

**AKARSU SİSTEMLERİNDE LİNEER OLMAYAN PARAMETRE BELİRLEME
TEKNİKLERİ VE DİNAMİK SİMÜLASYON
NONLINEER PARAMETER ESTIMATION TECHNICS AND DYNAMIC
SIMULATION IN RIVER STREAMS**

İsrafil GÜZEL, Tercan ÇATAKLI, Habib AKYAZI, Erdal KARADURMUŞ

ÖZET

Akarsu havzalarında su kalitesinin izlenerek çevre kirlenmesinin kontrol altına alınması önemli ve güncel bir sorundur. Kirlilik yüklerinin nehir boyunca etkilerinin öngörülmesi, önceden önlem alınması için su kalite modellerinin oluşturulması ve bilgisayar ortamında benzetimi gereklidir.

Sistem içinde meydana gelen değişimler tahmini olarak matematiksel modellerle açıklanabilmektedir. Bu modellerin çoğu doğrusal olmayan bir diferansiyel denklem setini içerir. Parametreler ortamın durumuna göre sabit olabilir ancak gerçek sistemlerde parametreler değişken kabul edilerek çeşitli optimizasyon yöntemleriyle belirlenmeye çalışılırlar. Bu tür problemlerde çözüme ulaşmak için farklı yaklaşımlardan yararlanılır. Bu yaklaşımlardan en çok kullanılanları; Genetik Algoritma, Gauss-Newton Algoritması, Gauss-Seidel Algoritması, Çoklu Yanıtlı Yöntemi, En Küçük Kareler yöntemi, Matris Yaklaşım Algoritması vb. dir. Dinamik benzetim için kullanılan modellerden QUAL2E çok iyi bilinen genel amaçlı akarsu su kalitesi modelidir. Model kullanıcı tarafından seçilen kombinasyonda 15 adet su kalitesi bileşeninin benzetimini yapabilmektedir. QUAL2E, su kalitesindeki değişiklikleri hem kararlı hal hem de dinamik olarak simüle edebilmektedir. Ayrıca dinamik benzetimi uzman desteği olmaksızın gerçekleştirme kolaylığını sağlamak üzere AKAB geliştirilmiştir.

Çalışma Yeşilirmak havzasının Amasya bölümünde bulunan kirliliğin yoğun olduğu Durucasu'da gerçekleştirilmiştir. Çalışmada akarsu sisteminin incelenmesinde Çözünmüş Oksijen (DO) ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD5) değişimi incelenmiştir. Geliştirilen matematiksel modelde 2 adet hal değişkeni için gerekli 11 adet parametre belirlenmiştir. Belirlenen parametreler literatür ile uyum sağlamaktadır. Nehir üzerinde 2 noktadan dinamik olarak ölçülen sıcaklık, DO ve BOD5 ve nehir debisi analiz sonuçları çalışmada kullanılmıştır. Gerekli model parametreleri belirlendikten sonra hem QUAL2E hem de AKAB modellerinde benzetim yapılmıştır. Deneysel sonuçlar ve benzetim sonuçlarının uyumu gözlenmiştir.

***Anahtar kelimeler:** Akarsu sistemi, parametre belirleme, dinamik simülasyon*

ABSTRACT

Control the environment pollution with observing water quality is an important and actual problem in river basins. In order to be able to assess the consequences of point discharges throughout the river basin and take precautions beforehand, it is necessary to generate water quality models and simulate them in computer.

Variations in a system can be explained with mathematical models. Most of these models contain a set of nonlinear differential equations. Parameters can be taken as constant according to situation of environment but in real systems parameters can be accepted as variable and they can be determined by different optimization methods. Different methods are

used in order to solve these problems. The most used methods are Genetic Algorithm, Multiresponse Method, Least Squares Method, Matrix Approach Algorithm e.c. QUAL2E model, used for dynamic simulation is a very common water quality model. This model can simulate 15 water quality component in different combinations depending on the selection. QUAL2E can also simulate water quality changes in dynamic and steady state conditions. AKAB is also developed in order to provide dynamic simulation without using any specialist help.

This work was performed in Durucasu side of Amasya in which intensive pollution exist at Yeşilirmak Basin. Dissolved Oxygen (DO) and Biochemical Oxygen Demand (BOD5) changes were examined for river system. 11 parameter was determined with mathematical models for 2 variable. DO and BOD5 analysis results taken from 2 points in river, are used in this work. After estimation of essential model parameters simulation was made with QUAL2E and AKAB models. Consistency of experimental results and simulation results were observed.

Keywords: River Streams, parameter estimation, dynamic simulation

Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
19100 Çorum, erdalk@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Akarsuyu bol olan ülkeler arasında sayılmamıza rağmen hızla kalkınmakta ve gelişmekte olan ülkemizde, akarsularımız, göl ve denizlerimizle diğer tüm su kaynaklarımızda görülen kirlenmenin önemi; büyüyen şehirlerin içme suyu ve gelişen endüstrinin su talebini karşılamak durumunda kalacağı düşünüldüğünde, bir kat daha artmaktadır. Türkiye kişi başına düşen kullanılabilir su varlığı bakımından diğer bazı ülkeler ve dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir.

Bir akarsu sisteminin değişik kirlilik yükleri altında muhtemel davranışı ancak o sistemin dinamik özelliklerinin bilinmesi ile öngörülebilir. Bu sebeple, iyi bir dinamik model kurulmalı ve güvenilir bir benzetim yapılmalıdır. Dolayısıyla geliştirilen model deneysel olarak test edilmeli, model parametreleri sağlıklı olarak belirlenmeli ve kanıtlanmalıdır.

Buradan yola çıkılarak bu çalışmada biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD5) ve çözülmüş oksijen (DO) hal değişkenleri için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modelde yer alan parametreler belirlenmiş olup AKAB ve QUAL2E su kalite modelleriyle simule edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar karşılaştırılarak yapılan çalışmanın doğruluğu kanıtlanmaya çalışılmıştır.

