



Tokat Uğrak Havzası Günlük Akımlarının Modellenmesi

İrfan OĞUZ¹

Kadri YÜREKLİ²

Fazlı ÖZTÜRK³

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, TOKAT

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, TOKAT

³Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ANKARA

*Sorumlu Yazar

irfanoguz@yahoo.com

Özet

Bu araştırma, 7 km² alan kaplayan Tokat Uğrak havzasında yürütülmüştür. Çalışmada 1997-2001 yılları arasında ölçülmüş akım değerleri, MIKE 11 NAM adlı hidrolojik model yardımıyla simüle edilen akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Modeli oluşturan 14 parametreyle yapılan duyarlılık çalışmasında model parametrelerinden akıma en duyarlı parametre, kök bölgesinde en fazla su depolama parametresi (Lmax) olarak belirlenmiştir. Model başarısı, EI (Efficiency Index) ve RMSE (Root Mean Square Error) indeksi ile değerlendirilmiştir. Model beş yıllık dönem için kümülatif hacimsel akımı iyi tahmin etmiştir. Ancak gözlemlenen akım ile simüle edilen akım arasındaki ilişki yeterince iyi olmamıştır.

Anahtar Kelimeler: MIKE 11, Hidroloji, Uğrak Havzası, Tokat

Modelling Daily Flows in Tokat Uğrak Catchment

Abstract

This research is carried out in Tokat Uğrak catchment which is 7 km². In the study, observed flow data and simulated flow data for the period of 1997-2001, are compared with the help of MIKE 11 NAM hydrologic model. The sensitivity study of the model with 14 parameters and the most sensitive parameter of the model identified, is the root zone storage (Lmax) parameter with maximum water content. Model performance is evaluated with the help of EI (Efficiency Index) and RMSE (Root Mean Square Error) indexes. The model, successfully identified the cumulative volumetric flow a for five years period. But, the relation between observed and simulated flow are not good enough.

Key Words: MIKE 11, Hydrology, Uğrak Catchment, Tokat

GİRİŞ

Doğa olaylarının bir çoğu, bilinen fizik kurallarına göre meydana gelmektedir. Bu nedenle doğa olaylarının miktar ve meydana gelme süreleri önceden kesin olarak saptanabilmektedir. Oysa, hidrolojik olaylar, miktar ve meydana gelme süreleri önceden kesin olarak tahmini imkansız rasgele olaylardır[5]. Hidrolojik olayların rasgele oluşunda, kararsız atmosferik hareketin önemi büyüktür. Bununla birlikte dünyanın güneş etrafında dönmesinin de bir sonucu olarak hidrolojik olaylar döngüsel ve stokastik olarak meydana gelmektedir [7]. Bu anlamda su kaynaklarından marjinal olarak faydalanabilmek için, hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının bilinmesi zorunlu olmaktadır. Bu amaçla, hidrolojik olayların gelecekteki miktarları simülasyon çalışmaları ve istatistik yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Bir zaman serisi oluşturan hidrolojik olayların modellerinin kurulması ve istatistik analizlerinin yapılması önemli olmaktadır.

Havza yağış ve akış ilişkilerini tanımlama ve tahminde çok sayıda model geliştirilmiştir. Rasyonel Metot, Green Ampt Metot ve SCS Künye Numarası Metodu bu modellerden yaygın bir biçimde bilinenleridir. Modellerin detayları arttıkça akım hesaplamalarında daha gerçeğe yakın tahminlerde bulunmaktadırlar. Ayrıca model başarısı, kullanım amacı gözetilerek değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Tokat-Uğrak havzası koşullarında MIKE 11 NAM modeli yardımıyla yağışlara bağlı olarak oluşacak akımları tahmin etmek ve model tahminleri ile havzada ölçülmüş gerçek akım değerlerini karşılaştırmaktır. Akım simülasyonu 1997 – 2001 su yıllarını kapsayan 5 yıllık dönem için yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Yeri

Uğrak Araştırma Havzası, Yeşilirmak Havzası içerisinde yer almaktadır. Havza içerisinde Uğrak ve Tekneli köyleri bulunmaktadır. Havzadan gelen sular Uğrak Köyünde birleştikten sonra Hakan Deresine, oradan da Yeşilirmak' a dökülmektedir. Uğrak Deresi, akarsular mertebelenirne sistemine göre 3.dereceden bir koldur. Toplam havza alanı 7 km² alan kaplamaktadır. Havza çevre uzunluğu 14 km, genişliği 1.6 km, maksimum yükseltisi 1485 m, minimum yükseltisi ise 1100 m' dir. Akım ölçüm savağı, 1100 m yükseltide ve 41 15 44 kuzey enlem ve 36 31 29 doğu boylamında yer almaktadır (Şekil 1). Tokat il merkezine 16 km mesafede yer almaktadır. Havzada Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü tarafından 1977 – 2002 su yılları arasında yağış ve akım gözlemleri yapılmıştır[4].

