BOZOK ÜNİVERSİTESİ
PROJE KOORDİNASYON UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
(Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu)

PROJE SONUÇ FORMU

Proje Başlığı	Fırat ve Dicle Havzasındaki Akım ve Sediment Taşınımının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini ve CBS Yöntemlerinin Kullanılması		
Proje Kodu	2015 MMF / A 216	**Proje Başlangıç Tarihi** (Sözleşmenin	11.11.2015
Tahsis Edilen Bütçe (TL)	6060	**Kullanılan Toplam Bütçe** (TL)	6018,96

İlgili PİDEG:

☐ Fen Bilimleri
☐ Sosyal Bilimler
☒ Mühendislik Bilimleri
☐ Mimarlık Bilimleri
☐ Tarım Bilimleri
☐ Eğitim Bilimleri

Proje Ekibi

Görevi	Unvanı/Adı Soyadı	Birimi	E-posta
Proje Yürütücüsü	Yrd. Doç. Dr. Murat AY	Mühendislik-Mimarlık Fak. İnşaat Müh.	murat.ay@bozok.edu.tr
Araştırmacı	Arş. Gör. Ömer Faruk KARACA	Mühendislik-Mimarlık Fak. Biyosistem Müh.	omerf.karaca@bozok.edu.tr
Araştırmacı	Arş. Gör. Dr. Adil Koray YILDIZ	Mühendislik-Mimarlık Fak. Biyosistem Müh.	adilkoray.yildiz@bozok.edu.tr

Not: Araştırmacı sayısı fazla ise lütfen satır ekleyiniz.

Proje desteğiyle bugüne kadar üretilen tezler, yayınlar, bildiriler ve diğer çalışmalar*

Tez	
Yayın	Comparison of two different analyses for streamflow variable (hakem incelenmesinde)
…	
Bildiri	
…	

* Bu tarihten sonra çıkacak yayınlar basıldıktan sonra bir nüshasını PKM'ye gönderiniz.

PROJENİN BÜTÇESİ (Proje kapsamında **yapılan bütün harcamalar** için aşağıdaki bütçe tablosu doldurulmalıdır).

MAKİNE-TEÇHİZAT

Sıra	Tanımı / Adı	Miktar	Birim Fiyat	Tutar (TL)
1				
2				
3				
	TOPLAM HARCANAN (KDV DÂHİL)			

SARF MALZEMESİ

Sıra	Tanımı / Adı	Miktar	Birim Fiyat	Tutar (TL)
1				
2				
3				
	TOPLAM HARCANAN (KDV DÂHİL)			

HİZMET ALIMI

Sıra	Tanımı / Adı	Miktar	Birim Fiyat	Tutar (TL)
1	Veri Alımı	1	6018,96	6018,96
2				
3				
	TOPLAM HARCANAN (KDV DÂHİL)			**6018,96**

SEYAHAT (YOLLUK)

Sıra	Tanımı / Adı	Miktar	Birim Fiyat	Tutar (TL)
1				
2				
3				
	TOPLAM HARCANAN (KDV DÂHİL)			

HARCANAN GENEL TOPLAM (KDV DÂHİL)	**6018,96**

Proje Yürütücüsü
Unvanı/Adı Soyadı
Tarih ve İmza

PROJE SONUÇ RAPORU ÖN DEĞERLENDİRME FORMU

S.NO	KONU	Evet	Hayır
1	Proje Başlığı Tam Yazılmış mı?	✓	
2	Proje Kodu Yazılmış mı?	✓	
3	Araştırmacılar Yazılmış mı?	✓	
4	Proje Sonuç Rapor Formu Eklenmiş mi?	✓	
5	Elektronik Ortamda Sunulmuş mu?	✓	
6	Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne Teşekkür Şartı Sağlanmış mı?	✓	
7	6601 Tipi Projeler İçin 1, 6600 ve 6602 Tipi Projeler İçin 2, 6603, 6604, 6605 ve 6606 Tipli Projeler İçinde Faaliyet veya Sonuç Raporu Verilmiş mi?	-	-
8	6601 Tipli Projeler İçin Tez, Enstitü Tarafından Onaylanmış mı?	-	-
	Tez Destek Projesi (6601): Bu tür projelerde projenin kapatılması için proje sonuç raporunun tamamlanmış ve tezin sunulmuş olması esastır. **Küçük Ölçekli Uygulamalı Araştırma Projesi (6602a):** Bu tür projelerde projenin kapatılması için doktora çalışmalarında tezin sunulmuş olması, araştırma projelerinde ise sonuç raporunun tamamlanmış ve projeden elde edilen veriler ile hazırlanmış 1 (bir) adet ulusal veya uluslararası hakemli dergilerde yayın yapılmış olması zorunludur. **Orta Ölçekli Uygulamalı Araştırma Projesi (6602b):** Bu tür projelerde projenin kapatılması için doktora çalışmalarında tezin sunulmuş olması, araştırma projelerinde ise sonuç raporunun tamamlanmış ve projeden elde edilen veriler ile hazırlanmış uluslararası hakemli dergilerde 1 (bir) adet yayın yapılması zorunludur. **Büyük Ölçekli Uygulamalı Araştırma Projesi (6602c):** Bu tür projelerde projenin kapatılması için doktora çalışmalarında tezin sunulmuş olması, araştırma projelerinde ise sonuç raporunun tamamlanmış ve projeden elde edilen veriler ile hazırlanmış en az 1 (bir) adet SCI-Expanded, Arts and Humanities Citations Index (A&HCI), Social Science Citation Index (SSCI) kapsamında bulunan dergilerde yayın yapılması, Türk Patent Enstitüsüne proje çıktısı ile tescil başvurusunda bulunulması, proje sonunda ticarileşme potansiyeli olan bir ürünün ortaya çıkması esaslarından en az birinin sağlanması zorunludur. **Şartı Sağlanmış mıdır.?**	-	-

Proje Yürütücüsü

Merkez Müdürü

Uygun / Uygun Değil

BOZOK ÜNİVERSİTESİ
PROJE KOORDİNASYON UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ
(Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu)

FIRAT VE DİCLE HAVZASINDAKİ AKIM VE SEDİMENT TAŞINIMININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ VE CBS YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

Proje Kodu: 2015 MMF / A 216

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü
Yrd. Doç. Dr. Murat AY
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Araştırmacı(lar)
Arş. Gör. Ömer Faruk KARACA
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. Dr. Adil Koray YILDIZ
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

2017
YOZGAT

ÖZET ..... *vi*
ABSTRACT ..... *vii*
1. GİRİŞ *1*
1.1. Dünya'daki Su Varlığı **3**
1.2. Ortadoğu'daki Su Varlığı **4**
1.3. Türkiye'deki Su Varlığı ve Fırat-Dicle Havzası **5**
2. GENEL BİLGİLER *7*
2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı **7**
3. MATERYAL *8*
3.1. Çalışma Alanı **8**
GAP Projesi 11
3.2. Çalışmada Kullanılan Veriler - Veri Toplama ve Analiz Yöntemleri **12**
3.2.1. Akım Verilerinin Elde Edilmesi 12
3.2.2. Sediment Verilerinin Elde Edilmesi 14
4. YÖNTEM *17*
4.1. Akım - Sediment Ölçümleri ve Tahmin Yöntemleri **17**
4.1.1. Akım Gözlemleri 17
4.1.2. Sediment (Askıda Katı Madde) Gözlemleri 18
4.2. Tahmin Yöntemleri **20**
4.2.1. Yapay Zeka ve Tahmin Yöntemleri 20
Eğitim algoritması: 21
Topoloji 21
5. BULGULAR, TARTIŞMA VE SONUÇ *22*
5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Hidrolojik Veri Analizi ve Havzanın Sayısallaştırılması **22**
5.2. Tek Gizli Katmanlı Model İçin Sonuçlar **24**
5.3. İki Gizli Katman İçin Sonuçlar **28**
KAYNAKLAR *34*

ÖZET

Çalışma ile Fırat-Dicle Havzasında ölçülen akım ve sediment miktarlarının Yapay Sinir Ağları tekniğiyle tahmin edilebilme imkanları araştırılmış ve en uygun ağ yapısı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla İleri Beslemeli ve Geri Yayılımlı ve Çok Katmanlı ağ yapıları karşılaştırılmıştır. Havzada akım gözlem istasyonlarından ölçülen aylık akım verileri ile sediment ölçüm değerleri kullanılmıştır. Ayrıca havza ile ilgili elde edilen verilerde CBS yardımıyla haritalar oluşturulmuştur. Haritalara göre en çok sediment miktarı Şırnak sınırındaki E26A006 ve Elazığ-Diyarbakır sınırındaki E21A002 nolu istasyonlarda çıkmıştır. Ayrıca Dicle nehrindeki sediment miktarı, Fırat nehrine oranla daha olduğu belirlenmiştir. Bu durum, sınır dışına nehirler ve akarsular yardımıyla sediment miktarının taşındığını gösteren önemli bir kanıttır. ÖEEİ Geri Yayılım algoritması ile yapılan eğitimler sonucunda en başarılı tek katmanlı ağ yapısı 1 nöronlu model olarak belirlenmiştir. LM Geri Yayılım algoritması ile yapılan denemelerde 2 gizli nörona sahip model en iyi sonucu vermiştir. Bu modelde test kümesi için Regresyon sayısı 0.7664 bulunmuştur. İki katmanlı ağ denemelerinde eğitim için LM Geri Yayılım algoritması kullanıldığında en başarılı ağ; birinci katmanında 4, ikinci katmanında 49 sayıda nöron bulunun ağ olarak bulunmuştur. Ağ yapılarında LM için MSE değerlerini gösteren grafikte görüldü gibi en başarılı 4-49 yapısındaki ağın test kümesi için regresyon sayısı 0.76631 olarak hesaplanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the possibility of estimating the flow and sediment quantities measured by Fırat-Dicle Basin was investigated by Artificial Neural Networks technique and tried to determine the optimum network structure. For this purpose, the Forward Feeding and Backward Diffusion and Multilayer Network structures have been compared with each other. In this basin, monthly streamflow data measured from flow observation stations and sediment measurement values were used. In addition, maps created by means of GIS on data about the basin. According to the maps, the highest amount of sediment was found in E26A006 near Şırnak and E21A002 near Elazığ-Diyarbakır. It is also determined that the amount of sediment in the Dicle River is higher than the Euphrates River. This is an important proof that the amount of sediment carried by the rivers and streams outside the border. The most successful single layer network structure was determined as 1 neuron model as a result of the trainings with Back Propagation Algorithm. In experiments with the LM Backpropagation algorithm, the model with 2 hidden neurons gave the best result. In this model, the regression number for test cluster is 0.7664. The most successful network when using the LM Backpropagation algorithm for training in two-layer network experiments; on the first layer 4 on the second layer 26 numerous neurons were found in the network. As shown in the graph showing the MSE values for LM in all network, structures 4-49 was calculated the number of regression for the test cluster of the network of the structure 0.76631.

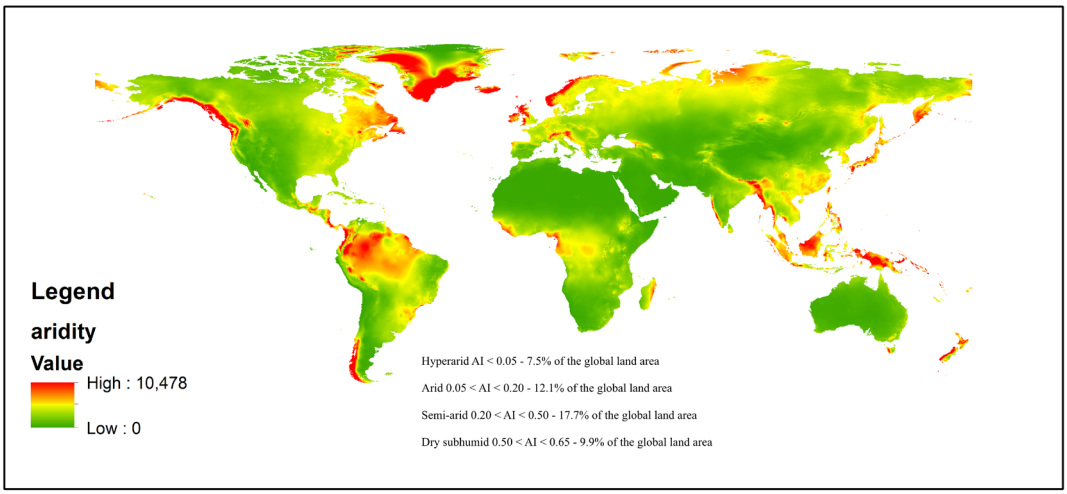
1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşamı için gerekli en temel unsur olan su, kültür, ekonomi ve en önemlisi de hayat demektir. Yaşamsal öneminin yanında, ülkelerin tarımsal ve ekonomik gelişimleri, kalkınmaları ve güvenlik çıkarları açısından da önemli bir unsurdur. Kullanım alanlarının çoğalması, yanlış ve kontrolsüz kullanım gibi nedenlerle nitelik ve niceliği azalan su gittikçe önem kazanmaktadır. İnsanlık tarihi suyun kıt olduğu bölgelerde yaşanan mücadelelerle doludur. Bu nedenle özellikle devletler için önemli bir güç unsurudur.

Günümüzde su kaynakları küresel boyutlarda önemli problemlerle karşı karşıyadır. Su kıtlığı giderek belirgin ve yaygın bir sorun haline gelmekte; su kalitesi hemen her ülkede hızla bozulmaktadır. Dünyada; endüstriyel, tarımsal ve içme suyu ihtiyacı her geçen gün artmakta; çevresel faktörler nedeniyle, kısıtlı su kaynakları artan talebi karşılayamamaktadır. Bunun yanında suyun aşırı miktarlara varması da zaman zaman taşkınlara sebep olarak can kayıplarına ve yaşam alanlarının zarar görmesine sebep olmaktadır.

Nasıl ki suyun varlığı tarihe geçen uygarlıkların doğmasını sağlamışsa, yokluğu da kuraklığa ve yaşamın son bulmasına neden olmuştur (Dursun, 2006). Şekil 1'de FAO-Aquamaps sitesinden indirilmiş 2009 yılına ait küresel kuraklık haritası görülmektedir. Çölleşme/Arazi Tahribatı ve Kuraklık Dünya'da 4 milyar ha alanı ve 168 ülkede yaşayan 1,5 milyar nüfusu doğrudan tehdit etmektedir. Her yıl 12 milyon ha tarım arazi bozulmaktadır. Zirai üretimde gelecek on yılda %2 azalma beklenmektedir. Her yıl 5,2 milyon hektar orman arazisi azalmaktadır. Savaşlardan sonra en büyük göç çölleşmeden kaynaklanıyor. Son 20 yılda 10 milyon kişi göç etmiş durumda. İklim değişikliğine sebep olan karbon emisyonlarının %25'i arazi tahribatından kaynaklanmaktadır.

KÜRESEL KURAKLIK HARİTASI (10 arc dakika = 10/60 derece)



Şekil 1. Küresel Kuraklık Haritası (10 arc minutes) (FAO-Aquamaps, 2009)

Bu problemler sosyal ve ekonomik açıdan zincirleme pek çok soruna da neden olmaktadır. En önemlisi de yeryüzünde ekosistemlerdeki yaşamın sürdürülebilirliğinin tehdit altında olmasıdır. 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Dünya Zirvesi sonucunda açıklanan Gündem 21 başlıklı rapor, doğal kaynakların yönetimine farklı bir bakış açısı getirmiştir (Alpaslan, ve diğerleri, 1997). Raporda, çevre bütününün bir parçası olarak tanımlanan su kaynaklarının da sürdürülebilir kalkınma felsefesi içinde, havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla entegre biçimde yönetilmeleri gerektiği vurgulanmaktadır (Çetinkaya, ve diğerleri, 2002).

Su kaynaklarının yönetimi, su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi ve koruma yöntemlerinin belirlenerek, zararlarının önlenmesi çalışmalarını içermektedir. Su kaynakları yeryüzünde sınırlı miktarda bulunduğundan bu kaynakların iyi değerlendirilmesi ve gelecekte karşılaşılabilecek sorunlar göz önüne alınarak doğru dağıtımının yapılması gerekmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak, son yıllarda çok değişkenli modeller üzerinde daha fazla durularak su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için geleceğe dönük çıkarımların yapılmaya çalışılmıştır (Pegram, ve diğerleri, 1972).

