T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GENETİK İFADELİ PROGRAMLAMA İLE TAŞKIN ÖTELEME MODELLEMESİ

Şafak OK ORAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Temmuz-2017

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Şafak OK ORAL tarafından yapılan "Genetik İfadeli Programlama İle Taşkın Öteleme Modellemesi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Doç. Dr. Fevzi ÖNEN (DANIŞMAN)

Üye: Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN (ÜYE)

Üye: Doç. Dr. Z. Fuat TOPRAK (ÜYE)

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 18/08/2017

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../20

Doç.Dr.Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her basamağında sabırlı desteğini, görüş ve önerilerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Fevzi ÖNEN'e, çalışmamın her aşamasında desteğini hep arkamda hissettiğim sevgili eşim İbrahim Halil Oral'a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (DÜBAP) tarafından 16.004 nolu proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR…….....I

İÇİNDEKİLER……II

ÖZET……IV

ABSTRACT……..V

ÇİZELGE LİSTESİ……....VI

ŞEKİL LİSTESİ……VII

KISALTMA VE SİMGELER…….....VIII

1. GİRİŞ……1

1.1. Konunun Tanıtılması ve Önemi……...1

1.2. Ülkemizde Taşkın Olayları……..1

1.3. Taşkın Ötelenmesi……...5

1.4. Taşkın Ötelenme Hesaplarının Taşkın Kontrolüne Yararları…….....7

1.5. Taşkın Ötelenme Metodları…….8

1.5.1. Deneysel Ötelenme……...8

1.5.2. Hidrolik Ötelenme……8

1.5.3.Hidrolojik Ötelenme……..9

1.6. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol……..10

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……...13

3. MATERYAL VE METOT……..21

3.1.Materyal……...21

3.1.1.Sütçüler İlçesinin Coğrafik Özellikleri…….21

3.2. Sütçüler Taşkını……..21

3.2.1. Taşkın Zararları……...21

3.2.2. Taşkın Verileri…….....23

3.3. Metot……..24

3.3.1. Genetik İfadeli Programlama……...24

3.3.2. GEP Modelinin Birleşenleri…….....25

3.3.3. GEP Modelinin Gelişimi…….....28

3.3.4. GEP Modelinin Çalışması…….....29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……...…..43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER……..45
6.KAYNAKLAR……....49
ÖZGEÇMİŞ**….……...51**

ÖZET

GENETİK İFADELİ PROGRAMLAMA
İLE TAŞKIN ÖTELEME MODELLEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şafak OK ORAL

DİCLE UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

2017

Taşkınlar dünyanın birçok yerinde görülen, çok büyük kayıplar ve maddi hasarlara neden olan doğal afetlerdir. Köprülerin, kanalların, barajların dolu savaklarının tasarımında taşkın pik değerleri gereklidir. Akarsuyun belirli bir kesimine ve ya hazneye giren taşkın dalgası su seviyesinin yükselmesine sebep olmakta ve bu değişim taşkın öteleme yöntemi ile incelenmektedir. Taşkın öteleme bir akarsuyun kesitinde taşkın verilerini kullanarak taşkın değişimini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir.

Bu çalışmada 4 Kasım 1995 yılında Aksu Akarsuyunun bir kolu olan Sütçüler Değirmendere' de meydana gelen, can ve mal kaybına yol açan Sütçüler taşkını, Taşkın öteleme metodu kullanılarak modellenmiştir. Yapay zeka (AI) alanındaki ilerlemeler, yeni algoritma ve modelleri kullanarak mühendislik çalışmalarında (Su kaynakları, Hidrolik ve Hidrolojik olaylarda) fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışma, taşkın ötelenmenin modellenmesine bir alternatif olarak genetik programlamanın bir uzantısı olan Genetik ifadeli Programlama (GEP) metodunu sunmaktadır. Böylece taşkın öteleme tahmininde GEP metodu kullanılarak yeni modeller geliştirilmiştir. GEP yönteminde giriş debisi (I), çıkış debisi (Q) ve zaman (T) parametreleri kullanılmıştır. Modelin performansı determinasyon katsayısı (R^2) ve ortalama karekök hatası (RMSE) olmak üzere iki uygunluk ölçüsü ile değerlendirilmiştir. Model tabanlı GEP'in, taşkın öteleme tahmininde Muskingum modeli ve sonlu farklar metotlarına dayanan diğer çözüm tekniklerinden daha fazla performansa sahip olduğu dahil edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın öteleme, Doğal akarsular, GEP, Modelleme

ABSTRACT

MODELING FLOOD ROUTING WITH GENETIC EXPRESSION PROGRAMMING

M.SC. THESIS

Şafak OK ORAL

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2017

Floods are natural disasters that cause huge losses and economic damages in many parts of the world. Flooding peak values are required in the design of bridges, canals, spillways for dams. The flood wave entering a particular section of the river or the reservoir causes the water level to rise and this change is investigated by flood routing method. Flood routing is a method used to determine flood replacement by using flood data in a river section.

In this study, the Sütçüler flood, which caused the loss of life and property, which took place in Sütçüler Değirmendere, a line of the Aksu river on November 4, 1995, was modeled using flood rouring method. Progression in Artificial Intelligence (AI) offers opportunities in engineering studies (water resources, hydraulics and hydrological events) using new algorithms and models. This work presents the Genetic Expression Programming (GEP) method, an extension of genetic programming as an alternative to modeling flood routing. Thus, new models have been developed using the GEP method in flood routing prediction. In the GEP method, the inflow (I), outflow (Q) and time (T) parameters are used. The performance of the model was evaluated with two fitness measures, detection coefficient (R2) and root-mean-squared error (RMSE). It is included that the model based GEP has more performance in flood routing prediction than the other solution techniques based on the Muskingum model and finite difference methot.

Keywords: Flood routing, River, R^2, RMSE, GEP

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	9-88 ve 9-89 İstasyonlarının Özellikleri	23
Çizelge 3.2.	Modellemede Kullanılan Değişkenler	29
Çizelge 3.3.	Sütçüler Taşkınına Ait Çıkış Hidrografı ve Hesaplanan Çıkış Hidrografı Değerleri	37
Çizelge 4.1.	GEP Model Sonuçlarıyla Diğer Çözüm Yöntemlerinin İstatistiksel Performansı	43

Şekil No **Sayfa**

Şekil 1.1. 1955-2012 Arasında Yaşanan Taşkınlar ve Can Kayıpları (SYGM-2014) 2

Şekil 1.2. 2012 Samsun Taşkını (Tiryaki, 2013) 3

Şekil 1.3. 1966' lı yıllarda Batman, 2006 Taşkını sonrası İluh Deresi Karşıyaka Mahallesi (Sunkar ve Tonbul, 2011) 3

Şekil 1.4. Taşkın Sonrası İçmeler Beldesi (DSİ) 4

Şekil 1.5. İstanbul'da Selin Etkilediği Yerleşim Yerleri (Kömüşçü ve Diğerleri,2011) 5

Şekil 3.1. Taşkın Havza Alanı 22

Şekil 3.2. 9-88 ve 9-89 İstasyonları Ölçüm Değerleri 24

Şekil 3.3. GEP'in Akış Şeması 26

Şekil 3.4. Bir Genin Kromozomu, İfade Ağacı ve Matematiksel Denklemi 27

Şekil 3.5. Önerilen GEP formülasyonu için (Model I-a) İfade Ağacı (ET) 31

Şekil 3.6. Önerilen GEP formülasyonu için (Model I-b) İfade Ağacı (ET) 33

Şekil 3.7. Model I-a ($0 \leq T \leq 10$), Model I-b ($10 \leq T \leq 29$)' nin Ölçülen Hidrografı ile Değerleri Karşılaştırılması 34

Şekil 3.8. Önerilen GEP formülasyonu için (Model II) İfade Ağacı (ET) 35

Şekil 3.9. Model II' de ($0 \leq T \leq 29$) Elde Edilen Tahmini Değerlerin Ölçülen Hidrograf Değerleri ile Karşılaştırılması 36

Şekil 3.10 Gözlemlenen ve Tahmin Edilen Çıkış Debi Değerlerinin Karşılaştırılması 40

Şekil 3.11 Gözlemlenen Değerlerle Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması 41,42

KISALTMA VE SİMGELER

DSİ	:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
GEP	:	Genetik İfadeli Programlama
GA	:	Genetik Algoritma
GP	:	Genetik Program
CPU	:	Bekleme Zamanı
ET	:	Açıklama Ağacı
M	:	Seçim Aralığı
F	:	Fonksiyon
C,T	:	Fitness Durumu
SYGM	:	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
n	:	Manning Katsayısı
R^2	:	İstatiksel Ölçüm Katsayısı
RMSE	:	Önerilen GEP formülasyonu için (Model II) İfade Ağacı (ET)
K,x,m	:	Geçiş Parametreleri
Q_O	:	Gözlemlenen Değerler
I	:	Giriş Debisi
Q	:	Çıkış Debisi
S	:	Saklama Miktarı
t	:	Zaman

1.GİRİŞ

1.1.Konunun Tanıtılması ve Önemi

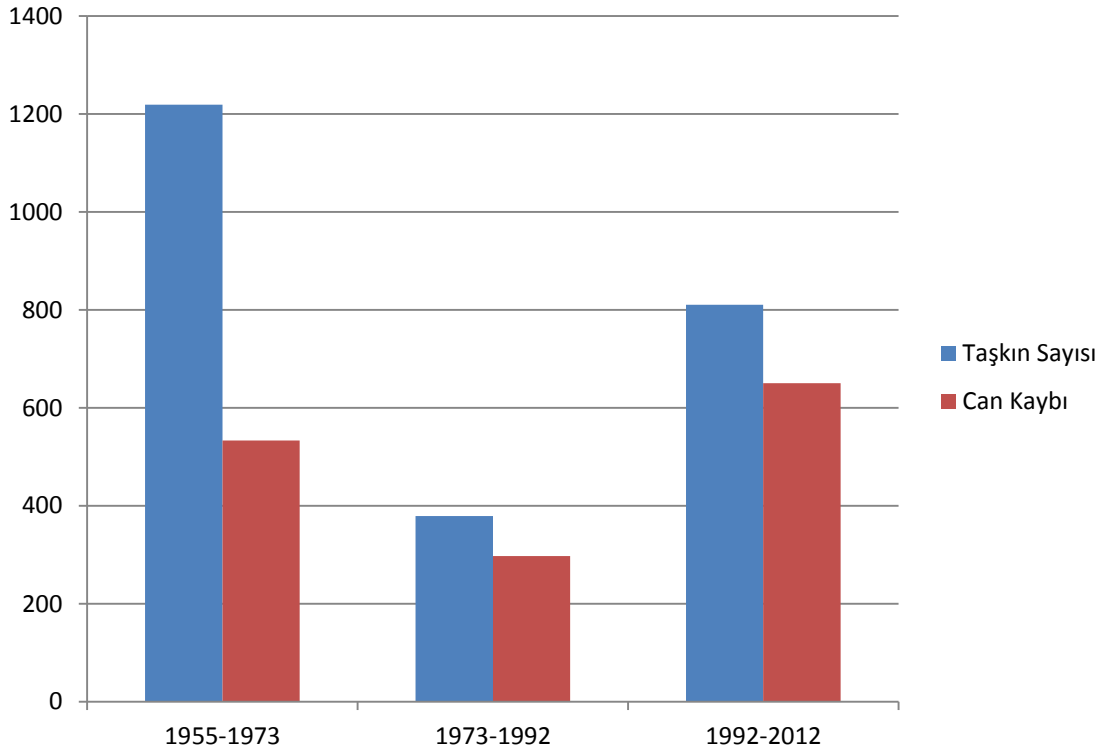
Bir yağıştan doğan akışların ilk evresi genellikle bir havzada başlar. Havza akışı havza alanını kaplayan bir su tabakasının akması olayıdır. Havzada akış herhangi bir tür yağıştan ya da kar erimesinden meydana gelebilir. Şiddetli yağmurlardan ya da kar erimelerinden doğan havza akışları genellikle büyük debiler ortaya çıkarır. Bu durumda özellikle ova kesimlerde sular geniş alanlara yayılır ve büyük hızlarla akar. Akarsu havzalarında debinin akarsu yatak kapasitesini aşması durumunda sular yatak dışına taşar ve bu durum taşkın olarak adlandırılır. Taşkınları oluşturan ve büyük debilere yol açan bu yağışlar genellikle bahar aylarında görülür. Taşkınlar suyun zararlarından korunmak ve potansiyelinden yararlanmak açısından, su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında büyük önem taşır (Ağıralioğlu, 1981).

Taşkınlar, yerleşimin olduğu alanların sular altında kalması sonucunda çeşitli yapıların yıkılması sonucunu doğurabilir. Taşkınlar; Q_{max}, h_{max} ve V_{max} ile ayırt edildiğinden akarsular üzerinde inşa edilen tüm yapılar için taşkın debilerinin bilinmesi ve taşkın anında bu yapıların zarar görmemesi gerekir. Özellikle baraj, bağlama ve su kuvveti tesislerinde taşkın debilerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bütün bunlardan dolayı çeşitli amaçlarla kullanılacak taşkın hidrograflarının elde edilebilmesi için taşkınların meydana geliş mekanizmasının iyice anlaşılması ve mekanizmayı iyi temsil eden matematik modellerin kurulması gerekmektedir (Ağıralioğlu, 1981).

1.2.Ülkemizde Taşkın Olayları

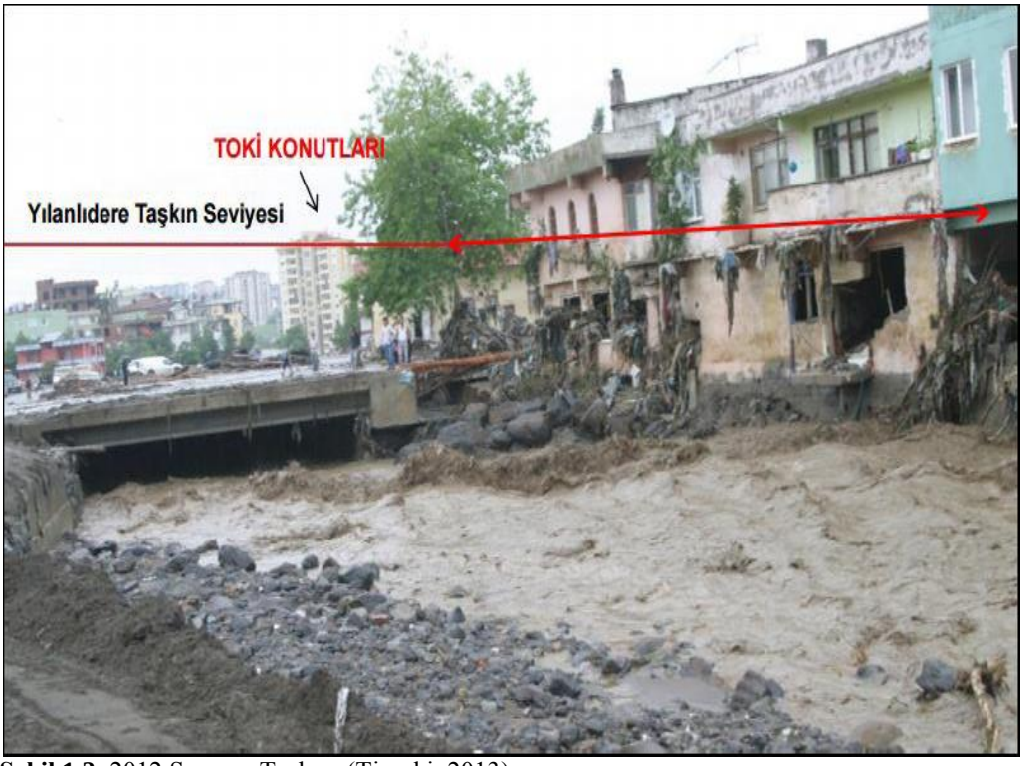
Taşkınlar Ülkemizde en fazla maddi hasarlara sebep olan doğal afetlerdendir. İklimsel olarak Ülkemiz yarı kurak iklim bölgesinde yer almaktadır. Ancak bu özellik yağışlarda yer yer değişiklik göstermektedir. Örneğin yıllık ortalama yağış miktarı Türkiye genelinde 643 mm iken Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 250 mm, Doğu Karadeniz Bölgesinde ise ortalama yağış miktarı 3000 mm'yi bulabilmektedir. Özellikle ilkbahar mevsiminde kar erimesi ve yoğun yağışlar taşkınlara neden olmaktadır. Yaz aylarında da ani taşkın olayları görülebilmektedir. Dolayısıyla bu durum taşkınların Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında fazla olduğu ve Karadeniz, Akdeniz ve Batı Anadolu bölgelerinde daha çok taşkınların olduğunu göstermektedir. Böylelikle söz konusu yerlerin nasıl bir topografyada, hangi tür bitki örtüsü, yerleşim şeklinde ve hangi yağış rejiminde oldukları ile doğru orantılıdır.

Ege, Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında görülen orografik yağışlar taşkınlara neden olur. Deniz kıyısında olmayan diğer bölgelerde ise görülen konvektif yağış sonucu oluşan karın erimesi ile taşkınlar meydana gelebilir. Günümüzde bitki örtüsünün zayıflaması ve dere yatağına yapılan yerleşimler yüzeysel akışın artmasına neden olmaktadır. Yani bir derenin taşkın altında kalan kısımlarının yerleşime açılması taşkın zararlarını artırmaktadır. Taşkın zararlarını önlemek veya azaltmak amacıyla dere yatağına sedde, sel kapanı, baraj gibi taşkın kontrol yapıları yapılacağı gibi havzada bir takım düzenlemelere de gidilebilir. Türkiye'de su yapılarının planlanması, projelendirilmesi, inşası ve işletmesini yapmak için 1953 yılında kurulan DSİ'nin (Devlet Su İşleri) diğer yükümlülüklerinden biri de taşkınlara karşı tedbirler almaktır. Yani taşkın koruma yapıları yaparak taşkın zararlarını önlemektir.