2. PARAMETRE BELİRLEME

Parametre belirleme problemlerinde çözüme ulaşmak için farklı yaklaşımlardan yararlanılır. Her yaklaşımda amaç, modelden alınan gözlem ve tahmin değerleri arasındaki farkı minimize etmektir. Model parametrelerini hesaplamak için en uygun ölçüm verilerinin elde edilmesi lazımdır.

Kimyasal proseslerin dinamik davranışının sağlıklı olarak öngörülebilmesi için gerekli temel iki koşul; iyi bir model ve güvenilir bir çözüm (ya da benzetim) algoritmasıdır. Bir modelin prosesi tam olarak temsil edip edememesi büyük ölçüde, model içindeki parametrelerin (hız sabitleri, aktarım parametreleri vb. gibi) doğru belirlenmesine bağlıdır.

Birçok parametre belirleme yöntemi bulunmakla beraber en çok kullanılan yöntemler; Genetik Algoritma, Gauss-Newton Algoritması, Gauss-Seidel Algoritması, Çoklu Yanıtlı

yöntemi, En Küçük Kareler yöntemi, Matris Yaklaşım Algoritması v.b. dir. Ülkemizde Lineer ve nolineer sistemlerde parametre tahmin çalışması yapan bilim adamının sayısı oldukça az olmasına rağmen dünyada bu tür çalışmalar çokça raslanmaktadır.

Çok yanıtlımlı nonlinear tepkime modeli için kinetik parametre tahminleri, değişimde bilinmeyen parametrelili modellerde parametre tahmin çalışmaları, akarsu sistemlerinde parametre belirleme ve dinamik simülasyon çalışmaları yapılmıştır[1,2,3,4].

Parametre tahminlerinin hassasiyetli bir şekilde tahmini, nonlinear dinamik biyolojik modelde parametre tahmin çalışmaları yapılmıştır[5,6,7,9].

INCA-N modeli için parametrelerin tahmininde, Glue metodunu kullanılması, uzun süreli proseslerde metropolis algoritmasını uygulayarak model parametrelerini tahmin etme çalışması yapılmıştır[8,10].

Düşey girişimli basınç testlerinin modellenmesi ve parametrelerin tahmini için gradyant temelli Levenberg – Marquardt algoritmasının kullanılması, adaptif filtrelerde Gauss-Seidel algoritmasını Stokostik Yakınsama Analizi kullanarak parametre tahmin çalışması, doğrusal olmayan regrasyonda parametre tahmini için Genetik Algoritma yöntemini, Stewart (1987) tarafından önerilen “çok yanıtlımlı” parametre belirleme stratejisini kullanarak çalışmalar yapılmıştır[11,12,13,14].

Dinamik sistemler için; kısmi lineerleştirmeyi kullanan bir yöntem, parametrelerin hal tahminlerini kullanan daha gelişmiş bir algoritma, bu eşitlikleri hızlı bir şekilde çözen ve içeriğini açık bir şekilde veren Gauss – Newton tipinde benzer bir yaklaşım, tahmin problemlerinde sistemin çözümü için genel bir integrasyon yöntemi, kısmi lineerleştirme için en iyi başlangıç tahminlerini hesaplayan ve dolaysız bir yöntem kullanan bir algoritma, 1. adım için Genetik Algoritmayı sonraki adımlar için (L-M) optimizasyon yöntemini kullanılarak çalışmalar yapılmıştır [15,16,17,18,19]

1. ve 2. mertebe sistemlerinin çözümü için lineer temelli bir yaklaşım ile kombine olan teknikleri kullanarak dinamik sistemlerde parametre tahmin için genel SQP Algoritması geliştirerek çalışmalar yapılmıştır[20]

2.1 SQP (Sequential Quadratic Programming)

Bu yöntemde problem doğrusallaştırılır ve Kuadratik Programlama problemi haline dönüştürülür. Algoritmada proses sınırlamalarını dikkate alabilmek için özel bir ‘*Sequential Quadratic Programming*’ (SQP) stratejisi kullanılmaktadır.

Optimizasyon değişkenlerinin başlangıç değerlerinden başlayarak her aralıkta model integre edilmiş, bu arada bir aralığın sonunda elde edilen hal değişkeni değerleri, onu takip eden aralık için başlangıç değerleri olarak alınmıştır. Bu şekilde ilerleyerek zaman ufkunun sonuna ulaşıldığında amaç fonksiyonun değeri elde edilebilmiştir. Böylece ortaya çıkan doğrusal olmayan program MATLAB optimizasyon paketi içinde, sınırlandırılmış çok değişkenli fonksiyonun minimumunu bulan hazır bir fonksiyon yardımıyla çözülmüştür[26].

2.2 SERİ BAĞLI CSTR YAKLAŞIMI İLE MODELLEME

Yeşilirmak nehri temel alınarak, bir akarsuyun 500 m uzunluğundaki hacim elemanı tek bir karıştırmalı tepkime kabı varsayımına dayalı yaklaşım (Karadurmuş and Berber 2004) geliştirilerek akarsuların dinamik modellenmesi için seri bağlı tam karıştırmalı tepkime kabı (CSTR) yaklaşımı yapılmıştır. Modelleme yapılırken nehir her yerde tam karıştırmalı, sabit akış hızı ve sabit kesit alanı, kimyasal ve biyolojik tepkime hızları hesaplama elemanı içinde sabit olarak varsayılmıştır.

Seri bağlı CSTR varsayımı ile oluşturulmuş model 11 tane kirlilik değişkenine ait diferansiyel eşitlikler ve bir seri cebirsel eşitlikler içermektedir. Bu çalışmada bu kirlilik değişkenleri

içerisinden Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD5) derişimi ve Çözünmüş oksijen (DO) derişimi incelenmiştir. Bu kirlilik değişkenlerine ait kütle korunum eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD5) (Karadurmuş and Berber, 2000)

$$dL / dt = K_1.L - K_3.L + (L^0 - L).(Q / V)$$

Çözünmüş oksijen (DO) (Karadurmuş and Berber, 2000)

$$dO / dt = K_2(O^1 - O) + (\alpha_3.\mu - \alpha_4.\rho).A - K_1.L - (K_4 / d) - \alpha_5 .\beta_1.N_1 - \alpha_6 .\beta_2.N_2 + (O^0 - O).(Q / V)$$

3. SU KALİTE MODELLERİ

Su kalitesi modelleri, bir su ortamında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri tanımlayan matematiksel eşitliklerden meydana gelir. Doğal olaylardan ya da evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan noktasal/noktasal olmayan değarlar modelin kirlilik yüklerini oluşturur. Karmaşık, rasgele ve zamanla değişken özellik gösteren kirlilik kaynakları sebebiyle akarsu sisteminin davranışı dinamiktir.