Son yıllarda hızla artan insan nüfusunun su ihtiyacını karşılamak için, ülkeler sahip oldukları su kaynakların en iyi derecede faydalanmaya ve bu kaynakları en iyi şekilde korumaya çalışmaktadır. Bu nedenle Karar destek sistemleri, bilgisayar teknolojileri ve coğrafi bilgi sistemleri gibi yeni teknolojiler bu alanlarda kullanılmaya başlanılmıştır. Karar destek sistemleri, karar verme konusunda destek hizmeti vermekte ve what-if senaryolarının denenerek risk analizleri yapılmasını sağlamaktadır (Öner, 1995). Tüm bu bilgiler ışığında etkin bir çalışma olarak havza modellerinin bilgisayar ortamında karar destek sistemleriyle ele

alınması, çeşitli senaryoların incelenerek olası kriz durumlarına hazırlıklı olmak açısından büyük önem taşımaktadır (Burak, ve diğerleri, 1997).

Yerüstü ve yer altı su kaynakları olarak iki gruba ayırabileceğimiz tatlı su kaynakları zaman ve alan ölçeğinde sınırlı bir niteliğe sahiptir. Bu nedenle, suyun alan ve zaman içerisindeki dağılımının iyi analiz edilmesi, var olan su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi son derece önemlidir (Saplıoğlu, 2010). Sahip olunan yüzeysel su miktarının belirlenmesi seviye gözlemleri ile sağlanabilir. Değişimlerin, bir diğer deyişle eğilimlerin izlenmesi suyun yeterli miktarda ve kalitede toplumun gereksinimlerine sunulması açısından büyük önem taşımaktadır (Doğan, 2009). Bu sayede gelecek için işletme politikaları geliştirilmekte ve belli periyotlar için su bütçeler tayin edilebilmektedir. Ancak, suya olan ihtiyacın gittikçe artması gerçeği yanında, su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik maliyetler de buna paralel olarak yükselmektedir (Rosegrant, ve diğerleri, 2002).

Su kaynaklarının geliştirilmesi planlanması ve yönetiminde hidrolojik verilerin toplanması ve analizi büyük önem taşır. Mevcut veriler genellikle sürecin toplumunu tam olarak yansıtmadığından, daha güvenilir kararlar alabilmek için sürecin modellenmesi gerekmektedir. Bilindiği üzere havza hidrolojik karakteristikleri birçok faktörün birlikte etkisi altında meydana geldiğinden hidrolojik değişkenlerin gelecekteki miktarları hakkında tahmin yapabilmek için istatistik ve simülasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır. Modeller planlama ve tasarım için veri üretmek ya da süreçlerin gelecekteki değerlerini tahmini için kullanılabilir (Bayazıt, 1998) (Toluk, 2006).

Bugün dünyamızı tehdit eden en önemli problemlerin başında gelen küresel ısınma dünyamızın farklı bölgelerinde farklı şekilde (kimi yerlerde kuraklık, kimi yerlerde ise şiddetli yağışlar ve buna bağlı olarak meydana gelen taşkınlar) kendini hissettirmeye başlamıştır. Elbette ülkemizde küresel ısınmanın tehdidi altında bulunmaktadır. Yarı kurak bir iklim kuşağında olan ülkemizde ileriki dönemlerde kuraklığın daha fazla yaşanacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde su kaynaklarının yönetimi ile ilgili problemlerin başında, konuyla ilgili çalışan kurumlar arasında koordinasyon olmaması gelmektedir. Ayrıca ekonomi-çevre sağlığı ile ilgili yeni teknolojiler kullanılmamakta ve su kirliliği ile ilgili önleyici çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Su kaynaklarının yönetimiyle ilgili yasal boşluklar ve belirsizlikler bulunmaktadır.

1.1. Dünya'daki Su Varlığı

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km^3'tür. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır

(Koluman, 2002). Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. Dünyadaki toplam suyun yılda yaklaşık 500 bin km^3 buharlaşmalar ile atmosfere geri dönmekte ve tekrar hidrolik çevrim içerisinde yeryüzüne dönmektedir. Ancak yeryüzüne yağışla düşen yılda yaklaşık 100.000 km^3'lük suyun, 40.000 km^3 nehirlere, denizlere ve göllere ulaşmaktadır. Bu miktarın ancak 9.000 km^3 teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir durumdadır. Dünyada kişi başına su tüketiminin yılda ortalama 850 m^3 olduğu ve dünya nüfusunun yılda ortalama 80 milyon kişi arttığı dikkate alındığında, dünyadaki tatlı su ihtiyacının yılda 68 km^3 artacağı görülmektedir (Koluman, 2002).

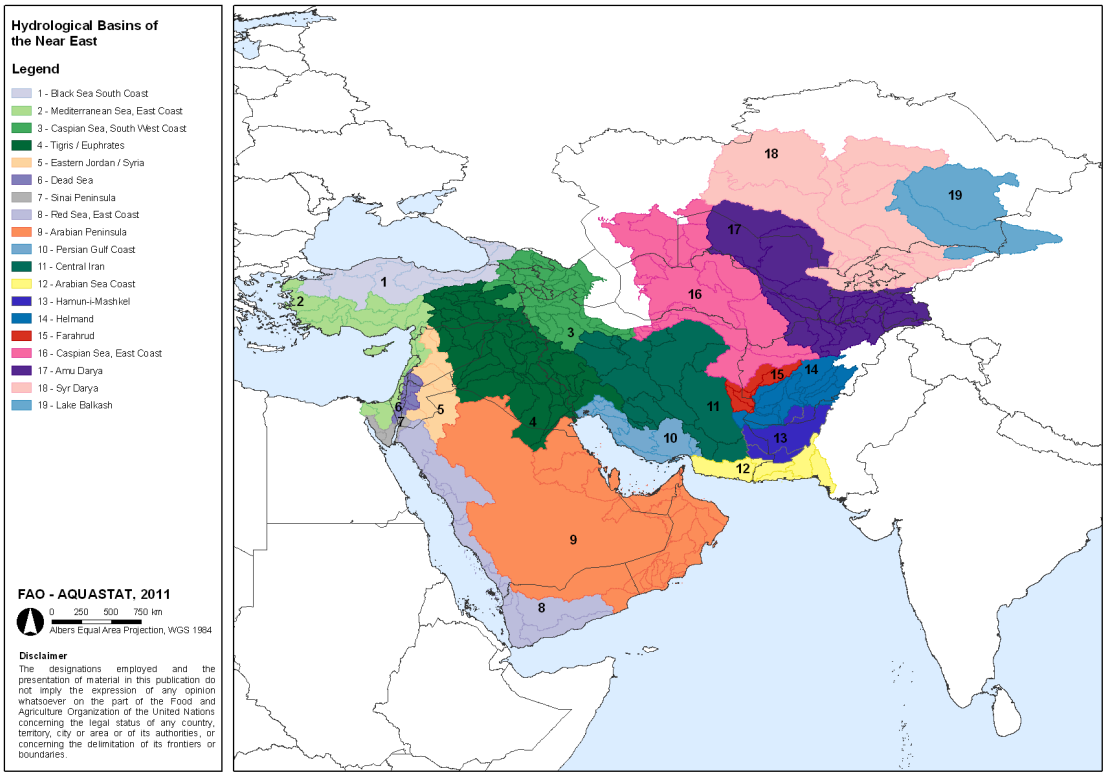
Dünya nüfusunun %5'inin Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgesinde yaşamasına karşın, dünya tatlı su kaynaklarının %1'inden azı bu bölgede bulunmakta, Afrika kıtasındaki yüzeysel su varlığının %50'si Kongo Nehrinde, dünyadaki tatlı su rezervinin %10'u Baykal Gölü'nde bulunmaktadır (Toklu, 1999). BM'nin desteklediği Stockholm Çevre Enstitüsünün ülkeler arasında yılda kişi başına düşen su arzına göre yaptığı sınıflandırmada; yılda kişi başına 2000 ile 1000 m^3 arasında su düşen ülkeler su stresi içinde, yılda kişi başına 1000 metreküp'ten daha az su düşen ülkeler ise, su kıtlığı içinde sayılmaktadır (Pamukçu, 2000). Kişi başına düşen su miktarı açısından dünyanın en zengin ülkesi olan İzlanda'da kişi başına 68500 m^3/yıl su düşmekte iken, en yoksul ülkesi Cibuti'de ise, bu miktar 23 m^3/yıl'dır (Tomanbay, 1998).

1.2. Ortadoğu'daki Su Varlığı

Kuraklık, hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme, kirlenme gibi nedenlerle, doğrudan veya dolaylı olarak zamanla azalan su kaynakları, geçmişte olduğu gibi gelecekte de bölgelerdeki farklı siyasi anlaşmazlıklarla da bağlantılı olarak devletler arasında ihtilaflara yol açacaktır. Orta Doğu, yirminci yüzyılın başından bu yana petrol kaynakları konusunda çatışmaların merkezi olmuştur. Yüzyılın sonlarına doğru, bölge diğer birçok doğal kaynaklı çatışmalara da tanık olmuştur. Bu kez, bölgesel çatışmanın nedeni kıt olan su kaynaklarıdır. Özellikle su varlığı yönünden en fakir bölge olan Ortadoğu'da su kaynaklarının nispeten daha kıt olması, sınır-aşan suların paylaşımı veya kullanımı konusunda ciddi anlaşmazlıklara yol açmaktadır (Bilgiç, 2006). Bilim adamlarının tespitine göre halihazırda su yoksulu olan 26 ülkenin 9'u Ortadoğu ülkesidir.

Ortadoğu; Mısır, Yemen, Umman, Birleşik Arap Emirlikleri, Bahreyn, Katar, Kuveyt, Suudi Arabistan, Irak, Suriye, Lübnan, İsrail, Filistin, Türkiye ve İran'ı kapsamakta ve toplam 8.012.779 km^2 bir alanı belirtmektedir. Ortadoğu dünyadaki en geniş kurak bölgedir.

Bölgenin en önemli akarsuları yukarı çığırlardan beslenen Nil, Ürdün, Litany Nehri ve Fırat-Dicle Nehirleridir. Bölgede toplamda 19 hidrolojik akarsu havzası bulunmaktadır (Şekil 2). Irak, Suriye, Türkiye, Mısır, İsrail, Ürdün, Lübnan, Filistin, Libya ve Sudan farklı ilişkiler içerisinde bölgedeki su sorununun içerisinde yer almaktadır. Bölgede sadece Türkiye ve Lübnan'ın su kaynaklarının kendilerine yeterli olduğu ileri sürülmektedir (Koluman, ve diğerleri, 2002). Bazı siyasi gözlemciler ve bilim adamlarına göre, 21. yüzyılın en değerli maddesi olarak görülen su, Ortadoğu Bölgesi için petrolden daha kıymetli ve yokluğu ancak havayla kıyaslanabilecek bir unsurdur (Tiryaki, 1994).



Şekil 2. Ortadoğu Bölgesinde Bulunan Akarsu Havzaları (FAO-AQUASTAT, 2011)

1.3. Türkiye'deki Su Varlığı ve Fırat-Dicle Havzası

Varlığını devam ettirmek için suya muhtaç olan insanoğlu, uygarlığının temellerini tatlı sulara yakın kesimlerde atmıştır. Nil Havzası'nda kurulan Mısır ile Fırat ve Dicle nehirleri arasına kurulan Mezopotamya uygarlıkları en güzel örneklerdir.

Türkiye'de yılda kişi başına düşen su miktarı yaklaşık olarak 2.936 m^3 olurken, yararlanılabilir su miktarı yaklaşık 1.430 m^3 olmaktadır. Kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarlarının Asya için 3.000 m^3, Batı Avrupa için 5.000 m^3, Afrika için 7000 m^3, Kuzey Amerika için 18.000 m^3, Güney Amerika için 23.000 m^3 ve dünya ortalamasının da 7.600 m^3

olduğu düşünüldüğünde, Türkiye'nin ortalamanın bile çok uzağında olduğu görülmektedir. Türkiye, yerüstü ve yeraltı tatlı su potansiyeli ile dünyada 14ncü, kişi başına düşen yıllık tatlı su miktarı ile de 19. sırada bulunmaktadır. Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre, gerekli önlemlerin alınmaması halinde 2025 yılından itibaren Türkiye'de ciddi su krizinin yaşanılabileceği belirtilmektedir. Bu konuda BM'nin "Uluslararası Tatlı Su Yılı" olarak ilan edilen 2003 raporunda da 2025 yılının Türkiye'de kuraklık için bir yıldönümü olacağına dikkat çekilmiş ve su sıkıntısının yaşanacağına yer verilmiştir. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığına göre de 2025'te ülkenin nüfusu 80 milyonu aşacak ve bu tarihte kişi basına düşen yıllık tatlı su miktarı %37 oranında azalacaktır.

Hiç şüphe yok ki artan sera etkisi, atmosferin radyasyon dengesini açıkça değiştirerek iklim değişkenlerinde değişikliğe neden olmuştur (Houghton, ve diğerleri, 1990). İklim değişikliğinin gün geçtikçe artan etkilerine paralel olarak Orta Doğuda Fırat-Dicle bölgesinde de su kaynaklarında olumsuz etkileri olması kaçınılmazdır. Bunun sonucu olarak da olası güvenlik ve siyasi etkiler, ekonomik sonuçlar doğurması beklenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bugün dünyamızı tehdit eden en önemli problemlerin başında gelen küresel ısınma dünyamızın farklı bölgelerinde farklı şekilde (kimi yerlerde kuraklık, kimi yerlerde ise şiddetli yağışlar ve buna bağlı olarak meydana gelen taşkınlar) kendini hissettirmeye başlamıştır. Elbette ülkemizde küresel ısınmanın tehdidi altında bulunmaktadır. Yarı kurak bir iklim kuşağında olan ülkemizde ileriki dönemlerde kuraklığın daha fazla yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bu anlamda su toplama havzalarının hidrolojik karakteristiklerinin olan akım ve sedimentin gelecekteki miktarlarının tahmini önemli olmaktadır. Bilindiği üzere havza hidrolojik karakteristikleri birçok faktörün birlikte etkisi altında meydana geldiğinden hidrolojik değişkenlerin gelecekteki miktarları hakkında tahmin yapabilmek için istatistik ve simülasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır.

Ülkemizin stratejik anlamda en önemli su kaynaklarından olan Fırat ve Dicle nehirlerini besleyen bu nehirlerin üst havzası ülkemiz sınırları içindedir. Ayrıca Cumhuriyet tarihinin en büyük yatırım projelerinden olan GAP projesi de bu havza içinde yer almaktadır. Bu anlamda GAP projesinin başarısı her şeyden önce bu havzanın su kaynaklarının optimal kullanımına bağlıdır.

Bu çalışma ile Fırat-Dicle Havzasında ölçülen hidrolojik değişkenlerden akım ve sediment miktarlarının günümüzde birçok alanda kullanılabilen Yapay Sinir Ağları tekniğiyle tahmin edilebilme imkanları araştırılacak ve en uygun ağ yapısı belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla İleri Beslemeli ve Geri Yayılımlı ve Çok Katmanlı ağ yapıları karşılaştırılacaktır. Havzada Fırat ve Dicle nehirleri ve kollarında bulunan DSİ tarafından yapılmış akım gözlem istasyonlarından ölçülen aylık akım verileri ile sediment ölçüm değerleri kullanılacaktır. Ayrıca havza ile ilgili elde edilen verilerde CBS yardımıyla haritalar oluşturulacaktır.