Uğrak Havzasında yarı kurak iklim hüküm sürmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Havzanın uzun yıllar ortalama yağışı 485.5 mm' dir. Havza toprakları yaygın olarak entisol olmakla birlikte çok az bir miktar inceptisol bulunmaktadır. Hakim toprak bünyesi kumlu killi tındır.

Mike 11 NAM

Uğrak Havzası yağış ve akımlarını benzetimde, daha detaylı fiziksel işlemlerli bir lamp model olması nedeniyle MIKE 11 NAM model tercih edilmiştir. Model, uzun yıllık benzetimlere uygun oluşu ve sonuçları görsel olarak takdim kolaylığı da ayrıca tercih nedeni olmuştur.

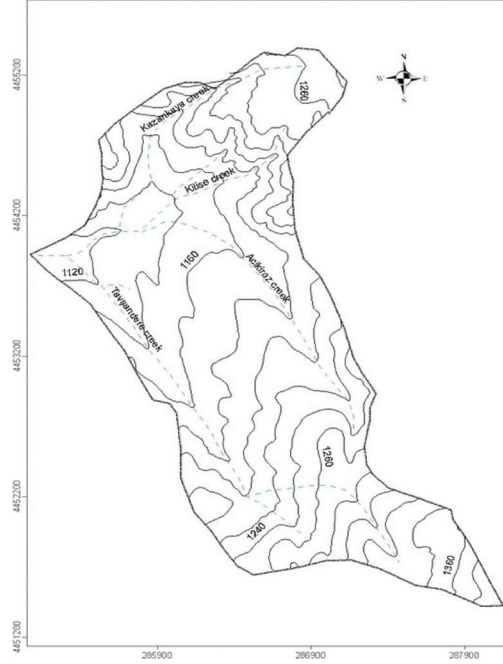
Mike 11 NAM model Danimarka Hidrolik Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Tüm dünyada toprak kaynakları, su kalitesi planlanması ve havza planlaması çalışmalarında 1972 yılından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım amacına göre çok sayıda modülü olan modelin bu çalışmada sadece yağış-akış kısmı kullanılmıştır.

Mike 11 NAM veri girişleri 4 grupta toplanabilir;

- Kurulum parametreleri (Havza alanı ve toprak özelliklerine bağlı parametreler)
- Model parametreleri (Zaman sabitleri ve yüzey akış için öteleme, yüzey altı akış ve taban akış için eşik değerleri)
- Meteorolojik veriler (günlük yağış ve günlük potansiyel buharlaşma)
- Model kalibrasyonu için ölçülmüş günlük akım verileri

Mike 11 NAM' ın Uğrak havzası için gözlenen ile tahmin edilen akımlarının tahmin başarısı, EI indeksi (Efficiency Index) ve RMSE indeksi (Root Mean Square Error) ile değerlendirilmiştir. Bu indekslerin ilişkileri aşağıda verilmiştir[1,6].

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n Q_o - \bar{Q} - \sum_{i=1}^n Q_o - Q_p}{\sum_{i=1}^n Q_o - \bar{Q}} \quad (1)$$



Şekil 1. Uğrak Havzası

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_o - Q_p)^2} \quad (2)$$

Eşitliklerde Q_o ve Q_p ; gözlenen ve tahmin edilen akımı, \bar{Q} ; gözlenen akımın ortalamasını, n; veri sayısını göstermektedir.

Verilerin Girilmesi

Model çalışması, Uğrak Havzasının 1997 – 2001 su yıllarında ölçülmüş akım verilerinin MIKE 11 NAM modeli ile benzetimi ve elde edilen sonuçların ölçülmüş akım değerleriyle karşılaştırılması şeklinde yürütülmüştür. Modelin gereksinim duyduğu toprak verileri toprak haritasından ve arazi çalışmalarından elde edilmiştir. Yağış verileri havzada kurulu bulunan pülvioğraf kayıtlarından ve akım verileri limnigraf kayıtlarından elde edilmiştir. Buharlaşma verileri ise havzaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Tokat Meteoroloji istasyonunun ilgili yılları kapsayan kayıtlarından elde edilmiştir (Çizelge 1).

