COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ TABANLI KAVRAMSAL AYLIK YAĞIŞ-AKIŞ MODELİ

Kader BENLİ¹, Okan FISTİKOĞLU²

¹Çev., Müh., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, 35160, Tınaztepe, İzmir, kaderbenli48@gmail.com

²Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, 35160, Tınaztepe, İzmir, okan.fistikoglu@deu.edu.tr

ÖZET

Aylık yağış-akış modelleri, su kaynakları ile ilgili planlama çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Aylık yağış girdisini aylık akış çıktısına dönüştüren bu modeller, genellikle havza ortalama değerleriyle çalışan ortalananmış model yapısına sahiptirler. Ortalanmış modeller, havza karakteristiklerinin alansal değişkenliklerini dikkate almazlar. Ancak su kütlesi ve/veya alt havza esaslı planlama çalışmalarında, havzaların arazi kullanımı, toprak özellikleri ve jeolojik özellikleri gibi alansal değişim gösteren fiziksel unsurlarının alansal değişimleri ile birlikte ele alınmaları gerekmektedir. Bu amaçla literatürde birçok ortalananmış model geliştirilmiş ve bu modeller CBS araçları ile entegre edilerek planlama çalışmalarında kullanılır hâle getirilmiştir.

Sunulan bu çalışmada, havzaların arazi kullanımları, toprak yapısı ve jeolojik özelliklerini esas alan 5 parametrelili ortalananmış aylık yağış-akış modeli, raster katmanlar üzerinde çalışan ve bu sayede model parametrelerinin alansal değişkenliklerini dikkate alabilen şekle dönüştürülmüştür. Geliştirilmiş model, CBS ile hazırlanmış hücre esaslı raster veri yapılarını kullanan, matris bazlı bir bilgisayar programı olarak tasarlanmıştır. Kullanıcı tarafından istenilen alansal çözünürlükle çalışabilecek şekilde tasarlanan model, CBS analizleri sayesinde havzaların aylık akışlarını alansal dağılımlarıyla birlikte verebilmektedir. Geliştirilen model, Gediz Havzası'nın önemli bir kolu olan Gördes Çayı üzerinde kurulan Gördes Baraj akımlarının modellenmesinde kullanılmış ve havzanın aylık su bütçesi mekânsal dağılımlarıyla birlikte belirlenmiştir. İzmir kentinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Gördes Baraj Havzası'nda uygulanan bu modelin, havzadaki yayılı kirlilik kaynaklarının su kaynakları üzerindeki baskılarının da tanınmasında kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: aylık yağış akış modeli, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Gördes Havzası, kavramsal hidrolojik model

ABSTRACT

A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM BASED CONCEPTUAL MONTHLY RAINFALL RUNOFF MODEL

Monthly rainfall-runoff models are frequently used in water resources planning and management. These models convert monthly rainfall values into monthly runoff series. In practice, lumped models representing average basin characteristics are commonly preferred for simplicity. However, the evaluation of the water resources require to consider the spatial and temporal variation of the basin parameters such as land use, land cover, soil structure and geology. Thus, many lumped models in the literature were integrated mainly with GIS environment to respond that requirements.

This paper presents the integration of the 5-parameter lumped monthly rainfall-runoff model to the geographical information systems. The new model considers the spatial variability of the land use, soil structure and geological formations into account. In the model, inputs and variables in a raster data structure are evaluated by raster analysis to get cell based runoff estimations. Conceptual basin processes in the model are simulated by matrix-based computer program, so that the resultant runoff values are presented in a GIS raster dataset. The result of the test implemented for Gördes basin, which is important for drinking water source of İzmir city; the GIS based 5-parameter monthly rainfall-runoff model provided the valuable runoff estimates. The model would also be beneficially used for the identification of the distributed pollution sources.

