

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

Halil KARAHAN*
M. Tamer AYVAZ**
Gürhan GÜRARSLAN***

ÖZ

Bu çalışmada, Genetik Algoritma (GA) optimizasyon tekniği ile Şiddet-Süre-Frekans analizi yapan bir çözüm algoritması GAP bölgesi içinde yer alan dört il merkezine uygulanmıştır. Optimizasyon işlemini gerçekleştirmek amacıyla, düzenlenmiş model etkinlik katsayısı (E) amaç fonksiyonu olarak tanımlanmış ve bu fonksiyonun maksimize edilmesi amaçlanmıştır. GA yöntemi ile istenilen formdaki matematiksel modelin katsayıları, mevcut verileri en iyi temsil edebilecek şekilde belirlenebilmektedir. Şiddet-Süre-Frekans ilişkisinin belirlenmesinde alternatif bir teknik olarak önerilen çözüm algoritmasının; uygulandığı GAP illeri için çok iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Kullanılan algoritma sayesinde ağırlık parametreleri, yoğun istatistik hesaplamalar ve/veya çok sayıda deneme-yanılma yerine optimizasyon tekniği ile tek aşamada belirlenebilmektedir.

ABSTRACT

Determination of Intensity-Duration-Frequency Relationship by Genetic Algorithm: Case Study of GAP

In this study, a solution algorithm that solves Intensity-Duration-Frequency relationship by using Genetic Algorithm (GA) optimization technique has been applied to four city centers in the GAP region. Modified coefficient of efficiency (E) is selected as an objective function and maximization of E is intended. Regional parameters of any mathematical model may be determined with GA method by appropriately fitting to the current data. Results showed that the developed solution algorithm that is alternatively proposed to determine Intensity-Duration-Frequency relationship gives accurate results for the cities located in the GAP region with the present solution algorithm, the weighting parameters may be determined in one-stage instead of any statistical computations and/or trial-error procedures.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 06.04.2006 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2008 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - hkarahan@pamukkale.edu.tr
** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - tayvaz@pamukkale.edu.tr
*** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - gurarslan@pamukkale.edu.tr

1. GİRİŞ

Yerleşim bölgelerinde, yağmur suyu drenaj sistemleri veya birleşik sistem kanalizasyon şebekelerinin tasarımıyla bu sistemler üzerindeki pompa istasyonları, su tutma haznelere ve yan savakların optimum şekilde tasarımı için öncelikle yağış şiddetinin, yağış süresi ve frekansı ile değişimin bilinmesi gerekmektedir. Daha sonra ise tasarıma esas olacak hesap yağmurunun seçilmesi gerekir

Yağış şiddeti ile süre arasındaki ilişki genellikle yağış şiddetinin yinelenme süresiyle değişimini gösteren eğrilerden elde edilmektedir. Bu eğriler ise genellikle ampirik ve/veya istatistiksel yaklaşımlardan elde edilir.

Şiddet-Süre-Frekans ilişkisi, yinelenme süresi (T), zaman (t) ve ağırlık parametreleri olarak adlandırılabilen bölgesel parametrelerin bir fonksiyonudur. Ağırlık parametrelerinin belirlenmesi, genellikle matematiksel dönüşümler ve/veya istatistik analizler gerektirir ve çoğu zaman hangi dağılımın gözlem verilerine daha iyi uyum gösterdiğinin belirlenmesi çok sayıda denemeyi veya bu amaçla geliştirilen yazılımların kullanımını gerektirir.

GA optimizasyon tekniği kullanılarak; yağış-akış modellemesi [1-3], hidrolik seviyeler kullanılarak akifer parametrelerinin belirlenmesi [4-5], su dağıtım şebekelerinin optimum tasarımı [6-7], aylık akış serilerinin modellenmesi [8] gibi çalışmalar yapılmıştır. GA ile Şiddet-Süre-Frekans analizi ile ilgili literatürdeki ilk çalışma Karahan ve diğ. [9] tarafından yapılmış ve tek bir istasyon (İzmir) için uygulanmıştır. Bu çalışmada ise, GAP bölgesinde yer alan dört ilin her biri için önerilen metodoloji uygulanmış ve Şiddet-Süre-Frekans ilişkisi farklı ampirik ve istatistiksel formlarda ifade edilerek, veri setine en uygun ağırlık parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, belirtilen dört ili ifade edebilecek bölgesel bir bağıntı önerilmiş ve bu bağıntının geçerliliği ayrı ayrı elde edilen bağıntılarla karşılaştırmak suretiyle test edilmiştir.

Yapılan çalışma, gözlem verilerine en iyi uyum gösteren şiddet-süre bağıntısının elde edilmesinde GA optimizasyon tekniğinin etkin bir çözüm aracı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

2. ŞİDDET-SÜRE-FREKANS İLİŞKİSİNİN FORMÜLASYONU

Probleme ilgili formülasyon aşağıdaki gibi iki grup halinde verilebilir:

2.1. Ampirik Formülasyon

$$I = \frac{w_0 T^{w_1}}{t^{w_2}} \quad (1)$$

$$I = \frac{w_0 T^{w_1}}{(w_2 + t^{w_3})^{w_4}} \quad (2)$$

burada: I , yağış şiddeti (mm/dk), T , yinelenme süresi, t , zaman ve w_k , (Denklem (1) için: $k = 0,1,2$; Denklem (2) için: $k = 0,1,\dots,4$) ise ağırlık parametrelerini temsil etmektedir.

