

## Atıksu Arıtma Tesis Kontrolde Yapay Sinir Ağı ile Kirlilik Parametre Tahmini

Ercan ÖZTEMEL<sup>1</sup>, Muharrem DÜGENCİ\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Marmara University, Turkey

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Karabuk University, Turkey

### Özet

Atıksu arıtma tesisi, proses kontrolde kullanılan bazı kirlilik ölçme işlemlerinin uzun süreler alması, yüksek maliyet ve zaman zaman bunların sonuçlarının acil değerlendirilme ihtiyacı, tesis yöneticisine karar vermede yardımcı olacak ek bilgi sistemlerine ihtiyaç duymasına neden olmaktadır. Bilgi sistemlerinde kayıtlı geçmiş tesis giriş ve çıkış parametreleri arasındaki ilişkinin modellenerek karşılaşılan giriş kontrol parametre değerleri için muhtemel çıkış parametrelerinin tahmini tesis yöneticisinin prosesi etkin yönetmesine ve düzenleyici müdahalesine destek olacaktır. Klasik istatistik tahmin modelleri yanında son yıllarda yaygın olarak kullanılan yapay zeka tekniklerinden de faydalanarak daha etkin modeller geliştirilebilir. Bu çalışmada yapay sinir ağı kullanılarak tesis giriş parametrelerinden (Sıcaklık, Debi, pH, Askıda Katı Madde-AKM, Kimyasal Oksijen İhtiyacı KOI) çıkış parametresi (Sıcaklık, pH, AKM, KOI) tahmini yapılmıştır. Uygulamada Sakarya Büyükşehir Belediyesine bağlı SASKİ Karaman atıksu arıtma tesisi verileri kullanılarak elde edilen tahmin değerleri tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Atıksu arıtma, yapay sinir ağları, parametre tahmini, geri yayılım

### 1. Giriş

Su, canlılar için hayati öneme sahip maddelerin başında gelmektedir. İnsanların ihtiyacı için gerekli su, su kaynaklarından temin edilir ve kullanıldıktan sonra doğaya tekrar geri atılır. Ancak atıksular hiçbir tasfiye işlemine tabi tutulmadan doğrudan yüzey sularına verilmesi kirliliğe sebep olmaktadır. Nehir, göl ve diğer su kaynaklarının kirletildikten sonra tekrar temizlenmesi de önemli bir problem teşkil etmektedir.

Nüfus artışı ve sanayileşmenin beraberinde getirdiği doğanın özümseyebileceğinin üzerinde atıksu üretimi ve alıcı ortamların kirlenmesi günümüzde insan hayatını doğrudan ve dolaylı yolla tehdit eden problemlerden biridir. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek bu durumu önlemek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların %99 a varan kısmı su, geri kalanı ise kirletici maddelerden oluşmaktadır. Atık suyun bu kirleticilerden arındırılarak tekrar alıcı ortamlara verilmesi için kurulan atıksu arıtma tesislerinde yönetimi zor bir arıtma prosesi mevcuttur.

Atık su arıtma tesisleri proses kontrolünde laboratuvar test sonuçları kullanılmaktadır. Laboratuvarda ölçümü yapılan parametrelerden pH değerinin; sistemde ki biyolojik arıtmayı

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Karabuk University, 78050, Karabuk TURKEY. E-mail address: mdugenci@karabuk.edu.tr, Phone: +90370 433 20 21

gerçekleştiren mikroorganizmaların yaşayabilmesi ve verimli arıtım yapılabilmesi için 6-9 arasında olması gerekmektedir. Sıcaklık, sistemde mikroorganizma faaliyetlerinin verimli bir şekilde devam etmesi için önemli bir parametredir. Evsel atıksu arıtma tesisleri için sıcaklık değerleri 10-30 °C arasında değişmektedir. En ideal sıcaklık 13-14 °C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça mikroorganizma faaliyetleri ve üreme hızı artmakta, sıcaklık azaldıkça üreme hızı ve verimli çalışabilme kapasiteleri azalmaktadır. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI) ve Askıda Katı Madde (AKM), atıksuda ki kirlilik derecesini ifade eder. Giren kirlilik değerlerine göre arıtma prosesi parametresi olan kuru madde miktarı (sistemde ki mikroorganizma miktarını ifade eder) ve bu değere göre de sistemden uzaklaştırılması gereken fazla çamur miktarı ayarlanmaktadır. Kirlilik değerlerini karşılayabilecek mikroorganizma oranı belirlenmektedir. Aynı zamanda bu kirliliklere göre üreyen mikroorganizma sayısı kontrol altında tutulmaktadır.