Keywords: monthly rainfall-runoff model, geographical information systems (GIS), Gördes Basin, conceptual hydrologic model

1. GİRİŞ

Sonsuz olmayan fakat yenilenebilir bir doğal kaynak olan su, tüm canlılar için yaşamsal bir öneme sahiptir. Savaş senaryolarına bile konu olan su kaynakları, bir ülkenin gelişmesinde çok büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle son yıllarda iklim değişikliği nedeniyle yaşanan su kıtlığı ya da taşkınlar birçok ülkeyi olumsuz etkilemekte ve suyun kalitesinde de hızla bozulmalara neden olmaktadır. Bu problem, sosyal ve ekonomik açıdan zincirleme olarak birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, su kaynakların sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda korunması ve kullanılması ve gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir (Özkan vd., 2013). Bu ise ancak sürdürülebilir su kaynakları yönetimi anlayışı ile sağlanabilmektedir.

Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi anlayışı, bugünün hedef ve ihtiyaçlarının, gelecek kuşakların hedef ve taleplerini

tehlikeye sokmadan ve doğal kaynaktan maksimum faydayı elde etmek üzere gereken yönetim kararlarının alınmasını zorunlu kılmaktadır (Erkul ve Sarıgül, 2008). Söz konusu yönetim kararlarının sürdürülebilir olup olmadığını irdelemenin tek yolu ise, bu kararların uygulanmadan önce sınanması ile mümkündür. Kararların sınanmasında ise havza sistemini bilgisayar ortamında simüle eden hidrolojik modeller planlamacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Fıstıkoğlu, 2001).

Hidrolojik modeller, bir havzada gerçekleşen hidrolojik çevrimi kısmen ya da tamamen modelleyerek havzadaki suyun miktar ve kalitesini zaman ve mekân boyutunda simüle ederler (Bayazit, 1998). Su kalitesi, su miktarına doğrudan bağlı olduğu için hidrolojik modellerin merkezinde yağış-akış modelleri yer almaktadır (Yogesh vd., 2017). Yağış akış modelleri kapalı kutu ve kavramsal modeller olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Kapalı kutu modeller, havza sisteminde yer alan sızma, zemin nemi ve evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçlere odaklanmadan, sadece yağışı akışa dönüştürürken; kavramsal modeller hidrolojik çevrim içindeki tüm süreçleri dikkate alarak, yağışları akışlara dönüştürmektedir (Chow vd., 1988).

Kavramsal modellerin bünyelerinde yer alan model parametreleri havzaların topoğrafyası, arazi örtüsü, toprak yapısı ve jeolojisi gibi pek çok fiziksel karakteristiği ile doğrudan ilişkilidir. Bu fiziksel karakteristikler aynı zamanda havza içerisinde alansal değişim göstermektedirler. Dolayısıyla, kavramsal modellerin performansı, parametrelerin alansal değişimlerini dikkate aldıkça artmaktadır (Bayazit, 1998). Kavramsal modellerde, havzanın fiziksel özelliklerinin alansal değişkenliklerinin dikkate alınması konusunda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) modelcilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Singh ve Fiorentino, 1996). Vektör ya da hücre esaslı CBS analizleri ile havza özelliklerinin alansal değişimleri incelenebilmekte ve/veya kavramsal model doğrudan CBS ortamında geliştirilerek havzaya ilişkin vektör ya da hücre katmanlar model içinde kullanılabilir (Olivera vd., 2006; Güreşçi vd., 2012).

Sunulan çalışmada, ortalanmış yapıdaki 5 parametrelilik aylık yağış akış modeli, hücresel (raster) CBS ortamında yeniden derlenerek model hücresel tabanlı hâle dönüştürülmüştür. Modelin girdileri olan yağış ve evapotranspirasyon değerleri ile parametrelerini oluşturan arazi örtüsü, toprak yapısı ve jeolojik unsurları CBS ortamında hazırlanmış ve söz konusu bu katmanlar yeniden tasarlanan bu model ile akışlara dönüştürülmüştür. Geliştirilen model havzadaki sızma, perkolasyon, zemin nemi ve gerçek evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçler yanında yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akış bileşenlerini alansal dağılımları ile birlikte verebilmektedir.