2.2. İstatistiksel Formülasyon

Şiddet-Süre-Frekans ilişkisinde ağırlıklı olarak kullanılan istatistiksel dağılımlar: *Gumbel*, *Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GED)*, *Gamma*, *Lognormal*, *Log Pearson III*, *Üstel Dağılım*, vb. dir. Koutsoyiannis ve diğ. [10], Şiddet-Süre-Frekans probleminin Gumbel ve GED dağılımlarına daha iyi uyduğunu göstermişlerdir. Genel olarak Gumbel dağılımı:

$$I = w_0 \frac{w_1 - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]}{(w_2 + t^{w_3})^{w_4}} \quad (3)$$

ve genel olarak GED dağılımı:

$$I = \frac{w_0 \left\{ w_1 + \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-w_2} \right\}}{(w_3 + t^{w_4})^{w_5}} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Karahan ve diğ. [9], Karahan ve Ayvaz [11] tarafından önerilen, ve bu çalışmada da kullanılan iki ampirik formülasyon aşağıdaki gibidir:

$$I = \frac{\sum_{i=0}^M w_i [\ln(T)]^i}{(w_{M+1} + t^{w_{M+2}})^{w_{M+3}}} \quad (5)$$

$$I = \frac{\sum_{i=0}^M w_i [\ln(T)]^i}{\sum_{i=0}^M w_{(M+1)+i} [\ln(t)]^i} \quad (6)$$

burada: M ilgili denklemin mertebesidir ve bu çalışmada $M=4$ kabul edilmiştir.

3. MODEL UYGULAMASI

3.1. Genetik Algoritmalar ile Optimizasyon

Yapay zekanın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel hesaplama tekniğinin önemli bir bölümünü oluşturan Genetik Algoritmalar, Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Herhangi bir problemin genetik algoritma ile çözümü, problemi sanal

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

olarak evrimden geçirmek sureti ile yapılmaktadır. GA'lar Goldberg [12], Gen ve Cheng [13]'in kitaplarından sonra mühendislik problemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

GA'ların temel özelliklerinden birisi kromozomlarla temsil edilen toplumun bazı operatörler kullanılarak değiştirilmesidir. Kromozomlar, verilen bir l uzunluğunda karakter zincirleriyle temsil edilebilirler. Her bir kromozom problem için uygun bir çözümü temsil eder. Kromozomlar semboller zincirinden meydana gelir ve her bir sembol bir bit (digit) olarak adlandırılır. Her bir bit hangi parametreyi temsil ediyorsa sırasıyla dizilerek kromozom oluşturulur. Örneğin zincirler ikilik sayı sistemi içerisinde oluşturuluyorsa, her bir zincir 0 ve 1 değerini alır. GA ile problem arasındaki bağlantı amaç fonksiyonu (F) ile sağlanır. F fonksiyonu kromozomların gerçel sayılara çevrilmesini sağlar. Eğer amaç fonksiyonu maksimize ediliyorsa, F değerinin büyük olması bu kromozomun temsil ettiği çözümün diğer kromozomlara göre daha iyi olduğunu gösterir.

GA'lar ardışık jeneratif bir yöntemdir. GA'lar üç temel parametreyi kullanırlar: *Yeniden üretim*, *çaprazlama* ve *mutasyon*. GA süreci içerisinde yapılan her bir jenerasyon mevcut olan toplumdaki yeni bir toplum ortaya çıkarır. Örneğin, başlangıç için toplum büyüklüğü p_z olsun. Her bir p_z bireyi bir tam sayıya atanır. Bu atama gelişigüzel veya deterministik olabilir. Yeniden üretim süreci, en uygun bireyleri amaç fonksiyonuna bağlı olarak ve seçim operatörlerini, örneğin, rulet tekeri veya turnuva [14] gibi, kullanarak mevcut toplumun içerisinde seçerler. Yeniden üretim operatörü mevcut jenerasyondaki en iyi bireylerin seçimini yaparak gelecek jenerasyonlara geçmesini sağlarlar. Bu operatör işlemi tamamladıktan sonra çaprazlama ve mutasyon operatörleri devreye girerek verilen çaprazlama (p_c) ve mutasyon (p_m) olasılıkları doğrultusunda toplum içerisindeki diğer manipulasyonları yapar. Konuyla ilgili detaylı bilgi [12-15]'de bulunabilir.

Şiddet-süre bağıntısının GA ile belirlenebilmesi için, öncelikle kullanılan her bir değişkenin ikilik sayı sisteminde kodlanarak gerekli uzunluklarının bulunması gerekir. Bu işlem için her bir katsayının alt ve üst limitleri verilerek, alt limitleri (0000..) ve üst limitleri (1111...) temsil etmek koşulu ile, alt ve üst limitler arasında her bir katsayının alabileceği değerler doğrusal olarak ölçeklendirilerek, bu katsayılara karşılık gelen ikili bitler hesaplanır. Örneğin, katsayıları 2 bit ile temsil edilmesi durumu aşağıdaki gibidir.