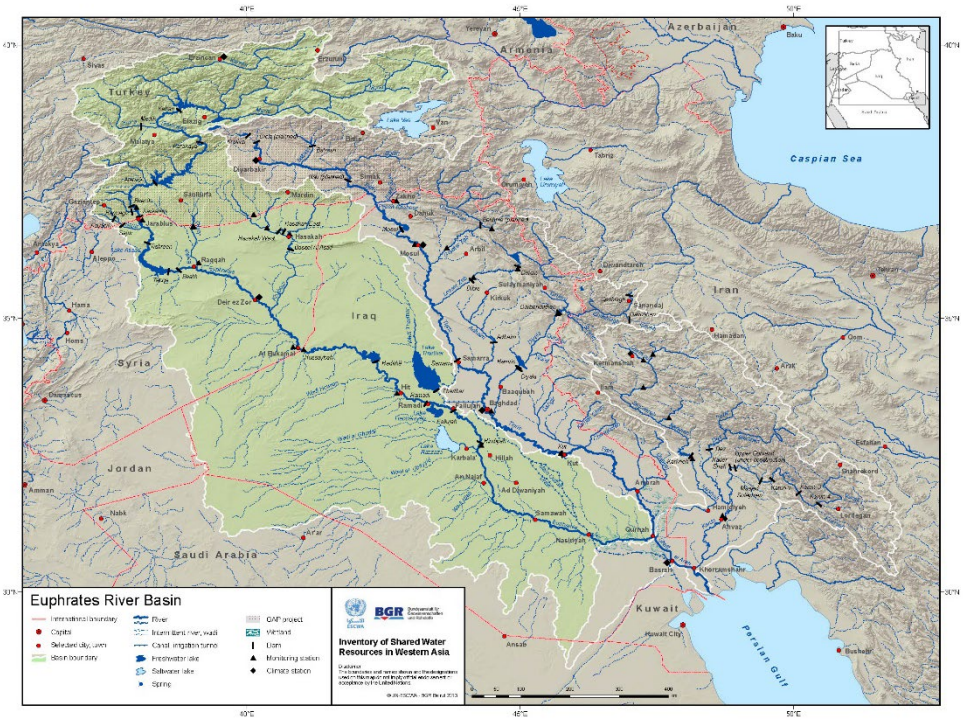
Bu sayede özellikle ölçülemeyen veya eksik hidrolojik verilerin doğru ve gerçekçi bir şekilde tahmini yapılabilecek, ekonomik kayıplar azaltılarak tarımsal su yönetimi, su temini, kuraklık ve taşkın zararının önlenebilmesi gibi bazı hayati önlemlerin daha erken alınması yanında zaman ve işgücü tasarrufu da sağlanabilecektir. CBS ile arazide ölçüm zorunluluğu büyük oranda ortadan kalkmış ve verilerin düzenlenmesi- işlenmesi gibi işlemler daha basit hale getirilmiş olacaktır.

3. MATERYAL

3.1. Çalışma Alanı

Fırat - Dicle havzası, Ön Asya'da Anadolu'nun doğusundan başlayıp Basra Körfezi'ne kadar uzanan ve Mezopotamya yani "iki nehir arasındaki arazi" adı verilen bölge geçmiş tarihte, gelişen birçok medeniyetin beşiği olarak anılmaktaydı. Esasen, Dicle ve Fırat nehirleri arasında kalan alüvyonlu ve düz bir alandır. Üç kıtanın birleştiği bir alan olması itibariyle, uzun buzul dönemleri boyunca Afrika'nın doğusundan çıkan insan türünün tüm dünyaya en güvenilir yayılma alanı olarak burayı seçtiğini göstermektedir. Bunda bu alandaki uygun beslenme, iklim ve güvenlik olanaklarının olması temel etken olmuştur. Bu özeliğinden dolayı tarihte bu bölge "Verimli Hilal" olarak adlandırılmıştır (Çakırca, 2010).

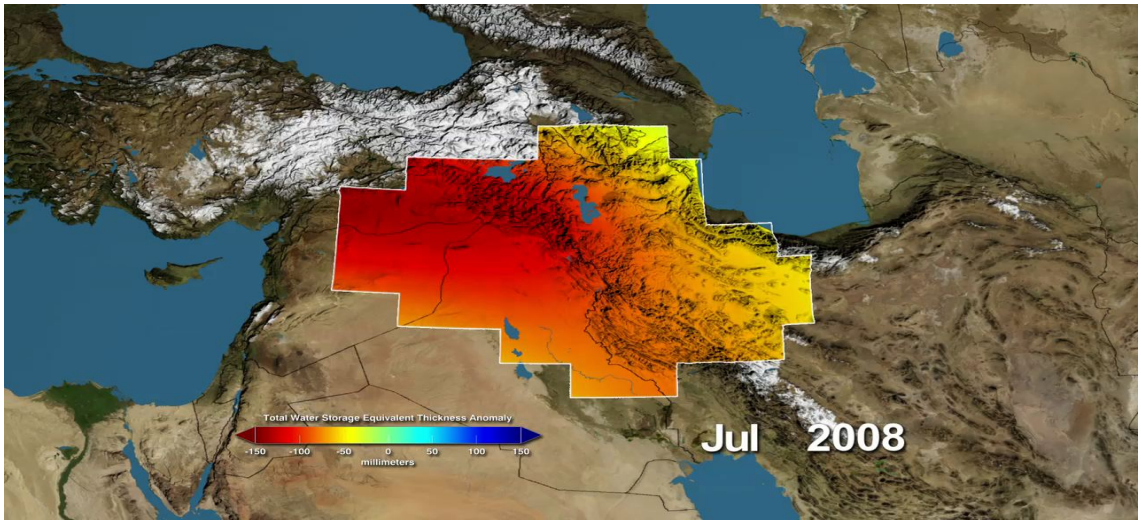
Günümüzde Türkiye, Suriye ve Irak devletlerinin sınırları içerisinde kalan bu bölgenin en önemli su kaynağı Fırat-Dicle Nehirleridir. Bu nehirler, bazı Ortadoğu ülkeleri de dahil 3 ülkeyi (Türkiye, Suriye ve Irak) kat edip Irak topraklarında Dicle ile birleşerek Şattül-Arab adını alır ve sonra da Basra Körfezine dökülürler (Turan, 1993). Irak'taki Dicle'nin uzunluğu yaklaşık 1400 km, Fırat'ın uzunluğu ise yaklaşık 1060 km'dir. Fırat, Irak'a girmeden önce Suriye'yi de kısa mesafeli (yaklaşık 40 km) geçmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Fırat Havzası ve Akarsuları (UN-ESCWA & BGR, 2013)

Yaz mevsiminin uzunluğu, sıcaklığı ve buna bağlı olarak da buharlaşmanın yüksekliği kuraklığın başlıca nedenidir. Şekil 4'de NASA'nın GRACE (Yerçekimi İyileştirme ve İklim

Deneyi) uydusu ile çekilmiş Orta Doğu'daki büyük su kayıpları göstermektedir. (Ocak 2003-Aralık 2009 tarihleri arasında NASA'nın Yerçekimi İyileşme ve İklim Deneyi (GRACE) uyduları tarafından ölçülen Dicle ve Fırat nehir havzalarında, toplam su depolamasında normalden milimetre olarak değişmeler görülmektedir. Kırmızılar kurak koşullar, maviler ise daha iyi koşullardaki yerlerdir. Kaybolan suyun büyük bir kısmı, insan faaliyetlerinden kaynaklanan yer altı suyundaki düşüşlerden kaynaklanmaktadır. Yerçekimini bölgede periyodik olarak ölçerek GRACE, bilim insanlarına su depolama alanının zaman içinde ne kadar değiştiğini göstermektedir (Çarkoğlu, ve diğerleri, 2001).



Şekil 4. NASA'nın GRACE (Yerçekimi İyileştirme ve İklim Deneyi) Uydusu ile Çekilmiş Orta Doğu'daki Büyük Su Kayıpları (Çarkoğlu, ve diğerleri, 2001)

Fırat-Dicle havzası, Ortadoğu'da önemli bir havzadır ve yaklaşık 880.000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Bozkurt, ve diğerleri, 2013). Benzer olarak, BM tarafından yayınlanmış olan "Uluslararası Nehir Havzaları" listesinde Fırat ve Dicle'nin su toplama havzası 884.000 km^2 olarak verilmiştir (Kıran, 2005). Havzanın Irak'ta (%46), Türkiye'de (%22), İran'da (%19), Suriye'de (%11), Suudi Arabistan'da (%1,9) ve Ürdün'de (%0,03) toprak parçası bulunmaktadır (Aquastat, 2009). Havzasının Su Potansiyeli ile Kıyıdaşların Tüketim Hedefleri de Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Fırat-Dicle Nehir Havzasının Su Potansiyeli ve Kıyıdaşların Tüketim Hedefleri

Ülkeler	Fırat Havzası		Dicle Havzası	
	Su Potansiyeli	Tüketim Hedefleri	Su Potansiyeli	Tüketim Hedefleri
Türkiye	31.58	18.42	25.24	6.87
	88.70%	51.80%	51.90%	14.10%
Suriye	4.00	11.30	0.00	2.60
	11.30%	31.80%	0%	5.40%
Irak	0.00	23.00	23.43	45.00
	0%	64.60%	48.10%	92.50%
Toplam	35.58	52.92	48.67	54.47
	100.00%		100.00%	

Tüketim hedeflerinin yüzdeleri toplam su potansiyelinin dışındadır. Kaynak: (Ministry of Foreign Affairs, 1996). (Çarkoğlu, ve diğerleri, 2001)

Fırat Nehri'nin rejimi Türkiye'deki diğer akarsulara göre daha düzenlidir. Fırat Nehri'nin akımları, normal akış rejiminde kurak yaz döneminde 100 m^3/sn kadar düşmekte, taşkın mevsimlerinde ise 7000 m^3/sn'ye kadar çıkmaktadır, fakat barajların yapımından sonra bu miktar büyük ölçüde değişmiştir (Akmandor, ve diğerleri, 1994). Ortalama maksimum debisi 4000 m^3/sn, ortalama minimum debisi ise 200 m^3/sn.dir (Bilgiç, 2006). Doğal durumda nehrin yıllık ortalama akımı 996 m^3/sn iken, yaz aylarında 156 m^3/sn'ye inebilmekte, karların eridiği bazı dönemlerde 5200 m^3/sn üzerine çıkabilmektedir.

Fırat Nehri'nin Atatürk Baraj yerindeki yıllık ortalama akımı 26,6 milyar m^3 iken bu değer Birecik yakınlarında 30 milyar m^3/yıl'a ulaşmaktadır. Karkamış'taki yıllık ortalama doğal akımı 1937-1993 yıllarını kapsayan ölçümlere göre 31.6 milyar m^3 olan Fırat Nehri, Suriye sınırları içinde Habur kolunu ve Türkiye'den gelen Sacir Sularını alarak, Suriye ile Irak arasındaki sınırda yıllık 35 milyar m^3'lük bir potansiyele ulaşmaktadır (Bilen, 1996). Nehir 31.6 milyar m^3 potansiyel ile Türkiye'de akışa geçen 186.05 milyar m^3 suyun %17'sini oluşturmaktadır.

Türkiye'nin Fırat Nehri'nden sonraki ikinci büyük nehridir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ortalarında yer alan ve Fırat Havzası ile Dicle Havzasının yağışlı alanlarını ayıran Karacadağ'ın doğusunda yer almaktadır. Dicle Nehri, havzayı Murat Havzasından ayıran Elazığ'ın doğusunda Hazar Gölü yakınlarındaki Karaoğlan dağlarından doğar. Güneye doğru akan Dicle Nehri, Diyarbakır'ın hemen güneyinde doğuya doğru yönelir.

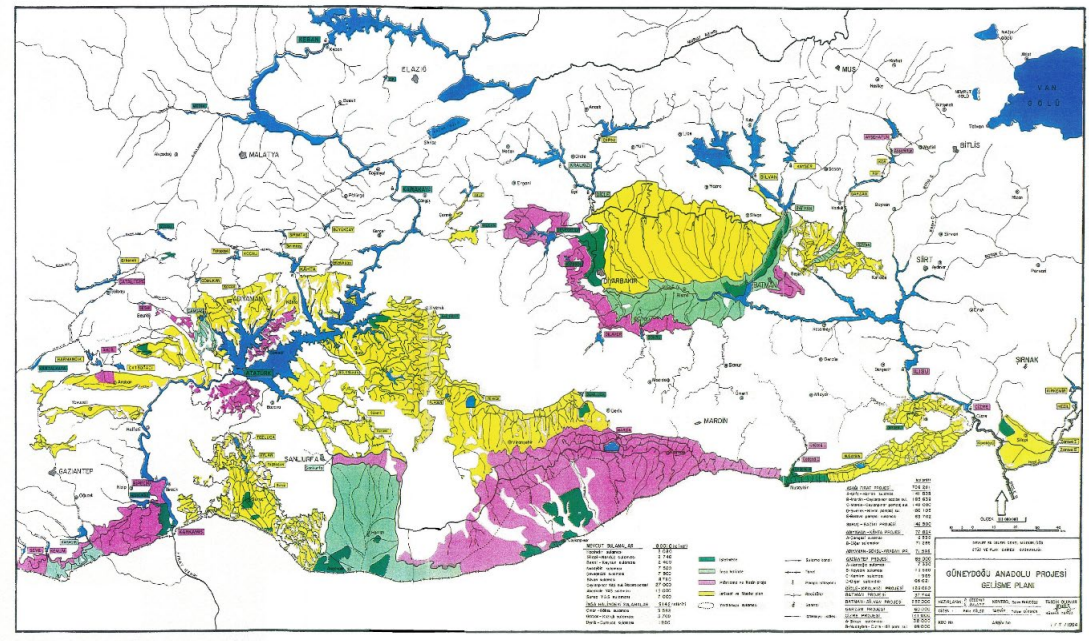
Bu arada Dicle Nehri'nin bu ana koluna kuzeyden Anbarçayı, Pamukçay, Salat Çayı, Batman Çayı, Garzan Çayı; batıdan Devegeçidi Çayı, güneyden ise Dankıran Deresi, Pamukluk Deresi, Göksu Çayı, Kuşi Deresi ve Savur Çayı katılır. Doğudan Botan kolunu

aldıktan sonra Botan'la birleştiği noktanın hemen aşağısında Razuk'ta güneydoğu yönünde akarak Cizre'ye ulaşır. Buradan Türkiye ile Suriye arasındaki sınırı 30 km boyunca kat ederek Faysh Habur'dan sınırdaki (çok küçük) Habur sularını da bünyesine alıp Irak'a geçer ve son olarak Şattül-Arap'a katılır. Şattül-Arab, Fırat ve Dicle'nin akış yolu üzerinde oluşan bir nehirdir ve yalnızca 190 km'lik veya 179 km'lik (Yıldız, ve diğerleri, 2016) bir akış yolundan sonra Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Şattül-Arab'ın toplam yıllık ortalama akışı, yılda 81,9 milyar m^3 civarındadır ve önemli oranda yıllık varyasyonlar göstermektedir (Kolars, 1994). Burada birleştirilmiş Fırat ve Dicle nehirleri, neredeyse 1 km genişliğe ulaşmaktadır (Altinbilek, 2004).

GAP Projesi

Yirminci yüzyılın ikinci yarısında, Fırat ve Dicle Havzasında enerji üretmek ve tarımsal ve kentsel faaliyetleri desteklemek için çok sayıda baraj ve rezervuarlar inşa edilmiştir. Bunlardan en büyüğü olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) projesi 1970'lerde Türk makamları tarafından başlatılmıştır (Küçükmehmetoğlu, 2009). GAP Bölgesinin güneyde Suriye, güneydoğuda ise Irak'la sınırı bulunmaktadır ve ülkemizin toplam yüzölçümünün yüzde 9,7'sine tekabül eden 75358 km^2 yüzölçümüne sahiptir. Toplamda ise 9 ili kapsamaktadır. Türkiye'de sulanabilir 8,5 milyon ha arazinin %20'si GAP Bölgesi'nde yer almaktadır.

GAP Master Planına göre (Şekil 5), 2010 yılı itibariyle, nihai hedef projenin yılda 27 milyar kWh hidroelektrik enerji üretmesi, 1,7 milyon ha alanı sulanmasıdır. Bu alan ise sulanabilir toprakların yaklaşık beşte birini oluşturmaktadır (Kibaroglu, ve diğerleri, 2014). Böylece ülkenin toplam sulanabilir alanının %20'si sulanmış ve toplam hidroelektrik potansiyel %22'si sağlanmış olacaktır. GAP esasen, Fırat, Dicle ve kollarındaki 22 baraj ve 19 hidroelektrik santralinin inşasını içeren 13 bağımsız fakat büyük sulama projeleri ile toplam 7500 MW'lık kapasiteye sahip hidroelektrik enerji projelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Projelerin tam olarak tamamlanmasından sonra sulama projeleri, Şattül-Arab nehrinin Körfez'e doğru olan ve Fırat ve Dicle'nin kollarının yıllık ortalama bakir yüzey akış hacminin yaklaşık %27'sine tekabül eden 22.5 km^3 (rezervuar buharlaşması dahil) suyu tüketmektedir.