Bir akarsu sisteminin değişik kirlilik yükleri altında muhtemel davranışı ancak o sistemin dinamik özelliklerinin bilinmesi ile öngörülebilir. Bu sebeple, iyi bir dinamik model kurulmalı ve güvenilir bir benzetim yapılmalıdır. Dolayısıyla geliştirilen model deneysel olarak test edilmeli, model parametreleri sağlıklı olarak belirlenmeli ve kanıtlanmalıdır.

Matematiksel olarak modellemesi yapılan gerçek olayı, elde edilen matematiksel modelin en iyi ve yüksek duyarlılıkta temsil etmesi en önemli noktadır. Bilgisayar destekli çalışmalar bu yönde yürütülmektedir. Oluşturulan matematiksel modelin daha iyiye ve daha ileriye götürülmesi, dolayısıyla gerçek olayı daha iyi şekilde temsil eden bir yapıya getirilmesi temel olarak hedeflenir.

Doğal nehir sularındaki organik azot ve fosfor analizinde kullanılmayan başka bir metotla analizi de çalışılmıştır[21].

Öte yandan dinamik benzetim alanında; duyarlılık analizi, birinci mertebe hata analizi ve Monte Carlo benzetim tekniklerinin matematiksel su kalite modeli QUAL2E'ye uyarlanması çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çoklu ortam için (hava, su, toprak gibi) modelleme sistemlerinin geliştirilmesi, uzman sistemlere geçiş ve doğadaki sorunların kademeli olarak çözümlenmesi gerekliliği vurgulanmıştır [22,23].

Literatürde genetik algoritmayı (GA) su kalite model parametrelerinin belirlenmesinde kullanan araştırmacılara rastlanmaktadır. Bunlar çözüm için en küçük kareler yöntemini kullanmışlardır[24].

TÜBİTAK Türkiye'de nehir havza planlaması için QUAL2E programını seçmiş, ancak Yeşilirmak havzasında çok uzun yıllar denenmesine rağmen kalibrasyon güçlükleri nedeniyle bu program beklenen verimle kullanılamamıştır[25].

QUAL2E de dahil olmak üzere, bilinen modellerin çoğunda dinamik benzetim özelliği yoktur ve model parametreleri deneme-yanılma yoluyla belirlenir. Ancak yapılan diğer bir çalışmada akarsu sistemlerinin modellenmesi için kimya mühendisliği açısından yeni bir yaklaşım getirilmiştir. Akarsuyun belirli uzunluktaki sabit hacim elemanını bir "tam karıştırmalı sürekli tepkime kabı" varsaymaya dayalı bu yaklaşım ve bir optimizasyon yöntemi ile, Yeşilirmak üzerinde belirlenen iki örnekleme istasyonundan alınan dinamik verilerle 26 tane model parametresi belirlenmiştir. Deneme-yanılma olmadan elde edilen parametreler yeni geliştirilen

model ile denenmiş ve gözlemlerle belirli ölçüde uyum sağladığı görülmüştür[22,3]. Diğer bir çalışmada da önerilen CSTR yaklaşımı bir adım daha ileriye götürülerek seri bağlı CSTR yaklaşımı ile akarsu modellenmiş, modelin ihtiva ettiği 33 parametrenin tamamı optimizasyonla deneme-yanılmaya gerek duymadan sağlıklı olarak belirlenmiştir ve dinamik benzetimi, uzman desteği olmaksızın gerçekleştirme kolaylığını sağlamak üzere kullanıcı etkileşimli bir ara yüze (GUI) sahip olan AKAB (Akarsu Benzetimi) yazılımı geliştirilmiştir [26].

3.1. QUAL2E SU KALİTE MODELİ

QUAL2E, hem kararlı hal hem de su kalitesindeki gün boyunca olan değişikliklerin yarı dinamik simülasyonlarını, yapabilmektedir. Halen tüm dünyada kullanılan bir model haline gelmiştir. QUAL2E ayrıntılı ve çok yönlü bir su kalite modelidir. Kullanıcı tarafından seçilen kombinasyonda 15 adet su kalitesi bileşeninin benzetimini yapabilmektedir. Model tek boyutlu olup iyi karışım akarsu ağlarında çok sayıda kirlilik yükü, çekim, yan kolların katkısı, ara havza akışı veya çekimleri gibi bileşenleri dikkate alabilmektedir. Model yapısı gereği hem yataşkın durum, hem de dinamik durum için çalıştırılabilmektedir. QUAL2E'nin dinamik model olarak kullanılması durumunda kullanıcı, meteorolojik verilerdeki günlük değişimlerin su kalitesine (özellikle çözünmüş oksijen ve sıcaklık) etkisini, ayrıca yosun büyümesi ve solunumu nedeniyle oluşan günlük çözünmüş oksijen değişimlerini inceleyebilmektedir[22].

QUAL2E modeli, dispersiyon ve adveksiyon mekanizmalarına dayanan kütle taşınımı ve tepkime denklemleri "sonlu farklar yöntemi" ile çözümlenmektedir. Kullanılan temel bağıntılar, akım cinsinden hidrolojik denge denklemini, sıcaklık cinsinden enerji denklemini ve derişim cinsinden de kütle denklemini ifade eder (Brown ve Bamwell 1987). QUAL2E Modeli geniş kapsamlı olması nedeniyle, çok çeşit ve sayıda bilgiye ihtiyaç duyar. Sadece programın girdisi olarak 24 grup veri tanımlanır[22].