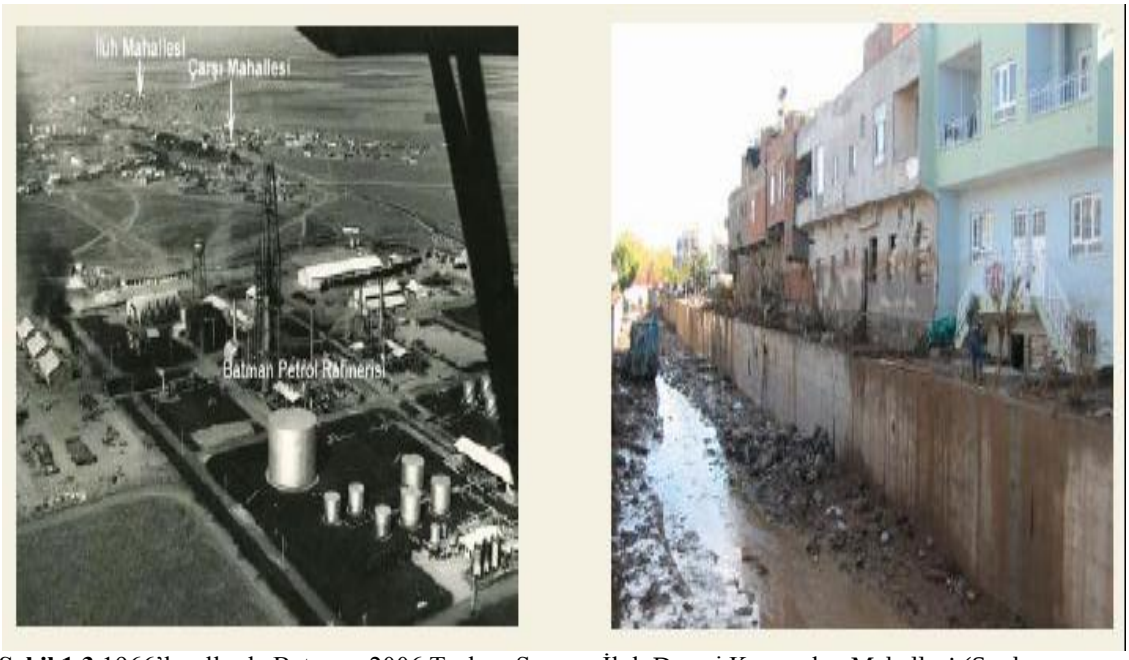
Şekil 1.1. 1955-2012 Arasında Yaşanan Taşkınlar ve Can Kayıpları (SYGM, 2014)

Meydana gelen taşkın sayısı ve can kayıplarının yıllara göre dağılımı Şekil 1.1 de verilmiştir. Taşkın olaylarında mal ve can kaybı daha çok, derelerin taşkın yatağında kurulan yerleşim yerlerinde meydana gelmektedir. 2012 yılında Samsun İli, Canik İlçesinde Salı günü gece yarısı başlayan ve çarşamba sabaha kadar devam eden şiddetli sağanak yağıştan sonra meydana gelen taşkında, can kayıpları ve ekonomik zararlar meydana gelmiştir. (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. 2012 Samsun Taşkını (Tiryaki, 2013)

Batman şehir merkezinde 2006 yılında, 16 mm yağış yüksekliği ve 15 dakika süren şiddetli yağıştan sonra oluşan taşkın olayında 10 vatandaş hayatını kaybetmiş, 13 vatandaş da yaralanmıştır. Ayrıca küçük ve büyük baş hayvan ölümleri; bina, ahır ve işyerlerinde zararlar meydana gelmiştir. (Şekil 1.3).



Şekil 1.3.1966'lı yıllarda Batman, 2006 Taşkını Sonrası İluh Deresi Karşıyaka Mahallesi (Sunkar ve Tonbul, 2011)

Eğimi yüksek olan derelerde meydana gelen aşınma ve rüsubat hareketi taşkın zararında artışa sebep olmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan derelerin eğimleri yüksek olduğundan yağıştan sonra meydana gelen taşkın ve heyelanlar ölümlere neden olmaktadır. Yağış yüksekliği az olmasına rağmen derelerin taşkın sınırı içerisindeki yerleşim yerlerinden dolayı ölümlere ve birçok yapının hasara uğramasına neden olmaktadır. 1974 yılının Kasım ayında Dicle Nehrinde bir köprünün tıkanması sonucu nehir yatağı taşarak 38 kişi hayatını kaybetmiştir. Hatay İli, Erzin İlçesi sınırları içerisinde bulunan İçmeler Beldesinin Sarı Çay yatağı üzerinde kurulmasından dolayı oluşan taşkında 5 vatandaş ölmüş ve büyük zararlar meydana gelmiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Taşkın sonrası İçmeler Beldesi (DSİ)

8-12 Eylül 2009 tarihleri arasında İstanbul'da meydana gelen sel afetinde en çok zararı dere yatağının yanlarına kurulan yapılar görmüştür (Şekil 1.5). Bu felaketten sonra şimdiki adıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığınca 2010 yılını taşkın koruma ve dere ıslah yılı olarak duyurmuş olup taşkın koruma seferberliği başlatılmıştır. Bunun yanında aynı yıl Akarsu ve Dere Yataklarının Islahı ile ilgili 2010/5 sayılı genelge çıkarılmıştır.



Şekil 1.5: İstanbul'da selin etkilediği yerleşim yerleri (Kömüşcü ve diğerleri, 2011)

1.3. Taşkın Ötelenmesi

Taşkın dalgası akarsu havzasında, biriktirme haznelerinde ilerlerken su seviyesi artar. Suyun bir kısmı bu şekilde geri tutulurken diğer kısmı mansaba doğru gider. Memba ve mansaptaki taşkın yerleri kıyaslandığında membadaki taşkın dalgası yayılarak mansaba doğru ilerler. Taşkın dalgası geçişi esnasında zamana bağlı bir miktar ötelendiğinden bu olaya "Taşkın Ötelenmesi" denir. Yani taşkın ötelenmesi, taşkın dalgasının akarsu havzasında, biriktirme haznelerinde ilerlerken zamana ve konuma bağlı değişiminin matematiksel olarak belirtilmesidir. Diğer bir ifade ile herhangi bir akarsu kesitine giren taşkın dalgasının bu kesitin sonundaki ya da mansabındaki farklılıkları taşkın ötelenmesi ile hesaplanır. Taşkın ötelenmesi en büyük debinin değerinde azalma ve meydana geliş zamanında gecikme olarak iki önemli netice elde etmemizi sağlar. Sorun kendi başına, taşkın dalga sorununun kendine ait hususları da ele alarak, açık kanallarda kararlı olmayan akım koşullarının bir uygulamasıdır. Bir taşkın dalgasının hareketi, düzensiz açık kanal akımları prensipleri, kütlenin korunumu ve momentum denklemi ile ele alınır. Hareketin denklemi, momentum denklemini; süreklilik denklemi, kütlenin korunumunu oluşturur. Bu denklemler daha analitik hesaplanması bitmemiş bir yarı doğrusal kısmi diferansiyel denklemi içerir. Bu denklemler daha analitik çözümü bitmemiş, yarı doğrusal kısmi tekniklerin ilerlemesiyle taşkın öteleme problemlerinin kapalı çözümlerine ilerlemesini açıklamaya yarayan, 2 fiziksel değişken mevcuttur.

1) Taşkın dalgasının dikkate alınan yol boyunca hızı,

2) Seviyedeki düşmenin hızı yada taşkın dalgasının sönümlenmesi.

Taşkın dalgasının sönümlenmesini denetleyen iki hal vardır; Depolamanın tesir etmesi, Tesir eden kuvvetlerin istikrarı. Depolamaya bağlı sönümleme, bir taşkın dalgasının akış esnasında en büyük değerindeki azalmadır. Depolamanın tesiri olmadığında prizmatik bir kanalda öteleme gibi, taşkın dalgasının sönümlenmesi sürtünme, yerçekimi, basınç ve atalet etkilerinin bir arada olduğu halde meydana gelir. Depolamanın mekanizması, atalet ve sürtünme hallerinde baskı olurken hazne ya da gölden geçen taşkın dalgasında olduğu gibi, kuvvetlerin dengesine bakılmadan, öteleme problemi, süreklilik denklemiyle çözülür. Bu yalınlaştırma, bir göl ya da nehirdeki taşkın ötelemesi probleminin çözümünü, hazne ötelenmesi diye bilinen bir matematiksel ifade ile yapmış olur. Hareket denklemi ise yerçekimi, sürtünme, basınç ve atalet kuvvetlerinin dengesini ifade eder. Problem büsbütün denge durumunda her bir niceliğin birbirine göre önemi olarak karşımıza çıkar. Şayet bir ya da fazla nicelik diğerlerine göre ihmal edilebilir bir halde ise o nicelikler sıfır olarak kabul edilebilir. İhmal edilen terimlerin çözüme büyük bir etkisinin olmadığı durumlarda dalga modeline daha çok yaklaşılır.

Hidroloji ve hidrolik mühendisliğinde taşkınların ötelenmesi, modellenmesi oldukça geniş bir yer tutar. Ana problem, verilenler membada giriş hidrografı ve kanalın karakteristikleri olduğu halde, akarsu boyunca seçilen noktalardaki hidrografların bulunması, akarsu boyunca akım karakterinin belirlenmesi ve kanal ya da akarsuya ait özelliklerin bulunması şeklinde sıralanabilir. (Hydrologic Engineering Center,1990b)

Birden fazla faktör akarsu havzalardaki akış olayına tesir etmektedir. Bunlar zeminin türüne göre geçirgenliği ve suya doygunluk derecesi gibi jeolojik faktörler, havzanın geometrisi, uzunluğu, alanı, eğimi gibi topografik faktörler, yağışın şekli, zamana bağlı dağılımı, diğer bir ifadeyle şiddeti, süresi, zamanla değişimi ve bir önceki yağıştan sonra geçen zaman, yağışın havza içindeki dağılımı, rüzgâr, sıcaklık gibi meteorolojik faktörlerdir. Diğer yandan yerleşim alanlarının alt yapıların durumu, toprağın kullanılma şekli ile beraber bitki örtüsünün türü ve havzadaki dağılımı, kapladığı alan, yüksekliği, büyüme hızı ile gibi faktörler de akışın durumuna etki etmektedir. Bütün faktörler birbiriyle karşılıklı etkileşim halindedir. Bunun yanında uzun zaman içinde bu faktörlerin, doğa olayları, insanlar ve hayvanlar tarafından değiştirilmesi de mümkündür. Bu yüzden söz konusu faktörlerin tesiri ile meydana gelen akış olayı, yağıştan yağışa, havzadan havzaya, aynı havzada noktadan noktaya

değişmekte ve hatta aynı yağış koşullarında, aynı havzanın aynı noktasında zamanla farklı olmaktadır. Bu nedenle akışın meydana geliş biçimi aynı olmayan havzalarda birbirine benzer ve bir akarsu havzasının bir yağıştan sonraki tavrı, ancak kendisine özgü bilgilerden bulunması mümkündür.

Bir havzanın akışı laboratuvar modeli ile incelenebilir. Ancak böyle bir modelde akış özelliklerini, özellikle yağışı ve bitki örtüsünü, prototiptekine benzetmek oldukça güçtür. Üstelik bütün bu havza faktörlerini modele yansıtamamaktan ötürü bulunacak sonuçlar gerçeklerden çok uzak olabilir. Bu arada model kurmanın zaman alıcı ve pahalı olması da göz önünde bulundurulmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı taşkın hesaplarının matematik modellerle yapılması istenir (Ağıralioğlu, 1981).

Taşkın ötelenme hesapları için kullanılan matematiksel modele göre gereken temel veriler kanal karakteristikleri ve akım karakteristikleri olmak üzere ikiye ayrılır. Kanal karakteristiklerinde; akarsuyun yada rezervuarın topoğrafyası, rezervuarda ya da akarsu vadisindeki depolama hacmi, kanal taban eğimi S_0, kanalın en kesit alanı, kanalın sürtünme karakteristikleridir (Manning'in n, Chezy'nin C katsayıları gibi). Akım karakteristiklerinde ise; seviye-depolama, seviye-debi ve debi-depolama ilişkilerini kurabilmek için gerekli olan geçmiş taşkın kayıtları, kanal boyunca kanala giriş yapacak yersel yüzey akışın ölçümleri ya da tahminleri, yağış kayıtları, toprak özellikleri, akış karakteristikleri, drenaj alanları ve yağış-akış ilişkisini belirleyen diğer verilerdir. Giren akım hacminin zamanın bir fonksiyonu olarak tahmin yada ölçümü, kullanılan tekniğe bağlı olarak zamana karşılık seviye veya zamana karşılık debi yada seviye eğrisine karşılık debinin belirlenmesi, geçmiş taşkınlardan belirlenen seviye-zaman yada debi-zaman verileri yer alır (Miller ve Cunge, 1975).

1.4. Taşkın Ötelenme Hesaplarının Taşkın Kontrolüne Yararları

Taşkın ötelenme hesaplarının taşkın kontrolü için birçok faydası vardır.

1-Akarsuyun belirli bir noktasındaki taşkın büyüklükleri bilindiğinde, taşkın ötelenmesi hesapları ile bu noktanın kilometrelerce mansabındaki bir yerde taşkın büyüklükleri saatlerce hatta günlerce önce hesaplanabilir. Bu durumda can ve mal kaybının azaltılması için gerekli zaman kazanılır ve bu şekilde taşkın zararlarının azaltılması sağlanır.

2-Taşkın ötelenmesi hesapları ile akarsu boyunca taşkın debilerinin ve su seviyelerinin değişimi hesaplanabildiğinden taşkın koruma yapılarının, örneğin seddelerin, boyutları emniyetle belirlenir.

3-Baraj göllerinde taşkın ötelenmesi ile göle giren taşkın hidrografı bilindiğinde dolu savaktan çıkan debiler hesaplanabilir. Bu çalışmalar sonunda dolu savak boyutları, batardo yüksekliği, baraj gölündeki en yüksek su seviyesi, baraj yüksekliği, baraj gölü altında kalacak toprak ve su altında kalma süreleri belirlenmiş olur.

4-Yağmur sularını toplayan kanalizasyon şebekelerinde taşkın ötelenmesi hesapları yapılarak sağanaklardan sonraki taşkın dalgasının şebeke boyunca değişimi belirlenir. Boru ve kanalların nerede olacağı, şehrin hangi bölgelerini su basacağı tespit edilir (Erkek ve Ağıralioğlu, 1993).

Sonuç olarak taşkın olayının tahmin edilebilmesi için taşkın öteleme hesaplarına gerek duyulur.

Taşkın kontrol çalışmaları için yapılan yatırımlar projeden sağlanan ekonomik fayda ile çok kısa sürelerde geri kazanılmaktadır. Öte yandan taşkın kontrolü çok amaçlı bir projenin içinde planlandığı zaman, projenin verimliliği çoğunlukla başka alanlardaki yatırımlarla karşılaştırılamayacak kadar yüksek olmaktadır (Ağıralioğlu, 1981)

1.5. Taşkın Ötelenme Metotları

Taşkın ötelenme metotları deneysel, hidrolojik ve hidrolik olmak üzere üç gruba ayrılır.

1.5.1. Deneysel Ötelenme

Deneysel taşkın ötelenme metotlarında katsayılar ile hesap yapılır. Bu katsayılar tahmine ve daha önceki taşkın olaylarının incelenmesine dayanarak ayarlanır. Bir nehirde memba ve mansap akımları arasındaki bağın ayarlanabilmesi için nehirde gerektiği kadar memba ve mansaptaki akımlarının ölçülmüş olması şarttır.

1.5.2. Hidrolik Ötelenme

Bu öteleme kütle ve momentum denklemlerini birlikte hesaba katar. Hidrolik yöntemler konvektif-difüzyon denklemlerinin ya da açık kanallarda az değişen kararsız akımın bir boyutlu Saint-Venant denklemlerinin sayısal çözümüne dayanır.

Muskingum-Cunge Öteleme Modeli, doğrusal olmayan katsayılı bir hidrolik modellerden bir tanesidir. Giriş hidrografıyla, kanalın fiziksel özelliklerine dayanan hidrograf ötelemesini çözer.

Kinematik Dalga Öteleme Metodu, hareket denklemindeki basınç ve atalet terimleri dikkate alınmadan sonuca ulaşılır. Böylece konvektif difüzyon denklemine birinci dereceden ulaşmayı sağlar. Kinematik Dalga Metodunda momentum ve süreklilik denklemleri kullanılır.

Difüzyon Dalga Öteleme Metodunda direnç, yerçekimi ve basınç terimleri kullanılır. Hareket denklemindeki atalet terimi ise dikkate alınmamıştır.

Dinamik Dalga Öteleme Modeli, tüm hareket denklemini ihtiva eden, taşkın ötelenmesinde kullanılan en genel modellerden bir tanesidir. (Hydrologic Engineering Center,1990b).