Şekil 5. GAP Gelişme Planı (Çakırca, 2010)

3.2. Çalışmada Kullanılan Veriler - Veri Toplama ve Analiz Yöntemleri

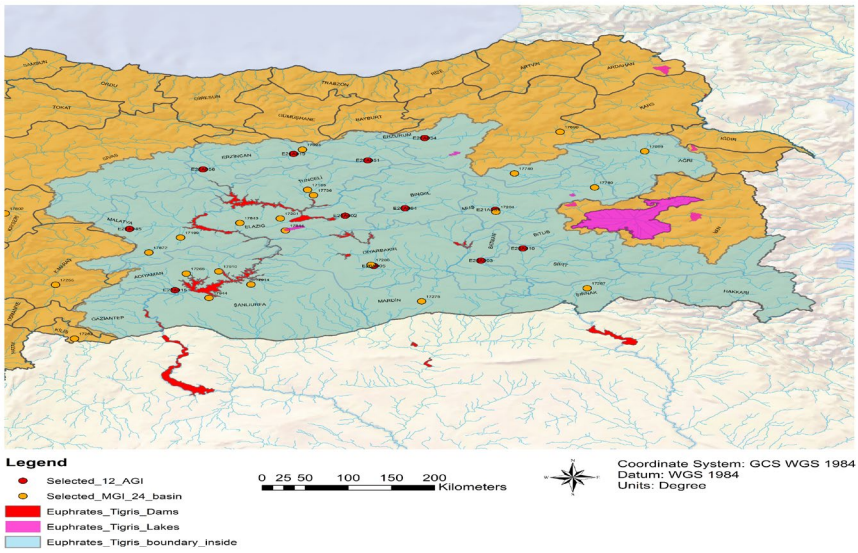
Bu çalışmada sediment tahmini yapmak için, Türkiye genelinde dağılmış akım ve sediment verileri kullanılmıştır. Mevcut veriler seçilirken, kullanılan kara-kutu modellerinin istediği akım, sediment ve meteorolojik sistemi en iyi yansıtabilecek verilerin seçilmesine özen gösterilmiştir. Çalışmada kullanılacak verilerin hepsinin aynı uzunlukta ve aynı zaman aralığında olması gerekmektedir. Ayrıca verilerin güvenilir olması ve eksiksiz olması istendiği için bu özelliklere sahip verilerin seçilmesine dikkat edilmiştir.

3.2.1. Akım Verilerinin Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılacak akım verileri Devlet Su İşleri (DSİ) Etüt, Planlama ve Tahsisler Şubesi'nden tedarik edilmiştir. Çalışmada kullanmak amacıyla yukarıda belirtilen şartlara uygun olan 12 akım gözlem istasyonu verisi belirlenmiştir. Seçilen akım istasyonlarına ait veriler Çizelge 2'de, harita üzerindeki dağılımları ise Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 2. Seçilen Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Genel Bilgiler

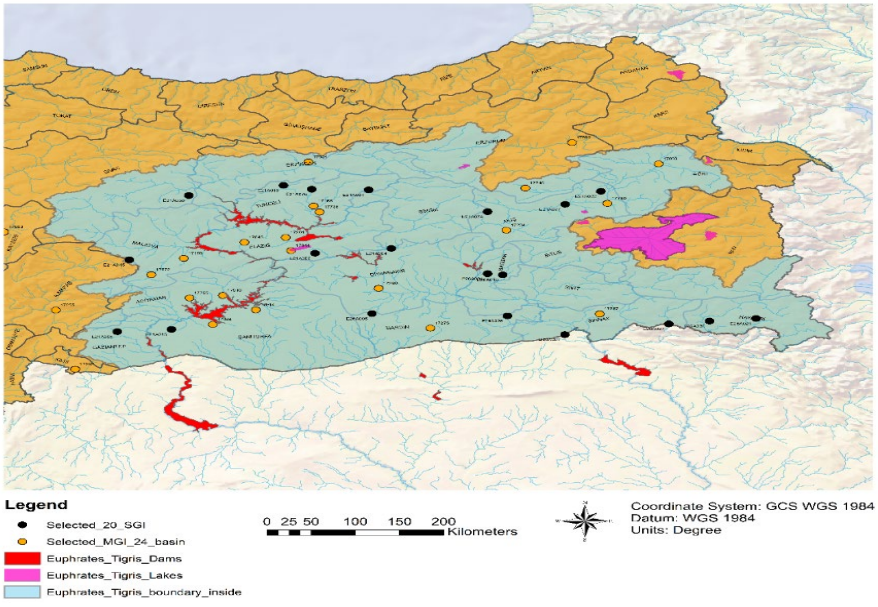
No	İstasyon No	İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Su Adı	İlçe Adı	İl Adı	Yağış Alanı (km^2)	Rakım (m)	Havza No	Geo_X	Geo_Y
1	32021002	E21A002	Palu	Murat Nehri	Palu	Elazığ	25515,60	852,00	21	39,55	38,41
2	32021015	E21A015	Malpınar	Göksu Nehri		Adıyaman	3998,80	390,00	21	38,90	37,29
3	32021019	E21A019	Kemah Boğazı	Fırat Nehri	Kemah	Erzincan	10356,00	1123,00	21	39,23	39,41
4	32021045	E21A045	Hisarcık	Tohma Suyu	Darende	Malatya	5780,80	933,00	21	37,41	38,28
5	32021051	E21A051	Demirkapı (Sansa Boğazı)	Fırat Nehri	Merkez	Erzincan	8185,60	1355,00	21	40,10	39,34
6	32021054	E21A054	Aşağı Kağdariç	Karasu			2886,00	1675,00	21	40,45	39,56
7	32021056	E21A056	Bağıştaş	Fırat Nehri	Merkez	Erzincan	15562,00	865,00	21	38,27	39,26
8	32021057	E21A057	Karaköprü	Karasu			2173,00	1250,00	21	41,29	38,47
9	32021064	E21A064	Çayağzı	Göynük Çayı.	Genç	Bingöl	2232,00	990,00	21	40,33	38,48
10	32026005	E26A005	Diyarbakır	Dicle Nehri	Silvan	Diyarbakır	5655,20	570,00	21	40,13	37,52
11	32026010	E26A010	Baykan	Bitlis Çayı	Baykan	Bitlis	640,40	910,00	21	41,46	38,90
12	32026003	E26A003	Beşiri	Garzan Çayı	Kurtalan	Diyarbakır	2450,40	545,00	26	41,20	37,57



Şekil 6. 12 Adet Akım Gözlem İstasyonuna Ait Genel Dağılım Haritası

3.2.2. Sediment Verilerinin Elde Edilmesi

Sediment verileri de Devlet Su İşleri (DSİ) Etüt, Planlama ve Tahsisler Şubesi'nden tedarik edilmiştir. Çalışmada kullanmak amacıyla yukarıda belirtilen şartlara uygun olan 20 sediment gözlem istasyonu verisi belirlenmiştir. Seçilen sediment istasyonlarına ait temin edilen veriler Çizelge 3'te, sediment istasyonlarının harita üzerindeki dağılımları ise Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. 20 Sediment Gözlem İstasyonuna Ait Genel Dağılım Haritası

Çizelge 3. Seçilen Sediment Gözlem İstasyonlarına Ait Genel Bilgiler

No	İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Su Adı	İlçe Adı	İl Adı	Uzun Yıllık Ort. Sediment Miktarı (Ton/Yıl)	Uzun Yıllık Ort. Sediment Verimi (Ton/Yıl/Km^2)	Sediment Miktarı (m^3/yıl)	Sediment Verimi (m^3/yıl/km^2)	Akım Yağış Alanı (km^2)	Sediment Yağış Alanı (km^2)	Rakım (m)	Havza No	Geo_X	Geo_Y
1	D26A067	Cizre	Dicle Nehri	Cizre	Şırnak	17266400	485	13067623	367	38280,7	35609,2	370	26	42,1026	37,2107
2	E21A002	Palu	Murat Nehri			12068794	496	9057384	372	25515,6	24329,6	852	21	39,5552	38,4118
3	E21A015	Malpınar	Göksu Nehri		Adıyaman	1641893	443	1216693	328	3998,8	3704,5	390	21	38,0932	37,2922
4	E21A019	Kemah Boğazı	Fırat Nehri	Kemah	Erzincan	1421592	157	1078952	119	10356	9061,5	1123	21	39,2337	39,4102
5	E21A022	Tutak	Murat Nehri	Tutak	Ağrı	3170385	545	2359126	405	5882,4	5820,4	1552	21	42,4649	39,3219
6	E21A045	Hisarcık	Tohma Suyu	Darende	Malatya	179090	31	131870	23	5780,8	5780,8	933	21	37,4108	38,2834
7	E21A051	Demirkapı (Sansa Boğazı)	Fırat Nehri	Merkez	Erzincan	373124	66	277160	49	8185,6	5650,6	1355	21	40,1005	39,3445
8	E21A056	Bağıştaş	Fırat Nehri	Merkez	Erzincan	4116488	314	3035320	232	15562	13103,3	865	21	38,2704	39,2605
9	E21A064	Çayağzı	Göynük Çayı	Merkez	Bingöl	550971	284	416581	215	2232	1937,1	990	21	40,3317	38,4831
10	E21A074	Akkonak	Murat Nehri			2966822	187	2211979	140	17435,1	15829,1	1285	21	41,3111	39,0229
11	E21A076	Mutu Boğazı	Tacik Deresi	Merkez	Erzincan	7776	82	5764	61	94,4	94,4	1225	21	39,5215	39,3529
12	E21A077	Adıvar	Hınıs Çayı	Malazgirt	Muş	476819	159	347412	116	2995,3	2995,3	1452	26	42,1006	39,1310
13	E21A095	Gümüş pınar	Karasu Çayı	Araban	Gaziantep	3039	3	2480	2	1073	1073	408	21	37,5409	37,2600

14	E26A005	Diyarbakır	Dicle Nehri	Silvan	Diyarbakır	2670954	638	2136787	510	5655,2	4189,1	570	26	40,1347	37,5248
15	E26A010	Baykan	Bitlis Çayı	Baykan	Siirt	148327	233	112303	176	636,5	636,5	698	26	41,4657	38,0941
16	E26A021	Musahan	Zap Suyu	Başkale	Van	168171	67	128572	51	2504,4	2504,4	1725	26	44,0455	37,4530
17	E26A026	Billoris	Botan Çayı	Eruh	Siirt	4434377	506	3337148	381	8761,2	8761,2	457	26	41,5140	37,4912
18	E26A027	Narlı	Zap Suyu	Çukurca	Hakkari	1361652	201	982595	145	6771,9	6771,9	775	26	43,3428	37,1641
19	E26A030	Teknisyenler	Zap Suyu	Merkez	Hakkari	691645	166	517008	124	4172	4172	1412	26	43,5711	37,4146
20	E26A034	Kozluk	Garzan Çayı	Kozluk	Batman	436802	310	333477	237	1407.6	1407.7	630	26	41,3116	38,1117

4. YÖNTEM

4.1. Akım - Sediment Ölçümleri ve Tahmin Yöntemleri

4.1.1. Akım Gözlemleri

Su kaynakları ile ilgili analizlerin doğru bir biçimde yapılabilmesi için su kaynaklarının değerlendirme safhasında doğru ve uzun vadeli ölçümlerin elde edilmesi son derece önemlidir. Uygun bir yönetim için havza karakteristiklerinden olan su kalite ölçütleri, sediment, kuraklık, nehir akım miktarları, yağış-akış ilişkisi gibi karmaşık birçok parametrenin doğru bir şekilde belirlenmesi veya tahmin edilmesi zorunludur.

Gelişmiş ülkelerde bu ölçümler çok sağlıklı bir şekilde elde edilebilmesine rağmen ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerle az gelişmiş ülkelerde doğru ve uzun süreli veri elde edilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumda eldeki güvenilir verilere dayanarak doğruluğundan şüphe edilen veya uzun süreli ölçümü bulunmayan noktalardaki hidrolojik verilerin, mevcut ya da yeni geliştirilecek metotlarla iyileştirilmesi veya elde edilmesi gerekebilmektedir. Su kaynakları potansiyelimizin ortaya konulabilmesi için bu kaynaklar üzerine gözlemlerin yapılarak değerlendirilmesi ve en iyi fayda için projelendirilmesi zorunlu hale gelmektedir (Saplıoğlu, 2010).

Hidrolojide kullanılan coğrafi birim olan akarsu havzası (su toplama havzası, drenaj havzası) ise akışını bir yüzeysel suyolu (akarsu) üzerinde alınan bir çıkış noktasına gönderen yüzey olarak tanımlanır. Bu şekilde tanımlanan akarsu havzasına; üzerine düşen yağışı çıkış noktasında akış haline dönüştüren sistem gözüyle bakılabilir (Bayazıt, 1999). Gözlemler hidroloji ve su kaynakları sistem çalışmalarının temelini oluşturduğu için pek çok kurum ve bireysel araştırmacı su verilerini gözlemlemekte ve arşivlemektedir. Türkiye'de su verilerini gözlemleyen ve arşivleyen kurumlar arasında: Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Çevre ve Orman Bakanlığı ve Devlet Meteoroloji İşleri sayılabilir (Şarlak, ve diğerleri, 2011). Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Hidroelektrik yapılarının rasyonel kullanımı ve korunumu ile ilgili olarak çalışmalar için gerekli olan su verilerinin toplanmasından sorumludur. EİE hidrometrik verilerin toplanmasında DSİ ile koordinasyon halinde çalışmaktadır. EİE tüm ulusta 700'den fazla istasyondan elde edilen şu anki ve geçmiş su verilerine sahiptir (YEGM, 2017).

Devlet Su İşleri (DSİ), Türkiye'nin su faaliyetlerini sürdüren öncelikli kurumlarından biridir. Su bilgisinin %85-90`nına sahiptir. DSİ'nin başlıca amacı su kaynaklarının geliştirmek için fizibilite çalışmaları hazırlamak, gerekli projeleri dizayn etmek ve hidrolik

tesislerin işletimini ve inşasını yapmaktır. DSİ bu projelerin planlanmasında ve yapımında kullanılan ve kullanılacak hidrometrik verileri ülke genelinde toplamaktadır. DSİ; yaklaşık olarak 1117 akım gözlem istasyonu, 126 göl seviyesi gözlem istasyonu, 150 kar gözlem istasyonu, 392 meteorolojik istasyon ve 1000 su kalitesi ölçüm istasyonu işletmektedir.

Üzerine düşen yağışı akışa dönüştüren bir sistem olarak tanımlayabileceğimiz havza davranışının modellenmesinde başlıca iki yöntemden bahsedilebilir. Bunlardan biri parametrik modeller olup bu modeller dönüşüm işlemini sızma, yeraltı akışı, yüzeysel akış gibi bileşenlerine ayırarak, bu bileşenlerin aralarındaki ilişkileri fiziksel açıdan oldukça ayrıntılı bir şekilde ifade ederler (Ulukaya, 2011). Pratikte çoğu zaman parametrelerin havza üzerinde sabit kaldığı kabul edilen toplu modeller de kullanılmaktadır (Bayazıt, 1998).

Yağış-akış modelleme yöntemlerinden diğeri, havza davranışını (dönüşüm işlemini) bir kara-kutu sistemi olarak ele alır ve havzada meydana gelen olaylar fiziksel açıdan ayrıntılı olarak incelenmez. Bu ikinci yöntem kullanıldığında verilen yağış ve akış değerlerinden üzerlerinde etkili olan tabiat kanunları da dikkate alınarak öncelikle sistem davranışı (havza davranışı veya dönüşüm fonksiyonu) belirlenir.

Nehir akımlarının tahmini, eksik verilerin tamamlanması gibi birçok hidrolojik değişken üzerine başarılı uygulamaları olan yapay sinir ağları (YSA), modelin fiziksel yapısı ile ilgilenmeyen bir tür kapalı-kutu modelidir. Yapay sinir ağları tahmininde kullanıcının etkisi daha çok modelin girdileri üzerindedir. Girdi seçimi yapay sinir ağları modellerinin en önemli aşamasıdır. Verileri zaman ve frekans ortamında ayrıştırarak ayrıntılı bir sunumunu veren dalgacık dönüşümü bu yeteneği ile tahmin için önemli avantajlar sağlar. Dalgacık dönüşümünün hidrolojik ve meteorolojik sahalarda uygulanışı ise oldukça yeni bir konudur (Partal, ve diğerleri, 2007).