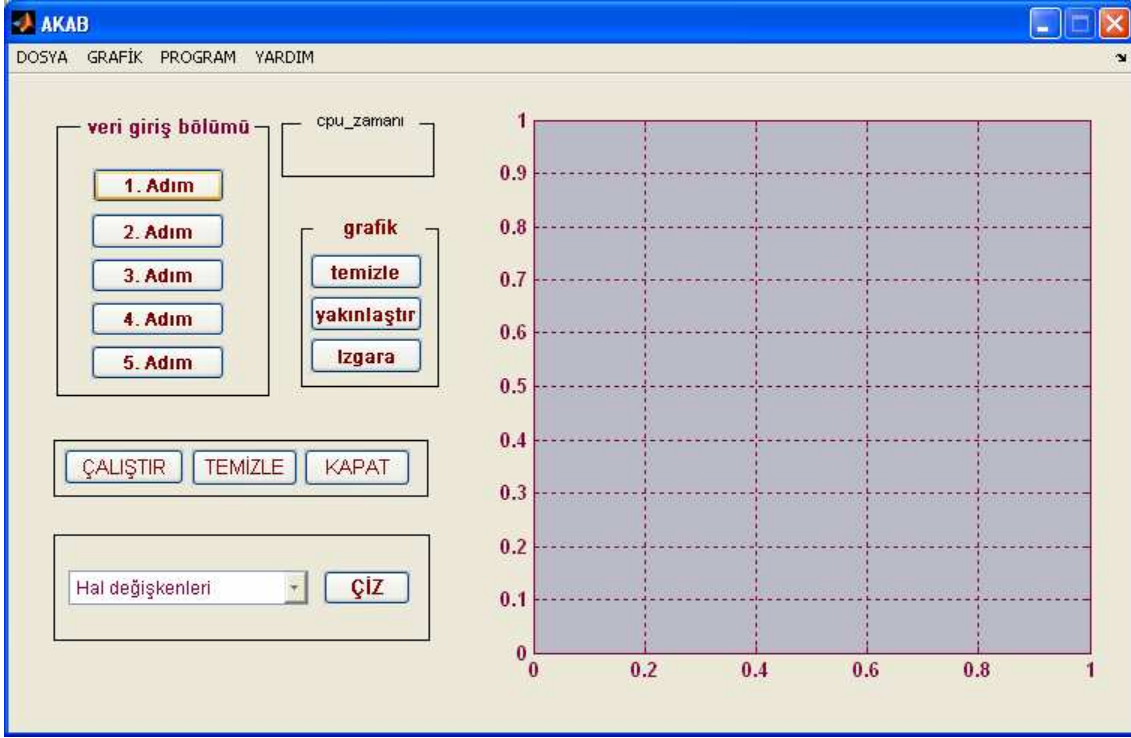
Belirsizlik taşıyan analiz (Uncertainty) tekniklerinin matematiksel su kalite modeli QUAL2E'ye dahil edilmesi ile QUAL2E-UNCAS modelinin otomatik olarak kullanım amacı değişir. Bu modül, gerek model duyarlılığının gerekse girdi verilerindeki belirsizliklerin model tahminlerine etkilerini ortaya koyabilmektedir. Model tahminlerindeki belirsizlik miktarının bulunması, su kalitesi değişkenlerinin kabul edilen bir seviyenin üzerinde veya altında değer alma olasılığının (riskinin) tahminine imkan vermektedir. Bunun da ötesinde su kalitesi tahminlerinde yapılabilecek hataların mertebesini ortaya koymaktadır. QUAL2E-UNCAS sıkça kullanılan belirsizlik analiz stratejileri olan Duyarlılık (Sensitivity) Analizi, Birinci Mertebe Hata Analizi (First Order Error Analysis) ve Monte Carlo Benzetimi içerir. Proses öncesi ve proses sonrası algoritmalar pek çok su kalite modellerine uygulanabilir. Program proses öncesi kullanıcının değişecek olan değişkenleri ve parametreleri seçmesine izin vermektedir.

Duyarlılık analizi seçeneğinde kullanıcı girdi değerlerini tek ya da gruplar halinde değiştirebilir. Duyarlılık analizi için gerekli girdi verileri ile belirlenmek istenilen girdi değişkenlerinin tanımlanarak bu değişkenlerde dikkate alınacak değişim miktarının belirtilmesinden oluşur[22].

3.2. AKAB (AKArsu Benzetim) PROGRAMI

Akarsu benzetimi konusunda dünyada en çok kullanılan yazılımlar da dahil olmak üzere, bilinen modellerin çoğunda dinamik benzetim özelliği yoktur ve model parametreleri deneme-yanılma yoluyla belirlenir. Bu iki özelliğe birden sahip olan bir yazılım bulmak neredeyse mümkün gözükmemektedir. Buradan yola çıkılarak model parametrelerini en

iyileştirerek dinamik benzetimi, uzman desteği olmaksızın gerçekleştirme kolaylığını sağlamak üzere kullanıcı etkileşimli bir arayüze (GUI) sahip olan AKAB geliştirilmiştir. Bu sayede, akarsuya ve karışan kirlilik yüküne ait bilgiler beş ana adımda yazılıma tanıtılmakta ve benzetimle 11 tane kirlilik değişkeninin (organik, Amonyum, nitrit, nitrat azotu; organik ve çözünmüş fosfor; BOİ, çözünmüş oksijen, koliform, klorür ve yosun derişimleri) akarsu uzunluğu boyunca değişimi grafiksel olarak gözlenmektedir. Şekil 1’de AKAB yazılımının grafiksel kullanıcı arayüzünde açılış penceresinden bir görüntü verilmiştir[27].



