastik modeller olarak iki ana başlıkta düşünülür. Parametrik olmayan modeller ise daha çok tahmine dayalı yöntemler kullanmaktadır. Nicel değerlerin az olduğu durumlarda sıklıkla kullanılır. En çok kullanılan model yapay sinir ağlarıdır.

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağları yaklaşımı kullanılacaktır.

1.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme Hakkında Genel Bilgiler

Bu tez çalışmasında nehir suyu sıcaklık değişimlerinin meteorolojik faktörlerle ilişkilerinin yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile modellenmesi konu edilmektedir. Bu bölümde YSA hakkında genel bilgiler sunulacaktır.

1.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı karmaşık gerçek-dünya modelleri için çoğu bilim dalında büyük ölçüde kabul görmüş bir yaklaşımdır. YSA, birbirleriyle yoğun iletişim halinde olan ve uyum sağlayabilen basit işlem elemanlarının (yapay nöronlar ya da bağlar olarak adlandırılan) birleşim yapısı olarak tanımlanabilir. Bunlar, veri işlenmesi ve bilgi sunumu için büyük ölçekte paralel hesaplamalar yapabilecek kapasitededir [23]. YSA'nın çekiciliği, biyolojik sistemin doğrusal olmayan, yüksek paralellik, sağlamlık, hata ve başarısızlık toleransı, öğrenme ve kapasitelerini yaygınlaştırma gibi biyolojik sistemlerin dikkate alan bilgi işlem karakteristiklerinden kaynaklanmaktadır [24].

Yapay modeller, istenilen karakteristiklere sahiptir çünkü (i) doğrusal olmayan verilere daha iyi uyum sağlamaya izin verir, (ii) kesin olmayan veri varlığında ve ölçüm hatalarında doğru tahmin sağlar, (iii) yüksek paralellik, hızlı işleme ve donanım hatası toleransı uygular, (iv) öğrenme ve adaptasyon, sistem iç yapısının ortam değişimine karşı olan tepkisinde güncellemeye (modifikasyon) izin verir ve (v) genelleme öğrenilmemiş veriye modelin uygulamasını sağlar. YSA'ya dayalı hesaplamanın (nörohesaplama) esas amacı YSA'ya insan beynindeki bilgi işlemeyi ve bilgi edinmeyi taklit ederek öğrenmesi için imkân vereceği matematiksel algoritmalar geliştirmektir [25].

Bir YSA, nöronlar olarak da bilinen, birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olan proses elemanlarının bir setinden oluşur. Her bir nöronun modelde bir transfer fonksiyonu, f_i şeklinde gösterildiği yönlendirilmiş bir grafik olarak tanımlanabilir,

$$y_i = f_i\left(\sum_{j=1}^{n} wijx_j - \Theta_i\right) \quad (1.1) \qquad (1.4)$$

Eşitlik 1.4'te gösterildiği üzere y_i, i nöronunun çıktısı, x_j nörona gelen j. girdi, i ve j nöronları arasındaki bağlantı ağırlığıdır. w_{ij}, nöronun eşiğidir (ya da öngörü). Genellikle, f_i; S-şekilli fonksiyon ya da Gauss fonksiyonu gibi doğrusal olmayan bir fonksiyondur.

YSA, bağlantılarının sınıflandırılmasına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere ikiye bölünebilir. YSA'da, eğer ağdaki numaralı tüm nöronlarda, büyük numaralı bir nörondan daha küçük numaralı bir nörona kadar tüm bağlantılarda iletişimin olmadığı gibi bir yöntem varsa, o zaman ağ ileri beslemelidir. Tüm iletişimler küçük numaraları nöronlardan daha büyük numaraları nöronlara doğrudur. Eğer böyle bir numaralandırma metodu mevcut değilse o zaman geri beslemeli bir YSA'dır.

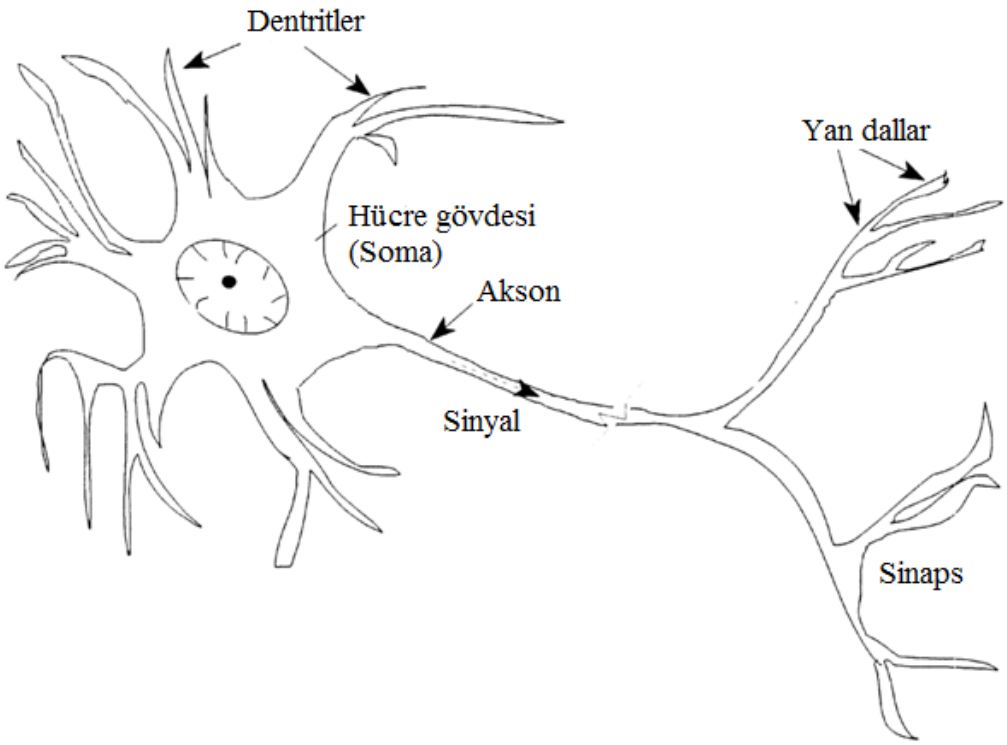
Bir YSA'nın mimarisi toplam bağlanabilirlik ve ağdaki her bir nöron için transfer fonksiyonu gibi topolojik yapı tarafından belirlenir.

1.2.2. Yapay Sinir Ağları ve Biyolojik Sinir Ağları

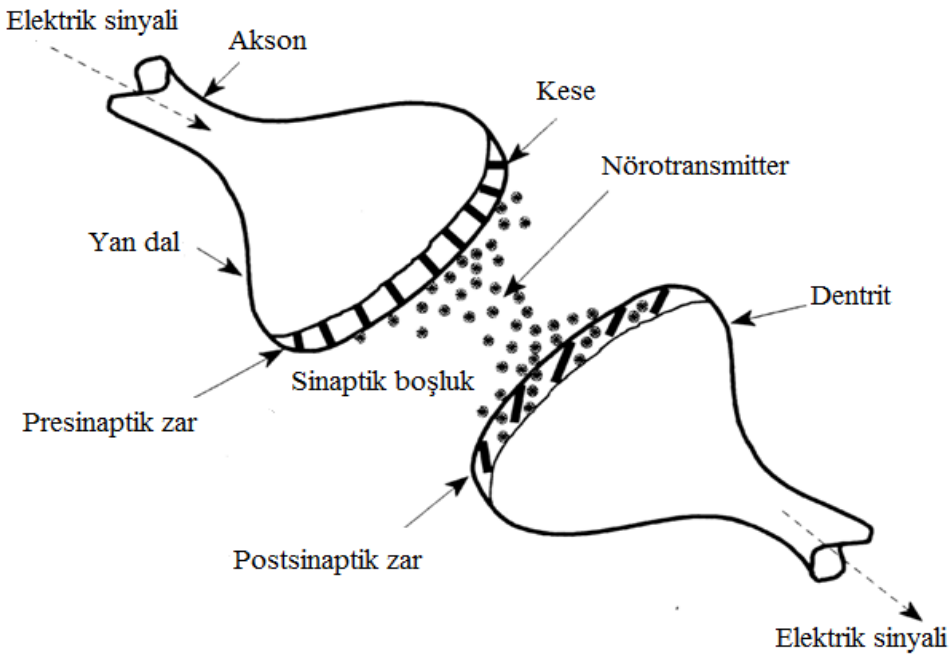
Biyolojik sinir, sinir sisteminin temel yapı bloğu olduğundan dolayı, işleyişi yapay sinir işleyişini ve YSA ile biyolojik ağlar arasındaki benzerliği anlamak için açıklanacaktır.

İnsan sinir sistemi, vücutta kendi konumuyla ilgili olarak farklı tipte ve uzunlukta milyarlarca nörondan oluşur [26]. Şekil 1.1'de 3 ana fonksiyon ünitesiyle-dentrit, soma (hücre gövdesi) ve akson basitleştirilmiş bir biyolojik nöron şeması gösterilmektedir.

Soma, kalıtsal özeliklerle ilgili bilgiyi içeren bir çekirdek ve nöron tarafından ihtiyaç duyulan materyalleri üretmek için var olan moleküler ekipmanı tutan bir plazmadan oluşur [27]. Dentritler diğer nöronlardan sinyalleri alır ve hücre gövdesine iletir. Yan dallara uzanan akson, hücre gövdesinden sinyalleri alır ve onları sinapslar boyunca komşu nöronların dentritlerine taşır. İki nöron arasındaki sinapslar boyunca yapılan sinyal transferinin şematik gösterimi Şekil 1.2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Basitleştirilmiş bir biyolojik nöron şeması [24]



Şekil 1.2. İki nöron arasındaki sinapslar boyunca yapılan sinyal transferinin şematik gösterimi [24]

Bir elektrik sinyalinin formu olan bir itme, dentritlerle birlikte hücre gövdesi boyunca sinapsın presinaptik hücresine doğru seyahat eder. Zara ulaşmasıyla, gelen sinyalin gücüne oranla büyüklükte keseden bir nörotransmitter (kimyasal) salınır. Nörotransmitter sinaptik boşluk içinde postsinaptik zara doğru ve sonunda komşu nöronların dentritlerine yayılır. Böylece onları yeni bir elektrik sinyali üretmek için zorlar (alınan nöronun eşiğine bağlıdır). Üretilen sinyal, ikinci nörondan da biraz önce tasvir edildiği gibi aynı şekilde geçer. Alıcı nöron boyunca geçen sinyalin miktarı her bir besleme nöronundan yayılan sinyalin yoğunluğuna, sinaptik güçlerine ve alıcı nöronun eşiğine bağlıdır. Bir nöron fazla sayıda dentritlere/sinapslara sahip olduğundan dolayı çoğu sinyali aynı anda alabilir ve iletebilir. Bu sinyaller ya yardımcı olabilir (uyarabilir) ya da nörondan çıkmasını önleyebilir. Bu sinyal transferinin basitleştirilmiş mekanizması erken nörohesaplamanın gelişmesini ve YSA biriminin yapısının işleyişinin temel adımını oluşturmuştur [24].