Gerçek değerler	0.0	0.55	0.20	1.0
İkilik temsili	00	01	10	11

Çoklu katsayılı parametrelerde yukarıda temsil edilen değerler her bir parametre için istenilen sırada temsil edilebilirler. Problemimizde her bir modelleme için belirlenen denklemlerin katsayıları w_i olsun. w_i ağırlık katsayıları olarak adlandırılıp aşağıdaki şekilde temsil edilebilir:

Ağırlık parametreleri	w_1	w_2 w_i
İkilik temsil edilmesi	1010 ...	0110		1011

Modelleme sırasında ağırlık parametrelerinin ikilik sistemde temsil edilirken, her bir ağırlık katsayısı için fazla sayıda bit kullanmak duyarlılığı artıracaktır. Ancak, bit sayısının fazla olması hesaplama süresini de artırabilir. Bu katsayılar için gerekli olan ortalama bit sayısı ikilik sistemde aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir [12]:

$$2^m \geq \frac{w_i^U - w_i^L}{\Delta w} + 1, \quad i = 1, 2, 3, \dots, z \quad (7)$$

Denklem (7)'de w_i^L alt w_i^U üst limit değerlerini, m dijital sayısını, z ağırlık katsayılarının sayısını, Δw ise ağırlık parametresinin duyarlılığını göstermektedir ve Denklem (8) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\Delta w_i = \frac{w_i^U - w_i^L}{2^{l_i} - 1} \quad (8)$$

Denklem (8)'de l_i gerekli dijital sayısını göstermektedir. İkili sistem içerisindeki sayıların gerçel sayılara dönüşümü ise Denklem (9) yardımıyla bulunur.

$$w_i = w_i^L + \Phi_i \Delta w_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, z \quad (9)$$

Denklem (9)'da Φ_i ikilik sistemden bulunan tam sayıyı ifade etmektedir.

Yukarıda tanımlanmış olan GA modeli yardımıyla toplum formları ve karakteristikleri değiştirilerek yeni jenerasyon oluşturulur. Ardışık işlem birçok jenerasyondan sonra optimum-veya-yakın optimum ağırlık katsayı değerlerine ulaşır. Optimum strateji genellikle optimumu temsil eden ağırlık katsayılarının bulunmasıdır. *Elitler stratejisi* ise her bir jenerasyonda bulunan en iyi kromozomu tutarak diğer toplumun içerisine taşımaktır. *Elitler stratejisi* problemin çözüm işlemini kolaylaştırır.

GA'lar amaç fonksiyonu değerlendirmesi işlemine göre sürece devam ederler. Amaç fonksiyonu, tasarımın veya parametre değerinin ne kadar iyi olduğunu gösterir. Bu nedenle; amaç fonksiyonunun seçilmesi büyük önem taşır.

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan amaç fonksiyonlardan birisi olan düzenlenmiş model etkinlik katsayısı (E) amaç fonksiyonu olarak seçilmiş ve bu fonksiyonun maksimum olması amaçlanmıştır. Amaç fonksiyonu (F) olarak seçilen E , Denklem (10)'da verilmiştir:

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

$$Max F(x) = E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |I_i^{Gözlem} - I_i^{Hesap}|}{\sum_{i=1}^N |I_i^{Gözlem} - \overline{I^{Gözlem}}|} \quad (10)$$

Denklem (10)'da $\overline{I^{Gözlem}}$, gözlenen yağış şiddetlerinin ortalamasını, $I_i^{Gözlem}$, gözlenen, I_i^{Hesap} , hesaplanan yağış şiddetlerini, N toplam gözlem sayısını göstermektedir. GA ile optimizasyon işlemi, amaç fonksiyonunun ardışık 20 jenerasyondaki değişimi, öngörülen bir tolerans değerinden küçük olunca sona ermektedir. GA ile optimizasyon işlemine ait hesap adımları aşağıda verilmiştir.

- Adım 0. Başlangıç.* Genetik algoritma için ilgili parametrelerin girilmesi (p_z , p_c , p_m , tolerans).
- Adım 1.* Başlangıç olarak kabul edilen ağırlık parametrelerinin belirlenmesi
- Adım 2.* Bu parametreler için ilgili denklem kullanılarak sayısal çözüm yapılması.
- Adım 3.* Denklem (10) kullanılarak amaç fonksiyonun hesaplanması.
- Adım 4.* Amaç fonksiyonun maksimum olup olmadığının kontrol edilmesi (Toplumdaki bireylere ait amaç fonksiyonlarının ortalaması ile toplumdaki en büyük amaç fonksiyonunun arasındaki farkın tolerans değerinden küçük olup olmadığının kontrolü), eğer değilse amaç fonksiyonunun değerine göre toplumun yeniden üretilmesi.
- Adım 5.* Çaprazlama ve Mutasyon operatörlerinin uygulanmasıyla yeni jenerasyonun yapılması ve yeni toplumun oluşturulması ve *Adım 2'*ye gidilmesi.

GA ile optimizasyon işleminde aşağıdaki parametreler kullanılmıştır.