Şekil 3.1 AKAB yazılımının genel görüntüsü

Programın beş ana girdisi bulunmaktadır. Bu girdiler, veri giriş bölümü olarak adlandırılan kısımda 5 ana adım halinde gerçekleştirilmektedir. Programın işleyişine göre;

1. **Adım:** Otomatik olarak gelen pencereye m^3/s olarak akarsuyun debisi, m olarak akarsuyun genişliği ve m olarak akarsuyun benzetim yapılmak istenen uzunluğu girilmelidir.
2. **Adım:** Benzetimin başladığı noktadan alınan, modelin içerdiği 11 adet kirlilik değişkenine ait deneysel derişim değerleri programa tanıtılmalıdır.
3. **Adım:** Eğer akarsuya herhangi bir yan koldan noktasal yük yapılıyorsa bu yan kolların sayısı, benzetimin başladığı noktadan itibaren kaçınıcı km den yan kol veya noktasal yük ilavesinin yapıldığını, her bir yükün kirlilik değişkenlerinin akarsuya karışmadan önceki derişim değerlerini ve m^3/s olarak debisin girilmesi gerekir.
4. **Adım:** Modelin ihtiyacı olan ve daha önceden belirlenmiş 33 adet parametre programa tanıtılmalıdır.
5. **Adım:** Nehir sıcaklığı ve derinliği girilmelidir.

Bu bilgiler girildikten sonra 'ÇALIŞTIR' butonu veya program menüsünde bulunan çalıştır komutu ile program işletilir ve benzetimin tamamlandığını bildiren bir mesaj kutusu görülünce, liste kutusundan 11 adet kirlilik değişkeninden arzu edilen seçilerek benzetim uzunluğu boyunca o değişkenin nasıl değiştiği grafik ekranından gözlenebilir. Ayrıca, grafikten daha kesin değer okuyabilmek için bir yakınlaştır butonu, ızgara butonu ve grafiği temizlemek için bir temizleme butonu bulunmaktadır. Her bir benzetim sonunda benzetim

işlemi boyunca harcanan bilgisayar zamanı ekrandan görülebilmektedir. Son olarak hafızadaki eski bilgileri silmek için bir 'TEMİZLE' butonu ve programın kapatılmasını sağlayan 'KAPAT' butonu bulunmaktadır.

AKAB yazılımının işletilmesi için MATLAB programına ihtiyaç vardır. Çünkü yazılım MATLAB ortamında geliştirilmiştir. AKAB'ın MATLAB programının bulunmadığı bir bilgisayarda da işletilebilmesi için derlenmesi gerekmektedir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde çalışma bölgesi ve bu bölgenin bazı özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

Çalışma Bölgesi

Çalışma Yeşilirmak havzasının Amasya bölümünde bulunan Durucasu'da gerçekleştirilmiştir. Çalışma için bu bölgenin seçilme nedenleri aşağıda belirtilmektedir.

- Yeşilirmak nehri ana kol ve yan kollarına bırakılan kirlilik yükünün bu bölgede yoğunlaştığı görülmüştür.
- Nehrin yatağı bu bölgede çabuk bozulmamakta uzun bir mesafe boyunca yaklaşık değerlerde seyretmektedir
- Debi ölçümlerinin sağlanabileceği EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ye ait gözlem istasyonunu bu mevkide yer almaktadır.
- Çalışmada kullanılacak geçmiş yıllara ait deneysel verilerin mevcut olması.

Çalışmada nehre atık yüklemesi yapan bir maya fabrikasının öncesinden başlayarak farklı aralıklarla 36.5 km nehir uzunluğu boyunca alınmış ölçümler referans olarak alınmıştır. Bu ölçümler AKAB ve QUAL2E den alınan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. AKAB ve QUAL2E'den elde edilen sonuçları deneysel sonuçlardan ne kadar saptığını belirlemek amacıyla mutlak ortalama sapma (MOS) hesapları yapılmıştır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yazılan MATLAB programına gerekli datalar girildikten sonra elde edilen iterasyon sonuçları ve parametre değerleri aşağıda verilmiştir.

$r = 2.567031250000000e+002$

Iter	F-count	max.f(x)	constraint	Directional Step-size	First-order derivative	optimality	Procedure
0	34	0.142013	0				
1	69	0.140669	-0.0001752	1	-0.00134	0.0232	Hessian
2	104	0.133456	0	1	-0.00675	0.0395	modified
3	139	0.128091	0	1	-0.00491	0.0595	"
4	174	0.114544	0	1	-0.0056	0.00758	"
5	209	0.114357	0	1	-0.000187	0.00757	"
6	244	0.113943	0	1	-0.000407	0.00935	"
7	279	0.113753	0	1	-0.00018	0.00682	"
8	314	0.113178	0	1	-0.000535	0.00507	"
9	349	0.113043	0	1	-0.00013	0.00854	"
10	384	0.112424	0	1	-0.00048	0.004	"
11	419	0.112387	0	1	-3.58e-005	0.00484	"
12	454	0.112012	0	1	-1.26e-005	0.00389	"
13	489	0.111981	0	1	-2.94e-005	0.00342	"
14	524	0.111658	0	1	-0.000203	0.00144	"
15	559	0.111634	0	1	-6.46e-006	0.00142	"
16	594	0.111628	0	1	-5.51e-006	0.0014	"
17	629	0.111591	0	1	-7.46e-006	0.00132	"

18	664	0.111543	0	1	-4.62e-005	0.00131	"
19	699	0.111473	0	1	-5.77e-005	0.00102	"
20	734	0.111463	0	1	-1.57e-006	0.000672	"

Optimization terminated: Magnitude of directional derivative in search direction less than 2*options.TolFun and maximum constraint violation is less than options.TolCon.

Çizelge 5.1 Belirlenen Parametre Değerleri

PARAMETRE	BELİRLENEN DEĞERLER
Alfa3: Yosun büyümesinden dolayı birim oksijen üretimi, (mgO/mgA)	1.49913982955373
Alfa4: Birim yosun ünitesinin solunum yoluyla oksijen tüketim hızı, (mgO/mgA)	1.69949513638932
Alfa5: Birim amonyak azotu oksidasyonu oksijen tüketim hızı, (mgO/mgN)	3.09948583528812
Alfa6: Birim nitrit azotu oksidasyonu oksijen tüketim hızı, (mgO/mgN)	1.05082169928072
Ro : Yosun yerel solunum hızı, (1/gün)	0.50000000000000
K₁: BOD oksidasyon hızı, (1/gün)	0.40056758374746
K₂: Fickian difüzyon analogu, (1/gün)	11.63417917733991
K₃: Çökelmeden dolayı BOD azalma hızı, (1/gün)	-0.36000000000000
K₄: Dip çamuru oksijen ihtiyacı, (mgO/ft ² gün)	1.07841435146040
Beta₁: Amonyak büyütme hızı, (1/gün)	0
Beta₂ : Nitritin nitrata biyolojik oksidasyon hız sabiti, (1/gün)	0

36,5 km akarsu uzunluğu boyunca bir fabrikanın atığının Yeşilirmak nehirine olan etkisini incelemek amacıyla geçmiş yıllara ait deneysel veriler alınmıştır. Bu veriler ve Çizelge 5.1 de verilen parametreler kullanılarak AKAB ve QUAL2E programlarında benzetim yapılmıştır. Benzetim sonuçları ve deneysel sonuçlar kıyaslanmıştır. Alınan deneysel ölçümler Çizelge 5.2 de görülmektedir.