1.5.3. Hidrolojik Ötelenme

Hidrolojik metotlar ile taşkın esnasında aşırı miktarda suyun geçici depolama ve boşaltması arasındaki ilişki ve süreklilik ilkesi kullanılır. Bu ötelemede tesir eden kuvvetlerin dengesine bakılmadan çözüm yapılarak süreklilik denkleminden yararlanılır.

Taşkın dalgasının profilini karşılaştırdığımız zaman hidrolik yöntemler hidrolojik yöntemlere göre daha doğru tanımlanmaktadır. Ancak hidrolik yöntemlerin pratik uygulaması, bilgi kaynağındaki yüksek talebin yanı sıra giriş verisinin niceliği ve niteliği bakımından sınırlıdır. Pratik uygulamalarda hidrolojik yöntemlerinin uygulanması nispeten daha basit olmakta ve daha doğru sonuçlar elde edilmektedir.

Plus Metodu, Hazneden geçen taşkını ötelemede ve taban eğimi küçük olan kanallarda aşama aşama değişen akımların ötelenmesinde ve kontrolsüz haznelerdeki taşkın dalgalarının etkilerini incelemede kullanılan bir metottur.

Değişken Değerler Metodu, Puls metodu ile Muskingum modellerinin birleştirilmiş değişik bir biçimi olarak kabul edebiliriz. Kama depolamasını hesaplayan Plus metodu ya da değişken geçiş zamanlı Muskingum Modeli olarak adlandırılabilir.

Muskingum Modeli, giriş, çıkış ve depolama arasında doğrusal olmayan bir matematiksel bağ olduğunu kabul eden bir yöntemdir. Doğrusal olmayan fonksiyonun parametreleri hesaplanmış bilgilerin ayarlanmasından tespit edilir. Bu metodun ilerlemesi için deneysel temellerin mevcut olması gerekir. Ayrıca bu model konvektif-difüzyon denklemiyle benzerlik göstermektedir.

Doğal kanallarda kullanılan basit hidrolojik taşkın tekniklerinin bir örneği Muskingum taşkın yöntemidir (Gill 1978; Tung 1985). Lineer Muskingum modelinde,

hidrolojik yöntemlerin en basit biçimlerinden biri olan ilk denklemde uzamsal olarak birleştirilmiş süreklilik denklemi formülü, ikinci denklemde ise depolama, boşaltım ilişkisi; I, Q, S sırasıyla t zamanındaki giriş, çıkış ve depolama miktarlarıdır.

$$\frac{dS_t}{d_t} = I_t - Q_t \tag{1.1}$$

$$S_t = K[xI_t - (1-x)Q_t] \tag{1.2}$$

K ve x akımın depolama özelliklerini tanımlamak için kullanılan parametrelerdir. K parametresi depolama ve boşaltım arasındaki oran olup zaman olarak ifade edilir. x parametresi ise depolama alanında giriş ve çıkışın tahmini önemini ifade etmektedir. K ve x parametreleri genel olarak zaman alan deneme yanılma yöntemiyle önceki kayıtlardan saptanır.

Tüm akışlar için K'yı sabit olarak kabul etmek doğru olmaz. Çünkü doğrusal olmayan depolama-akış ilişkileri için ciddi yönlendirme hataları ortaya çıkabilir. Bu nedenle doğrusal olmayan Muskingum modelinin kullanılması daha uygun olur.

$$S_t = K[xI_t - (1-x)Q_t]^m \tag{1.3}$$

ve

$$S_t = K[x{I_t}^m - (1-x){Q_t}^m] \tag{1.4}$$

Burada m parametresi doğrusal olmayanlığın derecesini temsil etmektedir. Doğrusal olmayan Muskingum modellerinde K, x, m parametrelerinin tahmininde birçok yöntem önerilmektedir.

1.6. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol

Bir akarsuyun çeşitli nedenlerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, üst ve alt yapı tesislerine, canlılara zarar vermesiyle o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri azaltacak ölçüde bir akışa ulaşması biçiminde tanımlanan taşkının (sel, feyezan, seylap), meydana geldiği yerin iklim şartlarına, bitki örtüsüne, jeolojik ve topoğrafik özelliklerine göre gelişen doğal bir afettir. Fakat taşkının bir afet olarak tanımlanması tamamen insan faaliyetlerinin sonucundan kaynaklıdır. Taşkın riski bulunan alanlarda daha önceden önlem alınmadan yapılan yerleşim yerleri, dere yatağına ve taşkın kontrol yapılarına yapılan müdahaleler taşkın olayının en önemli nedenlerindendir.

Taşkınların can kayıpları ve ekonomik zararlara sebep olmaması; ulaşımı, ekonomik ve sosyal faaliyetleri azaltmaması için taşkın kontrol çalışmalarına ehemmiyet verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, 4 Kasım 1995 yılında Isparta ilinin güneyinde yer alan Sütçüler İlçesinde meydana gelen Sütçüler taşkını Genetik İfadeli Programlama (GEP) yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Önerilen Genetik İfadeli Programlama yaklaşımı ile hesaplanan çıkış debi değerler gerçek taşkın hidrografının çıkış debi değerleri ile karşılaştırılmış ve modelin performansı için de Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Ortalama Karekök hatası (RMSE) kullanılmıştır. Ayrıca önerilen GEP Model yaklaşımından elde edilen taşkın değerleri, hidrolik taşkın modellerinden elde edilen taşkın değerleriyle ve Hidrolojik taşkın metodu olan Muskingum model değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Birinci bölümde, Ülkemizde meydana gelen taşkın olayları, bunların sonuçları, taşkın öteleme hesaplarının taşkın kontrolüne yararları ve taşkın öteleme metodları açıklanmıştır.

İkinci bölümde, taşkın öteleme ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, üzerinde çalışılan Aksu Deresine ait kolun yer aldığı Sütçüler İlçesinin coğrafi, topografik, iklim ve bitki örtüsü özellikleri açıklanmıştır. Sütçüler İlçe merkezinde meydana gelen taşkın zararları ve akım ölçümlerinin kayıt altına alındığı akım gözlem istasyonlarının özellikleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Son olarak taşkın öteleme hesabında kullanacağımız GEP modelinin bileşenleri, gelişimi ve çalışması ile ilgili bilgiler sunulmuş olup GEP modeli ile hesaplanan hidrograf değerleri verilmiş; bu değerler, gözlemlenen ve daha önce farklı yöntemlerle hesaplanan hidrograf değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Dördüncü bölümde, GEP modeli, hidrolik ve hidrolojik diğer çözümlerin sonuçlarının istatistiksel perfomansı R^2 ve RMSE ile kıyaslanmıştır.

Beşinci bölümde, GEP modelinden elde edilen bulgulara göre çıkarılan sonuçlar analiz edilmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Denrou vd. (1978), taşkın ötelenmesi problemlerinin çözümünde sonlu fark şemaları ve belirli yöntemlerin kullanıldığını, sonlu eleman metotlarının sadece iki boyutlu yüzeysel akım denklemlerinde kullanıldığını ifade etmişlerdir. Aynı zamanda taşkın ötelenmesi için sayısal yöntemleri de çalışmalarında ele almışlardır. Taşkın ötelenmesi probleminin açıklayarak, sınır koşul örneklerini ele alarak düzenleme yöntemini ve Gallerkin yöntemini sunmuşlardır. Sunmuş oldukları kanal ve akım özellikleri için örnek bir uygulamayla açıklamışlardır. Çalışmada akım şemasını verdikleri sonlu elemanla ve bir boyutlu lineer elemanları Gallerkin koşulu ile bilgisayar programında birleştirmişler, zaman alanı için bir sonlu fark şeması, belirli noktalardaki debi, hızı ve yüksekliğini çözmek için Leopfrog tekniğini uygulamışlardır.

Tingsanchali ve Manandhar (1985), durgun suyun etkileri ile yan derelerin debilerini ihmal etmeden bir taşkın ötelenmesi için analitik difüzyon modeli üzerine çalışmışlardır. Modeli, düzgün bir dikdörtgen kanal varsayarak farklı memba, mansap ve yan derelerin sınır koşulları ile taşkın ötelenme çalışmalarına eklemişlerdir. Bu çalışmalarını Kuzey Tayland'daki Lowermun Nehrine ait 1980–1981 yıllarındaki akım şartlarına yaklaştırmışlardır. Temel difüzyon denklemini, ortalama bir derinlik değeri etrafında doğrusallaştırmışlar ve durgun suyun etkileri ile yan derelerin debilerini ihmal etmeden sınır koşullarını uygulayarak çözüme ulaşmışlardır. Modelin uygunluğunu akım ivmesinin hesaba katılmadığı aşama aşama artan taşkınlarla sınırlamışlar, su derinliğinin çözümünü sınır koşullarına uyan bir çeşit histogramla yaklaştıran bir oluşumda belirtmişlerdir. Chezy, c ve kanal düzensizliklerine bağlı difüziviteye ait K değerini kullanmışlar ve parametreleri modelin ayarlanması esnasında deneme-yanılma yöntemiyle çözmüşlerdir. Hipotetik dikdörtgen kanaldaki K=0 için alınan uygulama sonucu bulunan çıktıları (Δt=1 saat, Δx=1 km) alınan ve Saint Venant denklemlerine dayalı kapalı sonlu fark modeli sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Özetle modelin, en kesit alanının kapsamlı verisi ya da akarsu yatağının geometrisini oluşturmadığı, sadece onların ortalama verilerine gereksinim duyduğunu, modelin, sınır koşullarının tek ya da tüm etkilerinin analizlerinin uyum gösterdiğini ve belirli koşullarda çözüm için daha az zamana gereksinim duyduğunu tespit etmişlerdir.

Aldama (1990), çalışmasında, arazi datalarındaki noksanlıklar sebebiyle, doğal akarsularda taşkın ötelenmesinde Saint Venant denkleminin yararlanışını engellemesi,

neticede Muskingum Modeli gibi yaklaşık tekniklerin kullanılmasına dikkat edilerek, ehemmiyetli bir özelliğinin model parametrelerinin kalibrasyonu olan bu çalışmada Muskingum ötelenmesi için var olan en küçük karelerle parametre olası tekniklerini incelemiştir. Gill, Heggen ve O'Donnel' in belirli yıllarda ortaya atmış Muskingum taşkın ötelenme parametrelerinin en küçük kareler metoduyla bulunmuş sonuçlarıyla kıyaslamıştır. O'Donnell' in yöntemini diğer iki teknikle kıyaslayabilecek biçimde bazı varyasyonlar yapmıştır. Gill' in yöntemi ve O'Donnell' ın değiştirilmiş yöntemi için taşkın ötelenme hesaplarında açık ifadeler bulmuştur. Heggen' in yönteminin en büyük dezavantajını global minimumda simgelenmesi icap edilmeyen köke giden matematiksel denklemin tekerrür sonucunu gerektirdiğini belirlemiştir. Aynı zamanda tahmin evresinde K ve x' i doğrudan uygulayan hiçbir deneme yapılmış metodun olmadığını, bu parametrelere karşılık hepsinin uygun olduğunu saptamıştır. Gill' in K ve x'in kestirimlerinin Heggen ve O'Donnell'ın değiştirilmiş yönteminden kestirim amaçlarına daha iyi uyduğunu sayısal deneylerle açıklamıştır. Diğer yönden doğrusal debi, depolama ilişkisi ile momentum denklemi yaklaşımına dayanan uygulamaları akarsu boyunca giriş hidrografına cevap veren Muskingum Modeli ile kestirilmesi, Gill' in metodunun bu açıdan uygun olduğunu belirtmiştir. Bundan dolayı ötelenme parametreleri için kullanılan ölçümlerin dışında bir akarsuyun giriş hidrografına tahmin etmek için en uygun model olduğunu saptamıştır.

Fread ve Lewis (1991), çalışmalarında, yüksek maliyetli ve zaman alan bir yöntemle hazırlanan detaylı en kesit verilerini ortadan kaldırmak amacıyla dinamik ötelenme modeli parametrelerinin belirlenebilmesini sağlayacak bir model geliştirmişlerdir. Metodolojide, kanal ve taşkın düzlemi için ayrı ayrı kuvvet fonksiyonları kullanılarak elde edilen yaklaşık kanal enkesit özelliklerinden ve seviye veya debinin bir fonksiyonu olarak Manning n katsayısının belirlenmesi için çok etkili bir algoritma iyileştirmesi kullanmışlardır. Metodolojinin uygulanmasında ihtiyaç duyulan başlıca verileri, her bir ötelenme kesitinin sonundaki seviye hidrografları, her bir akarsuyun mansabındaki debi hidrografları olarak belirlemişlerdir. Metodolojinin karmaşık akım ağlarında hem ana kanalda hem de onun yan kollarında uygulanabilir olduğunu bildirmişler. Anahtar konumlarındaki belli enkesit özelliklerinin optimizasyon metodolojisinde kullanılabilir olduğunu, modeli U.S.'nin 2051 km uzunluğundaki

büyük akarsuyunda ve onun yan kollarında tahkik ettiklerini belirtmişler, ortalama karekök hatasını 0,13 olarak ya da seviyede % 2,9 değişim olarak elde etmişlerdir.

Singh vd. (1997), birtakım hidrolojik problemlerin çözümlerinde taşkın ötelenme tekniklerine gereksinim duyulduğunu, bunlardan çok yaygın olarak kullanılan dinamik taşkın ötelenmesi tekniği için, döngüsel bir anahtar eğri olsa bile mansap sınır koşulu gibi bir tekil anahtar eğri hipotezinin kullanıldığını ifade etmişlerdir. Çalışmada, memba kesitleri için hesaplanan sonuçlarda önemli hataların ortaya çıkmadığı hallerde tek bir anahtar eğrisinin elde edilebildiği mansap kontrol kesiti için bir ölçüt ortaya atmışlardır. Sundukları ölçütün, dört noktalı merkezi kapalı şema kullanarak taşkın düzlemi olan ya da olmayan prizmatik trapez kesitli kanallarda sabit pürüzlülük katsayıları ile hipotetik hidrograf ötelenmeleriyle temin edilen sonuçlara dayandığını açıklamışlardır. Taşkın düzlemi olan kanallarda ana kanal ve düzlem için aynı pürüzlülük katsayısını kullanmıştır. Farklı genişlik, taban eğimi, kanal pürüzlülük katsayısı olan trapez kanallar için yaptığı çalışmada, bu değişkenlerin farklı kombinasyonları için ötelenmeleri açıklamıştır. Sonuç olarak, verilen bir giriş hidrografı için bilinen kanal karakteristiklerinde optimum uzunluğun belirlenmesini sağlayan formülasyonu ortaya çıkarmışlardır.

Cunge (1999), Bajracharya ve Barry'nin hazırladığı doğrusallaştırılmış difüzyon taşkın dalgası ötelenmesi için doğruluk ölçütlerinin sunulduğu çalışma ile bunun üzerindeki Szymkiewicz'in hazırladığı kinematik ve difüzyon dalgalarının benzerliklerinin sunulduğu çalışmalar üzerindeki fikirlerini meydana çıkarmıştır. Muskingum yönteminin aslında bir giriş değer fonksiyonu olduğunu ancak tam difüzyon dalga problemi yaklaşımının yeterli olmadığını, bunun nedeninin de rastgele bir difüzyon dalga çözümünde gerekli olan mansap sınır koşulunun önemsemediğini bildirmiştir. Bu yüzden Muskingum yönteminin görece eğimi fazla olan akarsular için hesaplanabileceğini, böyle akarsuların hesaplanmasında mansap koşul şartı etkilerini azaltacağını ifade etmiştir. Yöntemin en kesit geometrisindeki düşey varyasyonların önemsemediğini, bundan dolayı çoğunlukla uygulamalarda verilen akarsu için incelenmiş ya da hesaplanmış değerlerden yararlanılarak ayarlanan K ve X parametrelerine değinildiğini, yöntemde, kinematik dalga denklemi içinde yer alan kapalı bir tek değerli anahtar eğrisi hipotezinin kullanıldığını açıklamıştır. Difüzyon dalga denkleminin, yalnızca bir boyutlu kararsız akım problemlerinin bir yaklaşımı

olduğunu, atalet teriminin direnç terimleriyle kıyaslanmadığı sürece denklemin yanlış sonuç vereceğini açıklamıştır. M-C yönteminin ise yukarıda ifade edilen hiçbir değeri değiştirmediğini, yöntemin difüzyon dalga denklemi yaklaşımındaki K ve X katsayılarını belirlemek için fayda sağladığını açıklamıştır. Szymkiewicz tarafından yapılan çalışmada, Cunge tarafından 1969'da yayınlanan çalışmada Muskingum formülünün hem kinematik hem de dinamik dalgalar için matematiksel bir yaklaşım olduğunu ifade ettiğini ancak bunun yanlış olduğunu belirtmiş, bu yaklaşıma katılmayarak Szymkiewicz'in hatalı olduğunu söylemiş, bununla ilgili meydana çıkardığı hipotezden söz etmiştir.