Giren kirlilik (KOI, AKM) fazla ise mikroorganizmaların sayısı da buna bağlantılı olarak artış göstermektedir. KOI parametresinde ki salınımına göre sistem içinde ki mikroorganizma oranı değişim göstermektedir. Sistem de fazla mikroorganizma darken kirlilik az geldiğinde mikroorganizmaların besinsiz kalıp ölümlerine sebep olacağı için fazla mikroorganizmanın sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Gelen kirliliğe göre sistemde bulunması gereken mikroorganizma oranının tahmin edilmesi, proses olumsuz olarak etkilenmeden içeride istenilen oranda mikroorganizma üremesine izin vermemize yardımcı olacaktır.

Atıksu arıtma prosesine yapılacak müdahalelerde (sisteme verilecek oksijen miktarı ve uzaklaştırılacak mikroorganizma vb.) tesis çıkışında gerçekleşebilecek kirlilik parametrelerinin önceden tahmin edilebilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Diğer bir deyişle prosteki oluşabilecek sorunların önceden tahmin edilebilmesi ve yapılacak olan tahminlerin doğruluk derecesi başarılı müdahaleler için önem arz etmektedir. Her ne kadar istatistiki yöntemler ile ilgili tahminleri gerçekleştirmek mümkün ise de olayların doğasındaki belirsizlikler, ilgili unsurların birbirleri ile karmaşık ilişkileri tahmin değerlerinin doğruluk derecesinin sorgulanmasına yol açmaktadır. Özellikle son 20 yıl içerisinde bu gibi durumlarda daha etkin bir şekilde tahmin yapabilmek için yapay zeka tekniklerinden faydalanılmaktadır [...].İnsan beyin hücrelerinin işleyişi ve öğrenmeyi esas alan Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks) hemen hemen tüm mühendislik disiplinlerinde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir.

Yapılan çalışmada genel hatları ile; bir atıksu arıtma tesisinin proses kontrolünün geri yayılım algoritması ile öğrenmesi sağlanmış yapay sinir ağı modeli ile atıksu arıtma tesis giriş parametrelerinden çıkış parametrelerinin tahmini gerçekleştirilmiştir.

## **2. Materyal ve Yöntem**

### **2.1. Atıksu Arıtımında Temel Hedefler**

Evsel atık sular evlerden, ticari işletmelerden, kurumlardan ve benzer binalardan boşaltılan atık sulardır. Bu sular insan ve hayvan dışkısı ve idrarı ile grisü denilen banyo, lavabo ve yıkamadan gelen suların oluşmaktadır [1]. Evsel atık sular renkli, pis görünümlü ve içinde bir miktar

çözünebilen ve çözünemeyen maddeler bulunmasına rağmen %99'u su olup diğer kısımlar organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder [2]. Bunların dışında bakteri, protozoa, virüs, helmint gibi patojenik olabilecek mikroorganizma türleri barındırabilirler [3].

Doğal çevrenin korunmasına yönelik bir faaliyet olan atıksu arıtmada hangi kirleticilerin hangi seviyeye kadar giderileceği konusu ele alır. Atıksu arıtımında temel hedef, atıksuyun deşarj edildiği ortamlarda halk sağlığına ve ekolojik dengeye olabilecek menfi etkilerin en az düzeye indirilmesidir

Atıksu parametrelerinden hangisinin ne derecede arıtılacağı, kanunlar ve yönetmeliklerle tespit edilmektedir. Alıcı ortamların kirlilik özümseme kapasitelerine bağlı olarak belirlenen deşarj standartları ülkeden ülkeye farklılıklar gösterebilmektedir. Bir akarsuya yapılacak deşarj ile bir deniz ortamına veya bir göl ortamına yapılacak deşarj kriterleri değişik olmaktadır [4].

Bu çalışmada örnek alınan tesis biyolojik arıtma yapmaktadır. Biyolojik arıtmanın amacı, atıksudaki çökelmeyen koloidal katıları pıhtılaştırarak gidermek ve organik maddeleri kararlı hale getirmektir. Evsel atıksu arıtımında organik madde içeriğinin yanı sıra azot ve fosfor gibi besi maddeleri de biyolojik arıtımda giderilir [5].