Toplum büyüklüğü (p_z)	:	100
Durma Koşulu	:	Son 20 jenerasyondaki değişim ≤ 0.001 (tolerans)
Ağırlık parametrelerinin sayısı (k)	:	Denklem (1): 3, Denklem (2): 5 Denklem (3): 5, Denklem (4): 6 Denklem (5): 8, Denklem (6): 10
Çaprazlama olasılığı (p_c)	:	0.80
Mutasyon olasılığı (p_m)	:	0.025

3.2. Sayısal Uygulamalar

Geliştirilen modelin uygulanması amacı ile DMI Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep ve Şanlıurfa istasyonlarına ait yağış verileri kullanılmış ve bu illere ait şiddet-süre-frekans bağıntısı elde edilmiştir. İncelenen bu dört istasyon için, model uygulamasında kullanılan

en büyük ve en küçük yağış verileri ile bu verilerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 1-4'de verilmiştir. Tablo 1-4'den görüleceği gibi, yağış verileri 14 standart yağış süresi için incelenmiştir.

Tablo 1. DMI Adıyaman İstasyonu yağış verilerinin istatistiksel özeti

1965-1987	Dakika				Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Min (mm)	2.80	3.30	3.50	4.30	6.30	9.40	12.10	14.50	14.70	16.70	17.40	20.90	21.30	29.50
Max (mm)	19.10	35.60	41.10	46.10	50.30	52.70	53.70	56.60	59.40	62.90	65.50	65.60	71.00	80.20
Ort. (mm)	6.26	9.32	11.14	14.01	16.20	19.76	21.90	23.92	26.07	28.18	31.75	37.01	42.56	51.08
St. Sap. (mm)	3.66	6.88	7.91	8.93	9.27	9.11	9.22	9.75	10.43	11.16	12.07	12.12	13.01	13.78

Tablo 2. DMI Diyarbakır İstasyonu yağış verilerinin istatistiksel özeti

1940-1987	Dakika				Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Min (mm)	0.80	1.30	2.10	3.60	6.40	8.80	9.90	11.50	11.50	12.90	13.50	13.60	16.00	20.60
Max (mm)	11.00	15.30	17.00	22.30	24.40	27.60	35.20	37.20	38.50	43.90	47.80	54.70	54.70	57.60
Ort. (mm)	5.19	7.51	8.99	11.02	13.10	16.28	18.84	20.26	21.79	23.40	25.28	28.34	31.17	37.17
St. Sap. (mm)	2.62	3.75	4.31	5.08	4.60	4.40	5.86	6.43	7.59	8.26	9.17	10.60	11.20	9.47

Tablo 3. DMI Gaziantep İstasyonu yağış verilerinin istatistiksel özeti

1957-1987	Dakika				Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Min (mm)	1.80	3.30	3.30	5.30	8.00	11.40	11.40	11.40	13.90	15.20	16.20	17.20	17.40	24.40
Max (mm)	17.50	23.80	28.00	32.60	32.60	35.50	37.50	37.80	38.70	38.70	38.70	45.30	50.10	57.90
Ort. (mm)	5.45	7.99	9.46	12.10	14.44	18.53	20.47	22.02	23.11	24.14	25.73	27.69	31.46	37.38
St. Sap. (mm)	3.81	5.02	5.81	6.68	6.41	6.51	7.26	7.48	7.50	7.64	7.64	8.19	9.19	9.37

Tablo 4. DMI Şanlıurfa İstasyonu yağış verilerinin istatistiksel özeti

1959-1987	Dakika				Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Min (mm)	1.20	1.80	3.20	4.80	7.70	8.60	10.00	10.50	13.00	13.80	13.80	13.80	14.20	24.70
Max (mm)	13.80	20.50	28.80	41.90	48.90	50.40	51.80	53.80	67.90	72.90	83.30	115.70	117.10	120.20
Ort. (mm)	5.31	7.49	9.05	12.42	15.92	20.90	23.17	25.37	27.17	28.87	31.60	36.13	37.94	43.36
St. Sap. (mm)	3.59	5.10	6.25	8.45	9.80	12.13	13.41	14.09	15.63	16.11	17.59	22.57	22.53	21.02

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

Modelde kullanılan veri sayısı sınırlı olduğu için yinelenme süreleri, T_{jl} , herbir yağış şiddet değeri için Gringorten denklemi (detaylı bilgi için bkz. [16-17]) kullanılarak elde edilmiştir. Gringorten denklemi:

$$T_{jl} = \frac{m_j + 0.12}{L - 0.44} \quad j = 1,2,3,\dots,14; \quad l = 1,2,3,\dots,L \quad (11)$$

burada, m_j , incelenen yağış süresi için sıra numarasını, L ise gözlem yıl sayısını göstermektedir. Geliştirilen çözüm algoritması ile Denklem (1)-(6)'ya göre düzenlenmiş model etkinlik katsayısı (E) GA ile maksimize edilmiştir. Herbir istasyon için kullanılan amaç fonksiyonunu ve farklı farklı amaç fonksiyonlarının Denklem (1)-(6) için değişimi Tablo 5-8'de verilmiştir İlgili tablolarda kullanılan, RMSE: Hataların karelerinin ortalamasının karekökünü; MAE: Mutlak hataların ortalamasını; r: Korelasyon katsayısını göstermektedir.