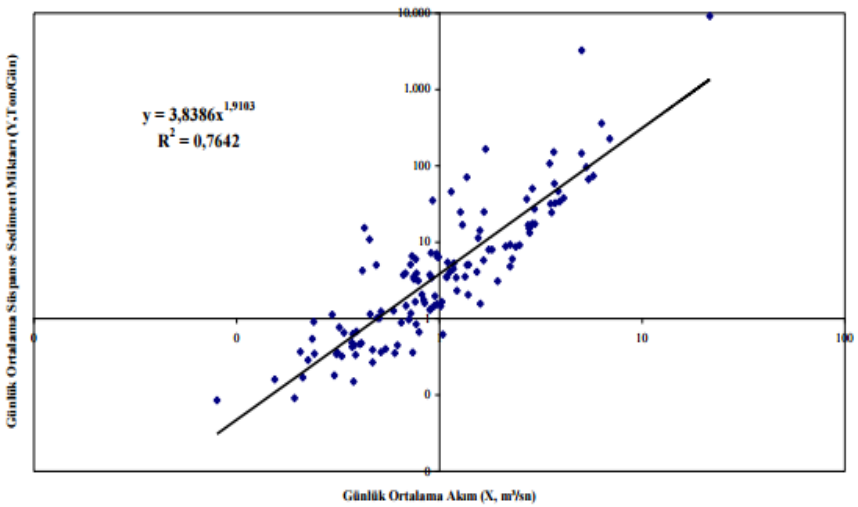
4.1.2. Sediment (Askıda Katı Madde) Gözlemleri

Her yıl tonlarca toprağın erozyon sonucu kaybolması bir başka deyişle akarsu depolama tesislerinde birikmesi veya denizlere taşınması, arazinin düzleşmesine, tarımsal alanların çoraklaşmasına ve toprağın veriminin azalmasına yol açmaktadır. Toprak erozyonu, zemin parçacıklarının yağış ve yüzeysel akışlar ile zemin yüzeyinden koparak taşınması şeklinde açıklanır ve katı madde ise erozyon işlemi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, bir havzadan ya da belirli tarımsal alanlardan oluşması muhtemel toprak kayıplarının bilinmesi o havzada alınacak önlemler için zorunludur.

Havza ile ilgili erozyon kontrolü çalışmalarının planlanması ve işletilmesinde ise katı madde miktarlarının zamana göre dağılımını da bilmek gerekir. Lineer ve lineer olmayan çoklu regresyon analizleri ile ilişkilendirmek için nehirlerdeki akış hızı, bitki örtüsü, sediment boşalımı, yatak yükü geometrisi gibi birçok parametrenin dikkate alınması gerekmektedir. Ancak hesaplamalarda bazı sınır şartlarının oluşması nedeni ile herhangi bir formülün farklı nehirlere başarı ile uygulanması oldukça zordur. Bu yönüyle de katı maddelerin tahmini, akarsu morfolojisinin değişimi ve su yapılarının ekonomisi kadar önemli sayılabilecek niteliktedir (Simons, ve diğerleri, 1992); (Chang, 1988); (Julien, 1995); (Yang, 1996).

Ülkemizde akarsuların su rejimleri düzensiz olduğundan ve akarsu eğimleri fazla olduğu için taşınan katı madde miktarı oldukça fazladır. Taşınan sedimentin %50-%95‟i askıdaki sediment olduğundan miktarı çok önemlidir. Yatak yükü miktarı askıdaki sediment yükünün %5-%25 arasında değişebilmektedir. Eğimin çok fazla olduğu dağlık arazilerde, bu oran %50‟ye kadar ulaşabilmektedir (Yanmaz, 1997). Dolayısıyla taşınan sedimentin miktarını belirlemek için askıdaki sediment konsantrasyonunun bilinmesine

Türkiye’deki akarsularda katı madde taşınımını 1962 yılından itibaren sistemli bir şekilde ölçülmesini Elektrik İşleri Etüt İdaresi (E.İ.E.İ) DSİ yapmaktadır. Her gözlem süresi boyunca belirlenen ölçüm sonuçlarına göre askı maddesi anahtar eğrileri çizilmektedir. Bu anahtar eğrileri, askı maddesi miktarı (ton/gün), askı maddesi konsantrasyon PPM ile bu örneklerin alındığı anda ölçülen akarsu debisi (m^3/s) değerlerinin logaritmik dönüşümleri kullanılarak çizilmektedir (Gümüş, ve diğerleri, 2013) (Şekil 8). Sonuçta, ölçüm sonuçları değerlendirilerek yıllık olarak yayınlanmaktadır. Bu Sediment Yıllığı, Sediment Gözlem İstasyonlarının (SGİ) sedimentolojik bilgilerini içermektedir.



Şekil 8. Örnek bir sediment anahtar eğrisi

EİE kurumuna ait ülke sınırları içinde ölçüm yapan 157 adet sediment gözlem istasyonundan hesaplanan ağırlıklı ortalama askıda katı madde verimi 155 ton/yıl/km^2 ve sediment birim hacim ağırlığı da 1,3 ton/m^3 tür. Buna göre ülkemiz akarsularından yılda 118.866.090 ton askıda katı madde taşınımı gerçekleşmektedir. Bu değere %25'lik yatak yükü miktarı da eklendiğinde taşınan toplam katı madde miktarı 148.582.613 tona ulaşmaktadır. Erozyon sonucu toprağın oluştuğu yerden koparılan miktarı akarsuya ulaşan miktardan çok daha fazladır. Ülkemizde %20 olarak kabul edilen bu iletim oranını da dahil ettiğimizde erozyonla taşınan toprak miktarı 571.471.585 m^3/yıl'a ulaşmaktadır. Bu miktar da her yıl ülkemizin yüzey alanını 0,8 mm kalınlığında örtebilecek toprak miktarına denk düşmektedir (EİE, 2006).

Karşılaşılan tüm bu zorluklardan dolayı araştırmacılar, basit ve zaman almayan, aynı zamanda doğrusal olmayan karmaşık hidrolojik problemlerin çözümünde etkin olan yapay zekâ yöntemlerine yönelmişlerdir (Cığızoğlu, 2002a) (Kişi, 2005). Esnek hesaplama yöntemleri, askıda katı maddeyi çeşitli girdiler kullanarak Yapay Sinir Ağları (ANN), Bulanık Mantık Sistemleri (BM), Adaptif Sinirsel Bulanık Sistemler (ANFIS) ya da Genetik Algoritma (GA) gibi tekniklerle modellemeye çalışır. Ampirik yaklaşımlar ise deneysel çalışmalara dayanan literatürde yer etmiş, askıda katı madde tahmininde kullanılan bir başka yöntemdir (Lane, ve diğerleri, 1941), (Simons, ve diğerleri, 1965)

4.2. Tahmin Yöntemleri

4.2.1. Yapay Zeka ve Tahmin Yöntemleri

YSA denemelerinde akım "Giriş", sediment "Çıkış" olacak şekilde 5323 adet örnekten meydana gelen veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinin %80'ine denk gelen 4259 adet örnek eğitim için kullanılmıştır. Doğrulama ve test için (%10) 532'şer iki küme ayrılmıştır.

Eğitim süresince modelin ezbere gitmeden doğru zamanda sonlandırılmasının sağlanması için eğitimin her bir adımında elde edilen model doğrulama kümesi ile simüle edilerek hata hesaplanmıştır. Adımlar arasında hata azalma yerine artış eğilimi gösterirse bu adım "Doğrulama Hatası" olarak adlandırılır. Üst üste 6 doğrulama hatası verildiğinde eğitim durdurularak doğrulama hatalarından önceki model en iyi model olarak seçilecek şekilde eğitimler yapılmıştır. Bir diğer eğitim durdurma parametresi grandyan, hata fonksiyonunun eğiminin alabileceği en küçük değer, 1e-66 olarak seçilmiştir.

Modellerin karşılaştırılması, test kümesi ile yapılan simülasyon sonucu elde edilen R değerlerinin karşılaştırılması ile yapılmıştır. Test kümesi eğitime doğrudan veya (doğrulama

kümesinde olduğu gibi) dolaylı olarak etki etmemektedir. Dolayısıyla modellerin başarımlarının adil olarak karşılaştırılması için test kümesinin kullanılması idealdir.

Eğitim, doğrulama ve test kümelerinin seçimi başta rasgele olacak şekilde gerçekleştirilmiş daha sonra tüm denemelerde aynı kümeler kullanılmıştır. Eğitime girmeden önce tüm veri seti [-1,+1] aralığında normalize edilmiştir.

Eğitim algoritması:

YSA modellerinin eğitimi için literatürde başarılı bulunan "Levenberg-Marquard Geri Yayılım (LM)" (Marquard, 1994) ve "Ölçeklenmiş Eşlenik Eğim İniş Geri Yayılım (ÖEEİ)" (MacKay, 1992) algoritmaları denenmiştir. Araştırılan her model için iki algoritmayla da eğitim yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Topoloji

Çalışmada tek ve iki gizli katmanlı YSA modelleri araştırılmıştır.

Tek gizli katmanlı modelde en iyi gizli nöron sayısının bulunması için gizli katman nöron sayısı 1'den 50'ye kadar birer arttırarak tek-tek oluşturulan ağlar her iki eğitim algoritması ile eğitilmiş ve en başarılı olan seçilmiştir.

En iyi iki gizli katmanlı ağ yapısının bulunması için Chegini ve ark. (2008)' çalışmasına benzer olarak iki katmandaki nöron sayısı belirli miktarlarda sırayla arttırılarak her kombinasyon için eğitimler gerçekleştirilmiştir. İlk nöron sayıları 1-1 olacak şekilde başlanmış üçer arttırmalarla 52-52 yapısındaki ağa kadar tamamı denenmiştir.

YSA modellerinin performanslarının karşılaştırılması için test kümesi ile simüle edilen ağların MSE(Mean Square Error) yani hata kareleri ortalaması hesaplanmıştır. MSE'si en düşük olan ağ yapısı, doğal olarak en yüksek R sayısını veren model olacağından en başarılı YSA modeli olarak seçilmiştir.

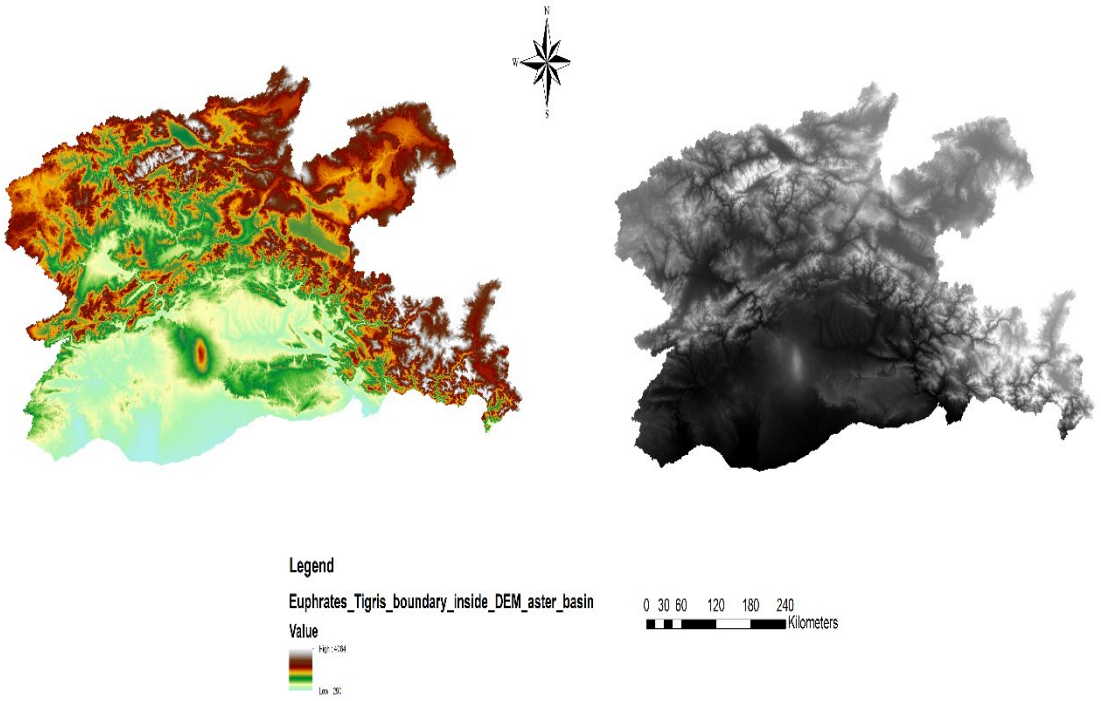
Eğitim algoritmalarının ilk aşamasında nöronların ağırlık katsayılarının ilk değerleri rasgele atanmaktadır. Bu durum her eğitimde ufak farklılıklara sebep olmaktadır. Dolayısıyla her eğitim 100 kez tekrarlanıp hata ortalamaları alınarak bu rastgele durumdan kaynaklanabilecek hatalar giderilmiştir.

YSA ara katmanlarında "Hiperbolik Sigmoid Tanjant", Çıkış katmanında ise "Lineer" transfer fonksiyonları kullanılmıştır.

5. BULGULAR, TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Hidrolojik Veri Analizi ve Havzanın Sayısallaştırılması

Analiz amaçlı kullanılacak olan akım ve sediment verileri DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Şubesi'nden (bkz. Çizelge 2, 3), kullanılan altlık haritaları FAO, FAO-Aquastat, FA-Geonetwork, USGS-Earthexplorer, USGS-Hydrosheds, USGS-Glovis ve adreslerinden, DEM (Digital elevation model) ise CGIAR-srtm adresinden 90 m yükseklik için temin edilmiştir. Fırat-Dicle havzasına ait Sayısal Yükseklik Haritası (DEM) Şekil 9'da verilmiştir.

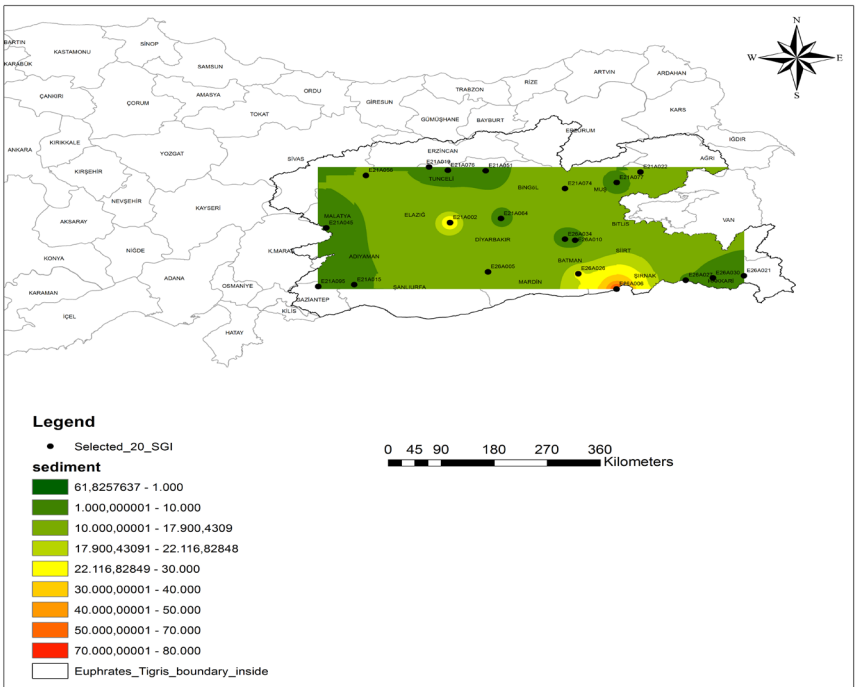


Şekil 9. Fırat-Dicle Havzasına Ait DEM (Sayısal Yükseklik) Haritası

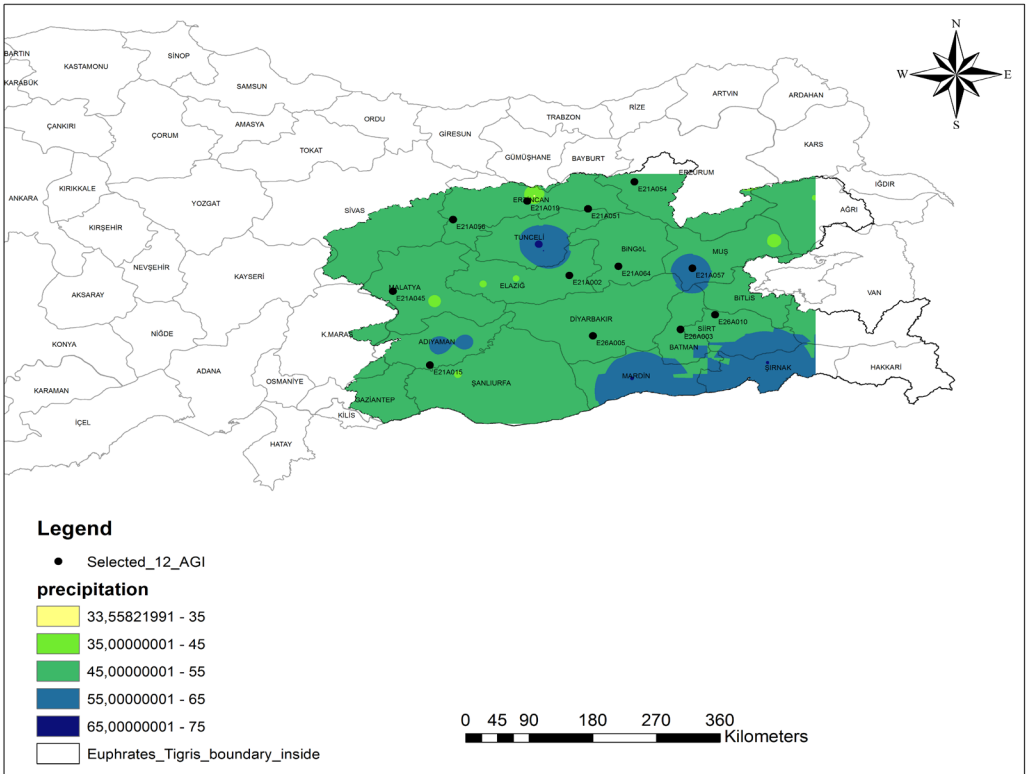
Elde edilen veriler yardımıyla ArcGIS yazılımında Geostatistic analyst inverse distance weighting yöntemiyle oluşturulan uzun yıllar ortalama sediment miktarı (ton/yıl/) Şekil 10'da, uzun yıllar yağış ortalamaları şekil 11'de ve uzun yıllar ortalama akım miktarı ($m^3/s/$) Şekil 12'de, verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi en çok sediment miktarı Şırnak sınırındaki E26A006 ve Elazığ-Diyarbakır sınırındaki E21A002 nolu istasyonlarda çıkmıştır.