Ülke (2003) Kasım 1995 yılında Aksu Akarsuyunun bir kolu olan Sütçüler Değirmendere'de can ve mal kaybına yol açan taşkın olayını incelemiştir. Yatakta oluşan taşkın piklerinin matematiksel olarak modellenmesinde hidrolojik metotlardan biri olan Muskingum Modelini kullanmıştır. Modelin kullanılabilirliğini belirlemek için, ilk olarak yatak eğimini hesaplamış ve belirlediği yatak eğimi ile Muskingum Modeli' nin uygulanabilirliğini tespit etmiştir. Daha sonra katsayılar modeli olarak bilinen Muskingum Modelindeki mevcut x ve K parametrelerini DSİ 18 Bölge Müdürlüğü tarafından ölçülen Değirmendere Akarsuyuna ait giriş ve çıkış taşkın değerlerine göre hesaplamıştır. Hesaplanan x ve K parametrelerini dikkate alarak $C1$, $C2$ ve $C3$ katsayılarını belirlemiş ve yataktan çıkan taşkın pik değerlerini hesaplamıştır. Taşkın değerleri ile ölçülmüş taşkın değerlerinin uyum içerisinde olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacı sonuç olarak; Muskingum Modeli' nin bir yataktaki taşkın piklerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için yatak eğiminin, x ağırlık parametresinin ve K geçiş zamanının kesin olarak belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bölgesel bir araştırma olan çalışmada çalışılan havza sınırları içerisinde dik eğime sahip akarsularda meydana gelen taşkınların modellenmesinde Muskingum Modeli' nin kullanılabilirliği ortaya çıkarmıştır.

Atalay (2008), hidrolik ve hidrolojik metotlar üzerinde çalışmalar yapmıştır. Taşkın hidrografının elde edilmesiyle ilgili kinematik Dalga Metodu ile Muskingum Modelini karşılaştırmıştır. Her iki modeli akımlar cinsinden karşılaştırabilmek için kq karşılaştırma indisini tanımlamıştır. Taşkın ötelemede kullanılan hidrolik ve hidrolojik metotları irdeledikten sonra, kinematik dalga metodu ve Muskingum modelinden elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Bu çözüm ile kinematik dalga metodunda bırakılan

akım-ulaşan akım grafiği, Muskingum metodu için bırakılan akım- ulaşan akım grafiği, kinematik dalga metodunda ulaşan değer- ulaştığı zaman grafiği ve Muskingum metodunda ulaşan değer- ulaştığı zaman grafiğini elde etmiştir. Kinematik dalga metodunda karşılaştırma indisi daha büyük çıkmıştır. Kinematik dalga metodunun Muskigum metoduna göre daha iyi öteleme yaptığı sonucuna varmıştır.

Hone-Jay Chu (2009), taşkın öteleme hesabında Bulanık Mantık Yöntemi (FIS) ve Muskingum modelinin birlikte uygulanmasını ele almıştır. FIS in kurallarını Muskingum formülü ile birleştirmiş ve modeli Muskingum FIS modeli olarak adlandırmıştır. Muskingum FIS modeli girdileri, çıktıları ve bulanık kuralları içeren Muskingum formülüne göre tasarlanmıştır. Bu modelde, uyarlamalı ağ çerçevesinde uygulanan bir FIS Ağ Tabanlı Bulanık Mantık yöntemi (ANFIS) uygulayarak çıkış debisini tahmin etmiştir. Tahmin edilen çıkış verilerini konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırmıştır. Muskingum FIS modelinin son derece doğrusal olmayan bir haritalama yapabildiğini ve çıkış için daha iyi tahminlerde bulunabildiği sonucuna varmıştır.

Özdoğan (2010), taşkınlarla ortaya çıkabilecek zararları minimize etmede ilk adım olan taşkın ötelemesi hesaplarının yapılması amacıyla Antalya İli sınırları içinde doğarak, Manavgat İlçesinde Akdeniz'e dökülen Alara Çayında ölçülen giriş akımı verilerini kullanarak kinematik, difüzyon ve dinamik taşkın ötelenmesi metotları ve Muskingum-Cunge metodu ile taşkın ötelenmesi hesaplarını yapmış, elde ettiği sonuçları akarsu kesitinin mansabında ölçülen verilerle karşılaştırmıştır. Alara Çayında ele alınan 10.000 metrelik kesitin mansabındaki akım gözlem istasyonunda gözlenen veriler ile en iyi şekilde benzeştiği, bununla birlikte mansap hidrografında 9. saatte 185,00 m^3/s lik pik debinin görülmesine rağmen difüzyon dalga modeli sonuçlarında pik debi değerinin 23. saatte görüldüğünü tespit etmiştir. Yaptığı hesaplamalarda, kanal taban eğimi 0,0132 olarak dikkate almıştır. Çalışmada yer vermemesine rağmen 0,0132 olan eğim değerinden daha düşük bir eğim değeri için yine difüzyon dalga modelini kullanarak hesaplamalar yaptığında, hesaplanmış mansap debisi değerlerinin ölçülmüş değerlere yakınsadığını tespit etmiştir. Dinamik model sonuçları sinüzoidal bir şekilde elde ettiği pik debi 14. saatte ve 165,31 m^3/s olarak hesaplamıştır. Bu sonuçlar ölçülmüş değerlerle benzerlik göstermemiştir. Çalışmada kullanılan tek hidrolojik model olan Muskingum-Cunge modeli de ölçülmüş değerlerle benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Bununla birlikte 9. Saatte 177,60 m^3/s pik debi değerinin görüldüğü metot ile mansapta

ölçmüş verileri de kullanarak hesaplama adımlarının tamamladığı göz ardı edilmemelidir. Bu durumun mansapta kaydedilmiş verilerin bulunmadığı akarsu kesitleri için yapılacak hesaplamalarda bir dezavantaj teşkil edeceği fikrini ortaya koymuştur. Araştırmacı Muskingum Cunge metodunun, hesaplama süresinin kısa olması ve hesaplama kolaylığı açısından kinematik modele göre daha avantajlı olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca Alara Çayı akım ve yatak karakteristiklerinin dikkate alındığı çalışmada kinematik dalga modelinin diğer hidrolik modellere göre daha güvenilir sonuçlara ulaşıldığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte hem memba hem de mansap kesitinde akım verilerinin mevcut olması halinde Muskingum-Cunge modeli de uygun sonuçlar ortaya koymuştur. Dolayısıyla, Alara Çayı için her iki modelin taşkın ötelenmesinde kullanılabilirliğini belirlemiştir.

Kaya ve Ülke (2012) difüzyon dalga denkleminin çözümünde Diferansiyel Kuadratür Yöntemini (DKY) kullanmışlardır. Orta Akdeniz havzasında yer alan Alara Çayında 05.03.2004 tarihinde meydana gelen ve Avusturalya New South Wales'de Murrumbidge Akarsuyu'ndaki Gundagai ve Wagga Wagga istasyonları arasında 23 Ağustos - 7 Eylül 1964 tarihleri arasında meydana gelen taşkın vakalarını değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçları, sonlu fark yöntemleri ile bulunan sonuçlarla kıyaslamışlardır. Polinomiyel Diferansiyel Kuadratür Yöntemi Chebyshev-Gauss-Lobatto nokta dağılımı ile kullanmışlardır. Chebyshev-Gauss-Lobatto nokta dağılımı metodunun, taşkın dalgalarının ötelenmesinde iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Taşkınların ötelenmesi problemlerinde; hidrolik modellerin DKY ile çözümünde sonlu fark yaklaşımlarına kıyaslandığında çok daha az hesap noktası kullanılmasına karşın, ilk örnekte gerçek değerlere daha yakın sonuçlar bulmuşlardır. İkinci örnekte ise ölçüm değerlerinin iyi olmadığı için kıyaslamanın yapılamadığını belirtmişleridir. Fakat metodların uygun daha sağlıklı çözümlerini değerlendirdiklerinde DKY'de kullanılan hesap noktası sayısının diğer metodlara göre fazla olmadığını söylemişlerdir. Metodun kinematik dalga modeline tatbik edilmesi halinde de benzer sonuçların bulunduğunu saptamışlardır.

Karahan ve Güraslan (2012), Sütçüler taşkınını kinematik dalga yaklaşımı kullanarak modellemişlerdir. Taşkın öteleme çözümlerini Crank-Nicolson, MacCormack, Lax-Wendroff ve Saulyev sonlu fark şemalarından faydalanmışlardır. Tetkik edilen taşkın vakası için sonlu fark şemaları ile bulunan pik debi değerlerinin ve

pik zamanının ölçüm sonuçlarıyla uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışma neticesinde ikinci seviyeden sonlu fark şemalarında dahi kısa tatbiklerde makul sonuçlar elde edildiğini açıklamışlardır. Model parametreleri ayarlanmadan (prizmatik kesit varsayımıyla) yüksek seviyedeki yöntemlerin uygulanmasının pratik yönden bir fayda sağlamadığını ortaya koymuşlardır. Bu sebeple; ayarlanmış model parametreleri uygulanarak taşkın öteleme problemlerinin yüksek seviyedeki şemalar ile biçimlendirilmesinin yararlı olacağını önermişlerdir.

Bağatur ve Önen (2016), doğal kanallarda taşkın öteleme için Genetik İfadeli Programlama (GEP) modelinin potansiyelini ortaya koymuşlardır. Model çalışmaları başlangıcında program; 1. Çalışmada, $0<T\leq12$ ve $12\leq T\leq24$ aralığında pik hidrografı için yeterli tahmin elde edemediler. 2. ve 3. Çalışmada pik hidrograflar, modelde sırasıyla üç ve iki parantez kullanılarak elde edilebildi. Böylece, model sonuçlarının gözlem değerleri ile iyi uyum içinde olduğunu ve literatürdeki bazı çözümlerden daha kesin sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. GEP yönteminde birkaç hidrolojik parametre kullanmışlar (giriş, çıkış ve zaman) ve modelin performansını da farklı yöntemlerle tahmin edilen diğer verilerle karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Bu kıyaslamada GEP yönteminin en düşük RMSE'ye ve en yüksek R^2'ye sahip olduğu ve GEP modelinin Muskingum model çözümüne üstün bir davranış sergilediği sonucuna varmışlardır. Gelecekteki araştırma çabalarının, su kaynakları sistemlerinin daha iyi planlanması, tasarımı, işletilmesi ve yönetimi için GEP tahmini modellerinin doğruluğunu iyileştirmek için bu yönde odaklanacağını umduklarını belirtmişlerdir.

Bu tezde taşkın öteleme tahmininde güçlü hesaplama yazılım paketi olan GEP bilgisayar programı kullanılmıştır. Muskingum taşkın parametrelerine bağlı kalmayarak sadece giriş (I), çıkış (Q) ve zaman (T) parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Sütçüler İlçesinin Coğrafi Özellikleri

Sütçüler ilçesi, Isparta iline bağlı olup güneyinde bulunmaktadır. Doğusunda Konya ilinin Beyşehir, Seydişehir ilçeleri, batısında ve kuzeyinde Eğirdir ilçesi, güneyinde Antalya ilinin Serik ve Manavgat ilçeleri yer almaktadır.

İlçenin rakımı 250 ile 3500 metre arasında değişim göstermektedir. İlçenin, Batı Torosların, Güneybatı-kuzeydoğu ve güneydoğu yönünde sıkışarak ortaya çıkan üçgen içinde bulunması, Sütçüler'in tamamen dağlık bir coğrafyada olmasını neden olmaktadır. Bu sebeple Sütçülerde arazi çoğunlukla engebelidir. İlçede Köprü Su ve Aksu Deresi olmak üzere iki büyük akarsu mevcuttur. Sütçüler'de iki havza bulunduğundan iki farklı iklim türü vardır. Birinci havzada Akdeniz iklimi egemen olup Akdeniz bitki örtüsü etkilidir. Bu havzada, yabani zeytinler ve meneviş ağaçları yetişmektedir. İkinci havza ise dağlık bir alana ve karasal bir iklime hakimdir. Bu havzada iğne yapraklılar ve çok az oranda meşe ormanları mevcuttur.

Cumhuriyet döneminde bu yere dağ-dağlık anlamında olan Cebel ismi kullanılmıştır. 1938 yılında Cebel yerlilerinin büyük şehirlerde sütçülük yapmalarından ötürü adı Sütçüler olarak değiştirilmiştir. Eğirdir'e bağlı bir beldeyken ilerleyen yıllarda ilçe olmuştur. 2016 adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre ilçenin toplam nüfusu 10785 olup bu nüfusun 2484'ü şehir merkezinde, 8301'i köylerde yaşamaktadır. Sütçüler ilçesi Isparta iline 102 km mesafededir. Yüzölçümü 1287 km²'dir.

Sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir. Sütçüler ilçesine Kış aylarında yaz aylarından çok fazla yağış düşmektedir. Sütçüler ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 18.2 C^0 iken yıllık ortalama yağış miktarı 966 mm'dir.

3.2. Sütçüler Taşkını

3.2.1. Taşkın zararları

4 Kasım 1995 günü saat 15.00'te, yağış önce dolu şeklinde başlamıştır. Daha sonra yağmur olarak yağış kesintisiz 4 saat süresince çok sert bir halde sürmüştür. Yağışın dolu olması akışı geciktirdiğinden yağışın yağmur halini alması ile beraber yağış hızla akışa geçmiştir. Uzun süreli yağış Sütçüler'de çok fazla yerleşim yeri ile alt yapı tesislerinde büyük zararlara neden olmuştur. Diğer yönden Değirmendere'nin taşkın esnasında çokça kabarması neticesinde; üzerinde bulunan köprüler fazla suyu

geçirememiş, yatağın yakınında bulunan balık üretim çiftliği zarara uğramıştır. Bu afetin sonunda birçok ev hasara uğramış; bazı alanlarda (cadde, sokak, bahçe) çukurlar ve yarıklar açılmış; dağdan kayalar, taşlar koparak ilçeye doğru gelmiştir. Boğazköy yakınındaki Zengi Deresinde bulunan köprünün yıkılmasından ötürü sel meydana gelmiştir. Bu civarda bulunan Belediye otobüsü sele kapılarak sürüklenmiş ve yolculardan 4'ü hayatını kaybetmiştir.

Bölgeye düşen yağış miktarı, yörede bulunan Devlet Meteoroloji İstasyonunun kapanmasından dolayı yapılamamıştır. Aynı havzada bulunan akım rasat istasyonlarından yararlanılarak düşen yağış miktarı belirlenmiştir. Böylelikle Sütçüler ilçesine 4 saatte düşen yağış miktarı 111.4 mm olarak ölçülmüştür. 9-89 istasyonu Değirmendere, Sütçüler ve Boğazköy drenaj alanlarını da kapsayan toplam 313.9 km^2 yağış alanına sahiptir. Taşkın sırasında 9-89 istasyonun yer aldığı derede 5.90 m yüksekliğinde bir kabarma gerçekleşmiş, akım gözlem istasyonu tüm teçhizatı ile birlikte kaybolmuştur. Taşkın olayından sonra yapılan incelemede, bu dereden geçen debinin yaklaşık 456.64 m^3/s olduğu hesaplanmıştır. Bu debi değerinin 25 yıllık tekerrür debi ile eş değerde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.1 Taşkın Havza Alanı

Sütçüler'de taşkın sırasında menfezin çökmesine sebep olan taşkının debisi 80.01 m^3/s olarak belirlenmiştir. 9-89 nolu istasyona bağlı Değirmendere, Boğazköy yağış alanlarını kapsayan Çandır havzası, Karacaören 1 Barajının drenaj alanında yer almaktadır. Bu barajın drenaj alanı 3309 km^2'lik yağış alanına sahiptir. 9-89 nolu istasyondan geçen debiye tekabül eden bir günlük taşkın hacmi $17,1*10^6$ m^3' tür. Yani 1 günde 101 mm lik yağışa karşılık gelmektedir. Ayrıca aynı gün söz konusu baraj membasına $5,3*10^6$ m^3 hacmindeki su diğer kollardan gelmiştir. Taşkın olayında barajın membasına gelen toplam $25.5*10^6$ m^3 su 0.81 m lik seviye artışına neden olmuştur. Bunun 0.54 m si sadece Çandır havzasının suyundan kaynaklı olan seviye artışıdır. Fakat barajdan enerji üretimi için tahliye edilen 25 m^3/s lik suyun tesiri ile taşkın olayında barajın mansabında 0,75 m seviye artışı olmuştur.

Sütçüler az bir mesafede hızlı akışın tesirinde kalmıştır. Uzun mesafede ise taşkın suyu, tüm kollarda drenajın gerçekleştiği Azmak Deresine gelerek Değirmendere'ye dökülmüştür. Aynı zamanda taşkın olayı, zeminin doygunluk derecesine varması ile drenaj alanı dışında kalan ve taşkın kollarının varmadığı Triyas çökelleri üzerinde yüzeysel akışların olması ile heyelanları oluşturmuştur. Bu heyelanlar Triyas çökellerinin rasyolarit ve kiltaşının birikiminin fazla olduğu üstüne gelen karstik kireçtaşlarının uçlarına mesafesi az olan alanlarda oluşmuştur.