Çizelge 5.2 Akarsuyun 36.5 km lik bölümü için yapılan çalışmalardan elde edilen deneysel veriler

Kirlilik değişkenleri	Karışma Noktası	KARIŞMADAN SONRA						
		7. km	11. km	15. km	20. km	25. km	30. km	35. km
Sıcılık(°C)	18,80	19,40	21,00	21,00	19,80	21,10	21,00	21,20
Debi(m ³ /s)	26,25	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48	26,48
BOD5(mg/L)	7,00	7,00	8,00	8,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8,70	8,70	8,70	8,80	8,70	8,80	8,90	8,70

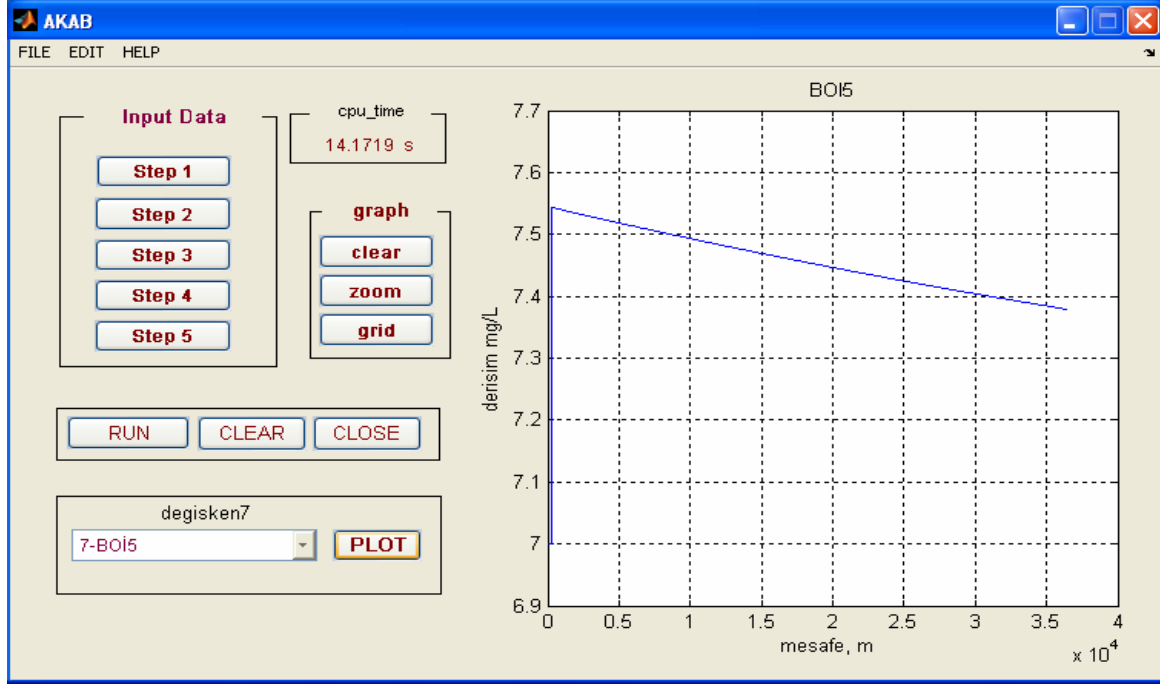
Nehre atık yüklemesi yapan fabrikanın deşarj değerleri Çizelge 5.3 verilmiştir.

Çizelge 5.3 Nehire deşarj yapan fabrikanın soğutma suyu ve atıksu karışımının karakteristiği

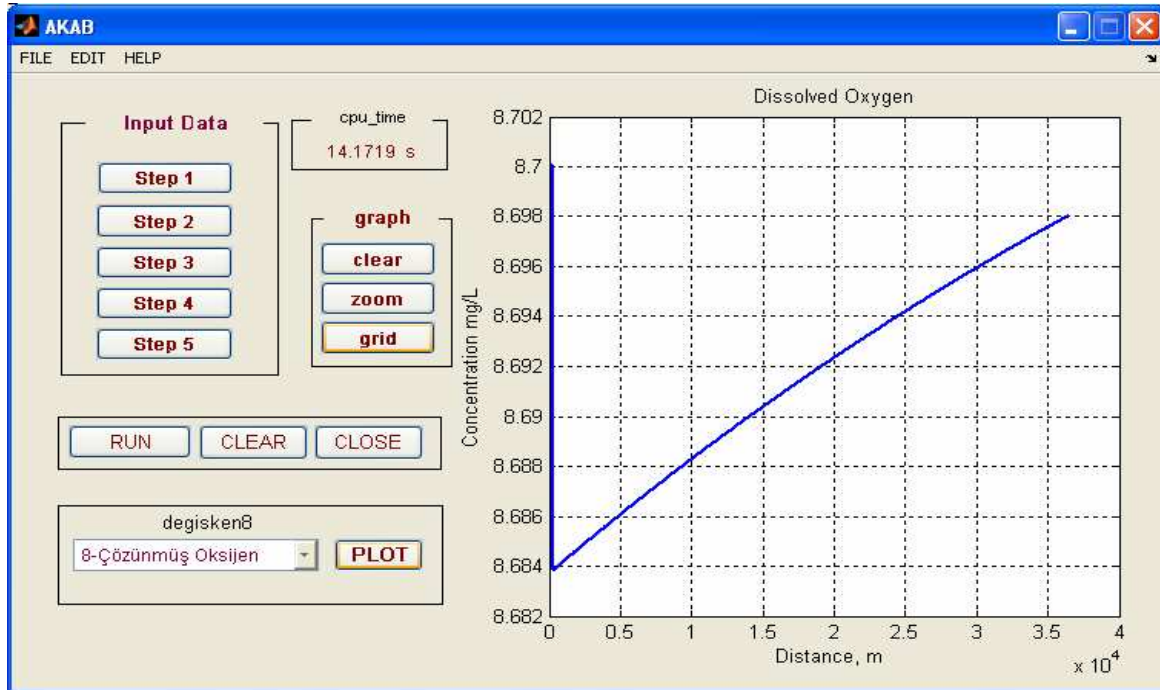
Kirlilik değişkenleri	Soğutma Suyu ve atıksu
-----------------------	------------------------