2. YÖNTEM VE UYGULAMA

Çalışmada kullanılan 5 parametrelilik aylık yağış akış modeli, su bütçesini esas alan parametrik ve kavramsal bir modeldir (Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001). Model aylık yağışı, yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akış bileşenlerine ayırmaktadır. Modelde yüzeysel akış, aylık yağışın doğrusal bir fonksiyonu olarak tanımlanmakta, sızma ise yağış ile yüzeysel akış arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Sızma ile yüzey altına geçen su, yüzey altı biriktirme elemanında depolanmakta, evapotranspirasyon ve derine sızma (perkolasyon) yüzeyaltı biriktirme elemanının depolama miktarına göre hesaplanmaktadır. Yüzey altı biriktirme elemanı, gerçekte zemin nemi bölgesini ifade etmektedir. Zemin nemi depolaması maksimum depolama değeri olan tarla kapasitesi değerini aştığı zaman derine sızma (perkolasyon) ve yüzey altı akış bileşenleri ortaya çıkmaktadır. Perkolasyon yoluyla derine sızan su, yer altı biriktirme elemanında depolanmakta, bu eleman ise yine doğrusal olarak boşalarak akarsudaki baz akışı oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan kavramsal 5 parametrelilik aylık yağış-akış modelinin akış diyagramı Şekil 1'de özetlenmektedir. Modelin 5 parametresi α , β , γ , S_{min} ve S_{max} 'dir. Modelde α , arazi örtüsüne bağlı akış katsayısını temsil ederken, β zemin özelliklerine bağlı zemin nemi boşalım katsayısıdır. Modelin S_{min} ve S_{max} parametreleri zemin neminin minimum ve maksimum kapasite değerleridir. Modeldeki γ ise havzanın jeolojik özelliklere bağlı tanımlanan yeraltı suyu depolaması boşalım katsayısıdır (Fıstıkoğlu, 1999; 2001).

Modelin CBS ile entegrasyonu öncesinde, model girdisi olan ve istasyon bazlı hesaplanan yağış ve evapotranspirasyon değerleri Thiessen poligonları yöntemi ile alana yayılmıştır. Böylece model girdileri, matris formda zaman serileri hâlinde saklanmaktadır.

Havzada alansal dağılım gösteren model parametreleri (α , β , γ , S_{min} ve S_{max}) ilgili CBS katmanlarından (arazi örtüsü, toprak özellikleri ve jeoloji) derlenerek hücresel (raster) veri yapısındaki parametre katmanları oluşturulmuştur. α parametresi aylık yağışı yüzeysel akışa dönüştüren parametre olduğu için bu parametre havzanın arazi kullanımı ile ilişkilendirilmiştir. β , S_{min} ve S_{max} parametreleri ise zemin nemi bölgesine ait parametreler olduğundan havzanın toprak bünyesini ifade eden toprak özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Modelin yer altı suyu depolamasının boşalmasını ifade eden γ parametresi ise havzanın jeolojik formasyonları dikkate alınarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, havzanın arazi kullanımı, toprak yapısı ve hidrojeolojik özellikleri, model parametrelerinin alansal dağılımları belirlenirken ana katmanlar olarak seçilmiş ve model parametreleri bu katmanlara bağlı olarak dikkate alınmıştır. Matris formda tasarlanan model girdileri ve model parametreleri, Matlab ortamında yazılan model kodu (Şekil 1) ile birlikte çalıştırılarak modelin yine matris formdaki hidrolojik süreçleri hesaplaması sağlanmıştır.

Şekil 1. 5 Parametrelili aylık yağış-akış modeli akış diyagramı (Fıstıkoğlu, 1999; 2001).

Raster formda çalışan model, Gediz Havzası'nın Gördes alt havzasında uygulanmıştır. Gördes Havzası'nı da kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli sayısal kontur haritası kullanılarak, çalışma alanının 500m x 500m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli elde edilmiştir (Şekil 2). Söz konusu sayısal yükselti modelinden her bir hücredeki hakim akış yönü (flowdirection) ve buna bağlı bölgenin kümülatif akım değerleri (flow accumulation) elde edilerek akarsu ağı belirlenmiştir. Gördes Barajı'nın konumu dikkate alınarak havzanın drenaj sınırları elde edilmiştir. Böylece CBS'nin hidrolojik analizleri sayesinde bölgenin sayısal yükselti modeline dayanan hidromorfolojik (havza sınırı, akarsu ağı) sayısal altlıkları elde edilmiştir.