Yapay nöron ve biyolojik nöron arasındaki basit benzerlik, aksonları ve dentritleri temsil eden bağlar arasındaki iletişimler, sinapsları temsil eden bağlantı ağırlıkları ve somada aktiviteye yaklaşan eşiktir [24].

YSA'da öğrenme genellikle örnekler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu aynı zamanda YSA'da "eğitim" olarak da adlandırılır. Çünkü öğrenme YSA'da tekrarlı bağlantı ağırlıklarını ayarlayarak gerçekleştirir. Böylece eğitme (ya da öğrenme) gibi YSA'nın belirgin görevleri yapılabilir. YSA'da öğrenme, kabaca, denetimli, denetimsiz ve güçlendirici öğrenme şeklinde ayrılabilir. Denetimli öğrenme, bir YSA'nın gerçek çıktısı ve hedef çıktı olarak da bilinen, istenilen doğru çıktı arasındaki doğrudan karşılaştırmaya dayanır. Genellikle mevcut verinin tamamı üzerinde toplanan, gerçek çıktı ve istenilen çıktı arasındaki toplam ortalama kareler hatası gibi hata fonksiyonunun en aza indirilmesi olarak formülize edilir. Geriye yayılım gibi [25] bir gradyan azalma tabanlı optimizasyon algoritması, hatayı en aza indirmek için YSA'da tekrarlı olarak bağlantı ağırlıklarını ayarlamak için kullanılabilir. Güçlendirici öğrenme, tam istenen çıktının bilinmediği, denetli öğrenmenin özel bir durumudur. Sadece gerçek çıktının doğru olup olmadığına dair bilgiye dayanır. Denetimsiz öğrenme sadece girdi verileri arasındaki korelasyona dayanır. Öğrenme için "doğru çıktı" üzerine bir bilgi mevcut değildir [23].

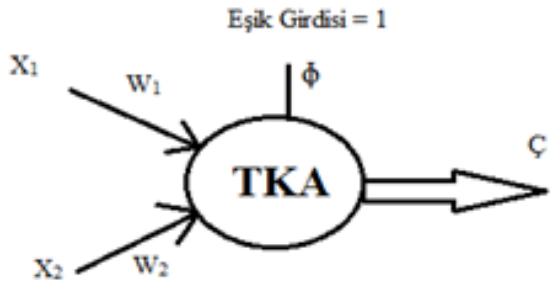
1.2.3. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA işleyiş olarak benzer olmalarına rağmen herhangi bir tasarım ve işleyiş standardı bulunmamaktadır. Nöron dizilimlerine, nöronların ağırlıklarının düzenleme için yapılan hesaplamaların türüne ve zamanına göre YSA üç ayrı dalda incelenebilir [26].

Yapılarına göre YSA, içerdiği nöronların birbirine bağlanış şekillerine göre ileri ve geri beslemeli olarak ikiye ayrılmaktadır [27]. YSA'nın verilen girdilere göre çıktı üretebilmesinin yolu ağın öğrenebilmesidir. Bu öğrenme işleminin de birden fazla yöntemi vardır. YSA öğrenme algoritmalarına göre denetimli, denetimsiz ve güçlendirici öğrenme olarak üçe ayrılmaktadır. Yapay sinir ağları öğrenme zamanına göre de statik ve dinamik öğrenme olarak ikiye ayrılmaktadır [28].
Bir yapay sinir ağında proses elemanlarının bağlanması sonucu oluşan topoloji, proses elemanlarının sahip oldukları toplama ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme stratejisi ve kullanılan öğrenme kuralı ağın modelini belirlemektedir. Günümüzde çok sayıda model geliştirilmiştir [28].

1.2.3.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar

Tek katmanlı yapay sinir ağları sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Her ağın bir veya daha fazla girdisi ve çıktısı (Ç) vardır. Çıktı üniteleri bütün girdi ünitelerine (X) bağlanmaktadır. Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunur. Şekil 1.3'teki ağ iki girdisi ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Bu ağlarda proses elemanlarının değerlerinin ve dolayısıyla ağın çıktısının sıfır olmasını önleyen bir de eşik değeri (ϕ) vardır. Eşik değerinin girdisi daima 1'dir [28].



Şekil 1.3. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan
en basit TKA modeli [28]

Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunur. Bu girdi değeri bir aktivasyon fonksiyondan geçirilerek ağın çıktısı hesaplanır [28].

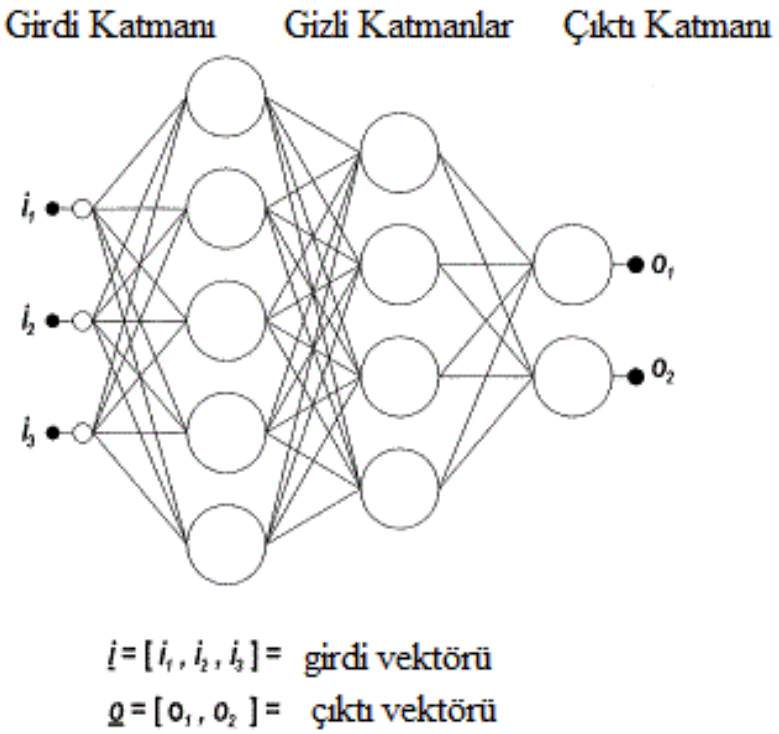
1.2.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar

Çevresel modelleme, kombinasyon içinde çeşitli yaklaşımların kullanımını gerektirir. En uygun yaklaşımı seçmek, belirtilen problemin karmaşıklığına ve problemin kavrandığı dereceye bağlıdır. Uygun veri ve hesaplama kaynakları ve problemin güçlü bir teorisinin mevcut olup olmadığı tahmin edilerek, tam bir sayısal model belki de en çok istenilen şeydir. Fakat genelde, problemin karmaşıklığının artmasından dolayı teorik kavrama azalır ve istatistiksel yaklaşımlar gerektirir [28].

Diğer istatistiksel tekniklerin aksine çok katmanlı algılayıcılar veri dağıtımı konusunda önceden varsayımlar yapmaz. Çoğunlukla doğrusal olmayan fonksiyonlar modelleyebilir ve yeni, görülmeyen veri sunulduğunda doğru bir şekilde genelleme yapmak için eğitilebilir. Çok katmanlı algılayıcının bu özellikleri sayısal modeller geliştirmek için ve istatistiksel yaklaşımlar arasından seçilirken de cazip bir alternatif oluşturur. Çok katmanlı algılayıcı, Şekil 1.4'te gösterildiği gibi, bir girdi vektörü ve bir çıktı vektörü arasında doğrusal olmayan bir haritalamayı temsil eden, birbirine bağlı nöronların ya da bağların basit bir sisteminden oluşur [29]. Bağlar, basit bir doğrusal olmayan transfer ya da aktivasyon fonksiyonuyla değiştirilen bağın girdiler toplamının bir fonksiyonu olan ağırlıklarla ve çıktı sinyalleriyle bağlıdır. Eğer transfer fonksiyonu doğrusalsa o zaman çok katmanlı algılayıcı sadece doğrusal fonksiyonları modelleyebilecektir.

Çok katmanlı algılayıcının mimarisi çeşitlidir. Ama genelde nöronların birkaç katmanından oluşur. Girdi katmanı hesaplama rolü oynamaz, sadece girdi vektörü ağa iletir. Girdi ve çıktı vektörleri terimleri, çok katmanlı algılayıcının girdilerini ve çıktılarını ifade eder. Birçok katmanlı algılayıcının, bir veya daha fazla gizli katmanı ve sonuç olarak da bir çıktı katmanı olabilir. Çok katmanlı algılayıcılar, her bir bağın ilerdeki ve bir önceki katmandaki bağa bağlanması ile tamamen bağlantılı olarak tasvir edilirler [29].

Çok katmanlı algılayıcılar eğitim aracılığıyla öğrenme kabiliyetine sahiptir. Eğitim, çıktı vektörleriyle ilişkili olan girdi serilerinden oluşan bir eğitim veri seti gerektirir. Çok katmanlı algılayıcı eğitim sırasında sürekli olarak eğitim verileri ile sunulur ve ağdaki ağırlıklar istenen girdi-çıktı haritalama oluşana kadar ayarlanır. Çok katmanlı algılayıcılar denetli bir davranış içinde öğrenirler. Çok katmanlı algılayıcı çıktı eğimi sırasında belirli bir girdi vektörü için istenilen çıktı eşit olmayabilir. İstenilen ve gerçek çıktı arasındaki fark için bir hata sinyali belirlenir [29].