Sıcılık(C)	25,30
Debi(m ³ /s)	0,25
BOD5	210,0
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,20

AKAB programına veriler girilip program çalıştırıldıktan sonra elde edilen BOD5 ve DO değişkenlerine ait arayüzler aşağıdaki gibidir.



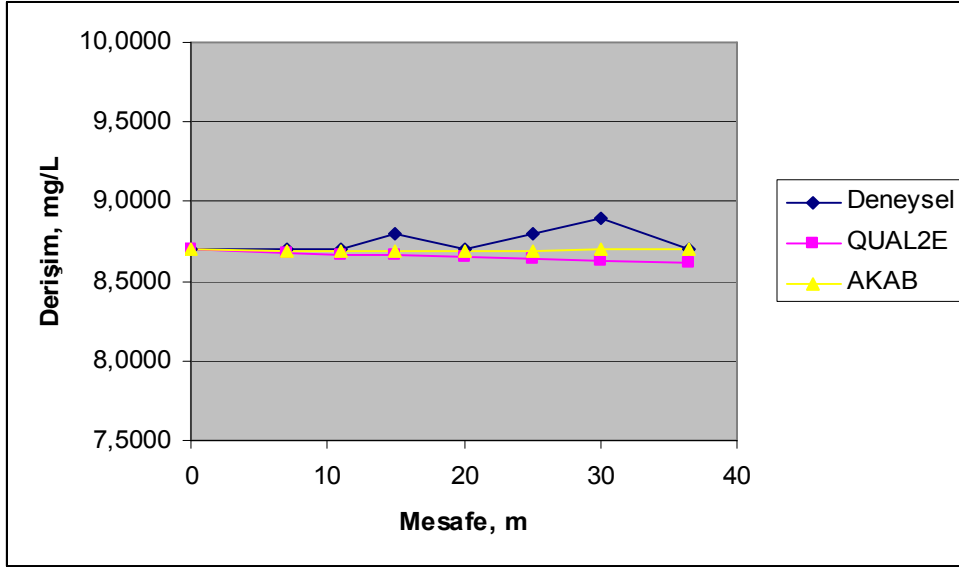
Şekil 5.1 Akarsuyun 36.5 km boyunca BOD5 derişimi değişiminin AKAB arayüz görüntüsü



Şekil 5.2 Akarsuyun 36.5 km boyunca çözülmüş oksijen derişimi değişiminin AKAB arayüz görüntüsü

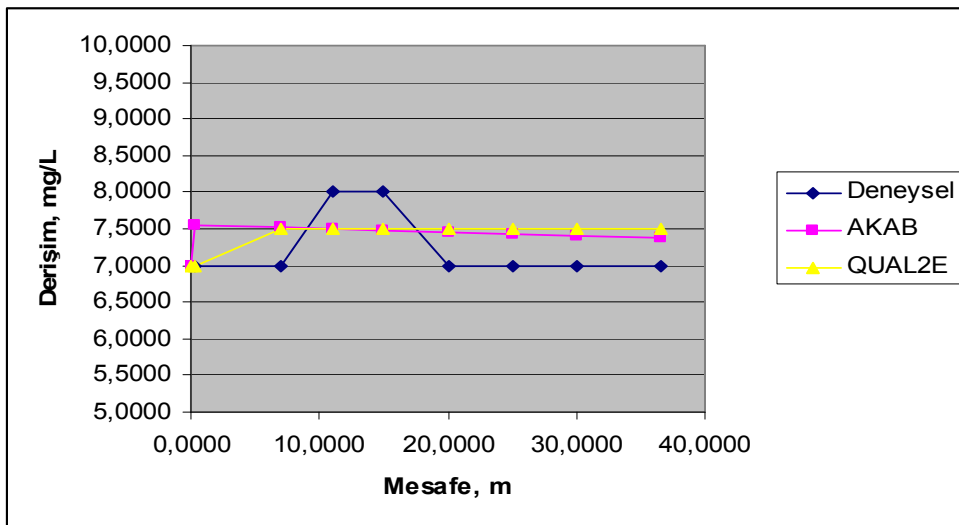
Bu bölümde AKAB-QUAL2E-Deneysel sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur.

Şekil 5.1 de akarsuyun 36,5 km uzunluğu boyunca nehre değarj yapılan noktadan itibaren çözülmüş oksijen değişimi için elde edilen sonuçlar grafiksel olarak AKAB-QUAL2E-Deneysel karşılaştırmalı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 5.3 Akarsuyun 36.5 km boyunca çözülmüş oksijen derişim değişimi

Şekil 5.2 de akarsuyun 36,5 km uzunluğu boyunca nehre değarj yapılan noktadan itibaren BOD5 değişimi için elde edilen sonuçlar grafiksel olarak AKAB-QUAL2E-Deneysel karşılaştırmalı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 5.4 Akarsuyun 36.5 km boyunca BOD5 derişim değişimi

DeneySEL/Model sapmalarının iki farklı nedeninin olduğu düşünölmektedir. Bunlar deneySEL hatalar ve çalışma bölgesine tarımsal alanlardan sulama ile ve yer altı suları ile karışan atık yüküdür.