Tablo 5. DMI Adıyaman İstasyonu amaç fonksiyonlarının değişimi

ADİYAMAN	RMSE	MAE	r	E
Denklem (1)	0.10314	0.04120	0.97866	0.86908
Denklem (2)	0.08180	0.03506	0.98596	0.88857
Denklem (3)	0.16789	0.03696	0.94756	0.88254
Denklem (4)	0.09093	0.03447	0.98318	0.89044
Denklem (5)	0.06609	0.02375	0.99202	0.92453
Denklem (6)	0.06019	0.02128	0.99347	0.93236

Tablo 6. DMI Diyarbakır İstasyonu amaç fonksiyonlarının değişimi

DİYARBAKIR	RMSE	MAE	r	E
Denklem (1)	0.10132	0.04666	0.96446	0.82225
Denklem (2)	0.10205	0.04588	0.96546	0.82521
Denklem (3)	0.04221	0.02254	0.99378	0.91414
Denklem (4)	0.07784	0.03382	0.98020	0.87115
Denklem (5)	0.03472	0.01875	0.99584	0.92857
Denklem (6)	0.03636	0.01818	0.99547	0.93074

Tablo 7. DMI Gaziantep İstasyonu amaç fonksiyonlarının değişimi

GAZİANTEP	RMSE	MAE	r	E
Denklem (1)	0.07355	0.03597	0.98497	0.86626
Denklem (2)	0.06914	0.03465	0.98654	0.87114
Denklem (3)	0.09096	0.03660	0.97855	0.86391
Denklem (4)	0.06584	0.03231	0.98783	0.87986
Denklem (5)	0.04800	0.02660	0.99356	0.90110
Denklem (6)	0.04365	0.02476	0.99467	0.90795

Tablo 8. DMI Şanlıurfa İstasyonu amaç fonksiyonlarının değişimi

ŞANLIURFA	RMSE	MAE	r	E
Denklem (1)	0.10007	0.03923	0.97197	0.85006
Denklem (2)	0.09348	0.03732	0.97475	0.85739
Denklem (3)	0.08684	0.03556	0.98104	0.86408
Denklem (4)	0.07924	0.02985	0.98139	0.88592
Denklem (5)	0.06199	0.02476	0.98979	0.90538
Denklem (6)	0.05330	0.02450	0.99157	0.90637

Tablo 5-8'den görüldüğü gibi en büyük E değeri önerilen (6) numaralı denklem ile sağlanmıştır. Bu nedenle, verilen yinelenme süreleri için yağış şiddetlerinin belirlenmesinde Denklem (6) kullanılmıştır. Herbir istasyon için ağırlık parametreleri Tablo 9'da verilmiştir.

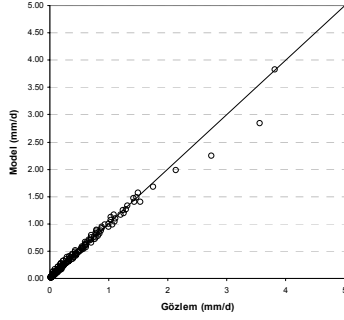
Tablo 9. Denklem (6)'da kullanılan ağırlık parametrelerinin her bir istasyon için değişimi

ADİYAMAN	$I = \frac{1.700 + 7.383[\ln(T)] - 3.132[\ln(T)]^2 - 3.520[\ln(T)]^3 + 3.432[\ln(T)]^4}{2.202 + 1.140[\ln(t)] + 0.143[\ln(t)]^2 - 0.252[\ln(t)]^3 + 1.159[\ln(t)]^4}$
DIYARBAKIR	$I = \frac{1.215 + 6.752[\ln(T)] - 1.113[\ln(T)]^2 - 2.222[\ln(T)]^3 + 0.960[\ln(T)]^4}{1.099 + 2.487[\ln(t)] + 0.761[\ln(t)]^2 - 1.666[\ln(t)]^3 + 1.673[\ln(t)]^4}$
GAZİANTEP	$I = \frac{1.054 + 3.778[\ln(T)] + 0.075[\ln(T)]^2 - 1.070[\ln(T)]^3 + 0.782[\ln(T)]^4}{0.430 + 2.422[\ln(t)] + 0.988[\ln(t)]^2 - 1.793[\ln(t)]^3 + 1.310[\ln(t)]^4}$
SANLIURFA	$I = \frac{2.235 + 9.399[\ln(T)] - 4.296[\ln(T)]^2 + 7.973[\ln(T)]^3 - 3.307[\ln(T)]^4}{0.400 + 4.921[\ln(t)] + 8.573[\ln(t)]^2 - 9.519[\ln(t)]^3 + 3.970[\ln(t)]^4}$

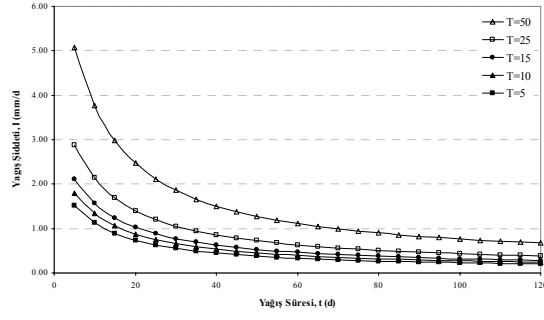
Denklem (6) için her bir istasyondaki gözlem değerleri ile model sonuçlarına ait saçılma grafikleri ve her bir istasyonda farklı yinelenme süreleri için yağış şiddetinin değişimi Şekil

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

1-4'de verilmektedir. Yağış şiddetinin süreye göre değişimi, kısa süreli yağışlar için önemli olduğundan Şekil 1-4 (b)'de süre olarak 120 dakika kullanılmıştır. Daha uzun süreli yağışlar için yağış şiddetinde belirgin bir değişim görülmemektedir.