Uzun yılar yağış ve akım haritalarında da benzer şekilde hemen hemen aynı noktalarda ve yakın çevresinde değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca Dicle nehrindeki

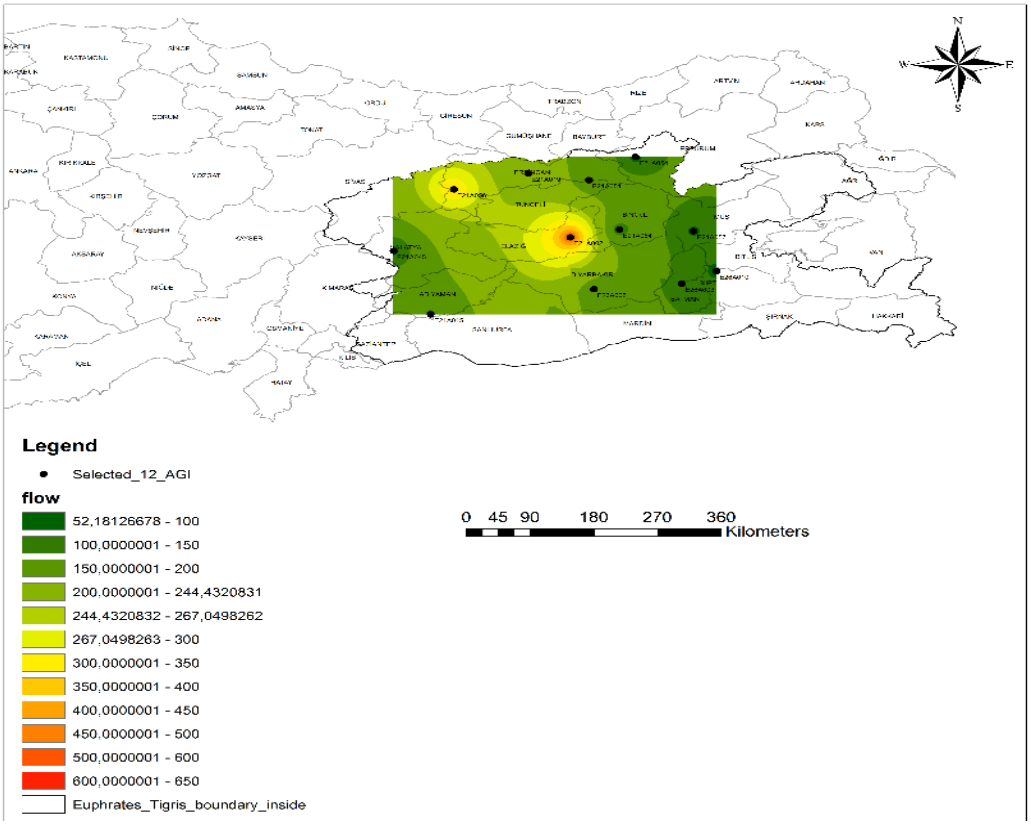
sediment miktarı, Fırat nehrine oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu da sınır dışına nehirler ve akarsular yardımıyla askıda katı madde miktarının taşındığını gösteren önemli bir kanıttır.



Şekil 10. Uzun Yıllar Ortalama Sediment miktarı



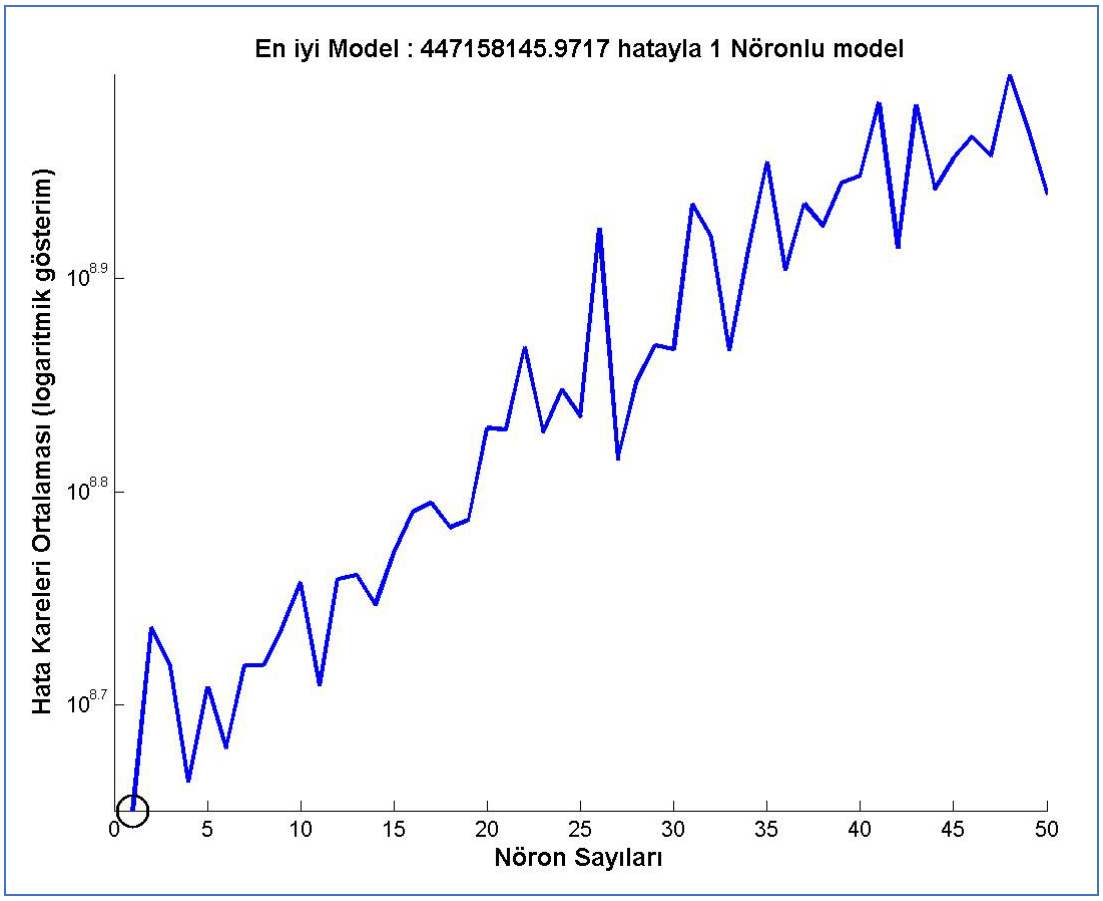
Şekil 11. Uzun Yıllar Yağış Ortalamaları (mm)



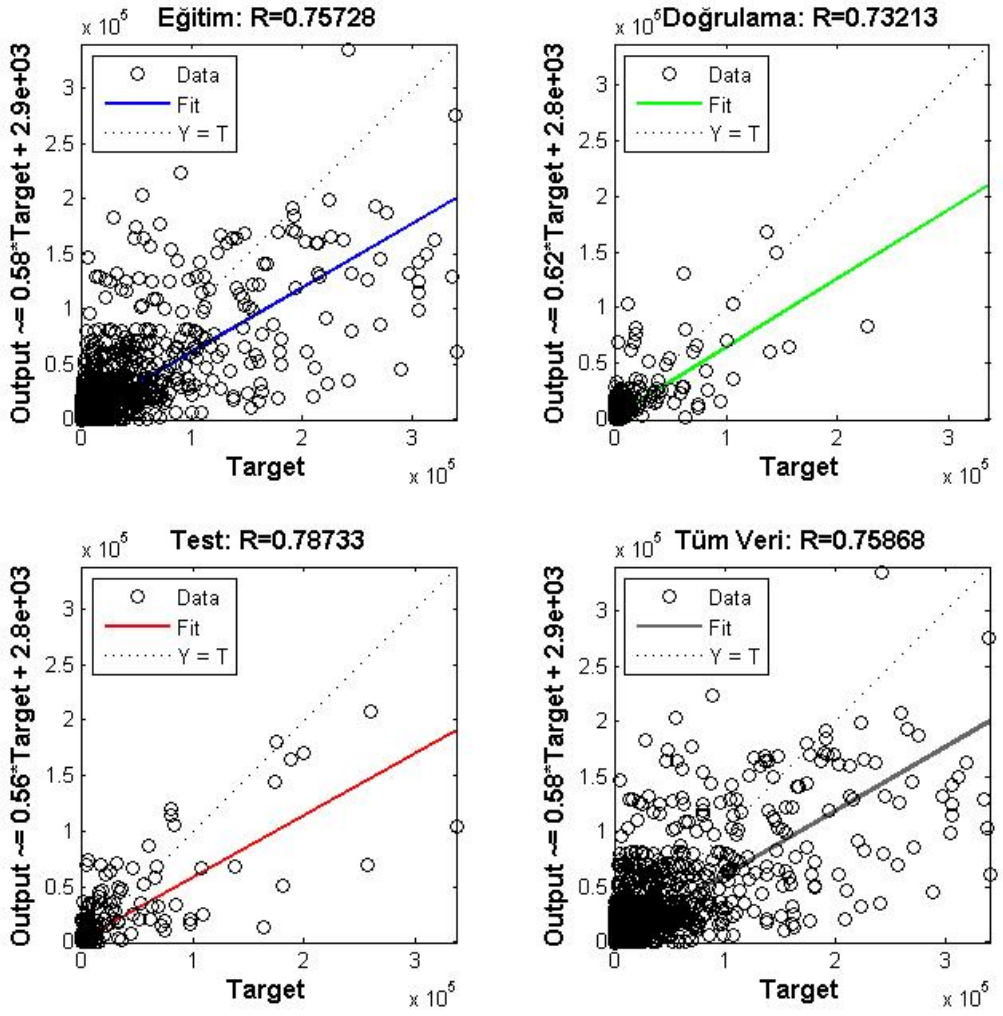
Şekil 12. Uzun Yıllar Akım Ortalamaları (m^3/s)

5.2. Tek Gizli Katmanlı Model İçin Sonuçlar

ÖEEİ Geri Yayılım algoritması ile yapılan eğitimler sonucunda en başarılı tek katmanlı ağ yapısı 1 nöronlu model olarak belirlenmiştir (Şekil 13). Bu modelin eğitimi sonucunda elde edilen regresyon grafikleri ve değerleri Şekil 14'de verilmiştir.

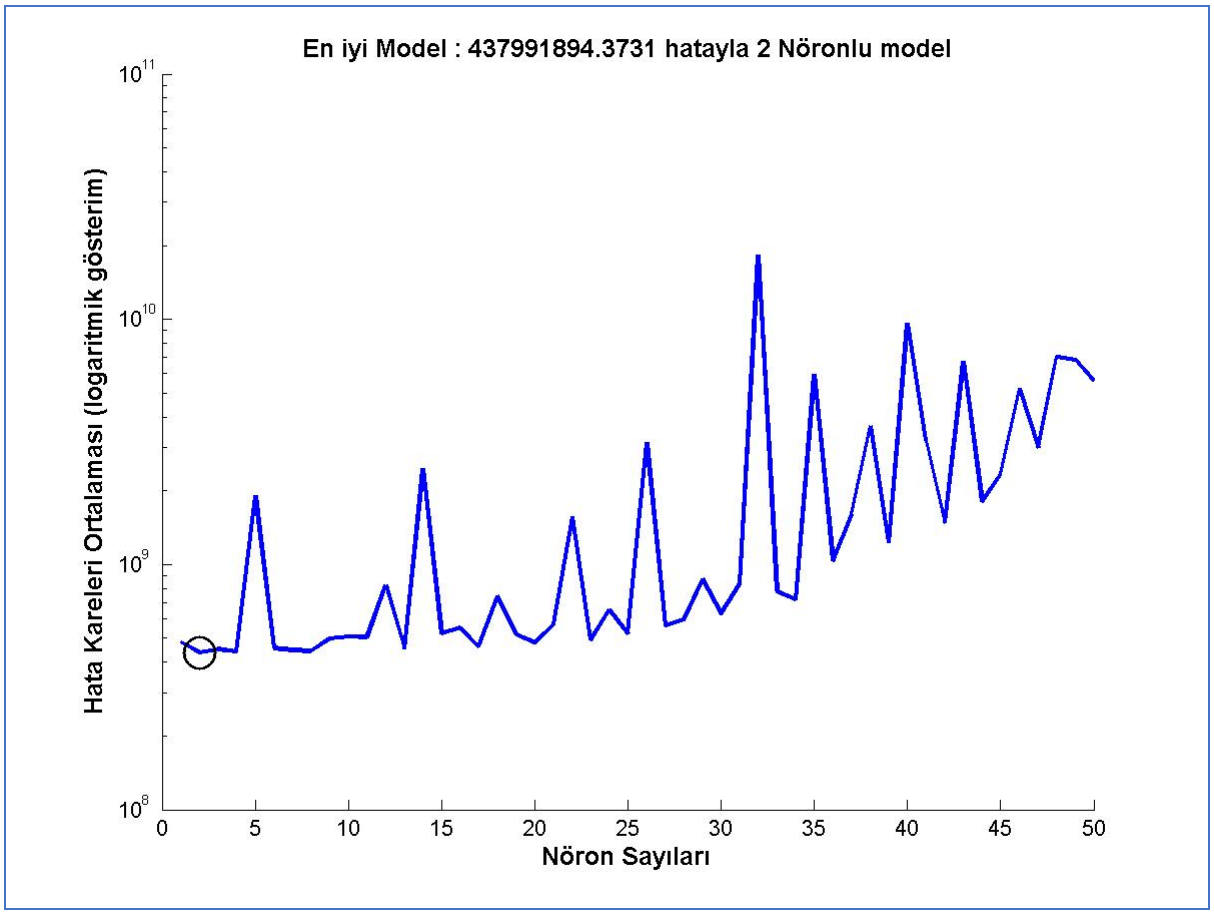


Şekil 13. ÖEEİ Geri Yayılım Algoritması İle Yapılan Eğitimler Sonucunda En Başarılı Tek Katmanlı Ağ Yapısı

