

1-1-1999

Determination of Monthly Areal Rainfall Depths Using Geostatistical Techniques in the Eastern Mediterranean Region and Stochastic Modeling

MAHMUT ÇETİN

FATİH TOPALOĞLU

KAZIM TÜLÜCÜ

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture>



Part of the [Agriculture Commons](#), and the [Forest Sciences Commons](#)

Recommended Citation

ÇETİN, MAHMUT; TOPALOĞLU, FATİH; and TÜLÜCÜ, KAZIM (1999) "Determination of Monthly Areal Rainfall Depths Using Geostatistical Techniques in the Eastern Mediterranean Region and Stochastic Modeling," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 23: No. 9, Article 21. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol23/iss9/21>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Agriculture and Forestry by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

Doğu Akdeniz Bölgesinde Aylık Alansal Yağışların Jeostatistiksel Yöntemle Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi

Mahmut ÇETİN, Fatih TOPALOĞLU, Kazım TULÜCÜ

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330 Balcalı, Adana-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 01.10.1997

Özet: Bu çalışmada, Doğu Akdeniz bölgesi ve geçit kuşağında yer alan yağış gözlem istasyonlarının uzun yıllık aylık noktasal yağış gözlemlerinin uzaysal değişkenlik yapıları jeostatistiksel yöntemle belirlenmiştir. Belirlenen aylık yarıvariogram modelleri kullanılarak, Çukurova bölgesinde yer alan Tarsus Ovası için uzun yıllık aylık ortalama alansal yağış değerleri *blok kriging* tekniği ile türetilmiştir. Türetilen alansal yağış değerleri zaman serisi analizine tabi tutularak ortalama ve standart sapma etrafındaki periyodik bileşen giderilmiş, artık terimlerin birbirinden bağımsız ve *lognormal* dağılıma uyduğu χ^2 testi ile belirlenmiştir. Lognormal dağılım fonksiyonu kullanılarak, Tarsus Ovası alansal yağış serisinin standart yinelenme yılları için aylara göre *yinelenme yılı-yağış* eğrileri geliştirilmiştir.

Determination of Monthly Areal Rainfall Depths Using Geostatistical Techniques in the Eastern Mediterranean Region and Stochastic Modeling

Abstract: The purpose of this study was to generate monthly areal rainfall depths in the Tarsus Plain using geostatistical techniques, and to determine the stochastic structure of areal rainfall series generated geostatistically. Data were obtained from rainfall observation stations located in the eastern Mediterranean region and the surrounding areas. Monthly spatial dependence structures of rainfall depths at the observed points were depicted using a spherical semivariogram model. The areal rainfall series was estimated using block kriging procedure. The trend, periodic and stochastic components of that series were tested statistically and modeled stochastically. Monthly areal *rainfall depth-recurrence interval curves* were developed for the Tarsus plain.

Giriş

Su kaynaklarının planlanmasında yağış gözlemleri temel girdi olarak kullanılmaktadır. Hidrolik yapıların kapasitelerinin belirlenmesinde, baraj ve gölet gibi depolama tesislerinin işletme çalışmalarında, sulama planlaması, drenaj sistemlerinin kapasitelerinin tayini ve meteorolojik karakterli doğal afetler gibi diğer mühendislik hidrolojisine yönelik çalışmalarda yağış gözlem istasyonlarında gözlenen noktasal yağış derinlikleri yerine, dikkate alınan havza üzerine düşen ortalama alansal yağış derinliğinin kullanılması tercih edilmektedir.

Standart yağış ölççeklerinde gözlenen noktasal yağış derinlikleri ancak belirli bir alanı temsil edebilirler (1). Geniş alanlarda çalışılması durumunda, havzayı karakterize edecek alansal yağış yüksekliğinin bulunması gerekir. Alansal yağış yüksekliği, ölççeklerdeki gözlenen yağış yüksekliklerinin sentroidi olup, her noktada gözlem yapma olanağı bulunmadığından gözlem değerleri ile hesaplama yoluna gidilmektedir.

Alansal yağış genellikle aritmetik ortalama, Thiessen poligonları, izohiyet eğrileri gibi klasik istatistiksel yöntemlerden biri kullanılarak belirlenebilmektedir(1,2). Fakat bu yöntemler yağış karakterini, yağışın uzaysal bağımlılığı ile yağış gözlem istasyonlarının konumlarını gözönüne almamakta; yanlış tahminlerin yapılmasına sebep olmakta ve yapılan tahminin güven sınırları konusunda bir fikir verememektedir(3). Son yıllarda jeostatistik yöntemler kullanılarak, seçilmiş bir alan için yansız ve minimum varyanslı optimal alansal yağış tahminleri yapılabilmekte(4) ve ayrıca, belirlenmiş bir alt havza veya blok alana ilişkin alansal yağış serileri de türetilenmektedir(5,6).