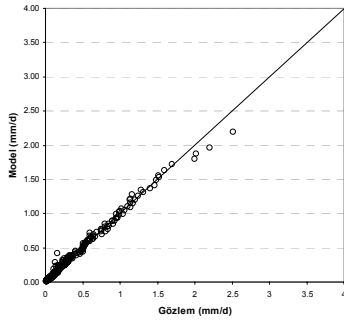


(a)

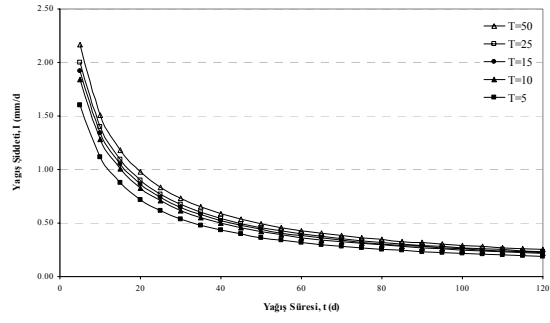


(b)

Şekil 1. (a):DMI Adıyaman İstasyonu için gözlem ve model sonuçlarına ait saçılma grafiği, (b): Seçilen yinelenme süreleri için hesaplanan yağış şiddetleri

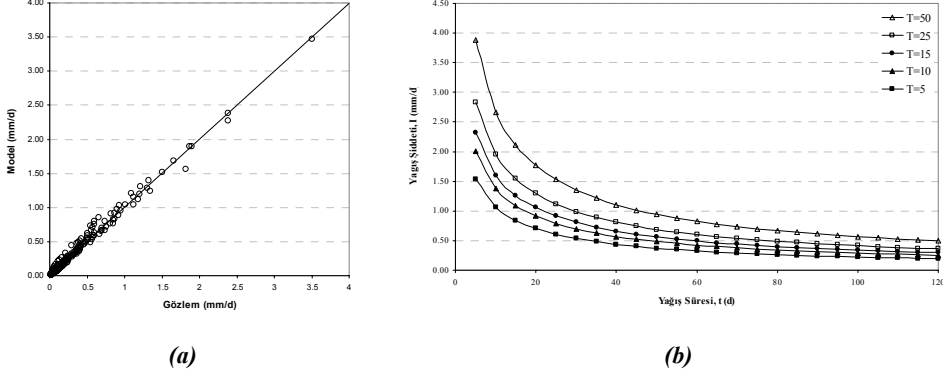


(a)

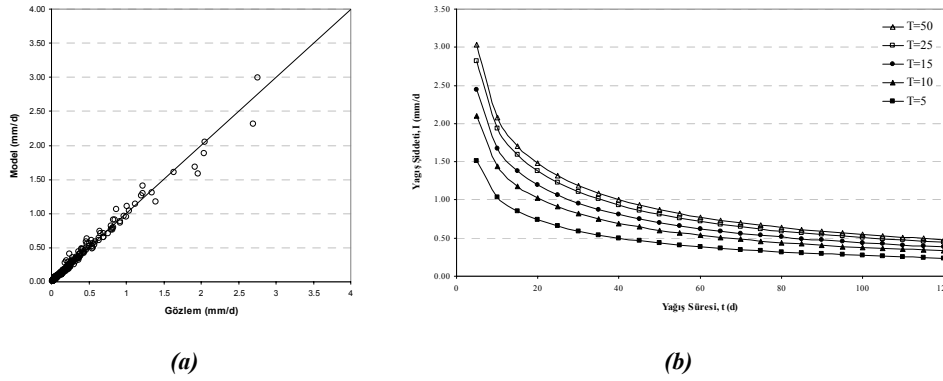


(b)

Şekil 2. (a):DMI Diyarbakır İstasyonu için gözlem ve model sonuçlarına ait saçılma grafiği, (b): Seçilen yinelenme süreleri için hesaplanan yağış şiddetleri



Şekil 3. (a):DMI Gaziantep İstasyonu için gözlem ve model sonuçlarına ait saçılma grafiği, (b): Seçilen yinelenme süreleri için hesaplanan yağış şiddetleri



Şekil 4. (a):DMI Şanlıurfa İstasyonu için gözlem ve model sonuçlarına ait saçılma grafiği, (b): Seçilen yinelenme süreleri için hesaplanan yağış şiddetleri

Tablo 5-8'den görüleceği gibi önerilen 6 numaralı denklem model performans ölçütleri açısından şiddet-süre-frekans ilişkisini her bir yerleşim yeri için çok iyi temsil etmektedir. Bu nedenle, incelenen dört ilin tek bir bağıntıyla ifade edilmesinin mümkün olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla; Denklem (6) enlem, boylam ve yükseltiyi temsil edecek şekilde bölgesel bir $\lambda(x, y, z)$ katsayısı ile çarpılmış ve Denklem (12) elde edilmiştir.