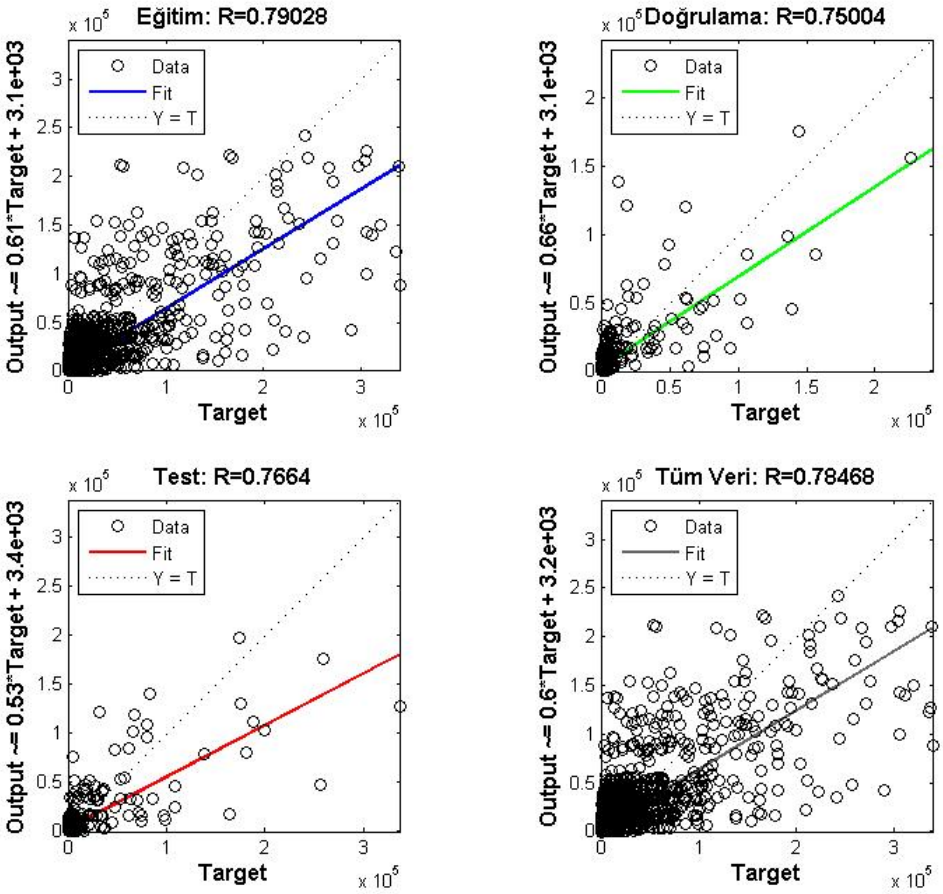


Şekil 14. Modelin Eğitimi Sonucunda Elde Edilen Regresyon Grafikleri

LM Geri Yayılım algoritması ile yapılan denemelerde ise Şekil 15'de görüldüğü gibi 2 gizli nörona sahip model en iyi sonucu vermiştir. Bu modelde test kümesi için Regresyon sayısı 0.7664 bulunmuştur (Şekil 16).



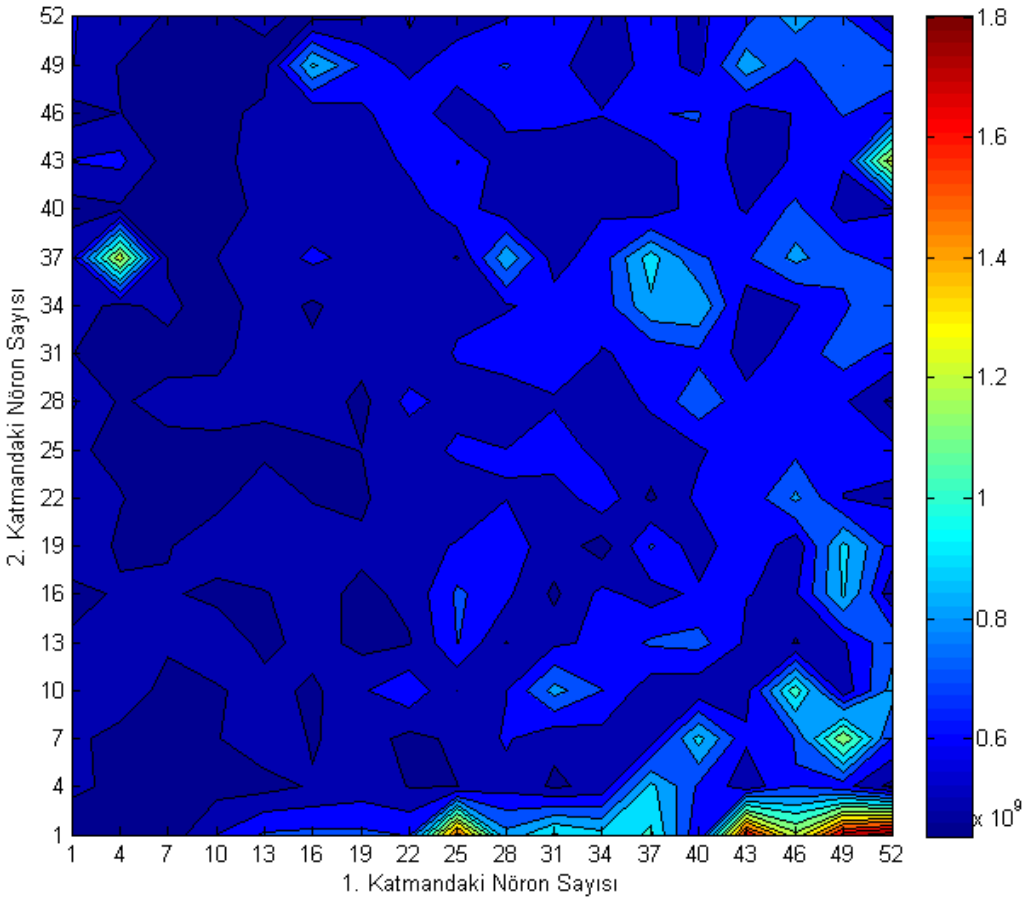
Şekil 15. LM Geri Yayılım Algoritması İle Yapılan Denemeler



Şekil 16. LM Geri Yayılım Algoritması İçin Test Kümesi Ve Regresyon Sayısı

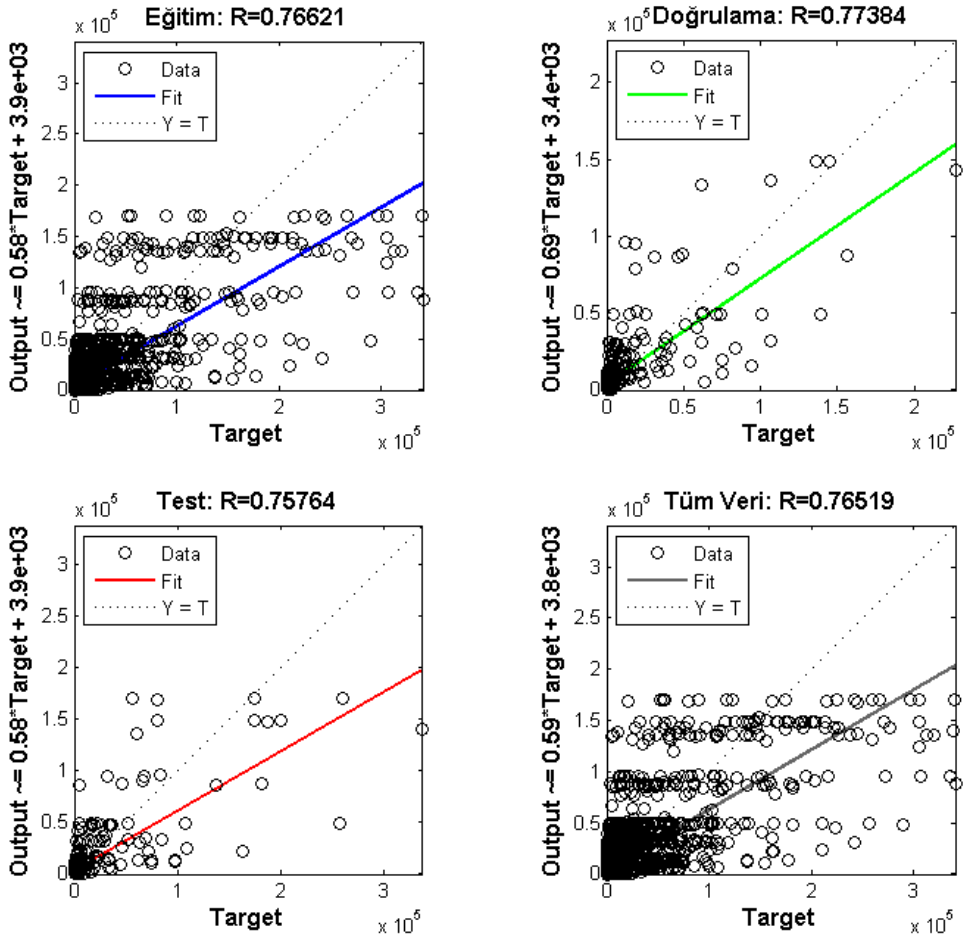
5.3. İki Gizli Katman İçin Sonuçlar

İki gizli katmanlı YSA modellerinin ÖEEİ Geri Yayılım algoritması ile eğitimi sonucunda en başarılı ağ yapısı birinci katmanında 40, ikinci katmanında 7 nöron bulunan ağ olarak bulunmuştur. Şekil 17'de bir ve ikinci katmandaki nöron sayılarına göre hesaplanan MSE'yi veren grafik görülmektedir.



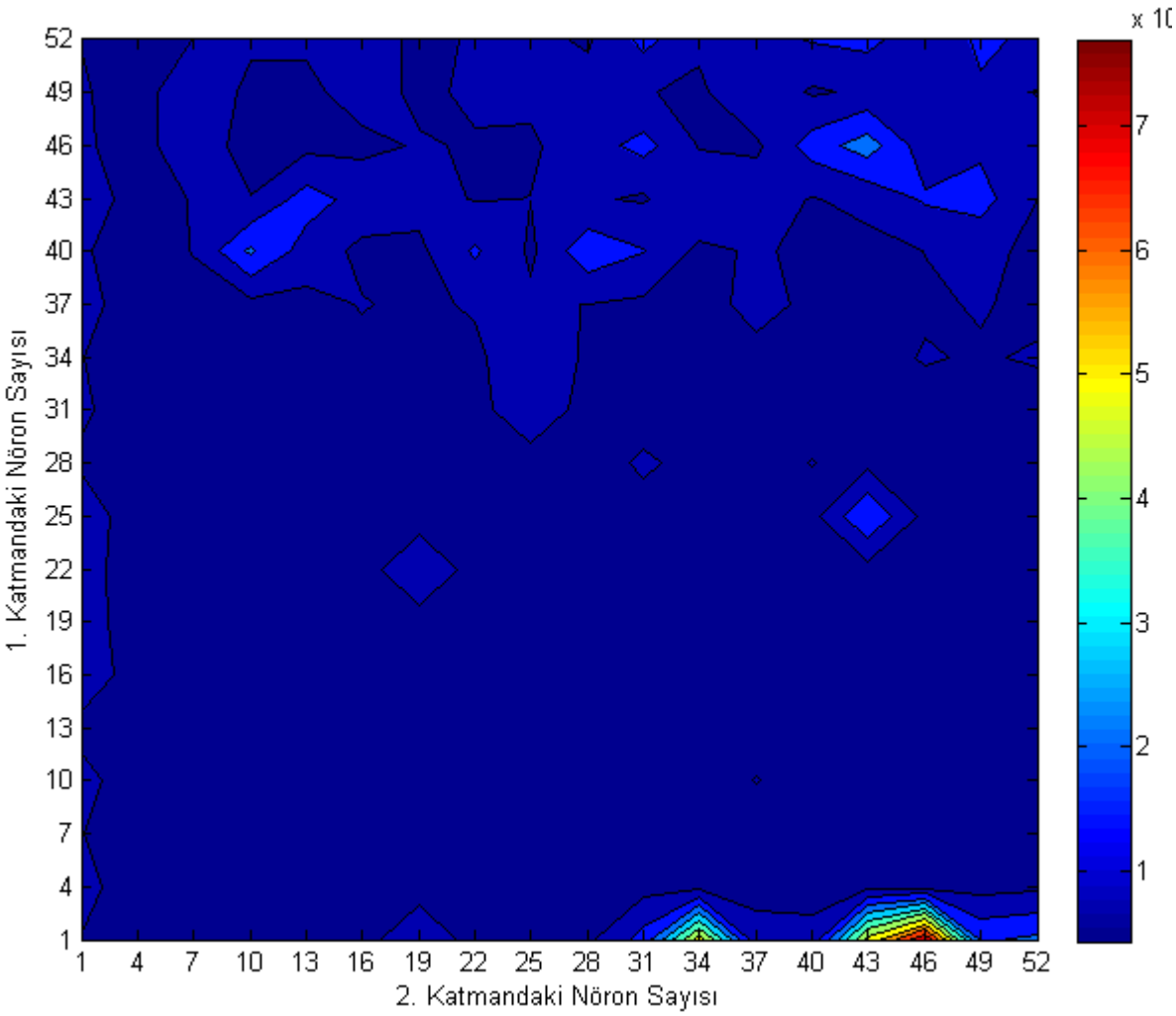
Şekil 17. İki Gizli Katmanlı YSA Modellerinin ÖEEİ Geri Yayılım Algoritması İle Eğitimi

"40-7" yapısındaki YSA modelinin eğitimi sonucu elde edilen regresyon grafikleri Şekil 18'de gösterilmiştir.

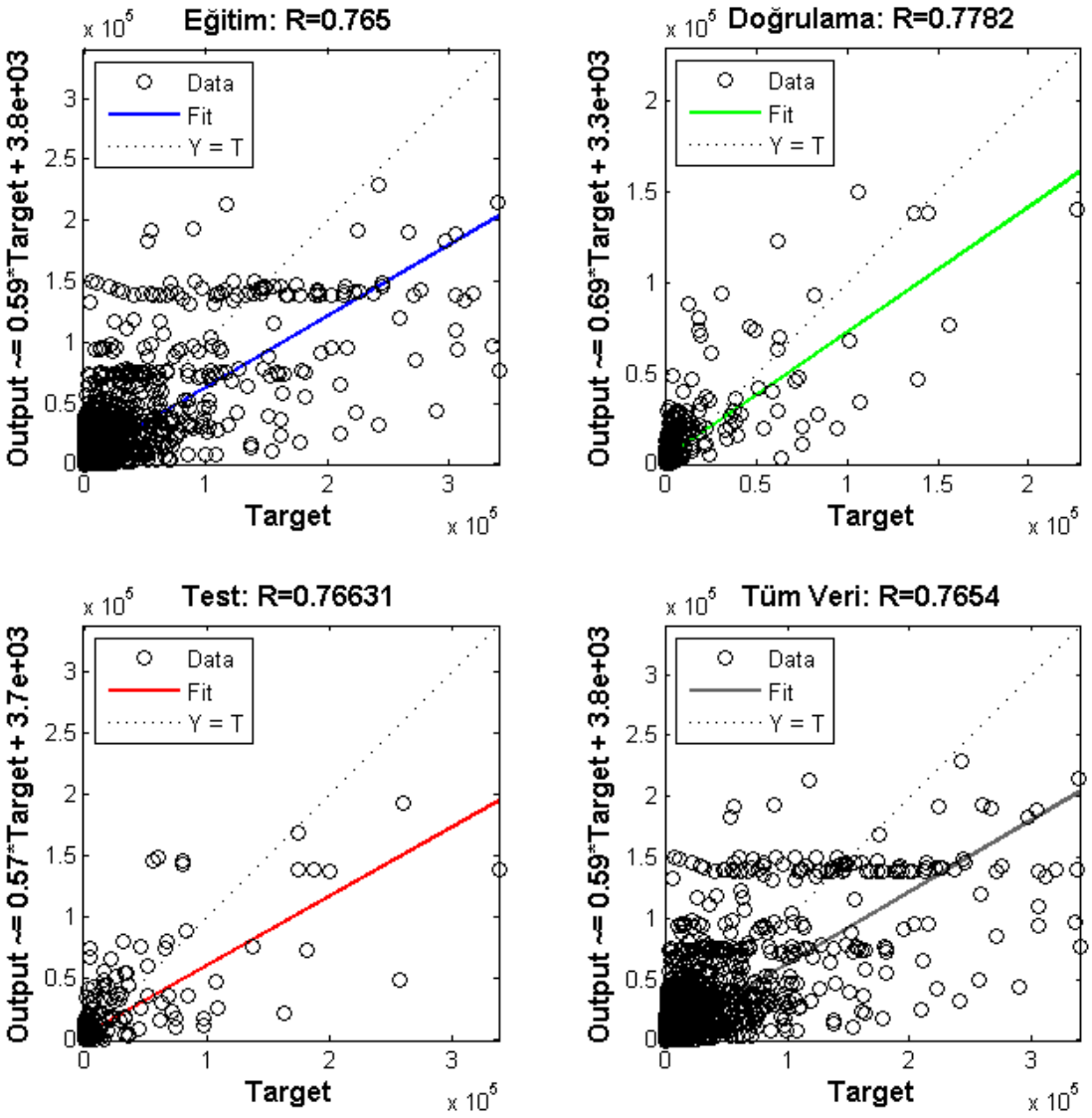


Şekil 18. "40-7" Yapısındaki YSA Modelinin Eğitimi Sonucu Elde Edilen Regresyon Grafikleri

İki katmanlı ağ denemelerinde eğitim için LM Geri Yayılım algoritması kullanıldığında en başarılı ağ; birinci katmanında 4, ikinci katmanında 49 sayıda nöron bulunun ağ olarak bulunmuştur. Şekil 19' da tüm ağ yapılarında LM için MSE değerlerini gösteren grafik verilmiştir. En başarılı 4-49 yapısındaki ağın test kümesi için regresyon sayısı 0.76631 olarak hesaplanmıştır (Şekil 20).