Çizelge 5.4 Akarsuyun 36.5 km lik bölümü için AKAB ve QUAL2E için hesaplanan mutlak ortalama sapma (MOS) değerleri

Kirlilik değişkenleri	AKAB(%MOS)	QUAL2E(%MOS)
BOD5	5,49	5,78
Çözünmüş Oksijen	0,64	1,13

AKAB yazılımından hesaplanan MOS değerleri, QUAL2E den hesaplanan MOS değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç AKAB yazılımının daha doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak yaptığımız bu çalışmada akarsu sistemde kirlilik kaynaklarının özünmüş Oksijen (DO) ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD5) hal değişkenleri üzerine etkisi incelenmiştir. Geliştirilen matematiksel modelde 2 adet hal değişkeninde bulunan parametreleri belirlemek için Stewart (1987) tarafından önerilen ‘çok yanıtımlı’ parametre belirleme stratejisi tercih edilmiştir. Bu yöntemle model parametreleri elde edildikten sonra dinamik yanıtım için hem QUAL2E hem de AKAB su kalite modellerinde simüle edilmiştir. DeneySEL veriler ve simülasyon sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında akarsu sistemlerinde bu modellerin kullanılmasının uygun olduğu görölmüştür. Yani deneySEL ve simülasyon uyumu uygun yorumlanmaktadır. Fakat bu iki model karşılaştırmalı olarak incelendiğinde AKAB’ın daha iyi sonuç verdiği görölmüştür.

Bu çalışmaların yaygınlaşması akarsu ve diğer su kaynaklarının kirlenmesini büyük ölçüde azaltmakta olup her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- [1]. Kamalakanta Routray and Goutam Deo (2005) Dept. of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur, India Kinetic Parameter Estimation for a Multiresponse Nonlinear Reaction Model
- [2]. Valerii V. Fedorov* and Sergei L. Leonov GlaxoSmithKline, Collegeville, Pennsylvania, USA Parameter Estimation for Models with Unknown Parameters in Variance
- [3]. Karadurmus, E. and Berber, R. 2004 Dynamic simulation and parameter estimation in river streams , Enviromental Tecnolgy, 25, 471-479
- [4]. Bilardello, P.,Julia, X., Le Lann J. M., Delmas 1993, A general strategy for parameter estimation in differential – algebraic systems.
- [5]. H. Suliemana , P.J. McLellanb;* , D.W. Baconb a) Department of Mathematics and Statistics, American University of Sharjah, P.O.Box 26666, Sharjah,United Arab Emirates b)Department of Chemical Engineering, Dupuis Hall, Queen’s University, Kingston, Ont.,Canada, K7L 3N6 A pro"le-based approach to parametric sensitivity in multiresponse regression models
- [6]. Maria Rodriguez-Fernandez, Jose A Egea and Julio R Banga* Novel metaheuristic for parameter estimation in nonlinear dynamic biological systems
- [7]. Gudi,R. D.,Shah, S.L. and Gray, M.R. 1995. Adaptive multivariable state and parameter estimation strategies with application to a bioreactor.
- [8]. Katri Rankinen, Tuomo Karvonen, Dan Butterfield An application of the GLUE methodology for estimating the parameters of the INCA-N model

- [9]. Duc Trinh Anha, Marie Paule Bonnet , Georges Vachaud , Chau Van Minh, Nicolas Prieur, Loi Vu Duc, Le Lan Anh Biochemical modeling of the Nhue River (Hanoi, Vietnam): Practical identifiability analysis and parameters estimation
- [10]. George Papatheodorou, Gerasimoula Demopouloua, Nicolaos Lambrakis A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques
- [11]. İhsan Murat GÖK*, Mustafa ONUR Düşey girişimli basınç testlerinin modellenmesi ve parametre tahmini
- [12]. Metin HATUN* Osman Hilmi KOÇAL*Adaptif Filtrelerde Gauss-Seidel Algoritmasının Stokastik Yakınsama Analizi
- [13]. Bülent ALTUNKAYNAK ve Alptekin ESİN Doğrusal Olmayan Regrasyona Parametre Tahmini İçin Genetik Algoritma Yöntemi
- [14]. Pertev, C. 1996. Endüstriyel Boyutta Yarı – Kesikli Ekmek Mayası Üretim Reaktörünün Dinamik Modellenmesi ve Parametre Tahmini
- [15]. Bellman, R. Jacquaez, J. Kalaba, R. And Schwimmer, S. 1967. Quasilinearization and the estimation of chemical rate constraints from raw kinetic data.
- [16]. Hwang, M. And Seinfeld, J. H. 1972. A new algorithm for the estimation of parameters in ordinary differential equations.
- [17]. Kim, I.W. Leibman, M.J. and Edgar, T.F. 1991. A sequental error – in – variables method for nonlinear dynamic systems.
- [18]. Kalogerakis, N . and Luus, R. 1983 Simplification of quasilinearization method for parameter estimation
- [19]. Park, T. And Froment, G. F. 1998. A hybrid genetic algoritm for estimation of parameters in detailed kinetic models.
- [20]. Van Den Brosch, B. And Hellincks, L. 1974. A new metheod fort he estimation of parameters in differantial equations.
- [21]. Johnes, P.J. and Heathwaite, A.L. 1992. A procedure fort he simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in freshwater samples using persulphate microwawe digestion, Wat. Res. 26(10), 1281-1287
- [22]. Brown L.C., Banwell, Jr.T.O1987. The enhanced water quality model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS , EPA/600/3-87/007.
- [23]. Barnwell, T. O., Brown L. C. and Marck, V. (1989) ‘Application of Expert Systems Technology in Water Quality Modeling, Water Sci. Tech.(Brighton)
- [24]. Mulligan, A. E., Brown L. C.(1998) ’Genetic Algorithm for Calibrating Water Quality Models’, Journal of Environment Engineering 2002-211
- [25]. Harmancıoğlu, N. 1993-94. Yeşilırmak havzası içşu üretim potansiyeli tespiti, Proje No DEBAG-113/G, 1993-94 Faaliyetlri Nihai Raporu Aralık 1994 İzmir, TÜBİTAK için nihai rapor.
- [26]. Yüceer, M. 2005. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.