Şekil 1.4. Çok katmanlı algılayıcı modeli [29]

Eğitim, ağda ayarlanmış olması gereken ağırlıkların hangi derece olduğunu belirlemek için bu hata sinyalinin büyüklüğünü kullanır. Böylece çok katmanlı algılayıcının toplam hatası azaltılır. Çok katmanlı algılayıcı eğitmek için kullanılabilecek birçok algoritma vardır. Uygun temsil eden eğitim verileriyle eğitilir eğitilmez, çok katmanlı algılayıcı yeni, görülmemiş girdi verisini genelleyebilir [29].

1.2.4. Yapay Sinir Ağları Kullanım Alanları

Geçtiğimiz yıllar boyunca yapay sinir ağları üzerindeki ilgi önemli derecede artmıştır. YSA bazı durumların yokluğunda belli görevler için iyidir. Özellikle, insanların genellikle sezgisel temelli karar verdiği eksik veri setleri, belirsiz ya da eksik bilgi gerektiren görevler ve çoğunlukla karmaşık ve iyi tanımlanmamış problemler için iyidir. Örneklerden öğrenebilirler ve doğrusal olmayan problemlerle ilgilenebilirler. Dahası, dayanıklılık ve hata toleransı sergilerler. YSA'nın etkin bir biçimde halledemediği görevler, mantık ve aritmetik gibi yüksek miktarda doğruluk ve kesinlik gerektirirler. YSA, çok sayıda uygulama alanlarına başarıyla uygulanabilir. Bunlardan en önemli olanları:

1. Fonksiyon yaklaşımı: Tek bir çıktıya çoklu girdi haritalaması kurulur. Çoğu istatistiksel tekniğin aksine, uygulanabilir modelle parametrelerin serbest tahminini yapabilir.
2. Örüntü ilişkisi ve örüntü tanıma: Bu örüntü sınıflandırmanın bir problemidir. YSA, bu alanda zor problemleri çözmek için örneğin; ses, görüntü ya da video tanıma gibi etkili olarak kullanılabilir. Bu görev örüntünün önceden bir tanımını yapmadan bile gerçekleştirilebilir. Böyle durumlarda ağ, yeni örüntüleri tamamen tanımlamayı öğrenir.
3. İlişkilendirilebilir hafızalar: Bu, sadece belli bir altküme ipucu verildiğinde bir örüntünün hatırlanması problemidir. Böyle uygulamalarda kullanılan ağ yapısı genellikle birçok etkileşimli nörondan oluşan karmaşık bir yapıdır.
4. Yeni anlamlı örüntü üretimi: Bu genel uygulama alanı nispeten yenidir. Bazı iddialar uygun nöronal yapı yaratıcılık unsurları sergileyerek yapılır [30].

Ayrıca, tıp, ekonomi, meteoroloji, psikoloji, nöroloji ve pek çok diğer alanda uygulanır. Bunlardan en önemlileri, elektromiyografa ve diğer tıbbi imza analizinde ses ve konuşma tanıma, askeri hedeflerin teşhisinde ve yolcu bavullarında patlayıcı teşhisinde olan kullanımlardır. Hava durumu ve pazar eğilimleri tahmininde, mineral keşif alanlarında, elektrik ve termal yük tahmininde ve uyarlanabilir robot kontrolünde de kullanılırlar. Sinir ağları proses kontrolü içi kullanılırlar. Çünkü sensörlerden rutin olarak topladıkları çok boyutlu verilerden prosesin tahmini modelini oluşturabilirler [30].

1.3. Literatür Özeti

Bu tez çalışmasında su sıcaklık değişimlerinin meteorolojik faktörlerle ilişkileri YSA yaklaşımı ile analiz edilecek ve modellenecektir. Aşağıda bu konu ile literatürde bulunan çalışmalardan örnekler sunulmaktadır.

DeWeber ve Wagner [31] YSA yaklaşımını ABD'nin doğusunda, günlük ortalama su sıcaklığını tahmin etmek için kullanmışlardır. Su sıcaklığını iklim, arazi şekli ve arazi örtüsü özelliklerine göre tahminini yapmışlardır.

Efremova ve Palshin [32] göllerde suyun yıllık ortalama sıcaklık dikey dağılımını maksimum su ısıtma döneminde bölgesel iklim faktörleri ve göl morfometrisinin bir fonksiyonu olarak analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda 5 metrelik tabakadaki en üst sıcaklığın enleme bağlı olduğu; 10 ve daha düşük derinlikteki başlıca faktörlerin gök morfometrisi ve nehir suyu girişi olduğu bulunmuştur.

Gu ve Li [33] hidrolik ve meteorolojik şartlardaki değişikliklere tepki olarak nehir suyu sıcaklık değişimlerini değerlendirmek için bir hassasiyet analizi yapmışlardır. Hassasiyet analizi, nehir sıcaklıklarının, akım, yukarı akış giriş sıcaklığı, hava sıcaklığı, nem ve güneş radyasyonuna, rüzgâr hızı, kanal geometrisi ve morfometrisinden daha duyarlı olduğuna dair nicel kanıtlar sunmaktadır.

Ozaki vd. [34] nehir su kalitesi üzerindeki hava sıcaklıklarının etkisiyle ilgili bir fikir elde etmek için, verileri, istatistiksel olarak meteorolojik ve nehir su kalitesi verileri kullanılarak analiz etmişlerdir. Farklı zaman ölçekleri için etkili faktörler araştırılmıştır. Hava sıcaklığındaki artış neredeyse tüm nehirlerde, biyolojik oksijen ihtiyacı ve katı madde artışıyla ve çözünmüş oksijen azalmasıyla sonuçlanmıştır.

Erickson vd. [35] açık su dönemlerinde, hava sıcaklıkları ve nehir suyu sıcaklıklarının doğrusal ilişkisini etkileyen ölçek etkileri, nehir sınırları ve girdileri ve yerel iklim etkileri faktörlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada hava ve su sıcaklıkları arasındaki ilişkinin; barajlar, rezervuarlar, yapay ısı girişleri, yeraltı suyu girişleri ve rüzgârdan etkilendiği gözlenmiştir.

Null vd. [36] Sierra Nevada havzasında, iklimsel ısınmanın nehir suyu sıcaklıkları üzerindeki etkisini analiz etmiş ve modellemişlerdir. Sonuç olarak, hava sıcaklığının her 2^oC'lik artışına karşılık, su sıcaklığında $1,6^oC$'lik bir artış tespit etmişlerdir. Çoğunlukla orta yüksekliklerde bahar aylarında artış gözlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda hangi havzanın iklimsel ısınmadan daha az etkilendiğini vurgulamışlardır.

Mosheni ve Stefan [37] iklimsel değişikliklerin nehir ekosistemine etkisini incelemişler ve haftalık zaman ölçekleri üzerine odaklanmışlardır. Sonuç olarak, ısınan iklim senaryosunda nehir/hava sıcaklığı ilişkisini kar erimeleri ve yeraltı suyu girişlerinin de etkilediği gözlenmiş, bu nedenle bu ilişkiyi belirtmek için S-şekilli bir fonksiyonun daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Bogan vd. [38] nehir suyu sıcaklıkları ile denge sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuç olarak, 0^oC'nin üzerinde nehir suyu sıcaklıklarının denge sıcaklıklarıyla yaklaşık olarak doğrusal bir ilişkisi olduğu gözlenmiş ve hava sıcaklığıyla kıyaslanacak olursa denge sıcaklıklarının yüzey ısı değişiminin daha iyi bir göstergesi olduğu tespit edilmiştir.

Benyahya vd. [8] nehir suyu sıcaklıkları modellemesinde kullanılan istatistiksel modelleri incelemiş, avantaj ve dezavantajlarını açısından birbirleriyle kıyaslamıştır.

Gao vd. [3] istatistik, doğrusal eğilim değişimi, biriken anomali, değişkenlik katsayısı gibi yöntemleri kullanarak iklimsel değişimler ve su sıcaklıklarının karşılıklı etkileşimini araştırmışlardır. Güney Çin'deki Anhui'deki 3 alanda son 50 yılın iklimsel ve hidrolojik verileri kullanılmıştır.

Ülkemizde nehir suyu sıcaklıkları hakkında yapılan çalışmalar çok az sayıdadır. Literatürde bulunan birkaç çalışma aşağıda listelenmektedir.

Albek ve Albek [1] Türkiye'nin çeşitli akım gözlem istasyonlarında ölçülen nehir suyu sıcaklıklarında gerçekleşen uzun vadeli eğilimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda ülke çapında akım ve sıcaklık eğilimlerinin mekânsal dağılımı ortaya çıkartılmıştır.

Günoğlu vd. [39] YSA modeliyle İzmir'deki deniz suyu sıcaklıklarını tahmin etmişlerdir. Girdi olarak aylık ortalama sıcaklık, ortalama bağıl nem, atmosfer basıncı, güneşlenme süresini kullanmışlardır.

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Bu tez çalışmasında analizler Kızılırmak Nehri örneğinde yürütülmüştür. Aşağıda Kızılırmak Nehri ve havzası hakkında bilgiler sunulmaktadır.

Kızılırmak Nehri (Şekil 2.1), İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ili İmranlı ilçesinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından yaklaşık 39,8° Kuzey 38,8° Doğu noktasından doğar, ilk önce batı ve güney batıya 38,7°, kuzey doğuya 34,8° kadar akar, daha sonra yay şeklinde biçimlenir. Uzunluğu 1355 km'dir. Nehir taşımacılığı için kullanılmaz. Başlıca kolları Delice Irmağı, Devrez ve Gökırmak'tır. Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Temmuz ve Şubat arasında düşük su düzeyinde akan nehir, Mart ayında hızla kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır. Ortalama debisi 184 m^3/sn olan nehrin 20 yıllık gözlem süresince en az 18,4 m^3/sn'ye ve en çok 1673 m^3/sn'ye ulaştığı tespit edilmiştir [40].