3.2.2. Taşkın Verileri

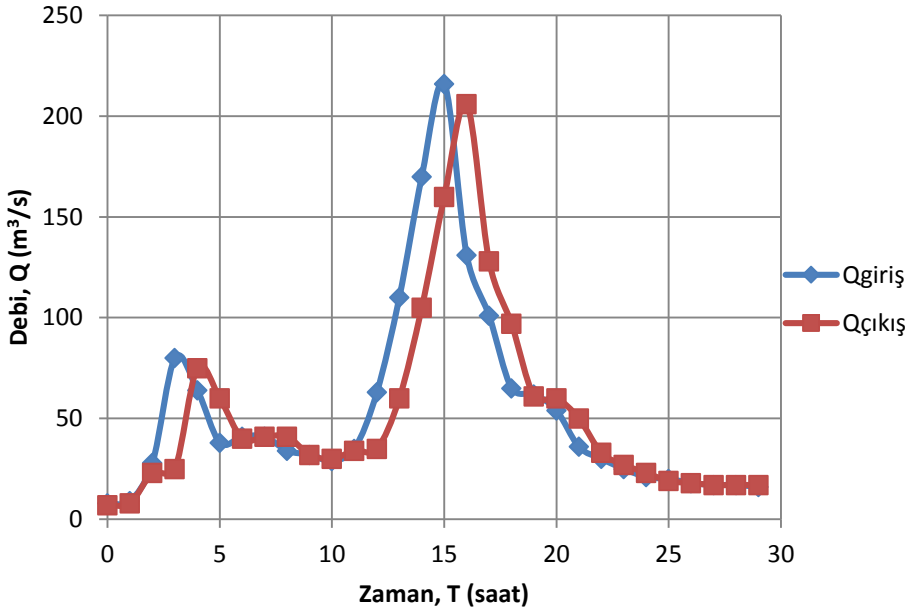
Sütçüler'e 4 saat aralıksız düşen yağış miktarı 111.4 mm dir. Bu değer 25 yıllık yağış-şiddet-süre tekerrür değerlerine tekabül etmektedir. Taşkın esnasında akarsudaki su kotu 6.00 m'ye yükselmiş, debi ise 206 m^3/s'ye varmıştır. Şekil 3.1 de gösterilen 9-88 ve 9-89 no'lu istasyonlar arasında taşkın ötelenme hesapları yapılmıştır. Bu istasyonlarla ile ilgili bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. 9-88 ve 9-89 İstasyonlarının Özellikleri

İstasyon Numarası	Kot	Enlem	Boylam	Yağış Alanı km^2
9-88	750	37º 28' 38.8"	30º 58' 41.40"	131
9-89	320	37º 27' 50.1"	30º 54' 29.90"	314

Sütçüler ilçe merkezi ile taşkının geliştiği drenaj alanının en üst seviyesi arasındaki kot farkı 320 m olup mesafesi ise 50 m'dir. Yaklaşık 2/3 gibi bir yamaç eğiminde akış hızına varan taşkın aynı hızla Sütçüler'den geçmiştir. Sonrasında genişleyen topografyaya bağlı olarak taşkın, ilçe merkezi ile Değirmendere arasındaki

220 m'lik kot farkını 2 km de geçerek uzun mesafede tüm yan kolların boşaldığı Azmak Deresinde birleşerek, Değirmendere'ye akmıştır. 9-88 ve 9-89 nolu istasyonlarda ölçülen giriş ve çıkış debi değerleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 9-88 ve 9-89 İstasyonlarının Ölçüm Değerleri

3.3. Metot

3.3.1 Genetik İfadeli Programlama

Genetik İfadeli Programlama (GEP), Genetik Algoritmaların bir uzantısı olarak kabul edilen, özelleştirilerek uygulanan, ele alınan problemin yapı taşlarından oluşturulan muhtemel ilkel çözüm tarzlarının belli bir uyum kriterine göre evrimleşerek en iyileşmesini amaçlayan bir evrimsel algoritma tekniğidir **(**Koza, 1992). Genetik Programlamada amaç evrim teorisinden esinlenerek oluşturulan Genetik Algoritmalar kullanılarak, kullanıcı tarafından tanımlanmış görevlerin yerine getirilmesidir (Hatunoğlu, 2010).

1985 yılında ise Nichael L. Cramer tarafından ilk kez "ağaç tabanlı genetik programlama" ortaya atılmış ve bu daha sonra John R. Koza tarafından geliştirilerek birçok karmaşık arama problemlerinde kullanılmıştır. 1990'lı yıllarda ise bilgisayarlardaki artan işlemci gücüyle beraber bu yeni bilim kolu olan genetik programlamanın kullanım alanı daha da genişlemiş; bu yeni metot kuantum hesaplamaları, elektronik tasarım, oyun programlama, sıralama, arama gibi birçok

alanda yoğun bir şekilde kullanılmaya devam etmiştir (Hatunoğlu, 2010). Daha sonra Genetik programcılar tarafından da yüksek kavramsal kapasitesinden dolayı benimsenerek literatürde Genetik Algoritmaların yanında yer almaya başlamıştır. Genetik Programlama, GA da olduğu gibi temelde aynı evrimsel çalışma prensibine sahiptir ve bireylerden oluşan nüfuslar amaçlanır. Fakat burada arama ve sonuç uzayı gibi ayrı bölge tanımlanmaz, genotipler ile fenotipler aynıdır.

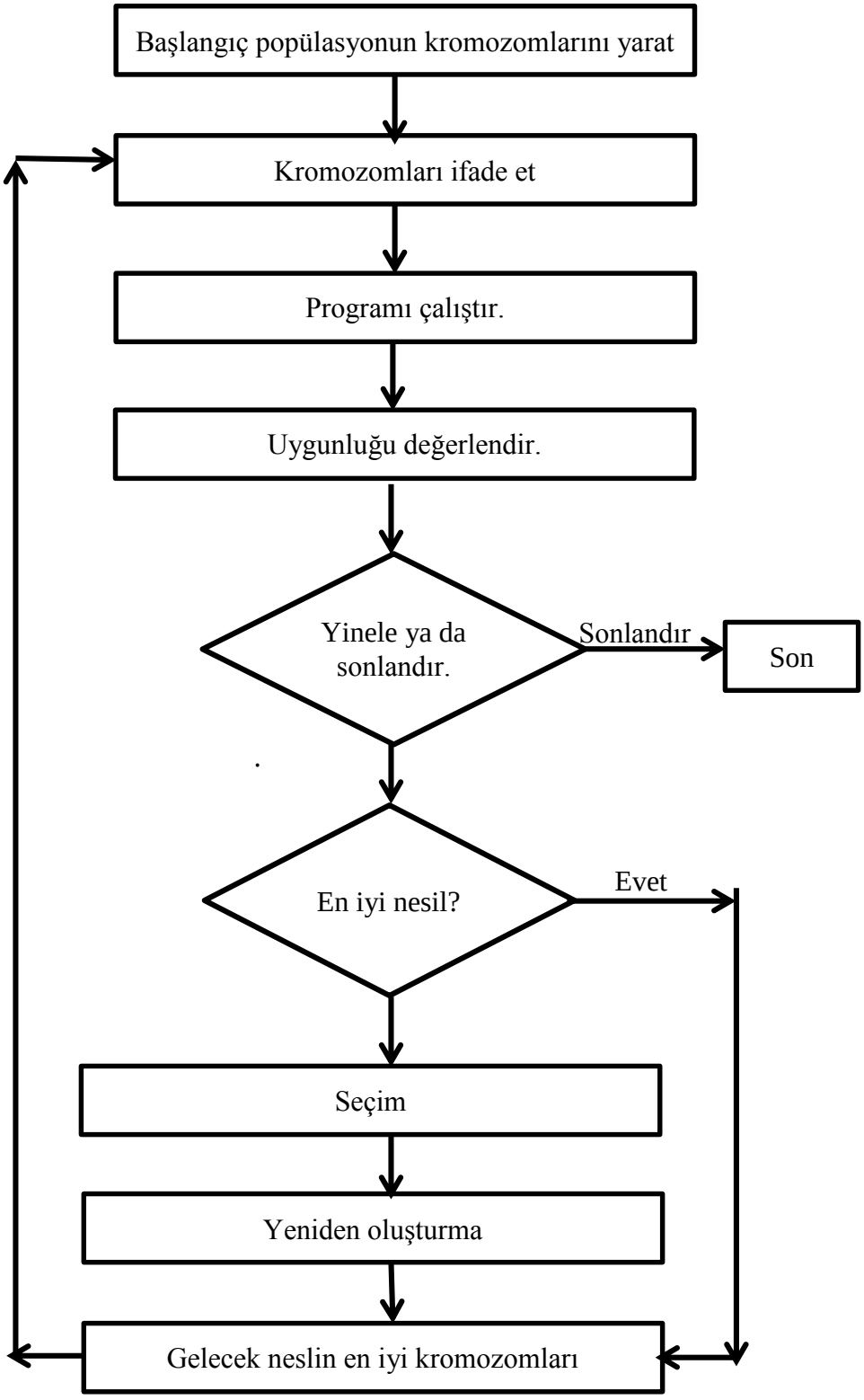
GEP, genetik algoritmalara (GA) ve genetik programlama (GP)'ye dayanan bir algoritmadır. Bu algoritma ile sabit uzunluktaki doğrusal kromozomlarla kodlanmış bir bilgisayar programı geliştirilir. GEP ' in temel amacı, GEP modelinde kullanılan bir veri kümesini kullanarak bir matematiksel fonksiyon geliştirmektir. Matematiksel denklem için GEP işlemi, GA'nın genetik operatörlerinin birçoğuyla sembolik regresyonu gerçekleştirir. Süreç belli sayıda bireyin kromozomlarının üretilmesi ile başlar (başlangıç nüfusu). Ardından bu kromozomlar tanımlanır ve her bireyin uygunluğu bir dizi sağlıklı duruma karşı değerlendirilir. Daha sonra bireyler, değişiklikle çoğalma özelliklerine göre seçilir. Bu yeni bireyler, genomların ifadesi, seçim ortamının çatışması, seçim ve yeniden üretim ile aynı gelişim süreçlerine tabi tutulur. Süreç belirli bir nesil için veya iyi bir çözüm bulunana kadar tekrarlanır (Ferreira, 2001, 2004, 2006).

Tüm evrimsel algoritmalarda, evrim çağı ilk popülasyon ile başlar. İlk popülasyonlar ise birçok farklı yolla üretilir. Farklı algoritmaların performans ve maliyetleri (CPU süresi açısından) ilk popülasyonların özelliklerine büyük ölçüde bağlıdır. En basit ve en az zaman alıcı yaklaşımı, tamamen rasgele başlangıç nüfusudur. Bununla birlikte, evrimsel algoritmalar, yalnızca yapısal kısıtlamaları değil, aynı zamanda genetik modifikasyon yaratmak için mevcut genetik operatörler türünden bu tür başlangıç popülasyonlarını kullanabilir. GEP'in ilk popülasyonları tamamen gelişigüzel olup popülasyondaki bireylerin doğrusal genomlarından oluşur (Ferreira, 2001).

3.3.2 GEP Modelinin Birleşenleri

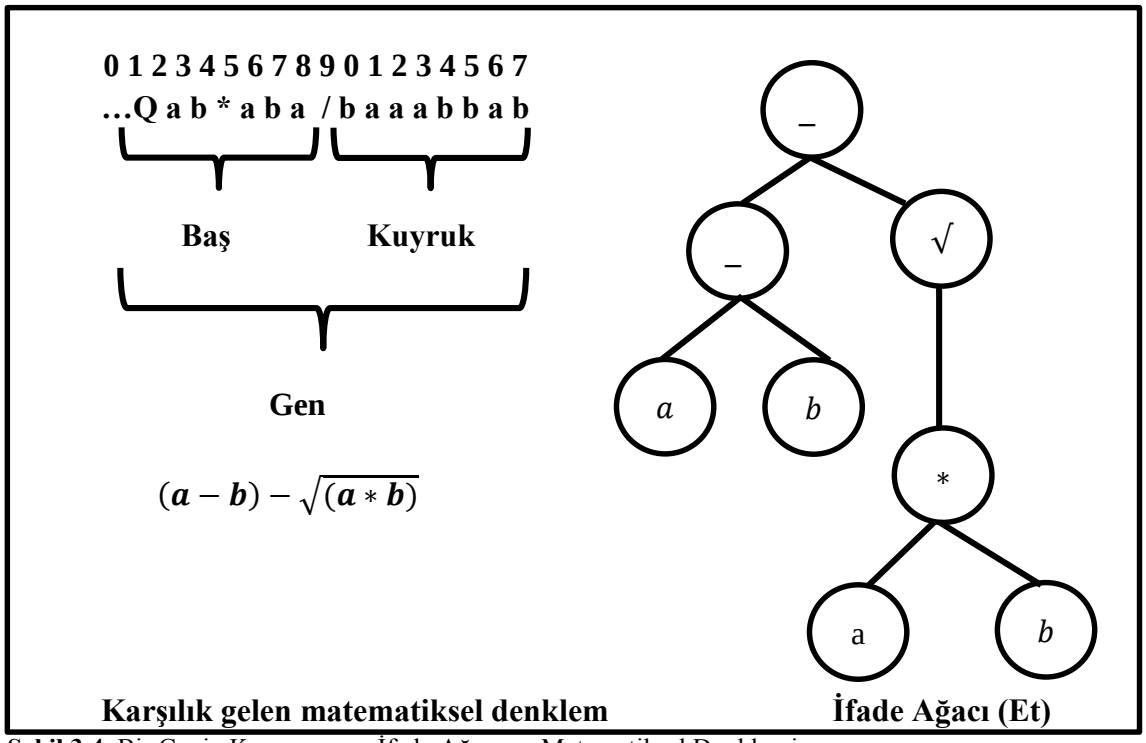
GEP’ in temel basamakları Şekil 3.3’ te görülmektedir. Başlangıç popülasyonu için belirlenmiş bireylerin kromozomlarının herhangi bir nesliyle süreç başlar. Daha sonra bu kromozomlar sentezlenir ve her bir bireyin uygunluğu, uygunluk dizinimi aleyhinde dönüşür (Çevresel Etki). Bireyler daha sonra yeni özellikli soylara, değişikliklere göre yeniden üretim için kendi uygunluklarına göre seçilirler. Yeni

bireyler aynı gelişim süreçlerinden geçmektedirler: genomların sentezi, çevresel etkiye maruz kalma, seçim değişiklik üretimi. Süreç, nesil kesinleşene kadar ya da iyi bir çözüm bulunana kadar devam eder.



Şekil 3.3. GEP'in Akış Şeması

GEP'in iki ana unsuru kromozomlar ve ifade ağaçlarıdır (ETs). Kromozomlar matematiksel bir ifadeyi temsil eden bir veya daha fazla genden oluşabilir. Bir genin matematiksel kodu, Karva Dili olarak adlandırılan, genlerin dili ve ET'lerin dili gibi iki farklı dilde ifade edilir. GEP genleri baş ve kuyruk adı verilen iki kısımdan oluşur. Baş kısmı bazı matematiksel operatörler, değişkenler ve sabitler içerir ve matematiksel bir ifadeyi kodlamak için kullanılır. Terminal sembolleri ihtiva eden değişkenler ve sabitler kuyruğa dahildir. Baştaki terminal semboller matematiksel bir ifadeyi açıklamak için yetersiz kalırsa ek semboller kullanılır. Tek bir genli doğrusal dizge gibi basit bir kromozom Şekil 3.4'te kodlanmıştır. Ayrıca ifade ağacı ve matematiksel denklemi de verilmiştir. ET'nin Karva Dili'ne çevirisi, ağacın üst satırında soldan sağa ve üstten alta doğru okunmaya başlayarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde kullanılan gen dizileri biyolojik genleri, kodlayıcı ve kodlanmayan kısımları kapsar. GEP yönteminde ana operatörler seçme, transpozisyon ve çaprazlama (rekombinasyon) şeklindedir. Kromozomlar, bu operatörler vasıtasıyla gelecek nesil için daha iyi bir uygunluk elde etmek üzere değişime uğrarlar. Model yapımının başında belirtilen operatör hızları, değişen bir kromozom olasılığını göstermektedir. Ortak olarak önerilen mutasyon oranı 0.001 ile 0.1 arasında değişir. Ayrıca, önerilen aktarım operatörü ve çapraz operatör sırasıyla 0,1 ve 0,4 olmalıdır.



Şekil 3.4. Bir Genin Kromozomu, İfade Ağacı ve Matematiksel Denklemi.

3.3.3 GEP Modelinin Gelişimi

Taşkın ötelemesini tahmin edebilmek için geliştirilen matematiksel ifade, GEP modellerinin geliştirilmesinin asıl amacı olmuştur. Böylece GEP modelinin geliştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada GEP modelinin iki ana girdi parametresi (giriş debisi ve zaman) vardır.

GEP modelimizi oluşturmak için uymamız gereken beş ana adım mevcuttur ve ilk adım uygunluk (fitness) fonksiyonunun belirlenmesidir. Bu problem için, bir programın uygunluğu aşağıdaki ifadeyle ölçülür:

$$f_i = \sum_{j=1}^{c_i}\left(M - \left|C_{i,j} - T_j\right|\right) \quad (3.1)$$

Burada M=seçim aralığı; $C_{i,j}$=fitness durumu j için bireysel kromozom i tarafından döndürülen değer (C_t fitness durumlarından); Ve T_j= fitness durumu j için hedef değer. $\left|C_{i,j} - T_j\right|$ (Hassasiyet) 0.01'den küçük veya eşitse, hassasiyet sıfıra eşittir ve $f_i = f_{max} = C_i M$'dir. Bu durumda, M = 100 ve dolayısıyla f_{max} = 1,000 kullanılır. Bu tür uygunluk fonksiyonunun avantajı, sistemin kendisi için en uygun (optimum) çözümü bulabilmesidir (Ferreira, 2001).

İkinci önemli adım, kromozomları oluşturmak için F fonksiyon ve T terminal kümesini seçmekten oluşur. Bu problemde terminal seti, bağımsız değişkenden, yani $Q = f\{I, T\}$ oluşur. Uygun fonksiyon kümesinin seçiminde gerekli tüm fonksiyonları içerecek şekilde iyi bir tahmin yapılır. Bu durumda dört temel aritmetik işlem (+, −, *, /) ve bazı temel matematiksel fonksiyonlar (1/x, x^2, $x^{0.5}$) kullanılmıştır.