Model parametrelerine ilişkin sayısal altlıklar konusunda ülkemizde geniş kapsamlı ulusal veri tabanları bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma alanının arazi kullanımı CORINE veri setinden (Şekil 3) (CORINE, 2006), toprak bünyesine ait özellikleri ise Dünya Tarım Örgütü'nün Global Soil Database (GSD) (FAO, 1992) veri tabanından (Şekil 4) elde edilmiştir. CORINE sınıflarının alansal dağılımları α parametresinin alansal dağılımı olarak dikkate alınmış; GSD veri tabanındaki bünye özellikleri ise, β , S_{min} ve S_{max} parametrelerinin alan dağılımları olarak dikkate alınmıştır. Bu parametrelere ait CBS katmanları yine aynı alan kapsamı için 500mx500m alansal çözünürlükte hazırlanmıştır.

Ülkemiz jeolojisine ilişkin kapsamlı çalışmalar MTA tarafından sürdürülmektedir. MTA tarafından hazırlanmış sayısal jeolojik haritalar pek çok çalışmada önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da bölgenin hidrojeolojik özellikleri MTA'nın 1/100000 ölçekli haritalarından derlenmiştir (Şekil5) (MTA, 1988).

Havza çevresindeki Gördes, Gölarmara, Demirci ve Köprübaşı meteoroloji istasyonlarının yağış ve sıcaklık kayıtları model girdisi olarak kullanılmış, havza çıkışındaki Hacıhıdır AGİ istasyonundan ise akım gözlemleri temin edilmiştir (Şekil 2). Çalışma alanının potansiyel evapotranspirasyon değerleri aylık ortalama sıcaklık ile atmosfer dışı radyasyon değerlerine dayanan Hargreaves metodu ile (Hargreaves, 1985) hesaplanmıştır. Tüm yağış ve evapotranspirasyon değerleri Thiessen poligonları yöntemi ile hücre esaslı alansal zaman serileri hâline dönüştürülmüştür.

Şekil 2. Gördes Havzası 500mx500m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli, akarsu ağı ve çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları.

Şekil 3. Gördes Havzası CORINE arazi sınıfları.

Şekil 4. Gördes Havzası GSD toprak bünyesi dağılımı.

Şekil 5. Gördes Havzası'ndaki hidrojeolojik birimlerin dağılımı.

Şekil 1'de verilen akış diyagramına uygun olarak, hücre esaslı hâle dönüştürülen hidrolojik model, Matlab ortamında matris formunda çalışabilecek şekilde kodlanmıştır. Hesaplama süresinin çok uzun olmaması için modele ait tüm CBS

katmanları 500m x 500m çözünürlüklü katmanlar hâlinde tanımlanmış ve bu katmanlar Matlab ortamında 116 x 162 boyutlarında matrisler olarak saklanmıştır.

Matris forma dönüştürülerek alansal dağılım özelliği kazandırılan model, hidrometeorolojik gözlem periyodu olan 1962-1977 yılları arasında önce kalibre edilmiş, bu dönem için belirlenen model parametrelerinin uygunluğu ise 1978-1992 yılları arasındaki gözlemlerle sınanmıştır (verifikasyon). Model kalibrasyonu için havzada kullanılabilecek sadece tek bir akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bu nedenle alansal modelin otomatik kalibrasyonu mümkün değildir. Bu nedenle model, önce havzanın tek bir hücreden oluştuğu düşünülerek kalibre edilmiş (ortalanan model) ve model parametrelerinin alansal ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ardından 500mx500m çözünürlüklü alansal dağılımlı parametreler ise, alansal ortalama değer sabit kalacak şekilde manuel olarak değiştirilen parametre değerleri ile deneme-yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Birçok denemeden sonra elde edilen en iyi model parametreleri Çizelge 1’de özetlenmektedir. Model kalibrasyonunda Nash&Sutcliffe kriterini (Denklem 1) maksimum yapan parametre kümeleri esas alınmıştır (Nash & Sutcliffe, 1970).