Kızılırmak birçok koldan beslenmekte, dolayısıyla farklı iklim bölgelerinden geçmektedir. Nehrin ana kaynak noktası ve orta çığırı tamamen karasal iklim bölgesi içerisinde yer almaktadır [41].

2.2. Kullanılan Veriler ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan veriler, su sıcaklığı verileri ve meteorolojik veriler (rüzgâr hızı, bağıl nem, ortalama hava sıcaklığı) olmak üzere iki grupta ele alınabilir. Çalışmada kullanılan su sıcaklığı verileri Kızılırmak Nehri'nde bulunan 4 adet akım gözlem istasyonunda ölçülmüş 1995-2007 dönemini içeren aylık ölçüm verileri kapsamaktadır.



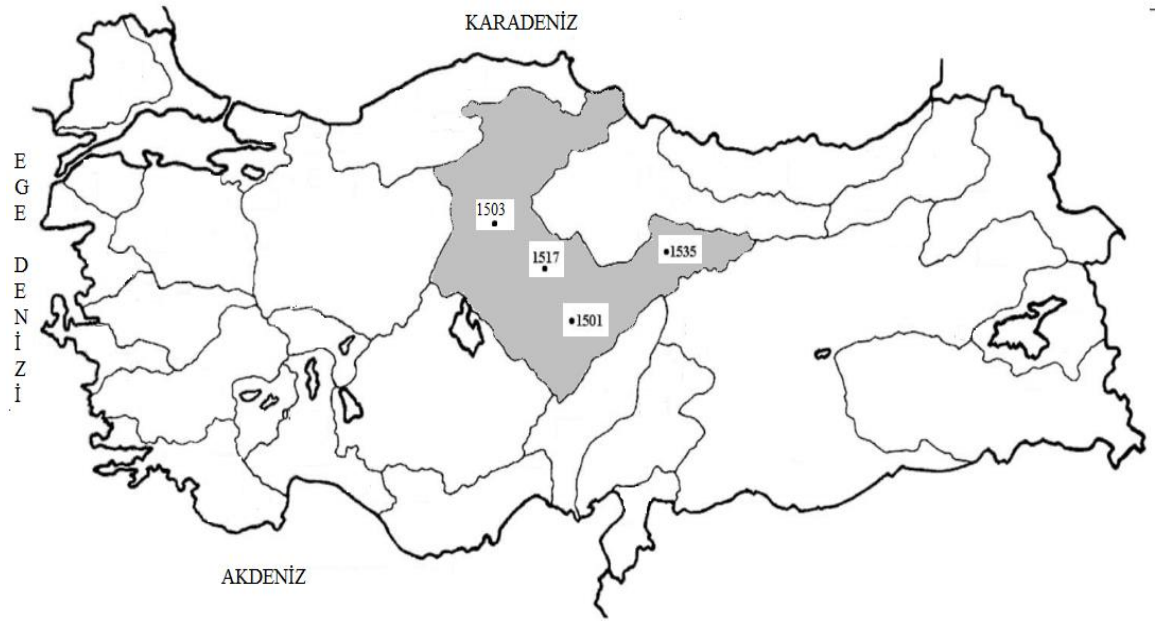
Şekil 2.1. Kızılırmak Nehri'nin Türkiye üzerindeki konumu [40]

Kullanılan istasyonlar, Yamula (1501), Yahşihan (1503), Şefaatli (1517) ve Söğütlühan (1535) şeklindedir. İstasyonların özellikleri Tablo 2.1'de, Kızılırmak Nehri üzerindeki konumları Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu istasyonlarda zaman zaman sıcaklık değerlerinin ölçülemediği durumlar olmuştur. Aşırı soğuklar ve su miktarının az olduğu durumlarda veri eldesi sağlanamamıştır. Bu nedenle bazı yıllara ait sıcaklık verilerinde eksiklikler bulunmaktadır. Su sıcaklığı verileri aylık ortalama sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Eksik veriler tamamlanmayıp, mevcut verilerle analizlere devam edilmiştir.

Meteorolojik veriler ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Kızılırmak Havzası'nda bulunan 2 meteoroloji gözlem istasyonundan 1995-2007 yıllarına ait rüzgâr hızı, bağıl nem ve ortalama hava sıcaklığına ait veriler alınmıştır. Verilerin elde edildiği meteoroloji istasyonları, Zara (17716) ve Kayseri (17836) şeklindedir. Tablo 2.2'de bu istasyonlara ait özellikler gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kızılırmak Nehri üzerindeki akım gözlem istasyonlarının konum bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyonun Bağlı Olduğu Bölge	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam
1501	Yamula	Kayseri-K34	995 m	38^{o} 53' 25" K	35^{o} 15' 31" D
1503	Yahşihan	Kırşehir-İ30	673 m	39^{o} 50' 36" K	33^{o} 28' 54" D
1517	Şefaatli	Yozgat-İ33	895 m	39^{o} 30' 11" K	34^{o} 44' 42" D
1535	Söğütlühan	Sivas-İ37	1243 m	39^{o} 43' 02" K	36^{o} 50' 34" D



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarının Kızılırmak Nehri üzerindeki yerleri

Tablo 2.2. Kızılırmak Havzası'nda bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarının konum bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyonun Bağlı Olduğu Bölge	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam
17716	Zara	7. Bölge (Kayseri)	1338 m	39^{o} 89' 28" K	37^{o} 74' 73" D
17836	Kayseri	7. Bölge (Kayseri)	1094 m	38^{o} 68' 70" K	35^{o} 50' 00" D

1501 ve 1535 numaralı akım gözlem istasyonları için Zara, 1503 ve 1517 numaralı akım gözlem istasyonu için de Kayseri meteoroloji gözlem istasyonu kullanılmıştır. İstasyonlar ilişkilendirilirken su sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları arasındaki ilişki (korelasyon) incelenmiş ve ilişkinin daha yüksek olduğu istasyon tercih edilmiştir.

2.3. Veri Analizleri

Çalışmada Kızılırmak Nehri'nin sıcaklık değerlerinin meteorolojik parametrelerle ilişkisi yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiş ve modellenmiştir.

Bu analizlerde Microsoft Office Excel ve IBM SPSS Statistics programları kullanılmıştır.

2.3.1. İstatistiksel Analizler

Çalışmada kullanılan istatistiksel analizler verilerin genel karakterinin belirlenmesini ve çalışmada kullanılan veriler arasındaki ilişkilerin belirlenmesini kapsamaktadır.

Verilerin genel yapısının belirlenmesi için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum gibi istatistiksel özellikler hesaplamıştır. Parametreler arası ilişkilerin analizleri için korelasyon analizi kullanılmıştır. Bu analizde su sıcaklığı ve ortalama hava sıcaklığı, ortalama rüzgar hızı, ortalama bağıl nem arasındaki korelasyon incelenmiştir.

2.3.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme

Bu çalışmada tek gizli katmanı olan çok katmanı YSA modeli kullanılmıştır. Gizli katmanın amacı, girdi katmanlarından gelen sinyallerin özelliklerini belirlemek, ağırlıklandırmak ve sonuçları çıktı katmanına yönlendirmektir.

Model girdisi, her bir istasyon için, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve önceki aya ait ortalama su sıcaklıklarından oluşmuştur. Model çıktısı aylık ortalama su sıcaklıklarından oluşmaktadır. Verilerin %50'si modelin eğitilmesi ve %25'i test edilmesi ve kalan %25'i ise kontrol için kullanılmıştır. Eğitim, test ve kontrol için veriler rastgele seçilmiştir.

Modelin eğitilmesinde iki değişik algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalar ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmalarıdır. Ölçekli eşlenik gradyan algoritması, ileri beslemeli sinir ağları için bir denetimli öğrenme algoritması türüdür. Algoritma, sayısal analizde eşlenik gradyan metotları olarak bilinen bir optimizasyon tekniği sınıfına dayanır. Gradyan azalma, YSA'da geri yayılım algoritmasıyla beraber eğitim için kullanılan bir algoritma türüdür [41].

Modeldeki nöron sayıları ve katmanlar arasındaki aktivasyon fonksiyonları deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla gizli katmanda 1-10 nöron olacak şekilde S-şekilli ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonları kullanılarak model çalıştırılmış ve en az hatayı veren konfigürasyon belirlenmiştir.

Modelin başarısı en küçük kareler hatası (RMSE) ve determinasyon katsayısı (R^2) hesaplanarak belirlenmiştir. RMSE ve R^2'nın hesaplanmasında kullanılan formüller Eşitlik 2.1 ve 2.2'de verilmektedir.

RMSE (The Root Mean Square Error), ortalama karekök hata, sıklıkla bir model tarafından tahmin edilen değer ile gerçekte ölçülen değer arasındaki farkı ölçmek için kullanılır. Formülizasyonu aşağıdaki gibidir:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y_j})^2} \qquad (2.1)$$

Burada; n, veri sayısını, y_j, ölçülen değeri, $\hat{y}_j$ tahmin edilen değeri ifade etmektedir.

R^2, determinasyon katsayısı, y değerindeki değişkenliğin ne kadarının regresyon doğrusu tarafından açıklanabildiğinin ifadesidir. 0-1 arasında değer alır. 1'e yaklaştıkça analizin doğruluğunu gösterir (Eşitlik 2.1).

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^{2^2}} \quad (2.2)$$

Burada; $\hat{y}$, tahmin edilen değeri, $\bar{y}$, tüm gerçek değerlerin ortalamasını, y ise gerçek değeri ifade etmektedir.