Üçüncü adımda, kromozomal yapıyı, yani baş kısmın uzunluğu ve gen sayısını belirlemektir. Dördüncü büyük adım, bağlantı fonksiyonunu seçmektir (toplama, çıkarma, çarpma bölme). Beşinci büyük adım ise, varyasyona ve oranlara neden olan genetik operatör setini seçmektir. En uygun GEP modelinin parametreleri ile tüm genetik operatörlerin (mutasyon, transpozisyon ve rekombinasyon) bir birleşimi kullanılmıştır (Guven and Gunal, 2008).

Bu çalışmada en iyi GEP modelini belirlemek için yapılan denemelerden sonra baş uzunluğu, h=8 ve kromozom başına 3 gen seçilmiştir. Bağlantı fonksiyonu olarak da çarpma kullanılmıştır. Son olarak tüm genetik operatörlerin birleşimi genetik operatörler kümesi olarak kullanılmıştır. GEP modelinin eğitim parametreleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Modellemede Kullanılan Değişkenler

P1	Fonksiyon Seti	+, -, x, /, √, exp, x^2, x^3, $\sqrt[3]{}$, 1/x
P2	Gen Sayısı	3
P3	Başlık Sayısı	7-8
P4	Bağlantı Fonksiyonu	Çarpma
P5	Jenerasyon Sayısı	Jenerasyon sayısı değişken
P6	Kromozomlar	Kromozomlar 30-45
P7	Mutasyon oranı	Mutasyon oranı 0,044
P8	Ters çevirme oranı	Ters çevirme oranı 0,1
P9	Tek nokta yeni kombinasyon oranı	0,3
P10	İki nokta yeni kombinasyon oranı	0,1
P11	Gen yeniden kombinasyon oranı	0,1
P12	Gen yer değiştirme oranı	0,1

GEP modelinin performansı yaygın istatistiksel ölçüm olan R^2 ve RMSE bakımından doğrulanmıştır.

$$R^2 = \left(\frac{\sum Q_x Q_y}{\sqrt{\sum Q_x^2 \sum Q_y^2}} \right) \tag{3.2}$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum (Q_{0-} Q_P)^2}{n} \right]^{1/2} \tag{3.3}$$

Burada $Q_x = (Q_{0-}Q_{om})$; $Q_y = (Q_{p-}Q_{pm})$; Q_o= gözlemlenen değerler; Q_{om}=Q_0'ın ortalaması Q_p= tahmin edilen değer; Q_{pm}=Q_p'nin ortalaması ve n= örnek sayısı

3.3.4 GEP Modelinin Çalışması

Bu çalışmada GEP modeli, Muskingum modelinin kullanılmasına bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Böylece GEP modeli Muskingum taşkın parametrelerine bağlı kalmadan geliştirilmiştir. Bu model sadece giriş (I), çıkış (Q) ve zaman (T) parametrelerini içermektedir. Bütün parametreler tanımlandıktan sonra farklı modeller oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada, taşkın öteleme tahmini için GEP programı kullanılmıştır(Ferreira, 2006). Bu program ile taşkın hesabı için açık matematiksel ifade

vermektedir. Sınırlanan kriter maksimum uygunluk fonksiyonu olan RMSE dir. Program birçok jenerasyon için çalıştırıldı ve uygunluk fonksiyonun gelişim değerinde (RMSE) herhangi bir gelişme olmadığında durdurulmuştur.

Model çalışmalarının başında, çoklu hidrograf için oluşturulan modelden uygun sonuçlar elde edilememiştir. Bu nedenle, çoklu hidrograf iki ayrı hidrograf olarak incelenmiştir. Böylece, daha efektif modeller elde edilmiştir. Önerilen GEP modelinin basitleştirilmiş analitik formu, sırasıyla birinci ve ikinci çıkış hidrografı olarak ifade edilmiştir.

Model I-a

Önerilen GEP formülasyonu için (Model I-a) ifade ağacı (ET) Şekil 3.4 de verilmiştir. Model I-a için elde edilen formül:

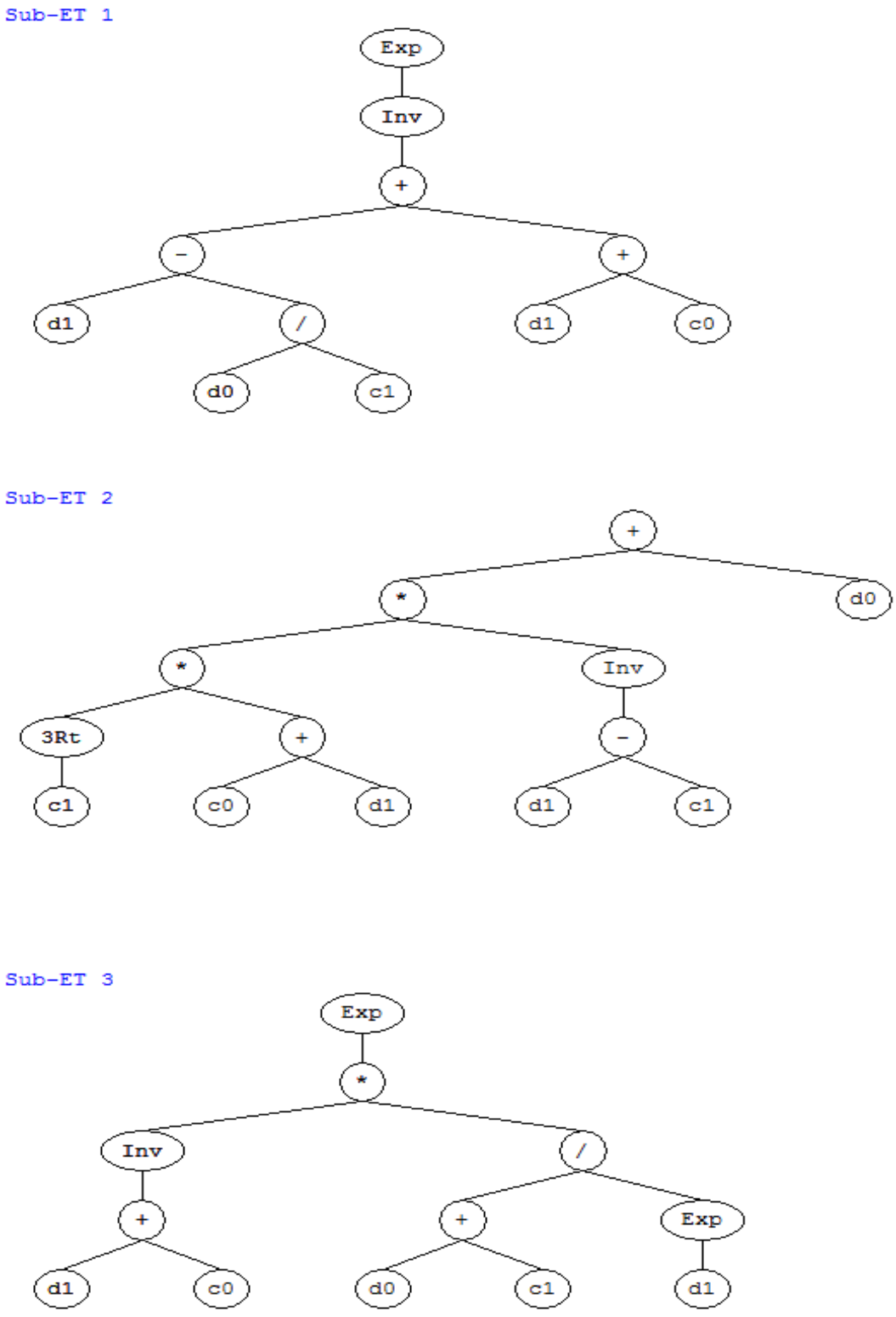
```
Q = exp((1/(((d[1]-(d[0]/G1C1))+(d[1]+G1C0)))))
  *(((pow(G2C1,(1.0/3.0))*(G2C0+d[1]))*(1/((d[1]-G2C1))))+d[0])
  *exp(((1/((d[1]+G3C0)))*((d[0]+G3C1)/exp(d[1]))))                    (3.4a)
```

Formüldeki sabitler G1C0=6.26, G1C1 = 5.77, G2C0 = -7.893647, G2C1 = 5.27, G3C0 = -9.16, G3C1 = -1.27 dır ve Gerçek değişkenler d[0])=I, d[1])=T dir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

$$Q = \left[e^{\left(\frac{5.77T}{(5.77-5.77I)+(5.77T)(T+6.26)}\right)+(T+6,26)}\right] * \left[\left(\left(\sqrt[3]{5,27}\right) * (-7,89+T)\right)\left(\frac{1}{T-5.27}+I\right)\right] * \left[e^{\left(\frac{1}{(T-9,16)}\right)*\frac{(I-1,27)}{T}}\right] \quad (3.4b)$$

olarak elde edilmiştir.

Burada I, giriş debisi Q, çıkış debisi ve T zaman olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.5. Önerilen GEP Formülasyonu İçin (Model I-a) İfade Ağacı (ET)

Model I-b

Önerilen GEP formülasyonu için (Model I-b) ifade ağacı (ET) Şekil 3.5 de verilmiştir. Model I-b için elde edilen formül:

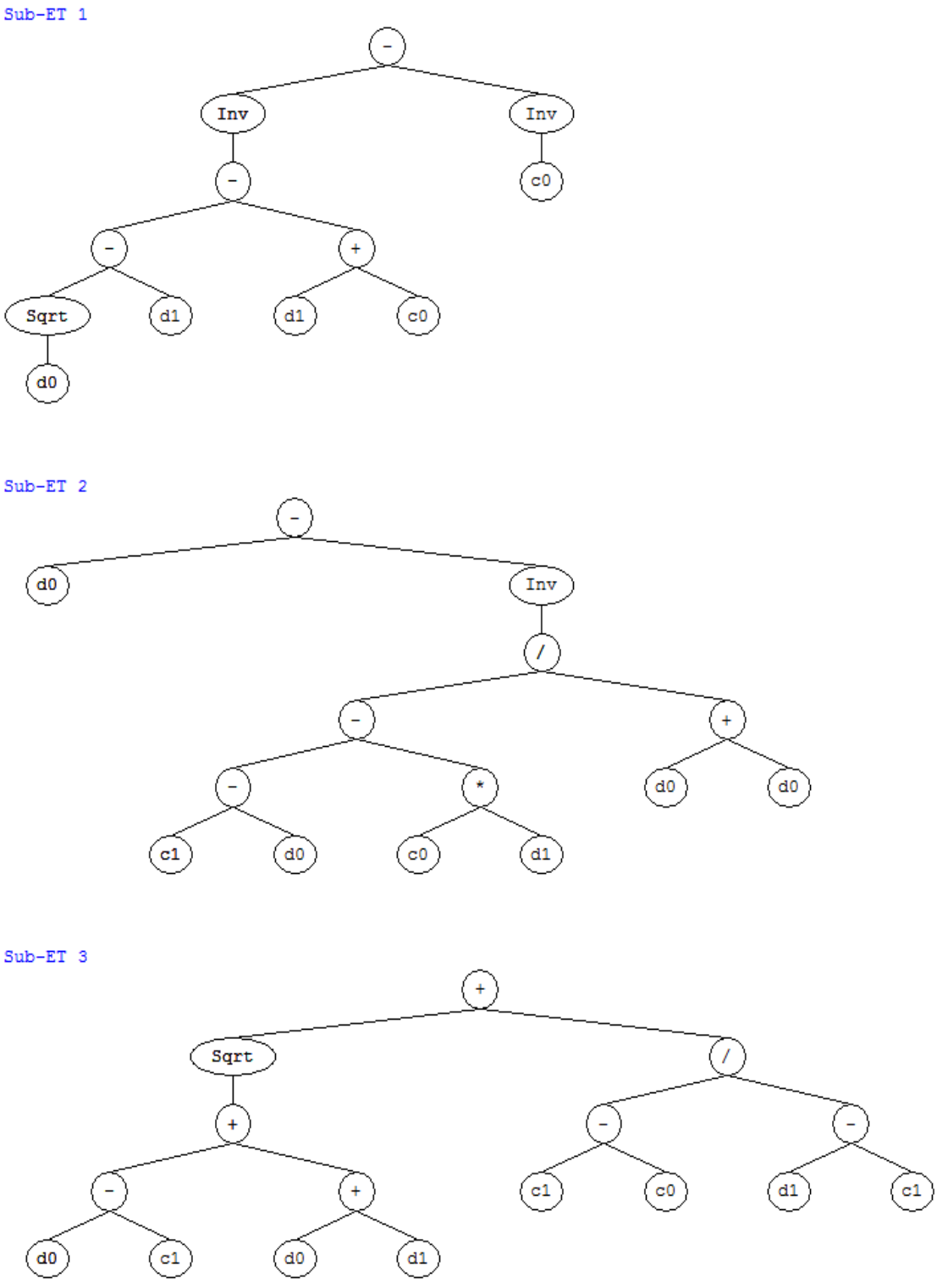
Q= ((1/(((sqrt(d[0])-d[1])-(d[1]+G1C0))))-(1/(G1C0)))
*(d[0]-(1/(((((G2C1-d[0])-(G2C0*d[1]))/(d[0]+d[0])))))
* (sqrt(((d[0]-G3C1)+(d[0]+d[1])))+((G3C1-G3C0)/(d[1]-G3C1))) (3.5a)

Formüldeki sabitler G1C0=-6.74, G1C1 = -6.68, G2C0 = -7.61, G2C1 = -9.41, G3C0 = -0.48, G3C1 = 9.98 dır. Gerçek değişkenler d[0])=I, d[1])=T dir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

$$Q = \left[\left(\frac{1}{\left(\sqrt{\mathrm{I}} - \mathrm{T}\right) - (\mathrm{T} - 6.74)}\right) - \frac{1}{(6.74)}\right] * \left[I - \frac{2I}{(-9.41 - I) + (7.61 * T)}\right] * \left[\left(\sqrt{2T + I - 9.98}\right) + \left(\frac{10.46}{T - 9.98}\right)\right] \quad (3.5b)$$

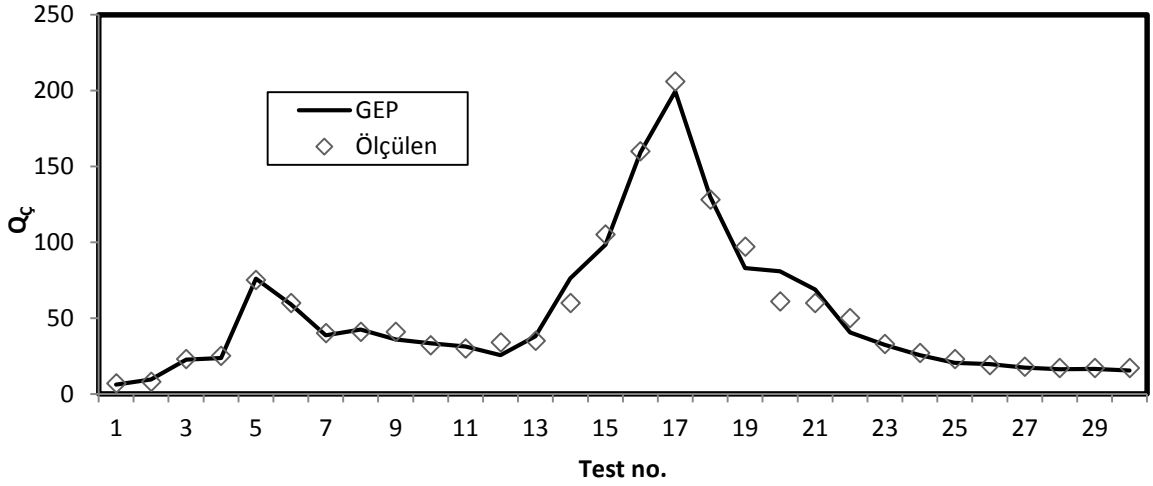
olarak elde edilmiştir.

Burada I, giriş debisi Q, çıkış debisi ve T zaman dir.



Şekil 3.6 Önerilen GEP Formülasyonu İçin (Model I-b) İfade Ağacı (ET**)**

Önerilen GEP formülleri, Çizelge 3.2' de verilen eğitim seti aralıkları için geçerlidir. Önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin gözlenen değerlerle değişimi Şekil 3.7'de verilmiştir. Model I'de taşkın hidrografı iki kısma ayrılmıştır. Model I-a ilk 10 saat için yapılmış ve Model I-b de ise sonraki 19 saat için yapılmıştır. Model I-a da elde edilen 3.4a denkleminde iki girdi değeri (I ve T) bulunmakta ve ilk 10 saatlik değerler (0≤T≤10) göz önünde bulundurulmuştur. Model I-b de elde edilen 3.5a denkleminde ise iki girdi değeri (I ve T) bulunmakla birlikte sonraki 19 saatlik değerler (10<T≤29) göz önünde bulundurulmuştur



Şekil 3.7. Model I-a (0≤T≤10), Model I-b (10<T≤29) nin Ölçülen Hidrograf Değerleri ile Karşılaştırılması.