Alansal yağışların tahmininde kullanılan noktasal yağış serileri genellikle yıllık periyodun etkisi ile parametrelerinde periyodik bileşen içermektedir. Böyle bir serinin istatistiksel olarak incelenebilmesi ve frekans analizlerine tabi tutularak bazı sonuçların elde edilebilmesi için serinin periyodik dalgalanmalardan arındırılması ve otokorelasyon katsayılarının istatistiksel anlamda önemsiz

olması gerekmektedir. Aksi takdirde seri, zaman serisi analizine tabi tutularak stokastik bir modelle ifade edilme yoluna gidilmektedir(7). Noktasal yağış serileri için bu tür çalışmalara sıkça rastlanılmasına rağmen, alansal yağış serilerinin benzer şekilde incelenmesine yönelik çalışmalara yaygın olarak rastlanılmamaktadır(8). Alansal yağışların benzer yaklaşımla incelenerek probabilistik ve stokastik davranışlarının belirlenmesi, modellenmesi ve bu modellerin kullanıcıların hizmetine sunulması gerekmektedir.

Bu çalışmada; gözlenen aylık noktasal yağışların *uzaysal bağımlılık yapılarının jeoistatistiksel yöntemlerle* saptanması, belirlenmiş bir alan için *blok kriging tekniği* ile uzun yıllık aylık *alansal yağış serisinin* türetilmesi ve bu serinin *stokastik* olarak modellenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Materyal

Bu çalışmada; Doğu Akdeniz bölgesi ve geçit kuşağında yer alan, DMİ ve DSİ genel müdürlükleri ve taşra teşkilatlarınca işletilen toplam 175 adet yağış gözlem istasyonunun uzun yıllık aylık yağış gözlemleri kullanılmıştır (Şekil 1). Gözlem istasyonlarının koordinatları *derece-dakika* biriminden temin edilmiştir. Bu koordinatlar *Gauss-Krüger* koordinatlarına bir program yardımı ile dönüştürülmüş ve *km* birimi ile ifade edilmiştir. Çalışma alanının genel konumu ve çalışmada kullanılan istasyonların nokta dökümleri Şekil 1'de verilmiştir.

Metod

Yarıvariogram Analizi

Bir alan üzerindeki yağış gözlem istasyonlarında gözlenen aylık yağış derinlikleri yöresel bir değişken olarak ele alınabilir(9). Böyle bir yöresel değişkenin yön gözetilmeksizin (omnidirectional) *ortalama deneysel yarıvariogramı*, gözlemler arası h_{ij} uzaklığının bir işlevi olarak (1) eşitliği yardımı ile hesaplanabilmektedir(10).

$$\gamma_t(h_{ij}) = \frac{1}{2K} \sum_{k=1}^K \{p_{k,t}(u_i) - p_{k,t}(u_j)\}^2 ; t = 1, \dots, 12 \quad (1)$$

$i=1, \dots, N ; j = i+1, \dots, N$

Burada;

t = Yarıvariogramın ait olduğu ay

h = Gözlem çiftleri arasındaki vektörel uzaklık

K = Ortak gözlemlenilen yıl sayısı

u_i ve u_j = sırası ile i . ve j . istasyonların koordinatları

N = Toplam istasyon sayısı

Örneklerden hesaplanan deneysel yarıvariogram yapısına teorik bir model uydurularak parametreleri saptanmaktadır. Hidrolojik çalışmalarda genellikle geçişli modeller olarak da bilinen *h^k , küresel, lineer, eksponensiyel ve Gauss tip* teorik yarıvariogram modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modeller, matematiksel olarak (2) eşitliği ile deyimlenmektedir (11,12).

h^k Tip Model :

$$\gamma(h) = C_0 + \alpha h^k \quad 0 < k < 2$$

Küresel Tip Model:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & h \leq a \\ C = C_0 + C_1 & h > a \end{cases} \quad (2)$$

Eksponensiyel Tip Model:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - e^{-\frac{3h}{a}}]$$

Gauss Tip Model :

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - e^{-3\left(\frac{h}{a}\right)^2}]$$