3. BÖLÜM

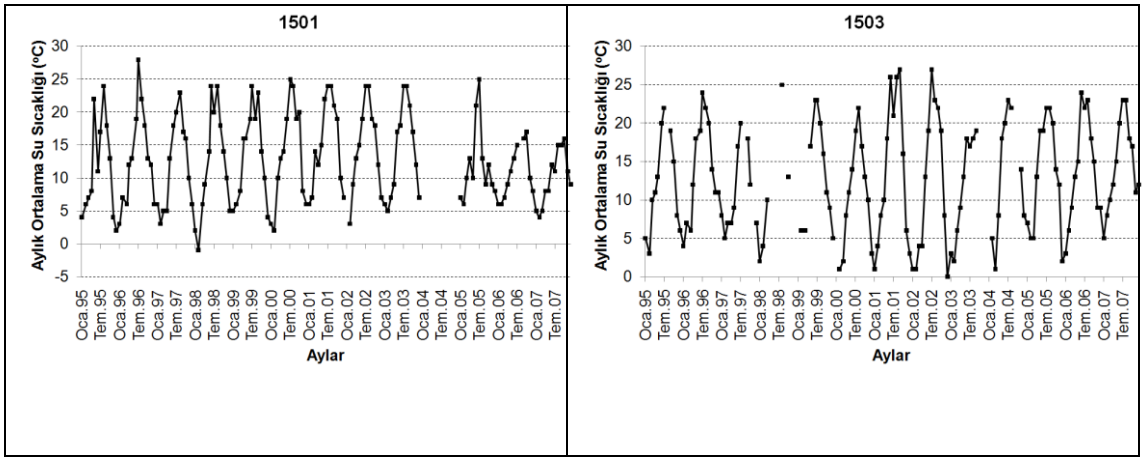
BULGULAR

3.1. İstatistiksel Analiz Bulguları

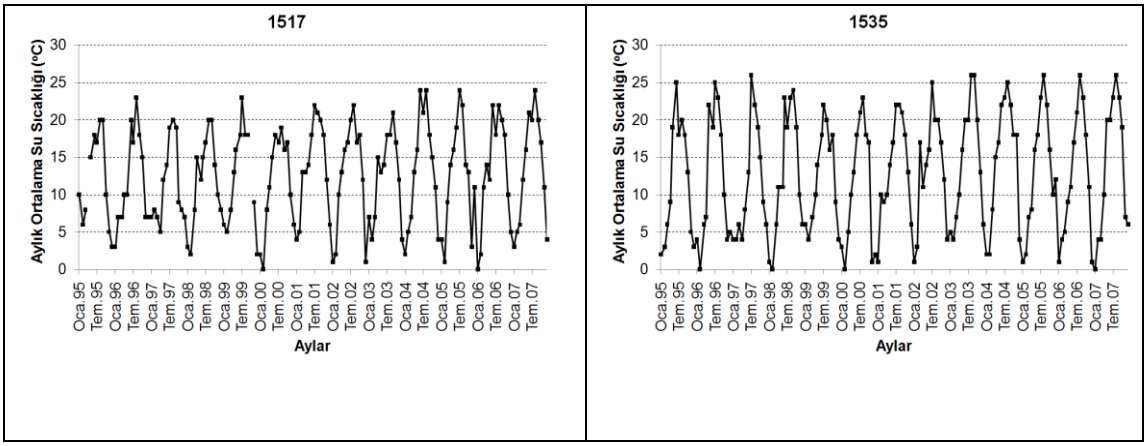
Bu çalışmada yapılan istatistiksel analizleri istatistiksel özelliklerin hesaplanmasını ve korelasyon analizlerini içermektedir. Bu analizler, verilerin genel karakterinin belirlenmesini ve parametreler arası ilişkilerin açıklanmasını sağlamıştır.

3.1.1. Su Sıcaklık ve Meteorolojik Verilerinin İstatistiksel Özellikleri

Kızılırmak Nehri'nde ölçülen çeşitli istasyonlara ait aylık su sıcaklık değerlerinin 1995-2007 dönemindeki değişimleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de sunulmuştur. Görüleceği üzere, veriler aylık olarak tam değildir. Bazı aylarda eksik veri olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi, soğuk hava şartları, kuraklık gibi durumlardan dolayı ölçümlerin yapılamamasıdır. 1501, 1503 ve 1517 no'lu istasyonların veri serisinde sırasıyla 14 ay, 19 ay ve 2 ay eksiklik bulunmaktadır. Sadece 1535 no'lu istasyonda eksiklik bulunmamaktadır.



Şekil 3.1. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklıkları (1)



Şekil 3.2. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklıkları (2)

Aynı verilerin istatistiksel özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Görüleceği üzere 1995-2007 döneminde aylık ortalama sıcaklıklar 0^oC ve 28^oC arasında değişmiştir. Bu dönem için ortalama sıcaklık dört istasyonda 12-13^oC ve standart sapma 7-8^oC civarındadır.

Tablo 3.1**.** Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde ölçülen su sıcaklık verilerinin istatistiksel özellikleri

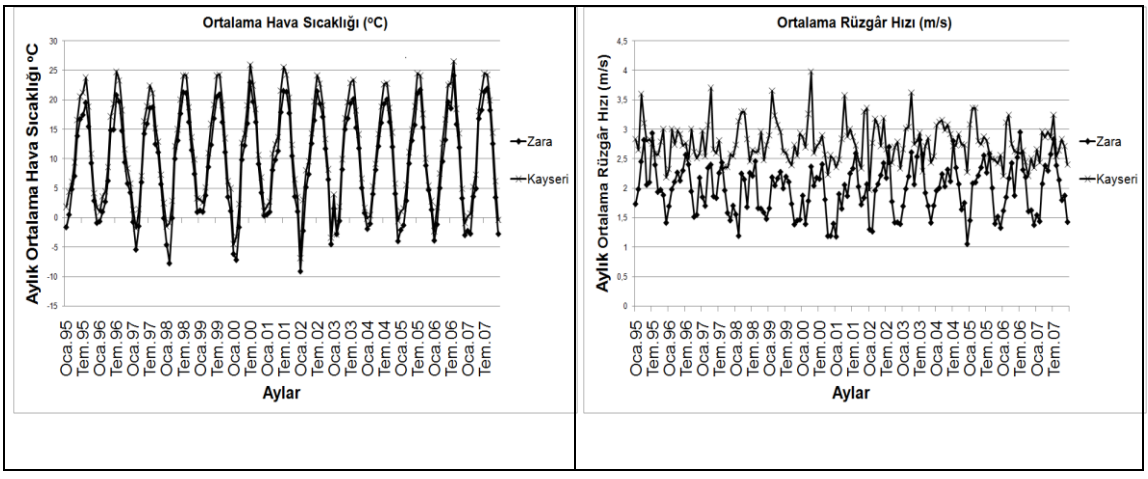
İstasyon	Minimum(^oC)	Maksimum(^oC)	Ortalama(^oC)	Standart Sapma(^oC)
1501	-1	28	13	7
1503	0	27	13	7
1517	0	24	12	7
1535	0	26	13	8

Çalışmada kullanılan su sıcaklık verilerinin 1995-2007 dönemi için aylık ortalama değerleri Tablo 3.2'de sunulmaktadır. Tablo 3.2'ye göre en yüksek su sıcaklıkları Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. En düşük su sıcaklıkları ise Ocak ve Şubat aylarında gözlenmiştir. Dört istasyonda ortalama aylık sıcaklıklar 2-22^oC aralığında değişmiştir. Karasal iklimde bulunan istasyonlar için bu beklenen bir durumdur.

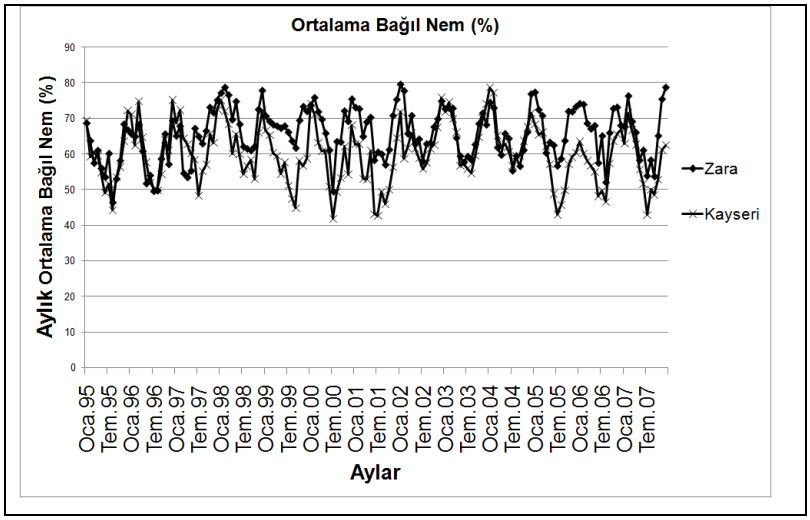
Tablo 3.2. Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 döneminde aylık ortalama su sıcaklıkları (^oC)

Aylar	Akım Gözlem İstasyonları			
	1501	1503	1517	1535
Ocak	5	4	4	2
Şubat	5	4	4	3
Mart	8	6	8	7
Nisan	11	10	12	10
Mayıs	14	15	14	15
Haziran	18	20	18	19
Temmuz	21	22	19	22
Ağustos	21	22	21	23
Eylül	16	15	16	17
Ekim	16	14	15	17
Kasım	10	10	9	9
Aralık	6	6	5	5

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler iki istasyondan (Zara ve Kayseri) elde edilmiştir. Bu istasyonlarda ölçülen aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama bağıl nem verilerinin 1995-2007 dönemindeki değişimleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında 1995-2007 döneminde ölçülen hava sıcaklığı,rüzgâr hızı ve bağıl nem verileri (1)



Şekil 3.4. Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında 1995-2007 döneminde ölçülen hava sıcaklığı,rüzgâr hızı ve bağıl nem verileri (2)

1995-2007 döneminde Zara ve Kayseri'de ölçülen hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem verilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 3.3'te görülmektedir. Bu dönemde Zara istasyonunda sıcaklık değerleri -9^{o}C ile 24^{o}C arasında değişmiş, ortalama sıcaklık 9,1^{o}C, ortalama rüzgâr hızı 2 m/s ve ortalama bağıl nem %65,7 olarak gerçekleşmiştir. Kayseri istasyonunda ise sıcaklık değerleri -6^{o}C ile 26^{o}C değişirken ortalama sıcaklık 11,6^{o}C, ortalama rüzgâr hızı 2,8 m/s ve ortalama bağıl nem %60 şeklindedir.