Atık suyun biyolojik olarak temizlenmesi havalandırma havuzunda, aktif çamur vasıtasıyla olmaktadır. Son çökeltme havuzunda aktif çamur flokları çökmekte ve aktif çamur olarak havalandırma havuzuna geri pompalanmaktadır. Geri gelen aktif çamur bakterilerin dairesel hareketlerini tamamlamakta ve havalandırma havuzu ile son çökeltme havuzunun bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. Aktif çamurun fazlaşması halinde bir miktar aktif çamur artık olarak uzaklaştırılmaktadır. Artık çamurun uzaklaştırılması ile havalandırma havuzundaki çamur miktarı ayarlanabilmektedir.

## ***2.2. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi***

Bu çalışmanın uygulama verilerinin alındığı Karaman Atıksu Arıtma Tesisi (AAT), Sakarya Büyükşehir Belediyesi Saski Genel Müdürlüğü'ne ait, evsel nitelikli atık suları arıtmak için yapılmış yaklaşık 750.000 kişilik nüfusa yetecek kapasiteli uzun havalandırmalı aktif çamur sistemine sahip, bir biyolojik arıtma tesisidir. Şekil 1 de tesisten genel bir görünüm yer almaktadır.



Şekil 1. Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü [6]

Bu çalışmada Karaman AAT 'deki 652 günlük hafta içine ait ölçümler kullanılmıştır. Tesis girişinde ölçülen atıksu sıcaklığı (C), pH, debi (Q), askıda katı madde (AKM) ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile arıtmayı yapan mikroorganizmaların yaşamı için gerekli havalandırmada (oksijen verme) esnasında brülörlerde harcanan sarfiyatı da kapsayan toplam elektrik tüketimi alınmıştır. Çıkış parametresi olarak da atıksu arıtımında düşürülmeye çalışılan temel kirlilik parametrelerinden olan AKM ve KOI ile dengede tutulmaya çalışılan pH seviyesi ile atıksu çıkış sıcaklığı ele alınmıştır.

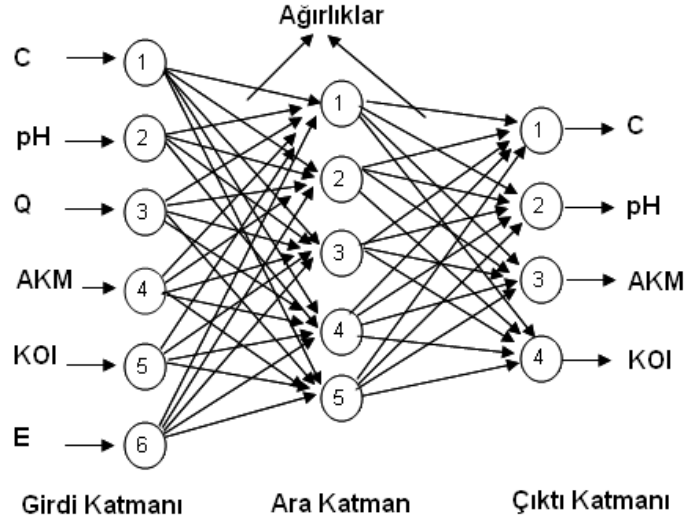
### 2.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA, yapay zeka biliminin bir alt dalıdır ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. YSA öğrenme kabiliyeti, adaptasyonu, az bilgi ile çalışabilme özelliği, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı ile modern bilimin en popüler konularının başında gelmektedir. YSA'lar, öğrenme yoluyla bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir. Yapay Sinir Ağları ile ilgili detaylı bilgi [7]'da bulunmaktadır.