$$I = \lambda(x, y, z) \frac{\sum_{i=0}^M w_i [\ln(T)]^i}{\sum_{i=0}^M w_{(M+1)+i} [\ln(t)]^i} \quad (12)$$

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

burada x , y ve z sırasıyla enlem, boylam ve yükseltiyi göstermektedir. Önerilen bölgesel $\lambda(x, y, z)$ katsayısı, Denklem (13)'deki gibi iki farklı senaryo için incelenmiştir.

$$\lambda(x, y, z) = \begin{cases} \text{Senaryo 1: } x^\alpha \cdot y^\beta \cdot z^\gamma \\ \text{Senaryo 2: } x^\alpha + y^\beta + z^\gamma \end{cases} \quad (13)$$

burada α , β ve γ bölgesel ağırlık katsayıları olup optimizasyon işlemi sonucu belirlenmektedir. İncelenen istasyonlar için Denklem (12)'de kullanılan enlem, boylam ve yükselti değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. İncelenen istasyonların enlem, boylam ve yükseltileri

Istasyon	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
ADIYAMAN	37.76	38.28	669
DIYARBAKIR	37.92	40.23	660
GAZIANTEP	37.07	37.39	850
SANLIURFA	37.17	38.79	518

Bölgesel analiz için önerilen (istasyonların enlem, boylam ve yükselti değerlerini içeren) Denklem (12) in parametreleri GA tekniği kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Denklem (12)'de kullanılan ağırlık parametrelerinin senaryolar için değişimi

Senaryo 1	$I = (x^{2.317} y^{-1.785} z^{-0.159}) \frac{0.175 + 1.282[\ln(T)] - 1.634[\ln(T)]^2 + 1.482[\ln(T)]^3 - 0.459[\ln(T)]^4}{0.214 + 1.003[\ln(t)] + 0.504[\ln(t)]^2 - 0.823[\ln(t)]^3 + 0.572[\ln(t)]^4}$
Senaryo 2	$I = (x^{0.074} + y^{-0.051} + z^{-0.038}) \frac{0.076 + 0.484[\ln(T)] - 0.472[\ln(T)]^2 + 0.394[\ln(T)]^3 + 0.120[\ln(T)]^4}{0.072 + 0.611[\ln(t)] + 0.275[\ln(t)]^2 + 0.479[\ln(t)]^3 + 0.318[\ln(t)]^4}$

Tablo 11'den görüleceği üzere, GA optimizasyon tekniği ile çözüm bölgesinin tümü her iki senaryo için tek bir denklemle ifade edilmiş ve ilgili ağırlık parametreleri belirlenmiştir.

Farklı hata değerlendirme ölçütlerine göre model performansları Tablo 11'de verilmiştir. İlgili Tablodan görüleceği gibi bölgesel analiz için önerilen iki senaryonun da performansı her bir istasyon için yapılan analiz sonuçlarına oldukça yakındır. Bu nedenle, pratik uygulamalar için çözüm bölgesinin tümünün tek bir denklemle ifade edilmesinin mümkün olabileceği görülmektedir. Ayrıca, önerilen denklem yardımıyla yağış ölçümü bulunmayan yerleşim yerleri için de şiddet-süre-frekans ilişkisi belirlenebilir.

Tablo 12. Farklı hata değerlendirme ölçütlerine göre istasyonların model performansının değişimi

	RMSE		MAE		r		E	
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2
ADIYAMAN	0.034	0.045	0.022	0.029	0.996	0.996	0.919	0.892
DIYARBAKIR	0.044	0.043	0.023	0.023	0.994	0.994	0.911	0.912
GAZIANTEP	0.069	0.068	0.029	0.028	0.985	0.986	0.892	0.894
SANLIURFA	0.069	0.090	0.029	0.041	0.985	0.976	0.892	0.843
BÖLGESEL	0.062	0.063	0.029	0.029	0.988	0.987	0.892	0.888

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Şiddet-Süre-Frekans ilişkisini genetik algoritma optimizasyon tekniği ile belirleyen bir çözüm algoritması, GAP kapsamında yer alan dört il için uygulanmış ve belirtilen dört ili ifade edebilecek bölgesel bir bağıntı önerilmiştir. Önerilen bölgesel bağıntının geçerliliği farklı iki senaryo için ayrı ayrı elde edilen bağıntularla karşılaştırmak suretiyle test edilmiştir. Şiddet-Süre-Frekans analizi çeşitli ampirik ve istatistiksel formülasyonlar kullanılarak incelenmiş, ayrıca iki adet ampirik formülasyon önerilerek çözüm yapılmıştır.

Optimizasyon işleminde gözlenen ve hesaplanan yağış şiddetleri arasındaki ilişkiyi belirleyen model etkinlik katsayısı (E) amaç fonksiyonu olarak tanımlanmış ve bu değer maksimum yapılması sağlanmıştır.

Şiddet-Süre-Frekans ilişkisinin belirlenmesinde alternatif bir teknik olarak önerilen çözüm algoritmasının; uygulandığı GAP illeri için çok iyi sonuçlar verdiği, gözlem ve model sonuçlarının birlikte verildiği saçılma grafiklerinden (Şekil 1-4) görülmektedir.