Model II

Q = (1/((d[1]+(((d[0]+G1C1)-exp(G1C0))/exp(G1C0)))))

* (d[1]+(1/((G2C1-((1/(G2C0))-d[1])))))

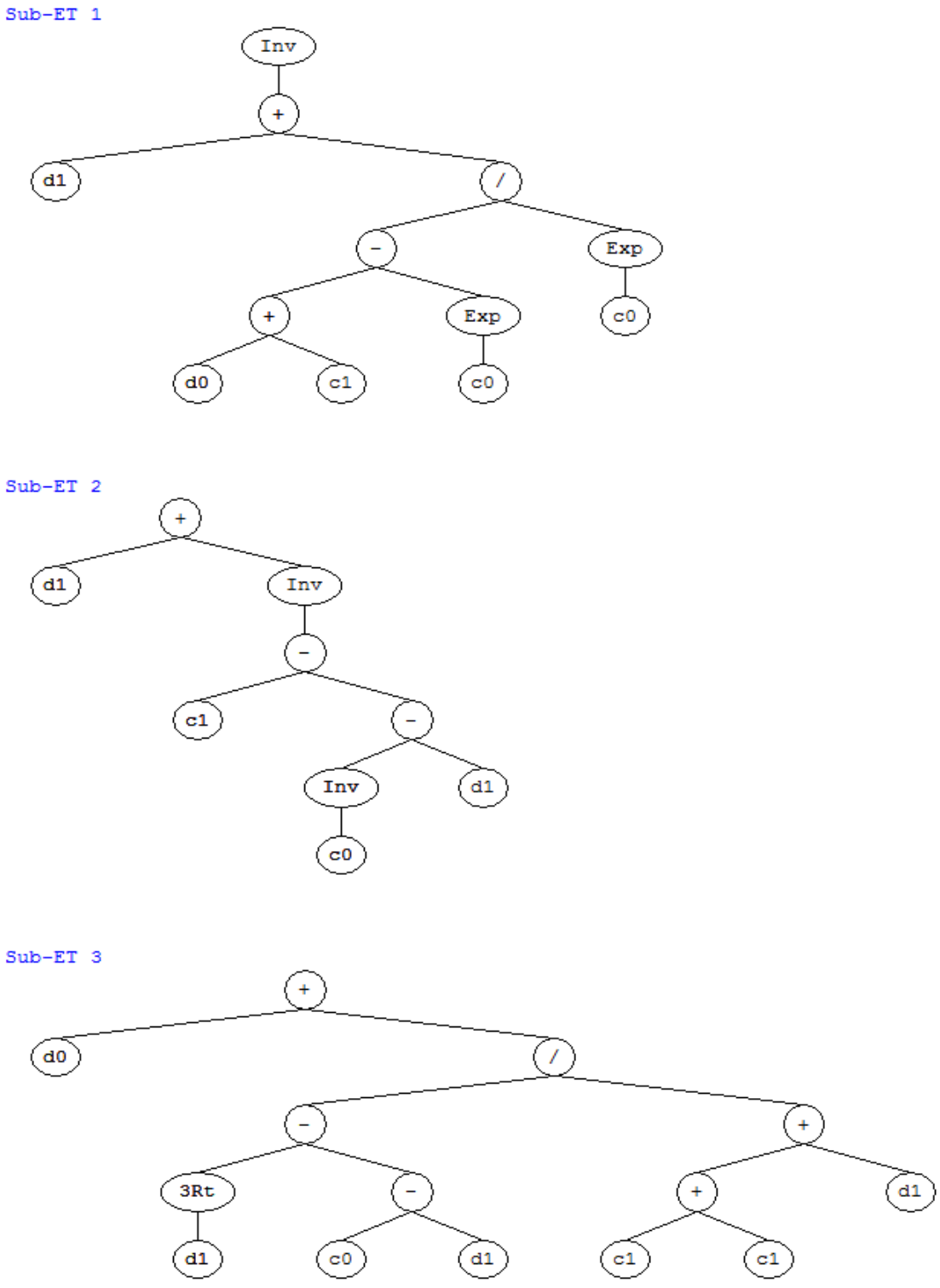
*(d[0]+((pow(d[1],(1.0/3.0))-(G3C0-d[1]))/((G3C1+G3C1)+d[1]))) (3.6a)

Formüldeki sabitler G1C0=-3.67, G1C1 = 9.97, G2C0 = 6.48, G2C1 = -3.39, G3C0 = -8.15, G3C1 = -7.88 dır. Gerçek değişkenler d[0])=I, d[1])=T dir. İlgili değerler yerine bırakıldıktan sonra denklemin son hali:

$$Q = \left[\frac{1}{T+\frac{I+9.97-e^{3.67}}{e^{3.67}}}\right] * \left[T + \frac{1}{(-3.39)-\frac{1}{6.48}-T}\right] \quad (3.6b)$$

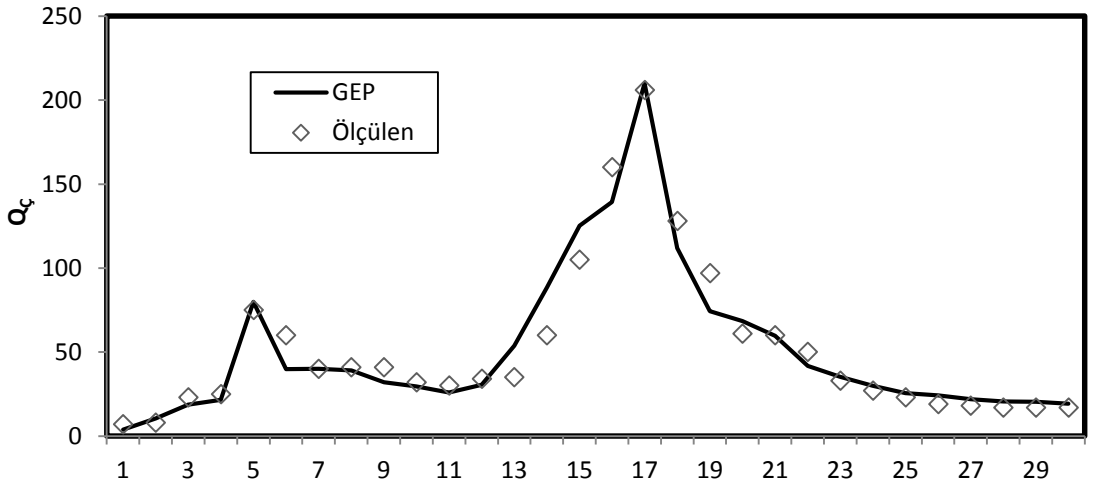
olarak elde edilmiştir.

Burada I, giriş debisi Q, çıkış debisi ve T zaman dir.



Şekil 3.8. Önerilen GEP Formülasyonu İçin (Model II) İfade Ağacı (ET)

Önerilen GEP formülasyonunun tahmini değerlerinin gözlenen değerlerle değişimi Şekil 3.9' da verilmiştir. Model II'de taşkın hidrografı bir bütün olarak ele alınmıştır. Model II de elde edilen 3.6a denkleminde de iki tane girdi değeri (I ve T) bulunmakta ve zaman aralığı olarak da $0 \leq T \leq 29$ saatleri göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 3.9. $0 \leq T \leq 29$ (Model II) de Elde Edilen Tahmini Değerlerin Ölçülen Hidrograf Değerleri ile Karşılaştırılması.

Bu çalışmada; $0 \leq T \leq 10$ (Model I-a), $10 < T \leq 29$ (Model I-b) için ve $0 \leq T \leq 29$ (Model II) zaman aralığı için GEP modelinde tahmini taşkın çıkış debi (Q) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu çıkış debi değerleri gözlenen değerlerle karşılaştırılmıştır. Böylece GEP modeli ile pratikte karşılaşılan gerçek problemlere uygulanabilirliği incelenmiştir.

Çizelge 3.3. Sütçüler Taşkınına Ait Çıkış Hidrografı ve Hesaplanan Çıkış Hidrografı Değerleri

Zaman	Çıkış	Mac-Cormack	Kinematik Dalga Yaklaşımı			Muskingum Metodu	Bu Çalışma	
(Saat)	(m3/s)	[Karahan ve Güraslan,(2013)]	Crank-Nicolson	Lax-Wendroff	Saulyev	Ülke (2003)	GEP 1	GEP 2
0	7	7.53	7.53	7.53	7.53	6.00	6.25	3.88
1	8	7.61	7.62	7.71	7.70	7.53	9.68	10.48
2	23	9.81	9.98	11.23	11.09	10.64	22.61	18.72
3	25	28.23	29.16	34.01	32.94	31.13	23.74	21.53
4	75	72.60	73.78	78.25	75.91	73.97	76.07	79.87
5	60	64.83	63.01	61.23	62.07	62.81	59.17	39.91
6	40	41.61	41.98	38.45	40.24	40.73	38.68	40.07
7	41	41.04	41.25	41.41	41.15	41.33	42.55	39.03
8	41	40.93	40.48	40.44	40.10	40.62	35.87	32.08
9	32	34.64	34.64	33.56	34.01	34.26	33.51	29.53
10	30	32.09	32.13	31.65	31.79	31.93	31.26	25.90
11	34	29.67	29.52	29.67	29.68	35.00	25.60	30.49
12	35	35.66	36.16	38.24	37.86	37.55	38.14	53.77
13	60	61.95	62.98	68.59	67.09	65.04	76.21	88.40
14	105	107.14	108.45	117.07	114.67	111.37	98.49	125.20
15	160	164.80	166.29	175.52	172.77	168.85	159.29	139.38
16	206	205.99	206.02	206.47	204.99	203.99	199.56	209.99
17	128	139.93	136.31	127.18	131.61	134.91	130.09	111.95
18	97	103.06	104.68	96.77	98.99	100.81	83.07	74.42
19	61	69.37	67.14	64.55	65.30	68.02	80.80	68.47
20	60	62.35	63.35	61.41	61.32	62.13	68.97	59.61
21	50	54.00	53.18	51.76	52.02	52.97	40.62	41.87
22	33	38.14	37.84	35.46	36.25	37.21	32.29	35.35
23	27	30.23	30.34	29.05	29.39	29.87	25.67	29.91
24	23	25.40	25.11	24.56	24.60	25.11	20.65	25.53
25	19	21.68	21.68	21.09	21.22	21.49	19.64	24.18
26	18	19.74	19.71	19.41	19.48	19.63	17.34	21.91
27	17	18.17	18.10	17.91	17.95	18.08	16.32	20.67
28	17	17.37	17.39	17.26	17.29	17.34	16.54	20.46
29	17	16.99	16.97	16.88	16.89	16.94	15.49	19.29

Çeşitli araştırmacılar tarafından incelenen taşkın ötelenmesine ait çıkış hidrografı değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çok az yan kollardan debi katkısı içeren Sütçüler taşkını ile ilgili taşkın öteleme hesaplamalarında Crank-Nicolson (Karahan, 2006; Karahan ve Gurarslan, 2013), MacCormack (Karahan ve Gurarslan, 2013), Lax-Wendroff (Karahan, 2008) ve Saulyev (Karahan, 2007) sonlu fark şemalarını kullanmışlardır.

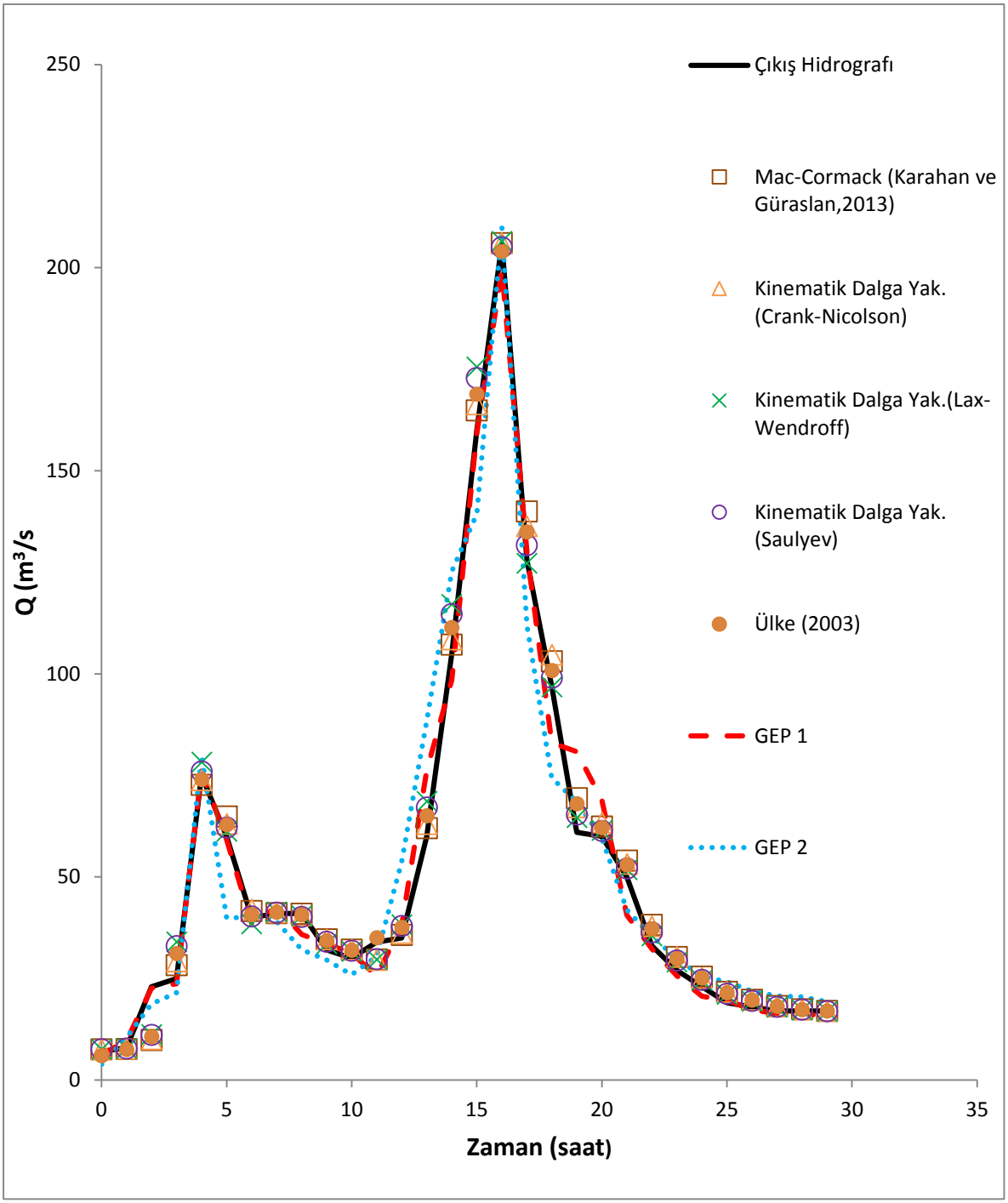
Çizelge 3.3'ten açık olarak görüleceği üzere taşkın dalgasının akarsu boyunca ilerlemesi esnasında debi değerinde kayda değer bir düşüş görülmemektedir. Çıkış debisinin pik zamanı 16. saat olup değeri 205.99 m^3/s'dir. Yani hesaplanan pik zaman değeri ölçülen değerle yakın çıkmaktadır. Ortalama yatak eğiminin çok fazla (% 4) olmasından ötürü difüzyon etkisinin ihmal edilecek mertebede kaldığı ve davranışın kinematik dalga yaklaşımına daha yakın olduğu Karahan ve Gürarslan (2013) tarafından yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Çalışmada, 18 adet farklı C ={2.6, 2.7, 2.8} ve D ={0, 50, 100, 200, 500, 1000} parametre çiftinden faydalanılarak Mac-Cormack şeması ile çözüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına en yakın parametre değerlerinin C = 2.70 ve D=0 olduğu tespit edilmiştir.

Sütçüler taşkını kinematik dalga yaklaşımı ile Crank-Nicolson (Karahan, 2006; Karahan ve Gurarslan, 2013), Lax- Wendroff (Karahan, 2008) ve Saulyev (Karahan, 2007) şemaları kullanılarak modellenmiştir. Çizelge 3.3'ten görüleceği üzere çıkış hidrografının pik zamanı 16. saat olup değeri 206 m^3/s'dir. Çalışmada her üç şema için hesaplanan pik zamanın değerleri ölçülen değerlerle yakın çıkmaktadır. Debileri ise Crank-Nicolson şeması için 206.02 m^3/s, Lax-Wendroff şeması için 206.47 m^3/s ve Saulyev şeması için 204.99 m^3/s olarak çözümlenmiştir. Bu üç şema için de $\Delta x = 2000$ m (5 kesit), Δt=10 dakika olarak alınmıştır. Görüldüğü üzere her üç şemanın da sonuçları ölçüm değerleriyle benzerlik göstermektedir. Yani MacCormack ve Crank-Nicolson şemaları ölçüm değeriyle çok yakın sonuçlar vermiştir.