Bilindiği üzere, hidrolojik modellemenin temel amacı, sentetik gözlenen veriye istatistik anlamda benzer veri üretmektir. Bu anlamda hidrolojik verilerin tahmininde kullanılan modellerden elde edilen veriler ile, gözlenmiş verilerin temel istatistik özellikleri benzerlik göstermelidir. Bu çalışmada Uğrak havzasında gözlenen ve MIKE 11 NAM modelinden tahmin edilen akımların ortalama ve varyans açısından benzer olup olmadığını, yani gözlenen ve tahmin edilen verilerin aynı popülasyondan gelip gelmediğini test etmek için ortalama için Eşitlik 3'te verilen t-testi, varyansın homojenliği için ise Levene testi kullanılmıştır. Kaynak [2]'de verilen t-testi aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 1. Uğrak Havzası yağış, buharlaşma ve gözlenen akım değerleri

Yıllar	Model Girdisi	Aylar											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1997	Yağış	40.6	0	38.4	23.4	39.2	26.9	51.0	23.6	78.6	4.1	32.2	7.4
	Buharlaşma	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	4.4	6.0	5.3	3.4
	Gözlenen Akım	0.08	0.12	0.45	0.35	0.54	0.77	2.35	2.57	1.70	0.17	0.02	0.01
1998	Yağış	101.9	20.1	59.5	48.2	47.6	30.1	45.1	119.8	22.7	11.2	2.3	12.7
	Buharlaşma	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.6	3.5	5.2	5.0	4.3
	Gözlenen Akım	0.47	0.47	2.11	3.48	9.76	11.14	9.20	12.32	6.36	1.38	0.01	0.01
1999	Yağış	53.4	34.0	60.4	17.6	41.5	43.2	65.9	53.2	28.9	4.1	37.6	19.2
	Buharlaşma	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.8	3.7	4.8	4.7	4.2
	Gözlenen Akım	0.23	0.46	0.94	0.87	0.86	2.31	6.37	3.02	1.01	0.13	0.02	0.04
2000	Yağış	47.5	28.8	30.9	53.2	57.9	32.5	93.8	103.3	31.1	0	6.7	13.8
	Buharlaşma	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.1	3.9	6.5	4.8	4.3
	Gözlenen Akım	0.01	0.06	0.20	0.16	0.74	16.43	10.16	15.23	5.96	1.02	0.01	0.02
2001	Yağış	39.4	0.0	38.7	5.6	36.6	32.6	33.3	99.0	3.2	6.3	10.1	23.5
	Buharlaşma	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	3.1	6.3	5.9	5.8	5.4
	Gözlenen Akım	0.16	0.16	0.15	0.20	0.23	0.35	0.35	0.31	0.14	0.00	0.00	0.00

$$t_{\text{test}} = \frac{(\overline{Q_o} - \overline{Q_p})}{s/n} \quad (3)$$

Eşitlikte, $\overline{Q_o}$ ve $\overline{Q_p}$; gözlenen ve tahmin edilen akımın ortalamalarını, s; gözlenmiş ve tahmin edilmiş akımlar arasındaki farkın standart sapmasını, n; veri sayısını ifade etmektedir. Eşitlik 3'den elde edilen t_{test} değeri, $\alpha = 0.05$ önem seviyesinde t-dağılımın tablo değeri ile karşılaştırılır. Elde edilen t_{test} değeri, t-dağılımın tablo değerinden daha büyükse, gözlenen ve tahmin edilen akımların ortalamaları arasındaki fark önemlidir.

Uğrak havzasında ölçülen ve MIKE 11 NAM modelinden tahmin edilen akımların varyans açısından homojenliği için göz önüne alınan Levene testi aşağıda verilen ilişkiyle saptanmıştır[3].

$$LW = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (\overline{Z_i} - \overline{Z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \overline{Z_i})^2} \quad (4)$$

Eşitlik 4'de N; serinin gözlem sayısı, n_i ; N gözlem sayılı seriden elde edilen i. grubun gözlem sayısı, k; grup sayısı, $\overline{X_i}$; i. grubun ortalaması, $\overline{Z_i}$; Z_i 'nin ortalaması, Z; gruplar için elde edilen tüm Z_i 'lerin ortalamasını ifade etmektedir. Levene testi için α önem seviyesi seçilerek k-1 ve N-k serbestlik derecelerinde F dağılımı tablo kritik değeri ile Eşitlik 4'de hesaplanan LW istatistiği karşılaştırılır. Hesaplanan LW istatistiği F-Tablo kritik değerinden daha küçükse, gözlenen ve tahmin edilen akımların varyanslarının homojenliği ile ilgili ilişkili hipotez kabul edilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Model çalışması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, yağışa karşı oluşan akım modellemesi için MIKE 11 NAM modelinde veri girişi gerektiren 9 parametre ve 3 adet başlangıç koşul parametreleri atanarak elde edilen akım değerleri üzerinden duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu amaçla belirlenen model parametrelerinin \pm % 50 değerlerine karşılık akımda meydana gelen değişimler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuca göre, akım simülasyonunda en etkili model parametresinin Lmax olduğu görülmüştür. Modeli oluşturan diğer parametrelerdeki değişime karşılık hesaplanan akım miktarında önemli farklılık meydana gelmemekle beraber akımda oluşturduğu etki Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. NAM parametrelerindeki değişimin akıma etkisi