Yapılan analizlerden önerilen 6 numaralı denklemin model performans ölçütleri açısından şiddet ve frekans ilişkisini her bir yerleşim yeri için çok iyi temsil ettiği görülmüş (Tablo 5-8), bu nedenle çözüm bölgesinin tümü bu denklemin düzenlenmesiyle tek bir bağıntı ile ifade edilmiştir. Önerilen bölgesel ağırlık katsayısı diğer denklemler için de kullanılabilir.

Bu teknik sayesinde ağırlık parametreleri, yoğun istatistik hesaplamalar ve/veya çok sayıda deneme-yanılma yerine optimizasyon tekniği ile tek aşamada belirlenebilmektedir.

Ampirik formülasyonda her bir istasyon için E değerleri 0.82-0.88 gibi yüksek değerler göstermesine karşılık gözlem süresinin kısa olduğu ya da hatalı ölçümlerin bulunduğu istasyonlar için özellikle yinelenme süresi artıkça gözlem ve model sonuçları arasındaki sapmalar belirginleşmektedir. Bölgesel analizde parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan gözlem sayısı arttığında, önerilen bölgesel bağıntının kullanılmasıyla bu sapmalar büyük oranda iyileştirilmektedir. Ayrıca, yağış ölçümü bulunmayan ya da kısa süreli ölçümleri bulunan yerleşim yerleri için de önerilen bölgesel bağıntı kullanılmak suretiyle şiddet-süre-frekans bağıntısı kolayca elde edilebilir.

Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği

Önerilen 5 ve 6 nolu ampirik formüller tüm performans göstergeleri açısından diğer ampirik ve istatistik formüllere göre daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca, incelenen iller için genellikle GED dağılımı, Gumbel dağılımından daha iyi sonuç vermektedir.

Şiddet-Süre-Frekans ilişkisinin GA ile modellenmesinde, çözüm için gerekli bilgi-işlem süresi oldukça kısa olup, Şiddet-Süre-Frekans analizi için etkin bir yöntem olarak optimizasyon tekniği, çözüm aracı olarak ta tek adımda global optimumu ya da global optimuma yakın sonuçlar elde edebilen GA önerilmektedir. Önerilen yöntem uygulamacılar için ileri bir teknik olmasına karşılık, uygulamacılar Tablo 9 ve 11’de verilen formülleri kullanarak farklı yinelemeli ve süreli yağışlar için yağış şiddetini kolayca hesaplayabilirler.

Kaynaklar

- [1] Franchini, M., Use of a genetic algorithm combined with a local search method for the automatic calibration of conceptual rainfall-runoff models, *Hydrological Sciences Journal*, 41(1), 21-39, 1996.
- [2] Ndiritu, J.G., Daniell, T.M., An Improved Genetic Algorithm for Rainfall-Runoff Model Calibration and Function Optimization, *Mathematical and Computer Modeling*, 33, 695-706, 2001.
- [3] Agrawal, R.K., Singh, J.K., Application of a Genetic Algorithm in the Development and Optimization of a Non-linear Dynamic Runoff Model, *Biosystems Engineering*, 86(1), 87-95, 2003.
- [4] Ayvaz, M.T., Karahan, H., Ceylan, H., Genetik Algoritma Tekniği ile Akifer Parametrelerinin Belirlenmesi, 2. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 215-229, 2005.
- [5] Tsai, FT-C, Sun, NZ, Yeh, WWG., A Combinatorial Optimization Scheme for Parameter Structure Identification in Ground-Water Modeling, *Groundwater*, 41(2), 156-169, 2003.
- [6] Karahan, H., Ayvaz, M.T., Ceylan, H., Su Dağıtım Şebekelerinin Genetik Algoritma Tekniği ile Tasarımı, 2. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 577-587, 2005.
- [7] Gupta, I., Gupta, A., Khanna, P., Genetic algorithm for optimization of water distribution systems, *Environmental Modelling and Software*, 14(5), 437-446, 1999.
- [8] Karahan, H., Ceylan, H., Akış Serilerinin Genetik Algoritma ile Tahmini, *Advances in Civil Engineering*, 6th International Conference, İstanbul, 6-8 October, 1289-1298, 2004.
- [9] Karahan, H., Ceylan, H., Ayvaz, M. T., Predicting Rainfall-Intensity using Genetic Algorithm Approach, *Hydrological Processes*, 21(4), 470-475, 2007.
- [10] Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., And Manetas, A., A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, *Journal of Hydrology*, 206, 118-135, 1998.

- [11] Karahan, H., Ayvaz, M. T., Yağış-Şiddet-Süre Bağıntısının Doğrusal Olmayan Optimizasyon Tekniği ile Belirlenmesi: Antalya Örneği, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 163-170, 2005.
- [12] Goldberg, D.E., Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.
- [13] Gen, M., Cheng, R., Genetic Algorithms and Engineering Design. John Wiley, 1997.
- [14] Goldberg, D.E., Deb, K.A., Comparative analysis of selection schemes used in genetic algorithms, Foundations of Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann Publishers, 1991.
- [15] Şen, Z., Genetik Algoritmalar ve En İyileme Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, 2004.
- [16] Cunnane, C., Unbiased plotting positions: A review, Journal of Hydrology, 37 205-222, 1978.
- [17] Bayazıt, M., Hidrolojide istatistik yöntemler, İTÜ kütüphanesi, Sayı: 1197, 1981.