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [Q_{gözl}(t) - Q_{model}(t)]^2}{\sum_{i=1}^N [Q_{gözl}(t) - \bar{Q}_{gözl}(t)]^2} \quad (1)$$

Burada;

NS : Nash & Sutcliffe kriteri

$Q_{gözl}(t)$: Gözlenmiş akımlar (mm/ay)

$Q_{model}(t)$: Model akımları (mm/ay)

$\bar{Q}_{gözl}(t)$: Gözlenmiş akımların ortalaması (mm/ay)

N : Veri sayısı

Çizelge 1. Manuel kalibrasyon süreci sonunda belirlenen model parametre değerleri.

Arazi Kullanımı		Toprak Bünyesi		Jeolojik Formlar	
α	Açıklama	β / S_{min} / S_{max}	Açıklama	γ	Açıklama
0.38	Kentsel	0.80 / 0.0 / 180	%42 Kum, %36 Silt, %22 Kil	0.65	Verimli
0.06	Maki	0.55 / 5 / 150	%47 Kum, %32 Silt, %21 Kil	0.60	Orta
0.05	Orman	0.44 / 15 / 160	%43 Kum, %34 Silt, %23 Kil	0.42	Verimsiz
0.11	Tarım				
0.15	Çıplak arazi				

Çizelge 1’de verilen model parametreleri ile çalıştırılan modelin 1962-1992 yılları arasında ürettiği model sonuçlarına ait temel istatistikler Çizelge 2’de, model sonuçları ise gidiş grafikleri olarak Şekil 6’da verilmektedir.

Çizelge 2. Temel istatistikler.

Dönem	İstatistikler	Gözlem	Model
Kalibrasyon N=186 ay	<i>Ortalama (mm/ay)</i>	16.9	17.5
	<i>Std. Sapma (mm/ay)</i>	27.8	26.8
	<i>NS</i>	0.88	
	<i>MAE (mm/ay)</i>	5.51	
	<i>R²</i>	0.88	
Verifikasyon N=186 ay	<i>Ortalama (mm/ay)</i>	12.0	11.7
	<i>Std. Sapma (mm/ay)</i>	21.0	20.9
	<i>NS</i>	0.83	
	<i>MAE (mm/ay)</i>	4.56	
	<i>R²</i>	0.83	

Çizelge 1 ve Şekil 6’da verilen model sonuçları irdelendiğinde alansal dağılımlı hidrolojik modelin gözlenmiş akımları başarıyla modellediği görülmektedir. Nash & Sutcliffe parametresinin pratik olarak 0.7’den büyük çıkması, ortalama

mutlak hatanın (MAE) 4-5 mm civarında olması model sonuçlarının istatistiksel açıdan yeterli doğruluğa ulaştığını göstermektedir (Legates ve McCabe, 1999).

Şekil 6. Gözlenmiş ve modellenmiş akımların (1962-1992) gidiş ve saçılım grafikleri.

CBS tabanlı hâle dönüştürülen aylık yağış-akış modeli ile Gördes Havzası'ndaki sızma, perkolasyon, yüzeysel akış, yüzey altı akış ve yer altı akış bileşenlerinin alansal dağılımı elde edilebilmektedir. Ortalanmış modelle kıyaslandığında, havzadaki bu bileşenlerin alansal dağılımının elde edilmesi, havza planlama çalışmalarında büyük değer taşımaktadır. Örneğin, havzada tarımsal alanlardan kaynaklanan yayılı kirliliğin tespitinde, tarımsal bölgelerde oluşan yüzeysel ve yüzey altı akışın belirlenmesi yayılı kirlilik konsantrasyonlarının hesaplanmasına imkân tanımaktadır. Böylece hangi arazi kullanımından ne oranda yüzeysel akışın ve kirletici yükünün ortaya çıktığı kolaylıkla belirlenebilmektedir (Şekil 7). Benzer şekilde havzada gerçekleşen sızma ve perkolasyon süreçlerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi yer altı suyunun beslenimi açısından da planlamacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Şekil 7. Gördes Havzası'nda 1974 yılının Şubat ayında modellenmiş yüzeysel akışın alansal dağılımı.