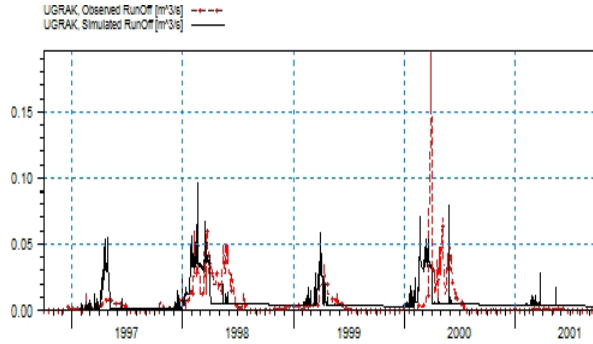
Parametre	Değişim	Etki
Umax	Artış	Akım hacminde azalış
Lmax	Artış	Akım hacminde azalış
CQOF	Artış	Akım hacminde artış
CKIF	Artış	Akım hacminde artış
CK1;2	Artış	Akım hacminde artış
TOF	Artış	Akım hacminde azalış
TIF	Artış	Akım hacminde azalış
TG	Artış	Akım hacminde azalış
CKBF	Artış	Akım hacminde azalış
U/Umax	Artış	Belirgin değişim vermedi
L/Lmax	Artış	Akım hacminde artış
QOF	Artış	Belirgin değişim vermedi
QIF	Artış	Belirgin değişim vermedi
BF	Artış	Akım hacminde artış

Çalışmanın ikinci aşamasında, akıma en fazla duyarlılık gösteren model parametresi olan Lmax başta olmak üzere, model girdilerinde değişimlerle bir dizi

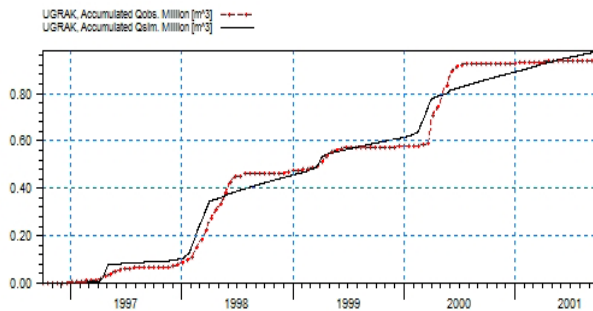
deneme simülasyonları yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda tahmin edilen akımın gözlenen akıma uyumu artırılmaya çalışılmıştır. Sonuçta, model girdileri havza için kalibre edilmiştir. Havza için kalibre model parametreleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Uğrak Havzası NAM parametreleri

NAM parametresi	Değer
Havza alanı, km ²	7
Yüzeyde depolanan maksimum su içeriği (U _{max}), mm	15
Kök bölgesinde depolanan maksimum su içeriği (L _{max}), mm	150
Yüzey akış katsayısı (CQOF), birimsiz	0.04
Yüzey altı akış için zaman sabiti (CKIF), saat	900
(CK1;2), saat	1.3
Yüzey akışı başlatan kök bölgesi nem içeriği (TOF), birimsiz	0.29
Yüzey altı akışı başlatan kök bölgesi nem içeriği (TIF), birimsiz	0.8
Taban akımı başlatan kök bölgesi nem içeriği (TG), birimsiz	0.95
Taban akım çekilme süresi (CKBF), saat	25000
Yüzey depolamasıyla ilişkili su içeriği (U/U _{max}), birimsiz	0.01
Kök bölgesi depolaması ile ilişkili su içeriği (L/L _{max}), birimsiz	0.01
Yüzey akış (QOF), birimsiz	0.3
Yüzey altı akış (QIF), birimsiz	0.3
Taban akım (BF), birimsiz	0.0



Şekil 2. Uğrak havzası gözlem ve benzetim akım hidrografi



Şekil 3. Uğrak Havzası uzun dönem yığılımlı gözlemlenmiş ve benzetilmiş akım hacmi

Uğrak havzasında, MIKE 11 NAM modelinin çalıştırılması ile, beş yıllık dönem için gözlenen ve tahmin edilen akım miktarları hacimsel ve pik olarak karşılaştırılmıştır. Uğrak Havzasında 5 yıllık ortalama gözlemlenen akım 27 mm/yıl, tahmin edilen akım ise 28 mm/yıl olarak birbirine oldukça yakın düzeyde olmuştur. Gözlenen ve tahmin edilen akım hidrografi Şekil 2'de ve yığılımlı akım hacmi Şekil 3'te verilmiştir.