Şekil 19. Tüm Ağ Yapılarında LM İçin MSE Değerleri



Şekil 20. En Başarılı 4-49 Yapısındaki Ağın Test Kümesi

Regresyon grafikleri incelendiğinde (Şekil 16, 18, 20) yatay bir örüntü oluşturacak şekilde, çoğu hatalı bazı çıkışların birden çok giriş için hesaplandığı görülmektedir. Bu hataların, veri seti içinde aynı akım girişleri için farklı sediment değerlerinin mevcut olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buradan sediment ölçümlerinin başka faktörlere de bağlı olduğu sonucu çıkmaktadır.

Denemeler sonucunda elde edilen YSA modelleri test kümesi ile yapılan simülasyonları sonucu elde edilen R sayılarına göre değerlendirilmiştir. Yapıları ve eğitim algoritmalarına göre R sayıları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Yapıları ve Eğitim Algoritmalarına Göre R Sayıları

Yapı	Eğitim Algoritması	En Başarılı Yapı		R
		1. Katman Nöron Sayısı	2. Katman Nöron Sayısı	
1. Gizli Katmanlı	ÖEEİ	1	-	0.78735
	LM	2	-	0.76640
2. Gizli Katmanlı	ÖEEİ	40	7	0.75764
	LM	4	49	0.76631

Çizelge 4'te görüldüğü gibi en başarılı model 0.78 R sayısı ile ÖEEİ geri yayılım algoritmasıyla eğitilmiş tek katmanlı 1 nöronlu YSA modelidir. Bu model ayrıca denen ağlar içerisinde en sade dolaysıyla da en hızlı olanıdır.

Birden çok giriş ve/veya çıkış olan veri setleri için çok katmanlı ağlar daha başarılı olsa da (Bishop, 1995), tek giriş ve çıkışlı bu problemde olduğu gibi tek katmanlı ağlara göre daha iyi sonuçlar vermemektedirler.

KAYNAKLAR

Akmandor N., Pazarcı H. ve Köni H. Orta Doğu Ülkelerinde Su Sorunu. [Rapor]. - Ankara : TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, 100 s. + 4 hrt., 1994.

Alpaslan A.H. ve Harmancıoğlu N.B. Akarsu Havzalarının Yönetiminde Yeni Yaklaşımlara Gereksinim. [Konferans]. - İstanbul. : İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Ulusal Su Kaynaklarımız Sempozyumu Tebliğleri., 1997. - s. 17-23s..

Altinbilek H.D. Development and management of the Euphrates-Tigris river basin. [Dergi] // Water Resource Development. - [basım yeri bilinmiyor] : Carfax Publishing, 2004. - 1 : Cilt 20. - s. 15-33p..

Aquastat FAO. Euphrates-Tigris River Basin [Çevrimiçi] // AQUASTAT – FAO's Information System.. - 2009. - 15 03 2017. - http://www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/euphrates-tigris/index.stm.

Bayazıt M. Hidroloji. [Kitap]. - İstanbul : İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası., 1999.

Bayazıt M. Hidrolojik Modeller. [Kitap]. - İstanbul : İ.T.Ü. Rektörlüğü, 1998.

Bilen Ö. Ortadoğu Su Sorunları ve Türkiye. [Kitap]. - Ankara : TESAV, 1996. - s. 47.

Bilgiç E. Su Sorunu: Fırat, Dicle Ve Asi Nehirleri Örnekleri [Kitap]. - Ankara : T.C. Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2006. - s. 171.

Bilgiç E. Su Sorunu: Fırat, Dicle Ve Asi Nehirleri Örnekleri [Kitap]. - Ankara : T.C. Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2006. - s. 171.

Bishop, C. M., 1995. Neural Network for Pattern Recognition. Clarendon, Oxford.

Bozkurt D. ve Şen Ö.L. Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations. [Dergi] // Journal of Hydrology.. - [basım yeri bilinmiyor] : SciVerse ScienceDirect., 2013. - Cilt 480. - s. pp.149-161..

Burak S., Duranyıldız İ. ve Yetiş Ü. Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. [Rapor]. - ANKARA : Devlet Planlama Teşkilatı., 1997. - s. 106s..

Chang H.H. Fluvial Processes in River Engineering. [Kitap]. - U.S.A : John Wiley & Sons, 1988. - 1.

Chegini, G. R., Khazaei, J., Ghobadian, B. & Goudarzi, A. M., 2008. Prediction of Process and Product Parameters in an Orange Juice Spray Dryer Using Artificial Neural Networks. Journal of Food Engineering, 84(2008), 534-543.

Cığızoğlu H.K. Suspended Sediment Estimation and Forecasting Using Artificial Neural Networks [Dergi] // Turkish J.Eng.Env., TUBITAK.. - [basım yeri bilinmiyor] : Turkish J.Eng.Env., TUBITAK., 2002a. - 1 : Cilt 26. - s. 15-25.

Çakırca D. Su Politikaları Bağlamında Fırat-Dicle Havzası'nda Kültürel Mirası Korumanın Koşulları [Kitap]. - Edirne : T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Doktora Tezi., 2010. - s. 414.

Çarkoğlu A. ve Eder M. Domestic Concerns and the Water Conflict over the Euphrates-Tigris River Basin [Dergi] // Middle Eastern Studies. - [basım yeri bilinmiyor] : Taylor & Francis, Ltd., 2001. - 1 : Cilt 37. - s. 41-71.

Çetinkaya C.P., Barbaros F. ve Harmancıoğlu N.B. Hidrometrik Veri Yönetimi [Dergi]. - [basım yeri bilinmiyor] : TMH - TÜRKİYE MÜHENDİSLİK HABERLERİ, 2002. - 420-421-422 : Cilt 4-5-6. - s. 110-114S..

Doğan E. Katı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Tahmin Edilmesi. [Dergi] // İMO Teknik Dergisi.. - 2009. - Cilt 302. - s. s.4567-4582..

Doğan G. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Türkiye'deki Özel Bir Sigorta Şirketinde Portföy Değerlendirmesi [Kitap]. - [basım yeri bilinmiyor] : Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2010. - s. 126.

Dursun A. Sınıraşan Sular Fırat Ve Dicle Nehirlerinin, Türkiye, Suriye Ve Irak İliskileri Üzerine Etkileri [Kitap]. - Isparta : Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi., 2006. - s. 198.

EİE Elektrik İşleri İdaresi Genel Müdürlüğü Türkiye Sularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınımı [Kitap]. - ANKARA : EİE Matbaası, 2006.

FAO-Aquamaps FAO-Aquamaps [Çevrimiçi] // Aquamaps. - 2009. - 27 04 2017. - http://www.fao.org/nr/water/aquamaps/.

FAO-AQUASTAT Maps and spatial data [Çevrimiçi] // FAO - AQUASTAT. - 2011. - 30 05 2017. - http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/index.stm.

Gümüş V. [ve diğerleri] Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması. [Dergi] // Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Haziran.. - Adana. : [yazarı bilinmiyor], 2013. - 1 : Cilt 28. - s. s.37-49.

Houghton J.T., Jenkins G.J. ve Ephraums J.J. (Eds) Climate Change. The IPCC Assessment. [Kitap]. - [basım yeri bilinmiyor] : Cambridge University Press., 1990.

Işık E. ve İnallı M. İklim Sistemlerinin Projelendirilmesini Etkileyen Meteorolojik Verilerin Akıllı Sistemlerle Tahmini ve Örnek Uygulama [Konferans]. - [basım yeri bilinmiyor] : İKLİM 11, 2011. - s. 87-94.

Julien P.Y. Erosion and Sedimentation. [Kitap]. - ENGLAND : Cambridge University Press, 1995. - 2.

Kibaroglu A. ve Maden T.E. An analysis of the causes of water crisis in the Euphrates-Tigris river basin. [Dergi] // J Environ Stud Sci.. - 21 August 2014. - Cilt 4. - s. 347-353p..

Kıran A. Ortadoğu'da Su: Bir Çatışma ya da Uzlaşma Alanı. [Kitap]. - İstanbul : Kitap Yayınevi, 2005. - s. 68.

Kişi Ö. Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches. [Dergi] // Hydrol. Sci. J.. - 2005. - 4 : Cilt 50. - s. 683-696p,.

Kolars J.F. Problems of international river management. In: Biswas AK (ed) International waters of the Middle East: from Euphrates-Tigris to Nile. [Dergi] // Oxford University Press.. - Bombay. : [yazarı bilinmiyor], 1994.

Koluman A. Dünyada Su Sorununa Genel Bir Bakış [Kitap] = Dünyada Su Sorunları ve Stratejileri. - Ankara : Avrasya Stratejik Araştırmalar Merkezi Yayınları, 2002. - s. 8.

Koluman A. ve Şen A. Dünyada Su Kaynaklarının Paylaşımı Konusunda Yaşanan Başlıca Sorunlar [Kitap] = Dünyada Su Sorunları ve Stratejileri / dü. Koluman A.. - Ankara : Avrasya Stratejik Araştırmalar Merkezi Yayınları, 2002. - s. 39.

Küçükmehmetoğlu M. A Game Theoretic Approach to Assess the Impacts of Major Investments on Transboundary Water Resources - The Case of the Euphrates and Tigris [Dergi] // Water Resour Manage. - 2009. - Cilt 23. - s. 3069-3099p..

Lane E.W. ve Kalinske A.A. Engineering calculation of suspended sediment. [Dergi] // Transactions of the American Geophysical Union.. - 1941. - 3 : Cilt 20. - s. 603-607.

Luk K.C., Ball J.E. ve Sharma A. A study of optimal model lag and spatial inputs to artifical neural network for rainfall forecasting. [Dergi] // Journal of Hydrology.. - 1999. - 227. - s. 56-65p.

MacKay, D. J. C., 1992. Bayesian Interpolation. Neural Computation, 4(3), 415-447.

Marquardt, D., 1994. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. SIAM Journal on Applied Mathematics, 11(2), 431-441.

Ministry of Foreign Affairs (MFA) Water Issues between Turkey, Syria and Iraq [Rapor]. - Ankara : Ministry of Foreign Affairs, 1996. - s. 3.

Öner M. Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama. [Kitap]. - İstanbul : İstanbul Üniveritesi Doktora Tezi, 1995. - s. 368s..

Pamukçu K. Su Politikası [Kitap]. - İstanbul : Bağlam Yayınları, 2000. - s. 41.

Partal T., Cığızoğlu H.K. ve Kahya E. Yağış tahmininde yapay sinir ağları ve dalgacık dönüşümünün birlikte uygulanması. [Konferans]. - Ankara : V.Ulusal Hidroloji Kongresi ODTÜ, 5-7 Eylül., 2007.

Pegram G. ve James G.S. Multilag Multivariate Autoregressive Model for the Generation of Operational Hydrology [Dergi] // Water Resources Research. - 1972. - Cilt 8. - s. 1074-1076.

Rosegrant M.W., Cai X ve Cline S.A. Global Water Outlook to 2025-Averting and Implementing Crisis. [Dergi] // Food Policy Report, International Food Policy Research.. - 2002.

Saplıoğlu K. Parametrik havza modellemesi ile akım tahmini; Köprüçay Nehri havzası. [Kitap]. - ISPARTA : T.C. SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ., 2010. - s. 198s..

Saplıoğlu K. Parametrik havza modellemesi ile akım tahmini; Köprüçay Nehri havzası. [Kitap]. - ISPARTA : T.C. SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ., 2010. - s. 198s..

Saraç T. Yapay Sinir Ağları Seminer Projesi.. - ANKARA : Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı., 2004.

Simons D.B. ve Şentürk F. Sediment Transport Technology - Water and Sediment Dynamics [Kitap]. - Littleton. Colorado, United States. : Water Resources Publication, 1992. - 1.

Simons D.B., Richardson E.V. ve Nordin C.F.JR. Sedimentary Structures generated by flow in alluvial channels. [Dergi] // Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation: Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Pub.. - 1965. - Cilt 12. - s. 34-52.

Sudheer K.P., Gosain A.K. ve Ramasastri K.S. A Data-Driven Algorithm for Constructing Artificial Neural Network Rainfall-Runoff Models. [Dergi] // Hydrological Processess.. - 2002. - Cilt 16. - s. 1325-1330.

Şarlak N. ve Karagöz İ. Su Veri Yayınlama Sistemleri - Türkiye'de Durum Değerlendirilmesi. [Konferans]. - Diyarbakır. : II. Su Yapıları Sempozyumu, 16-18 Eylül., 2011. - s. 105-114s..

Şen Z. Yapay Sinir Ağları İlkeleri. [Kitap]. - İstanbul. : Su Vakfı Yayınları., 2004. - s. 183s..

Tiryaki O. Sınırasan Sular ve Ortadoğu'da Su Sorunu. [Kitap]. - İstanbul : Harp Akademileri Komutanlığı Yayınları, 1994.

Toklu V. Su Sorunu, Uluslararası Hukuk ve Türkiye. [Kitap]. - Ankara : Turhan Kitabevi, 1999.

Toluk T. Akarsu Akımlarının Yapay Sinir Ağı Metotları Kullanılarak Modellenmesi. [Kitap]. - Sakarya. : Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi., 2006.

Tomanbay M. Dünya Su Bütçesi ve Ortadoğu Gerçeği [Kitap]. - Ankara : Gazi Kitabevi, 1998. - s. 29.

Turan İ. Turkey and the Middle East: Problems and Solutions. [Dergi] // Water International. - 1993. - 1 : Cilt 18. - s. 23-29.

Ulukaya O. Yağış-Akış Bağıntıları Ve Yapay Zeka Teknikleri İle Modellenmesi. [Kitap]. - İstanbul : T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi., 2011. - s. 117s..

UN-ESCWA & BGR (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). [Rapor]. - Beirut. : Inventory of Shared Water Resources in Western Asia., 2013.

Yang C.T. Sediment Transport Theory and Practice. [Kitap]. - U.S.A : McGraw-Hill Companies, 1996.

Yanmaz M. Applied Water Resourses Engineering. [Kitap]. - Ankara. : METU Press., 1997.

Yarar A. Susurluk Havzası Yağış Akış Verilerinin Modellenmesi. [Kitap]. - Konya. : T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi., 2010. - s. 207s..

YEGM Yenilenebilir Eneri Genel Müdürlüğü [Çevrimiçi] // http://www.eie.gov.tr. - T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017. - 07 Mart 2017.

Yıldız D. ve Güneş M.S. Comparison Of The Long Term Natural Streamflows Trend Of The Upper Tigris River. [Dergi] // Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR).. - 2016. - 8 : Cilt 2.

Zhang Q. Using Wavelet Network in Nonparametric Estimation. [Dergi]. - [basım yeri bilinmiyor] : IEEE Trans.Neural Networks., 1998. - 2 : Cilt 8. - s. 227–236p.