### 2.4. AAT proses kontrol için Yapay Sinir Ağı Modeli

Girş, ara ve çıkış katmanını olmak üzere üç katmandan oluşan çok katmanlı şekil 3 de görüldüğü gibi bir yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Yapay sinir ağının giriş katmanında atıksu arıtma tesis girişinde ölçümleri yapılan; sıcaklık (C), pH, debi (Q), AKM, KOI ve tesis elektrik sarfiyatı (E)

parametreler bire giriş hücresi ile temsil edilmiştir. Ara katmanda 3 ile 10 arasında hücre sayısı test edilmiş en optimal değer olarak bulunan 5 hücre kullanılmıştır. Çıkış katmanında ise tets çıkışında ölçülen sıcaklık (C), pH, debi (Q), AKM, KOI değerleri birer çıkış hücresi olarak modelde yer almıştır. Giriş katmanı ile ara katman arasında ve ara katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlık değerleri başlangıçta 0 il 1 arasında rastgele belirlenmiş daha sonra YSA eğitim sürecinde geri yayılım algoritmasına göre optimum değerleri bulunmuştur.



Şekil 3. AAT proses kontrol için YSA tahmin modeli

Yapay sinir ağı modelinde 652 günlük ölçüm değerlerinden 452 günlük veri ağ eğitiminde, 200 günlük veri test de kullanılmıştır. Eğitim ve test seti belirlemede rasgele seçim yöntemi benimsenmiştir. Veriler 0.1 ile 0.9 arasında;

$$X = 0.1 + \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * 0.8$$

Formülü kullanılarak ölçeklendirilmiştir. Sonuçlar da normalize değerler üzerinden verilmektedir.

### 3. Tartışma

6 giriş parametresinden sıcaklık, pH, AKM ve KOI tahmininde ortalama olarak %89'a varan performans elde edilmiştir. Performans hesaplamada her bir parametrenin olması gereken değeri ile tahmin değeri arasındaki fark (hata) mutlak değerleri alınarak toplanmış ve toplam olması gereken değere oranlandığında hata oranı, 1 den çıkartıldığında da % performans elde edilmiştir.

Ortalama performans hesaplamada ise 4 parametre performans yüzdesinin aritmetik ortalaması alınmıştır. YSA modeli ile elde edilen çıkış parametre tahmin doğruluk yüzdeleri Tablo 1 de verilmiştir. Kirlilik için esas önem taşıyan AKM ve KOI tahminlerinde %78.9 ve %86.5 lik bir

tahmin tesis kontrolünde karar vericiye yardımcı olacak niteliktedir. Tesis çıkışındaki arıtılmış suyun sıcaklık değeri %91.1, pH değeri ise %92.9 doğruluk düzeyinde başarı ile tahmin edilmiş bu dört parametrenin tahmin başarı yüzdesi ise 86.9 düzeyinde gerçekleşmiştir

**Tablo 1.** Karaman giriş parametrelerinden çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri

| <b>Yöntem</b>           | <b>Sıcaklık</b> | <b>pH</b> | <b>AKM</b> | <b>KOI</b> | <b>Ortalama</b> |
|-------------------------|-----------------|-----------|------------|------------|-----------------|
| <b>Geri Yayılım YSA</b> | 89.1            | 92.9      | 78.9       | 86.5       | <b>86.9</b>     |

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın yürütülmesinde her türlü bilgiyi veren ve uygulamanın yürütülmesini destekleyen başta Sayın Genel Müdür olmak üzere Sakarya Büyükşehir Belediyesi Sakarya Su Kanalizasyon İdaresi yetkililerine ve ilgili personeline teşekkür ederiz.

### **Referanslar**

- [1] Uğur A, Yılmaz F, Besler A. Muğla Üniversitesi evsel atıksu arıtma tesisinde bakteriyoloji, protozoolojik ve fiziko-kimyasal bir araştırma. *Ekoloji Dergisi* 2000; 10(37): 9-11.
- [2] Başar K, İleri R, Şamandar A. Evsel atık su arıtma tesislerinde mikrobiyolojik giderimin araştırılması. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 1988; 55(2): 91-95.
- [3] Arceivala SJ. Wastewater treatment for pollution control. Tata McGraw – Hill; 2002.
- [4] Dağ CM. Evsel nitelikli atıksular için arıtma prosesleri. Çevre Mühendisliği Uygulamaları, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 2002.
- [5] İleri R. Çevre biyoteknolojisi. Adapazarı: Değişim Yayınları; 2000.
- [6] <http://www.sakarya-saski.gov.tr/Sayfalar/Tesisler/Atıksu-Tesis-Karaman.aspx>, son erişim tarihi 03.06.2016
- [7] Öztemel E. Yapay Sinir ağları, Papatya Yayınları 3. Baskı, 2012