Tablo 3.3**.** Zara ve Kayseri meteoroloji istasyonlarında ölçülen hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nem verilerinin istatistiksel özellikleri

	Zara				Kayseri			
Parametre	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sapma	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sapma
Hava sıcaklığı (^{o}C)	-9,1	24,1	9,1	8,4	-6,9	26,6	11,6	8,7
Rüzgar hızı (m/s)	1,1	2,9	2,0	0,4	2,0	4,0	2,8	0,3
Bağıl nem (%)	46,4	79,6	65,7	7,2	41,8	78,7	59,9	8,2

Meteorolojik verilerinin 1995-2007 dönemi için aylık ortalama değerleri Tablo 3.4'te sunulmaktadır. Tablo 3.4'ye göre Zara istasyonunda ortalama sıcaklıklar -2,2 ve 20,7^{o}C arasında değişmiştir. Ortalama rüzgâr hızları 1,5-2,5 m/s ve ortalama bağıl nem ise %58,3-73,2 arasındadır. Kayseri istasyonunda ise ortalama sıcaklıklar -0,1 ve 23,8^{o}C, ortalama rüzgâr hızları 2,6-3,2 m/s bağıl nem de %49,5-69,6 arasındadır.

Tablo 3.4. Zara ve Kayseri istasyonları için 1995-2007 dönemini aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama bağıl nem değerleri

İstasyon	Zara			Kayseri		
Aylar	Ortalama Sıcaklık (^{o}C)	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Ortalama Sıcaklık (^{o}C)	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	Ortalama Bağıl Nem (%)
Ocak	-2,2	1,6	72,3	-0,1	2,7	69,6
Şubat	-2,1	1,8	72,3	0,9	2,9	67,1
Mart	2,8	2,1	67,0	5,1	3,2	64,0
Nisan	8,1	2,3	64,6	10,2	3,2	61,1
Mayıs	13,5	2,1	63,0	15,7	2,8	58,7
Haziran	16,9	2,3	61,4	20,0	2,8	53,5
Temmuz	20,3	2,5	58,5	23,8	2,8	49,5
Ağustos	20,7	2,4	58,3	23,7	2,6	51,2
Eylül	16,0	1,9	60,5	18,6	2,6	54,0
Ekim	10,9	1,6	66,8	12,8	2,6	59,5
Kasım	4,7	1,6	70,1	6,6	2,7	62,4
Aralık	-0,4	1,5	73,2	1,0	2,6	68,8

3.1.2. Su Sıcaklıkları ve Meteorolojik Parametreler Arasındaki Korelasyonlar

Kızılırmak Nehri su sıcaklık verilerinin meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Korelasyon analizinde su sıcaklık verilerinin, bir önceki yıla ait su sıcaklık değeri, hava sıcaklığı, bağıl nem ve ortalama rüzgâr hızıyla olan ilişkileri incelenmiştir (Tablo 3.5). Nehirlerin havayla sürekli ısı alışverişi olmasından dolayı, en fazla etkileşimi hava sıcaklığıyla göstermektedir. Su sıcaklıkları

ve hava sıcaklıkları arasında hesaplanan korelasyon katsayıları dört istasyon için 0,87 ve 0,92 arasında değişmektedir. İncelenen parametreler arasındaki ikinci en güçlü ilişki su sıcaklıkları ve bir önceki aya ait su sıcakları arasındadır (korelasyon katsayısı 0,75-0,78 arasında değişmektedir). Bu durum su sıcaklığı verilerindeki otokorelasyondan kaynaklanmaktadır. Otokorelasyon, birbirini izleyen değerler arasında ilişki bulunması durumudur. Su sıcaklık değeri, bir önceki yıla ait su sıcaklığı ile güçlü bir etkileşim halindedir. Su sıcaklıkları ve rüzgâr hızı ve bağıl nem arasındaki ilişki nispeten zayıftır.

Tablo 3.5. Su sıcaklıklarının bir önceki aya ait su sıcaklıkları, hava sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgâr hızı ile korelasyonları

İstasyon/Parametre	Bir önceki aya ait su sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Rüzgâr hızı	Bağıl nem
1501	0,75	0,87	0,43	-0,58
1503	0,76	0,91	-0,17	-0,72
1517	0,75	0,92	-0,11	-0,75
1535	0,78	0,92	0,50	-0,65

3.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme

3.2.1. En iyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak su sıcaklıkları ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Modelleme yapılırken bağımlı değişken (çıktı) aylık su sıcaklığı değeri iken, dört adet bağımsız değişken (girdi) (bir önceki yıla ait su sıcaklığı, aylık ortalama hava sıcaklığı, aylık ortalama rüzgâr hızı ve ayık ortalama bağıl nem) kullanılmıştır. Verilerin %50'si eğitim, %25'i test ve kalan %25'i de kontrol amacıyla kullanılmıştır. Modelin mimarisinde tek gizli katman kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak, S-şekilli fonksiyon ve hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılmıştır. Model iki tür ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmaları kullanılarak eğitilmiştir. Bu yapıların her biri eşleştirilerek uygulanmıştır. Modellemede en iyi sonucun elde edilebilmesi için gizli katmanda1'den 10'a kadar nöron sayısıyla çalışılmıştır. Hangi nöronun daha iyi sonuç verdiğini tespit

edebilmek için ortalama karekök hata değeri ve standart sapma değeri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8 ve Tablo 3.9' da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_8_1	2,64	2,12	2,57	0,92	0,89	0,86
1503	4_5_1	1,95	1,97	2,00	0,95	0,93	0,91
1517	4_10_1	2,35	2,00	2,45	0,94	0,95	0,90
1535	4_8_1	2,59	2,43	2,88	0,95	0,95	0,92

Tablo 3.7. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_8_1	2,61	2,09	2,63	0,92	0,89	0,86
1503	4_1_1	2,09	1,99	2,21	0,94	0,93	0,89
1517	4_1_1	2,44	2,13	2,47	0,89	0,94	0,90
1535	4_3_1	2,63	2,51	2,76	0,95	0,94	0,93

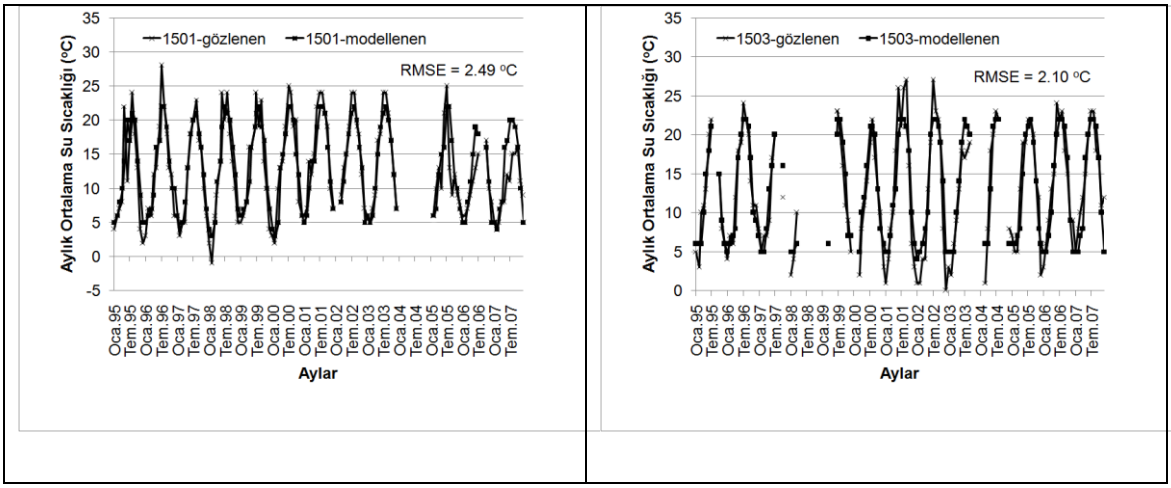
Tablo 3.8. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve gradyan azalma algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_6_1	2,55	2,11	2,69	0,92	0,89	0,85
1503	4_7_1	1,94	2,10	2,07	0,95	0,92	0,89
1517	4_1_1	2,42	2,05	2,64	0,89	0,95	0,88
1535	4_4_1	2,53	2,42	2,92	0,95	0,95	0,92

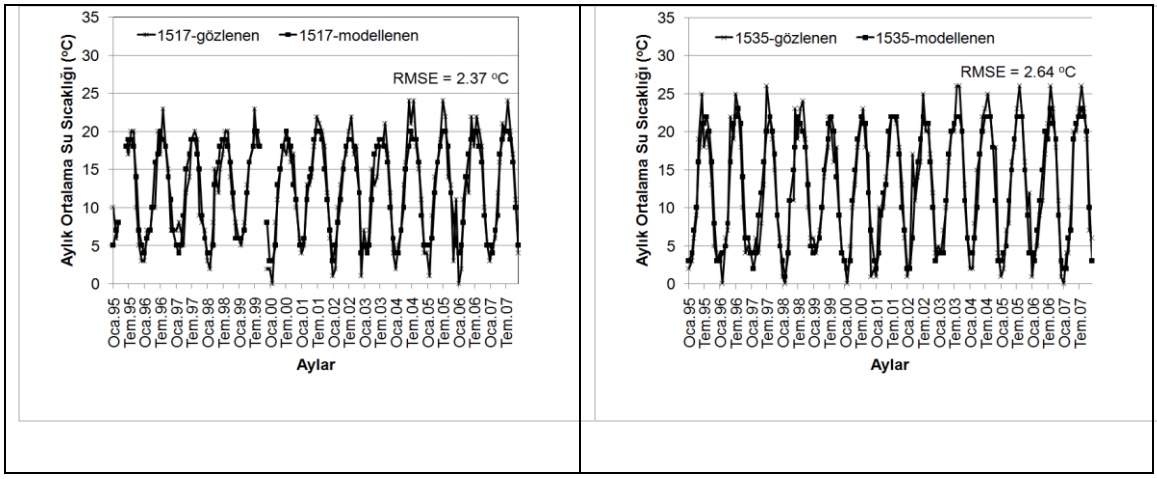
Tablo 3.9. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve gradyan azalma algoritmasının uygulanmasıyla elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_3_1	2,61	2,02	2,74	0,92	0,90	0,84
1503	4_5_1	1,95	2,14	2,06	0,95	0,91	0,90
1517	4_1_1	2,46	2,15	2,46	0,89	0,94	0,90
1535	4_6_1	2,55	2,65	2,91	0,95	0,94	0,92