3. SONUÇ

Sunulan çalışmada, 5 parametrelili ortalanmış bir yağış-akış modeli CBS tabanlı hâle dönüştürülerek akış bileşenlerinin alansal olarak hesaplanması mümkün hâle getirilmiştir. Modelde hem model girdileri hem de model parametreleri hücresel (raster) katmanlar hâline tanımlanmış ve model, her bir hücre için çalıştırılarak sonuçların raster formatta elde edilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen CBS tabanlı kavramsal aylık yağış-akış modeli Gördes Baraj Havzası akımlarını istatistiksel açıdan başarılı bir biçimde tahmin etmektedir. Model aylık akışların alansal dağılımlarını da verdiği için yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akışının havzada mekânsal olarak izlenmesine imkân tanımaktadır. Bu model sayesinde, havzadaki antropojenik ve/veya doğal baskıların yüzey ve yer altı suları üzerindeki etkilerini irdelemek mümkün olabilmektedir.

Gördes Havzası özelinde gerçekleştirilen bu modelleme çalışması, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin hidrolojik modelleme çalışmalarında büyük kolaylıklar sağladığını göstermektedir. Çalışma, ayrıca CBS'nin modelleme çalışmalarında değerlendirilen ve üretilen hidrolojik bilginin mekânsal hâle dönüştürülmesinde son derece etkin bir rol oynadığını da ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Bayazit, M.**, 1998. *Hidrolojik Modeller*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W.**, 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill Book Company.
- Corine Land Cover Raster Data, 2006, European Environment Agency.
- Erkul, H., Sarıgül, C.E.**, 2008. *Sürdürülebilir Su Yönetimi Açısından Sürdü Alt Havzasının İrdelenmesi*, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara,
- Fıstıkoğlu, O.**, 1999 *Hidrolojik Modeller*, Türkiye İnşaat Mühendisliği 15. Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, (799-809).
- Fıstıkoğlu, O., Harmancıoğlu, N.**, 2001 *Yukarı Gediz Havzasında Aylık Su Bütçesi Modeli Uygulaması*, III. Ulusal Hidroloji Kongresi Kitabı, SUMER, İzmir, (269-278).
- FAO., 1992. Global and National Soil and Terrain Database, World Soil Resources Report 74, FAO, Rome.
- Güreşçi, N. G., Seyrek, K. ve Sargın, A. H.**, 2012, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü.
- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A.**, 1985, *Reference Crop Evapotranspiration From Temperature*, Transaction of the ASAE.

- Legates, D. R., & McCabe Jr, G. J.**,1999. *Evaluating The Use of Goodness-of-Fit Measures In Hydrologic And Hydroclimatic Model Validation.*, Water Resources Research, 35(1), 233-241.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1988. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası
- Nash, J. E. & Sutcliffe, J.** ,1970, *River Flow Forecasting Through Conceptual Models*, Journal of Hydrology, 10 :282-290.
- Olivera, F., Valenzuela, M., Srinivasan, R., Choi, J., Cho, H., Koka, S., & Agrawal, A.** (2006). ARCGIS-SWAT: A GEODATA MODEL AND GIS INTERFACE FOR SWAT 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 42(2), 295-309.
- Özkan, E., Aydın, B., Hurma, H., ve Aktaş, E.**, 2013, *Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımında Su Yönetiminin Önemi*, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 150-153, 2013 ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr
- Singh, V. P., ve M, Fiorentino,** 1996, *Hydrologic Modeling with GIS Geographical Information Systems in Hydrology*, V.P., Singh and M, Fiorentino, Eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, p.1-13
- Yogesh N Saraf, Shruti N Pawar, Alok P Jadhav,** 2017, *Rainfall Runoff Calculator with Matlab*, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Vol. No.5, Issue No. 04