Mike 11 NAM' in Uğrak havzası için gözlenen ile tahmin edilen akımlarının tahmin başarısı için hesaplanan EI indeksi (Efficiency Index) ve RMSE indeksi (Root Mean Square Error) değerleri sırası ile, 0.1231 ve 0.0127 olarak bulunmuştur. EI indeksi bire yaklaştığında tahminin başarısının iyi olmasına rağmen RMSE indeksi ise sıfıra yaklaştığında tahminin iyi olduğunu göstermektedir. Çalışmada, EI indeksi birden oldukça küçük çıkmıştır. Buna karşın ise RMSE indeksi sıfıra oldukça yaklaşmıştır. Bu sonuca dayanarak modelin havza ölçülmüş akımlarını iyi tahmin edebildiğine karar vermek doğru bir yaklaşım kabul edilmemiştir. Bu nedenle modelin gerçek anlamda gözlenmiş verilerin temel istatistik özelliklerini koruyup korumadığı test edilmiştir.

Modelden tahmin edilen akımların ortalaması ile gerçek verilerin ortalaması arasında istatistik anlamda fark olup olmadığı Eşitlik 3'te verilen ilişki yardımı ile test edilmiştir. Elde edilen t_{test} değeri (-40.91) çok yüksek bulunmuş ve ortalamalar arasında fark yoktur şeklinde kurulan hipotez % 5 anlamlık seviyesinde t dağılım tablo değerine göre reddedilmiştir.

Varyans homojenliği için yapılan Levene test sonuçlarına göre, gözlenen ve tahmin edilen akımların varyansları açısından anlamlı bir farkın olduğu belirlenmiştir. Eşitlik 4'ten elde edilen LW istatistiğinin (45.43) F tablosundaki olasılık değeri (0.00), çalışma için kabul edilen α önem seviyesi (0.05)'den daha küçük olmuştur. Yapılan bu analiz ile gözlenmiş ve tahmin edilmiş akımlar varyans açısından değişkenlik göstermiş, yani varyansın eşitliği ile ilgili hipotez red edilmiştir.

Sonuç olarak, Uğrak havzası akımlarının MIKE 11 NAM modeli ile tahmin edilmesinin uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak daha kesin bir kanı için, modelin performansı diğer havzalarda da test edilmelidir. Kuşkusuz modelin girdi parametrelerinin çok olması ve buna bağlı olarak bu parametrelerin havzayı tam anlamıyla yansıtamaması, modelin tahmin başarısını düşürmektedir. Bu nedenle bu tip çalışmalarda modelin performansı daha çok model parametrelerinin başarılı olarak tayin edilmesi ile ilgilidir. Ancak şu da unutulmamalıdır ki bir modelin parametre sayısı ne kadar fazla ise modelin tahmin etmedeki başarısı o oranda zorlaşacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Dawson, CW, Abrahart, RJ, See, LM. 2007. Hydrotest: A web-based toolbox of evaluation metrics for the standardized assessment of hydrological forecasts. Environmental Modeling and Software, 22, 1034-1052.

- [2] Dawson, CW, Abrahart, RJ, See, LM. 2009. Hydrotest: Further Development of a web resource for the standardized assessment of hydrological models. Environmental Modeling and Software, in press.
- [3] Khan, MS, Coulibaly, P, Dibiye, Y. 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. Journal of Hydrology, 319 (1-4): 357-382.
- [4] Oğuz, İ, Balçın, M. 2003. Tokat Uğrak Havzası yağış ve akım karakteristikleri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tokat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Tokat
- [5] Okman, C. 1994. Hidroloji. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay.1388, Ankara, 359 s.
- [6] Shamsudin, S, Hashim, N. 2002. Rainfall runoff simulation using MIKE 11 NAM. Jurnal Kejuruteraan Awam (Journal of Civil Engineering), 15 (2) .
- [7] Tao, PC, Delleur, JW. 1976. Seasonal and nonseasonal ARMA models in hydrology. Journal of The Hydraulics Division, HY10, 1541-1559.