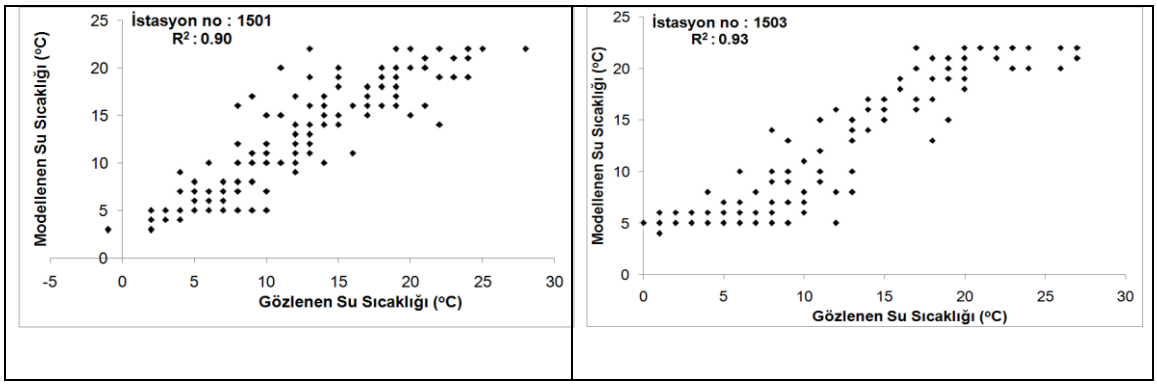
Her bir istasyon içinde farklı sayıdaki nöronda en iyi sonuç elde edilmiştir. Yapılan analizler doğrultusunda en iyi sonuçlar S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla elde edilmiştir. Şekil 3.5 ve 3.6 dört istasyon için 1995-2007 döneminde gözlenen ve modellenerek elde edilerek değerlerin karşılaştırmasını sunmaktadır. Şekil 3.7 ve 3.8'de ise gözlenen ve modellenen değerler çizilerek aralarındaki ilişki daha açık olarak ortaya çıkarılmıştır. Görüleceği üzere, en iyi konfigürasyon ile 1995-2007 dönemi için elde edilen RMSE değerleri 1501, 1503, 1517 ve 1535 no'lu istasyonlar için sırasıyla 2,49, 2,10, 2,37 ve 2,64^{o}C şeklindedir. Aynı istasyonlar için R^2 değerleri ise 0,90, 0,93, 0,93 ve 0,94 çıkmıştır. Bu sonuçlar YSA yaklaşımının su sıcaklıkların meteorolojik faktörlere bağlı olarak modellenmesinde başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir.



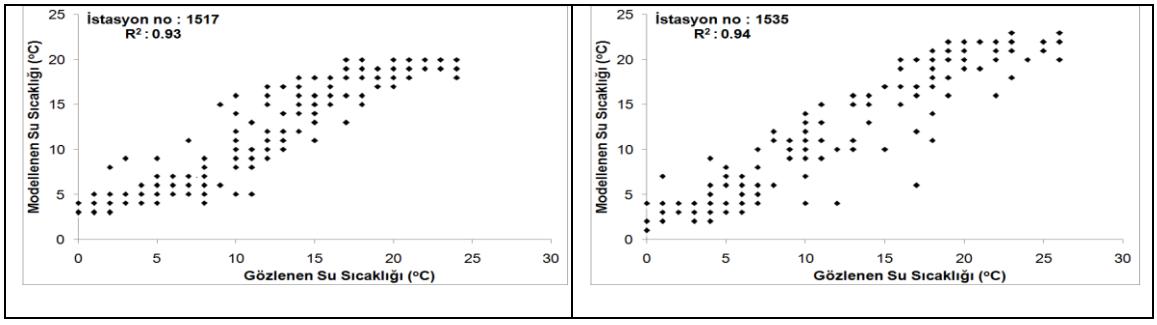
Şekil 3.5. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların 1995-2007 dönemi için gözlenen değerlerle karşılaştırılması (1)



Şekil 3.6. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların 1995-2007 dönemi için gözlenen değerlerle karşılaştırılması (2)



Şekil 3.7. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların gözlenen değerlerle korelasyonu (1)



Şekil 3.8. En iyi YSA mimarisiyle elde edilen sonuçların gözlenen değerlerle korelasyonu (2)

3.2.2. Su Sıcaklıkları Modellemesinde En Etkili Parametreler

Bu tez çalışmasında girdi parametreleri önceki aya ait su sıcaklığı, ortalama hava sıcaklığı, ortalama rüzgâr hızı ve ortalama bağıl nemden oluşmaktadır. Her bir parametrenin model sonuçları üzerindeki etkisini değerlendirmek için YSA yaklaşımı sırayla birer parametre eksiltilerek veriler üzerinde yeniden uygulanmıştır. Elde edilen en iyi değerler karşılaştırılarak hangi parametrelerin çıkarılmasının sonuçlar üzerinde daha fazla etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu uygulamada bir önceki bölümde en iyi sonucu verdiği bulunan S-şekilli aktivasyon fonksiyonları ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.10, Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.10. Girdilerin ortalama hava sıcaklığı, ortalama rüzgâr hızı ve ortalama bağıl nem parametrelerinden oluştuğu durumda elde edilen en iyi ağ konfigürasyonları ve RMSE ve R^2 değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_9_1	2,90	2,40	2,80	0,90	0,87	0,84
1503	4_10_1	2,58	1,90	2,72	0,92	0,95	0,85
1517	4_3_1	2,34	2,28	2,59	0,94	0,93	0,90
1535	4_9_1	2,59	2,42	3,01	0,95	0,95	0,92

Tablo 3.11. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri ortalama hava sıcaklığı, bir önceki yıla ait sıcaklık, rüzgâr hızı, iken elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_8_1	2,59	2,11	2,68	0,91	0,78	0,87
1503	4_3_1	1,92	1,93	1,83	0,87	0,66	0,79
1517	4_9_1	2,52	2,05	2,55	0,89	0,95	0,89
1535	4_5_1	2,66	2,37	2,81	0,95	0,95	0,92

Tablo 3.12. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri rüzgâr hızı, bir önceki yıla ait sıcaklık, bağıl nem iken elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_8_1	3,06	2,96	3,19	0,88	0,67	0,80
1503	4_2_1	2,16	2,75	2,10	0,86	0,58	0,77
1517	4_7_1	2,84	2,79	3,35	0,87	0,89	0,83
1535	4_3_1	3,13	3,85	4,02	0,92	0,86	0,84

Tablo 3.13. S-şekilli aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritmasının uygulanmasıyla girdi verileri ortalama hava sıcaklığı, bir önceki yıla ait sıcaklık, bağıl nem iken elde edilen en iyi ağ değerleri

İstasyon	En iyi ağ	RMSE			R^2		
		Eğitim	Test	Kontrol	Eğitim	Test	Kontrol
1501	4_8_1	2,62	2,09	2,74	0,91	0,78	0,86
1503	4_7_1	1,84	1,76	1,99	0,87	0,67	0,80
1517	4_10_1	2,17	2,12	2,53	0,90	0,94	0,90
1535	4_6_1	2,61	2,48	2,93	0,95	0,95	0,92

Tablolardan da görüleceği üzere, en iyi sonuçlar 4 girdi parametresi (ortalama hava sıcaklığı, bir önceki yıla ait sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem) kullanıldığında elde edilmiştir. Parametreler birer eksiltilerek tekrar modelleme yapıldığında ise en fazla hata değeri ortalama hava sıcaklığının dahil edilmediği modelde görülmüştür. Bu durum kullanılan parametreler içerisinde beklenildiği gibi su sıcaklıklarının en fazla ortalama hava sıcaklıklarını etkilediğini göstermektedir. En düşük hata değerlerinin ortalama hava sıcaklığının dahil olduğu modellerde görülmesi bu durumu pekiştirmektedir.

Su sıcaklılarını en az etkileyen parametre ise ortalama rüzgâr hızı olarak belirlenmiştir. Çünkü rüzgâr hızının dahil olmadığı modellerde korelasyon katsayısı hâlâ yüksek ve hata değeri oldukça düşüktür.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Su sıcaklığı; kimyasal reaksiyon hızı, suyun çözünmüş oksijen içeriği, sucul fauna ve flora için büyüme hızlarını ve ölümleri gibi durumları etkilediğinden sucul ekosistemler için önemli bir su kalitesi parametresidir. Su sıcaklığını etkileyen faktörler temelde meteorolojik faktörler ve jeofiziksel faktörler olmak üzere ikiye ayrılır. Jeofiziksel faktörler topografya, akarsu deşarjı gibi parametrelerdir. Meteorolojik faktörler de rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, nemlilik gibi atmosferik şartlara ait parametreleri içerir. Bu çalışmada meteorolojik faktörlerin su sıcaklığına etkisi analiz edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Kızılırmak Nehri'nin su sıcaklığının meteorolojik faktörlerle ilişkisini incelemektir.

Verilerin karakterlerini anlamak ve veri serilerinin birbirleriyle olan ilişkilerini açıklamak için istatistiksel analizler yapılmıştır. Kızılırmak Nehri'nin su sıcaklıklarının meteorolojik faktörlerle ilişkisinin modellenmesi için Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerde bağımlı değişken nehir suyu sıcaklığı, bağımsız değişkenler ise bir önceki aya ait su sıcaklığı, aylık ortalama hava sıcaklığı, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık ortalama bağıl nem olarak belirlenmiştir.

Kızılırmak Nehri'nde 1995-2007 yılları arasında en fazla su sıcaklığı Temmuz ve Ağustos aylarında, en az su sıcaklığı da Ocak ve Şubat aylarında gözlenmiştir. Dört parametrenin girdi olarak kullanılması sonucunda en iyi sonuçlar aktivasyon fonksiyonları olarak S-şekilli fonksiyon ve ölçekli eşlenik gradyan ileri yayılım

algoritmaları kullanıldığında edilmiştir. Bu konfigürasyonda 1995-2007 döneminde 1501, 1503, 1517 ve 1535 no'lu istasyonlar için gözlenen ve modellenen değerler arasındaki RMSE değerleri sırasıyla 2,49, 2,10, 2,37 ve 2,64^{o}C olmuştur. Aynı istasyonlar için gözlenen ve modellenen değerler arasındaki korelasyon katsayıları ise 0,90, 0,93, 0,93 ve 0,94 olmuştur. Bu sonuçlar YSA yaklaşımı kullanılarak su sıcaklıkları ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkilerin modellenebileceğini göstermiştir.