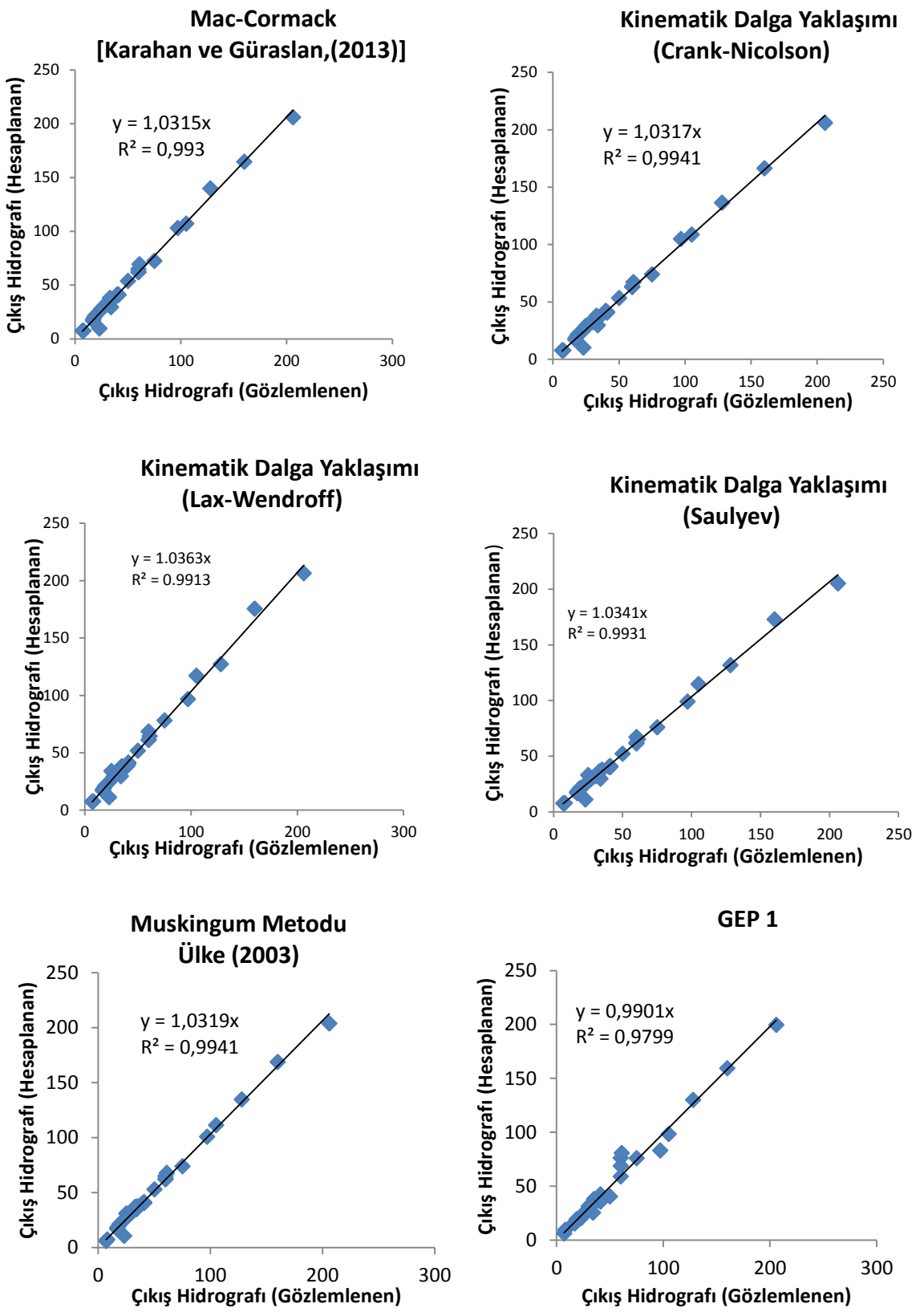
Aslı Ülke (2003) tarafından yapılan çalışmada, Sütçüler taşkınının matematiksel olarak modellenmesinde hidrolojik modellerden biri olan Muskingum Modeli kullanılmıştır. Modelin kullanılabilirliğini belirlemek için, ilk olarak yatak eğimi hesaplanmış ve belirlenen yatak eğimi Muskingum Modeli' nin uygulanabilirliğini göstermiştir. Daha sonra katsayılar modeli olarak bilinen Muskingum Modeli' ndeki mevcut x ve K parametreleri ölçülen giriş ve çıkış taşkın değerlerine göre

hesaplanmıştır. Hesaplanan x ve K parametreleri dikkate alınarak C1, C2 ve C3 katsayıları belirlenmiş ve yataktan çıkan taşkın pik değeri 16. saatte 203.99 m^3/s olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan taşkın değerleri ile ölçülmüş taşkın değerlerinin Çizelge 3.3 te görüleceği üzere uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Çalışmada incelenen havza sınırları içerisinde dik eğime sahip akarsularda meydana gelen taşkınların modellenmesinde Muskingum Modeli' nin kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

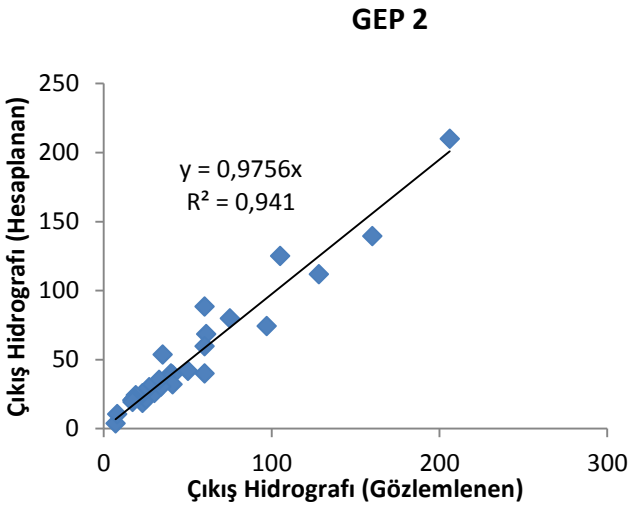
Bu çalışmada, taşkın öteleme modellerinde kullanılan hidrolik ve hidrolojik modellere bir alternatif olarak Genetik programlamanın bir uzantısı olan Genetik İfadeli Programlama metodu kullanılmıştır. Böylece GEP tekniğini kullanılarak taşkın öteleme tahmininde yeni bir model geliştirilmiştir. GEP yöntemi birkaç hidrolojik parametreyi kullanmaktadır (giriş debisi, çıkış debisi ve zaman). $0 \leq T \leq 10$ (Model I-a), $10 < T \leq 29$ (Model I-b) zaman aralığı için GEP 1 ve $0 \leq T \leq 29$ (Model II) zaman aralığı için GEP 2 modelinde tahmini taşkın çıkış debi (Q) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu çıkış debi değerleri gözlenen değerlerle karşılaştırılmış ve taşkın pik değeri GEP 1 model çözümünde 199,56 m^3/s, GEP 2 model çözümünde ise 209,99 m^3/s bulunmuştur. Böylece GEP modeli ile pratikte karşılaşılan gerçek problemlere uygulanabilirliği incelenmiştir. Bu çalışmada, Sütçüler taşkını ile ilgili taşkın öteleme hesaplamalarında kullanılan sonlu fark şemaları ve Muskingum modeline dayanan çözüm teknikleri gibi GEP modelinin de iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.10. Gözlemlenen ve Tahmin Edilen Çıkış Debi Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 3.11. Gözlemlenen Değerlerle Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması



Şekil 3.11. Gözlemlenen Değerlerle Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması

Şekil 3.9 ve Şekil 3.10 da GEP 1 modeli taşkın ötelenme hesabında son derece iyi performans sergilediği sonucuna varılmıştır (R^2=0.98).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı tekli ve çoklu hidrograflara sahip taşkınlarda tahmin edilen modellerin geçerliliğini kontrol etmektir. Çizelge 4.1 de GEP model sonuçlarının diğer çözüm yaklaşımlarıyla istatistiksel karşılaştırması özetlenmiştir. Tahmin edilen sonuçları değerlendirmek için Çizelge 4.1 'deki istatistiksel doğrulama araçları olan R^2 ve RMSE kullanılmıştır. Önerilen GEP 1 ve GEP 2 modelindeki R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla R^2 = 0.979, RMSE = 42.74 ve R^2 = 0.941, RMSE = 123.55 olarak hesaplanmıştır. Diğer model yaklaşımlarında; Mac- Cormack için R^2 = 0.993, RMSE = 20.81; Cranck-Nicolson için R^2 = 0.994, RMSE = 18.38; Lax-Wendroff için R^2 = 0.991, RMSE = 26.50; Saulyev için R^2 = 0.993, RMSE = 21.43; Ülke (2003) için R^2 = 0.994, RMSE = 18.33 olarak hesaplanmıştır. Sütçüler taşkını için daha önce yapılan hidrolik ve hidrolojik model çalışmalarından elde edilen tahmini sonuçlar ölçülen değerlerle oldukça benzerlik göstermektedir. Bu çalışmalarda oldukça yüksek R^2=0.991-0.994 ve küçük RMSE=18.33-26.5 değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmadaki GEP 1 modelinde de yüksek R^2=0.980 ve küçük RMSE=42.74 değerleri elde edilmiştir. Burada, RMSE değeri ne kadar düşükse ilgili yöntemin iyi bir sonuç verdiği anlamına gelmektedir. Bu çalışmada Yapay zekâ metotlarından Genetik İfadeli Programlamanın Taşkın Ötelemede kullanılabilirliği ve iyi sonuçlar verdiği kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4.1. GEP Model Sonuçlarıyla Diğer Çözüm Yöntemlerinin İstatistiksel Perfomansı

Hesaplanan Q (m^3/s)											
Mac-Cormack		Kinematik Dalga Yaklaşımı						Muskingum Metodu		Bu Çalışma	
[Karahan ve Güraslan,(2013)]		Crank-Nicolson		Lax-Wendroff		Saulyev		Ülke (2003)		GEP 1	GEP 2
R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2 RMSE	R^2 RMSE
0.993	20.81	0.994	18.38	0.991	26.5	0.993	21.43	0.994	18.33	0.979 42.74	0.941 123.55

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sütçüler havzasında, 4 Kasım 1995 tarihinde meydana gelen taşkına ait piklerin matematiksel olarak modellenmesinde Yapay zeka modellerden biri olan GEP Modeli kullanılmıştır. Bu çalışma ile doğal kanallarda taşkın ötelemesi için GEP modelinin kullanılabilirliği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla, bir nehir ve ya derenin taşkın zamanını ve meydana gelecek debi miktarını tahmin etmek için GEP yaklaşımı kullanılabilir. GEP yönteminde giriş debisi (I), çıkış debisi (Q) ve zaman (T) parametreleri kullanılmıştır. Bu modellemede $0 \leq T \leq 10$ (Model I-a), $10 < T \leq 29$ (Model I-b) için ve $0 \leq T \leq 29$ (Model II) aralığı için iki model geliştirilmiştir.

Sütçüler taşkını yapılan Hidrolik ve hidrolojik model çalışmalarından elde edilen tahmini sonuçlar ölçülen değerlerle oldukça benzerlik göstermektedir. Bu çalışmalarda oldukça yüksek R^2=0.991-0.994 ve küçük RMSE=18.33-26.5 değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmadaki GEP 1 modelinde de yüksek R^2=0.980 ve küçük RMSE=42.74 değerleri elde edilmiştir. Model sonuçları, gözlem değerleri ile kıyaslandığı zaman uyum içinde olduğu tespit edilmiştir.

Gelecekteki araştırma çabalarının, su kaynakları sistemlerinin daha iyi planlanması, tasarımı, işletilmesi ve yönetimi için GEP tahmini modellerinin doğruluğunu iyileştirmek için bu yönde çalışmalara yönlenmesi umulmaktadır. Burada sunulan çalışmanın bulguları, Sütçüler taşkın çalışmasına dayanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada elde edilen bulgular, farklı özelliklere (boyut, şekil, depolama, arazi kullanımı, vb.), Hidrolojik ve iklim koşullarına sahip diğer havzalarda da benzer çalışmalar yürütülerek, daha kapsamlı bir araştırmayla ayrıntılı bir şekilde araştırılmalı ve güçlendirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

Ağıralioğlu, N. 1981. Akarsu Havzaları İçin Birleşik Bir Akış Modeli. Doçentlik Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**,** 125s, İstanbul

Aldama, A. A. 1990. Least Squares Parameter Estimation for Muskingum Flood Routing, ***Journal of Hydraulic Engineering***. Vol. 116, No: 4, p580-586

Atalay, O. 2008. Taşkın Hidrografının Elde Edilmesiyle İlgili Yöntemlerin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 90s, Kocaeli.

Bahadır, M. 2014. Samsun'da Meydana Gelen 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 Taşkınlarının Klimatik Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi. Sayı 29, Sayfa 28-50, İstanbul.

Cunge, J.A. 1999. Discussion of 1. Accuracy criteria for linearised diffusion wave flood routing by K. Bajracharya and D.A. Barry (Journal of Hydrology, 195 (1997) 200–217), 2. Similarity of kinematic and diffusive waves: A comment on the paper (1) by R. Szymkiewicz". Journal of Hydrology Vol. 216, Issues 3-4, pp. 254-256.

Denrou, B.A. Houstis, E.N. Papatheodorou, T.S. Dendrou, S.A. 1978. Numerical methods for flood-routing problems. 37 p. http://www.cs.purdue.edu/research/technical_reports/1978/TR%2078-279.pdf.

Erkek, C. Ağıralioğlu, N. 2010. Su Kaynakları Mühendisliği. İstanbul, Sayfa:394, İstanbul.

Ferreira, C. 2001. Gene expression programming: A new adaptive algorithm for solving problems. Complex Sy-tems, 13 (2): 87-129.

Ferreira C. 2004. Gene expression programming and the evolution of computer programs. In: L.N. de Castro & F.J. Zuben, eds. Recent developments in biologically inspired computing. New York: Idea Group Publishing, pp. 82–103.

Ferreira, C. 2006. Gene Expression Programming: Mathematical Modeling by an Artificial Intelligence, 2nd Ed., Springer-Verlag, Germany.

Fread, D.L. 1991. Lewis, J.M., Parameter optimization of dynamic routing models. Water Forum '86, World Water Issues in Evolution 1986, ASCE, pp. 443- 450, Long Beach, CA, USA.

Gill M.A. 1978. Flood routing by the Muskingum method. J Hydrol, 36, 353–363.

Guven A. & Gunal M. 2008. Genetic programming approach for prediction of local scour downstream hydraulic structures. J Irrig Drain Eng, 134, (2), 241–249.

Hatunoğlu, B. 2010. Genetik Programlama, ODTÜ Bilgisayar Topluluğu Elektronik Dergisi.

Hydrologic Engineering Center. 1990b. River Routing With HEC-1 and HEC-2 Training Document No:30. U.S. Army Corps Of Enginners, 146 p. Davis, California USA.

Karahan, H. 2006. Implicit finite difference techniques for the advection-diffusion equation using spreadsheets. Advances in Engineering Software, 37(9), 601-608.

Karahan, H. 2007. "Unconditional stable explicit finite difference technique for the advection-diffusion equation using spreadsheets.", Advances in Engineering Software, 38(2), 80-86.

Karahan, H. 2008. Solution of weighted finite difference techniques with the advectiondiffusion equation using spreadsheets. Computer Applications in Engineering Education, 16(2), 147-156.

Karahan, H. Gurarslan, G. 2013. Discussion of "Differential Quadrature Method in Open Channel Flows: Aksu River, Turkey" by Birol Kaya, Aslı Ülke and Cevza Melek Kazezyılmaz-Alhan. Journal of Hydrologic Engineering, DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000509.

Kaya B. Aslı Ü. 2012. DİferansiyelKuadratur Yöntemi Kullanılarak Difüzyon Dalga Yaklaşımı İle Taşkınların Ötelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik, Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 27, No 2, Ankara.

Koza, J. R. 1992. Genetic Programming: on the Programming of Computers by Means of Natural Selection MIT, Cambridge, UK.

Kömüşcü A. Çelik S. Ceylan A. 2011. 8-12 Eylül 2009 Tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde Meydana Gelen Sel Olayının Yağış Analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi CBD 9 (2), 209-220.

Miller, W. A. Cunge, J. A. 1975. Simplified Equatinos of Unsteady Flow. ***Unsteady Flow in Open Channel***, Vol. I, (Mahmood, K., Yevjevich , V., -eds.), 183-257.

Önen F. Bağatur T. 2016. Development of predictive model for flood routing using genetic expression programming. Chartered Institution of Water and Environmental Management (CIWEM) and John Wiley & Sons Ltd.

Özdoğan, İ. 2010. Akarsularda Taşkın Ötelenme Modelleri: Alara Çayı Uygulaması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 126s, Isparta.

Singh, A.K. Porey, P.D. Ranga Raju, K.G. 1997. Criterion for location of downstream control for dynamic flood routing. Journal of Hydrology, Vol. 196, pp. 66-75.

SYGM. 2015a. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı.

Tingsanchali, T. Manandhar, S.K. 1985. Analytical diffusion model for flood routing. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 111, No. 3, pp. 435-454.

Tiryaki, B. 2013. DSİ Taşkın Yönetimi Çalışmaları İçerisinde İşletme ve Bakım Faaliyetlerinin Yeri sunumu 29-30 Nisan 2013 III. Ulusal Taşkın Sempozyumu çevrim içi, erişim tarihi 19.04.2015 http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/sempozyum-ve-sergiler/3-ulusal-taskin-sempozyumu-sunulari

Tung Y.K. 1985. River flood routing by nonlinear Muskingum method. J Hydraul Eng, ASCE, 111, (12), 1447–1460.

Ülke, A. 2003. "Muskingum Metodu Kullanılarak Taşkın Ötelenmesi " Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 93s, Isparta.

Viessman W. & Lewis G.L. 2003. Introduction to hydrology. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education. Inc

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Şafak OK ORAL

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 16.09.1989, Silvan

e-mail : safakok@dsi.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Dicle Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2011
Lise	Dicle Koleji / Diyarbakır	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 -	DSİ 10. Bölge Müdürlüğü	İnşaat Müh.
2012-2013	Gökler Yapı Denetim	İnşaat Müh.
2011 – 2012	Koltek Müşavirlik	İnşaat Müh.

Yabancı Dil İngilizce

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Şafak OK ORAL
ÖĞRENCİ NO	14806002
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2016-2017
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Genetik İfadeli Programlama İle Taşkın Öteleme Modellemesi

İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	59
BENZERLİK ORANI	%18
RAPORLAMA TARİHİ	18/08/2017

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 59 sayfalık kısmına ilişkin, 18/08/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Şafak OK ORAL

18/08/2017

Doç. Dr. Fevzi ÖNEN
Tez Danışmanı

18/08/2017

Doç. Dr. Halil GÖRGÜN
Anabilim Dalı Başkanı