Her bir istasyon için kullanılan girdi parametreleri birer azaltılarak model en iyi konfigürasyonla yeniden çalıştırılmıştır. Modelde RMSE ve R^2 değerlerine bakılarak su sıcaklığını en çok ve en az etkileyen parametrenin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ortalama hava sıcaklığının girdi setinden çıkarılmasının sonuçları olumsuz yönde en fazla etkilediği ortaya çıkmıştır. Diğer bir ifadeyle, su sıcaklıkları en fazla hava sıcaklığıyla etkileşim göstermektedir. Aynı durum literatürde bulunan birçok farklı çalışmada da tespit edilmiştir [1,4]. Su sıcaklığı üzerinde en az etki sahibi olan parametre rüzgâr hızı olarak belirlenmiştir. Rüzgâr hızının çıkarıldığı ağ yapısında RMSE ve R^2 değerlerinde yüksek bir düşüş gözlenmemiştir.

Model mimarisinde aktivasyon fonksiyonları olarak S-şekilli fonksiyon ve ölçekli eşlenik gradyan ileri yayılım algoritmaları ile çalışıldığında daha iyi değerler elde edilmiştir. Ancak diğer konfigürasyonlarla elde edilen sonuçlar da makuldür. Farklı konfigürasyonlarla daha iyi sonuçların elde edilmesi mümkün olabilir.

Çalışmada nehir suyu sıcaklığı ile çeşitli meteorolojik faktörlerin etkileşiminden yararlanılarak su sıcaklığı tahmini yapılmıştır. Su sıcaklıkları meteorolojik faktörlerden olduğu kadar jeofiziksel faktörlerden de etkilenmektedir. Ancak bu tür verilerin elde edilmesi zordur. Bu nedenle çoğu zaman deterministik bir model geliştirmek mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımla sınırlı miktarda ve kolay temin edilebilen veriler kullanılarak da başarılı sonuçlar elde edilebilmiştir. Modelleme yöntemi olan yapay sinir ağları modeli uygulanmış, böylece eksik verilerin modeli olumsuz etkilemesinin önüne geçilmiştir. Jeofiziksel verilere ulaşılmasının mümkün olduğu durumlarda bu verilerin de modelleme süreçlerine dahil edilmesi modellerin başarısını arttırabilir.

İklim değişikliği, dünyadaki su kaynaklarını önemli derecede etkileyecektir. Küresel ısınma nedeniyle Türkiye'de iç bölgelerde 2-3^{o}C sıcaklık artışı öngörülmektedir [42]. Bu modelle gelecekte su sıcaklığının nasıl değişeceği belirlenebilir. Su sıcaklığının nasıl değişeceğinin bilinmesiyle alınacak önlemler tespit edilerek küresel ısınmanın etkileri minimum düzeye indirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Albek, E., Albek, M., 2009.Stream temperature trends in Turkey, **Clean, 37** (2): 142-149.
2. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Van Der Winden, P. J., Dai, X., 2001. The scientific basis, pp.881. *Intergovernmental Panel On Climate Change,* 2001, Cambridge, **International Journal of Epidemiology, 32**: 321-323.
3. Gao, F., Yu, Z., Duan, J., Ju, Q., 2012. Impact of climate change on water resources at local area in Anhui Province, **International Conference on Modern Hydraulic Engineering, 28**: 319–325.
4. Karaman, S., Gökalp, Z., 2010. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri, **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3** (1): 59-66.
5. Van Vliet, M. T. H., Franssen W. H. P., Yearsley J. R., Ludwig, F., Haddeland, I., Lettenmaier, D. P., Kabat, P., 2013. Global river discharge and water temperature under climate change, **Global Environmental Change, 23** (2): 450-464.
6. Sinokrot, B. A., Gulliver, J. S., 2000. In-stream flow impact on river water temperatures,. **Journal of Hydraulic Research, 38**: 339–349.
7. Van Vliet, M. T. H., Ludwig, F., Zwolsman, J. J. G., Weedon, G. P., Kabat, P . 2011. Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow, **Water Resources Research, 47** (39).
8. Benyahya, L., Caissie, D., St-Hilaire, A., Ouarda, T. B. M. J., Bobee, B., 2007. A Review of statistical water temperature models, **Canadian Water Resources Journal, 32** (3): 179-192.
9. Gooseff, M. N., Strzepek, K., Chapra, S. C., 2005. Modeling the potential effects of climate change on water temperature downstream of a shallow reservoir lower Madison River, **Climatic Change, 68**: 331-353.
10. Moore, R. D., Nelitz, M., Parkinson, E., 2013. Empirical modelling of maximum weekly average stream temperature in British Columbia, Canada, to support assessment of fish habitat suitability. **Canadian Water Resources Journal, 38** (2): 135-147.

11. Demars, B. O. L., 2011. Temperature and the metabolic balance of streams, **Freshwater Biology, 56** (6): 1106-1121.

12. Anonim, 2015. Web sayfası: **http://www.dsi.gov.tr/docs/iklimdegisikligi/iklim_ degisikligi_ve_saglik.pdf?sfvrsn=2,** (Erişim tarihi: Nisan 2015).

13. Hadzima-Nyarko, M., Rabi, A., Sperac, M., 2014. Implementation of artificial neural networks in modeling the water-air temperature relationship of the river Drava, **Water Resources Management, 28** (5): 1379-1394.

14. Öztürk, K., 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri, **G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22** (1): 47-65.

15. Chapra, S. C., 1997. Surface Water-Quality Modeling, Waveland Press, Long Grove, IL, 844 pp.

16. Caissie, D., El-Jabi, N., Turkkan, N., 2014. Stream water temperature modeling under climate change scenarios B1&A2. (Web page: **http://www.researchgate.net/publication/266616087**), (Date accessed: January 2015).

17. Poole, G. C., Berman, C.H., 2001. An ecological perspective on in-stream temperature: Natural heat dynamics and mechanisms of human-caused thermal degradation, **Environmental Management, (27)**: 787–802.

18. Deaton, M. L., Winebrake, J. J., 2000. Dynamic Modeling of Environmental Systems. Integrated Science and Technology Program James Madison University, Harrisonburg, 197 pp.

19. St-Hilaire, A., Morin, G., El-Jabi, N., 2000. Water temperature modelling in a small forested stream: implication of forest canopy and soil temperature. **Canadian Journal of Civil Engineering, 27** (6): 1095-1108.

20. Chen, Y. D., Carsel, R. F., McCutcheon, S. C., 1998. Stream temperature simulation of forested riparian areas: I- watershed-scale model development, **Journal of Environmental Engineering, 124** (4): 304-315.

21. Mohseni, O., Stefan, H. G., 1998. A nonlinear regression model for weekly stream temperatures, **Water Resources Research, 34** (10): 2685-2692.

22. Hecht-Nielsen, R., 1990. Theory of artificial neural Networks, pp. 97-151. *In:* Advanced Neural Computers (Eds. R., Eckmiller). Elsevier Science Publishers, New York.

23. Jain, A. K., Mao, J., Mohiuddin, K. M., 1996. Artificial neural networks: a tutorial, **IEEE Computational Science & Engineering, 29** (3): 31-44.

24. Basheera, I. A., Hajmeer, M., 2000. Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application, **Journal of Microbiological Methods, 43:** 3-31.

25. Hinton, G. E., 1989.Connectionist learning procedures, **Artificial Intell, 40** (1-3): 185-234

26. Schalkoff, R. J., 1997. Artificial Neural Networks, Cover Image, McGraw-Hill, 448 pp.

27. Yao, X., 1999.Evolving artificial neural networks**, Proceedings of the IEEE, 87** (9): 1423-1447.

28. Öztemel, E., 2003. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul. 232 s.

29. Gardner, M. W. Dorling, S. R., 1998. Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences, **Atmospheric Environment, 32** (14-15): 2627-2636.

30. Kalogirou, S. A., 2001. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5** (4): 373-401.

31. DeWeber, J. T., Wagner, T., 2014. A regional neural network ensemble for predicting mean daily river water temperature, **Journal of Hydrology, 517**: 187-200.

32. Efremova, T. V., Palshin, N., 2003. Formation of vertical thermal structure in lakes in Northwestern Russia and Finland, **Water Resources, 30** (6): 640-649.

33. Gu, R., Li, Y., 2002. River temperature sensitivity to hydraulic and meteorological parameters, **Journal of Environmental Management, 66:** 43-56.

34. Ozaki vd., 2003. Statistical analyses on the effects of air temperature fluctuations on river water qualities, **Hydrologic Processes, 17:** 2837–2853.

35. Erickson, T. R., 2000. Linear air/ water temperature correlations for streams during open water periods, **Journal of Hydrologic Engineering, 5** (3): 317-321.

36. Null, S., Viers, J. H., Deas, M., Tanaka, S., 2013. Stream temperature sensitivity to climate warming in California's Sierra Nevada: impacts to cold water habitat, **Climatic Change, 116** (1): 149-170.

37. Mohseni, O., Stefan, H. G., 1999. Stream temperature/air temperature relationship: a physical interpretation, **Journal of Hydrology, 218:** 128–141.

38. Bogan, T., Mohseni, O., Stefan, H. G., 2003. Stream temperature-equilibrium temperature relationship, **Water Resources Research, 39** (9): 1245.

39. Akkurt, İ., Günoğlu, K., 2011. Yapay sinir ağları kullanarak deniz sıcaklığının tahmini, p. 149-152. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May, 2011, Elazığ.

40. Anonim, 2015. (Web sayfası: **https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1l%C4%B1rmak),** (Erişim tarihi: Temmuz 2015).

41. Bahadır, M., 2011. Kızılırmak Nehri akım değişimlerinin istatistiksel analizi, **International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic 6** (3): 1339-1356.

42. Anonymous, 2015. Projections of future changes in climate. (Web page: **https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspm-projections-of.html**), (Date accessed: July 2015).