Burada;

k = Üs

h = Gözlem çiftleri arasındaki vektörel uzaklık

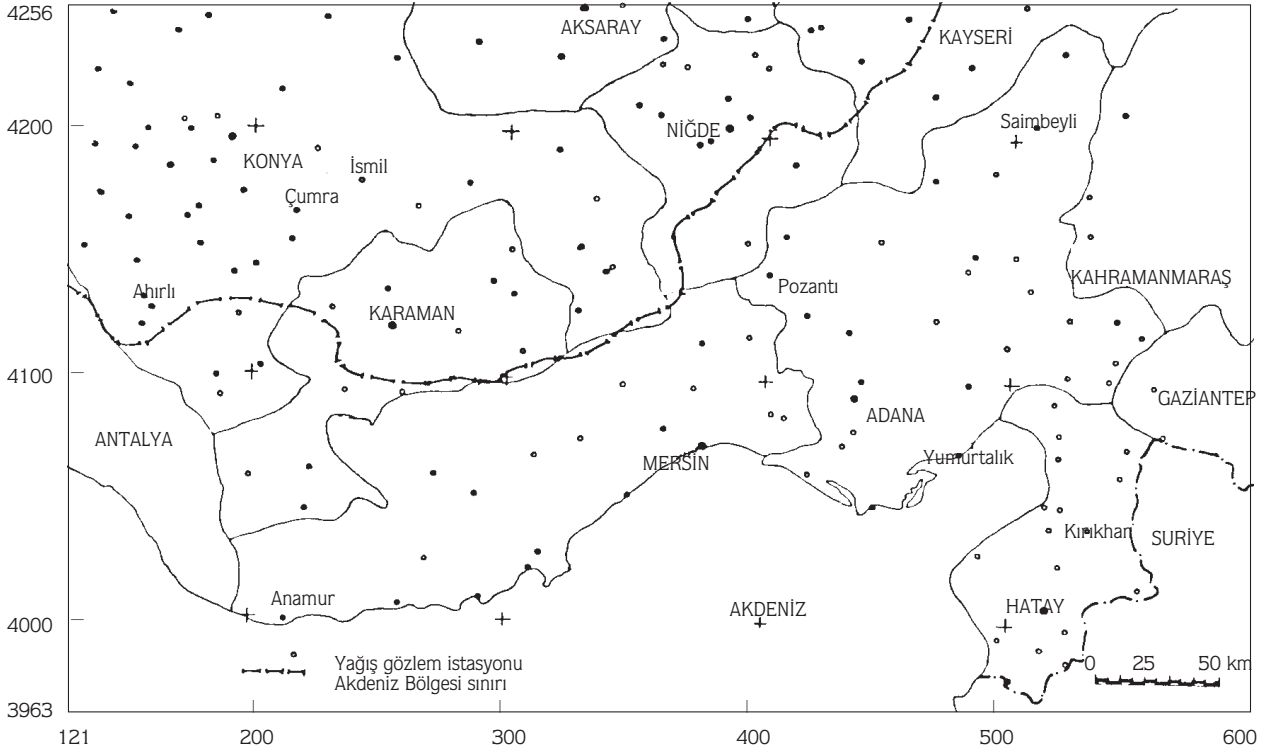
a = Gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu kabul edilen etki uzaklığı

C_0 = Kontrolsuz varyans (Nugget etki)

C_1 = Yapısal varyans (Stokastik varyans)

C = Eşik değer veya tepe varyans

Deneysel yarıvariogramlara uyan teorik yarıvariogram modeli ve parametrelerinin belirlenmesi ile yarıvariogram analizi tamamlanmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanı Genel Konumu ve Yağış Gözlem İstasyonları Lokasyon Haritası

Aylık Alansal Yağışın Hesabı

Alanı A olan bir havza veya seçilmiş bir blok alan için, belirli bir aya ilişkin alansal yağış şöyle ifade edilmektedir(11).

$$\hat{p} = \frac{1}{A} \int_A P(u) du \quad (3)$$

P(u) fonksiyonu nümerik değerli olduğundan; alansal yağışın lineer, yansız ve minimum varyanslı optimal tahmininde (4) eşitliği tercih edilmektedir(9).

$$\hat{p} = \sum_{i=1}^n \lambda_i P(u_i) \quad (4)$$

λ_i değerleri, tahminde kullanılan n sayıdaki istasyona atfedilen ağırlık katsayılarıdır. Bu değerler, çalışma alanı için belirlenen teorik yarıvარიogram modelleri temel alınarak oluşturulan ve (5) eşitliği ile verilen blok kriging denklem sisteminin çözümünden elde edilmektedir.

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(d_{ij}) + \mu &= \frac{1}{A} \int_A \gamma(u_j, u) du, \quad j=1,2,\dots,N \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Burada;

d_{ij} = i. ve j. gözlem istasyonları arasındaki uzaklık

$\gamma(u_i, A)$ = A alanındaki bütün noktalar ile u_i koordinatlı gözlem istasyonu arasındaki ortalama yarıvარიogram değeri

$\gamma(AA)$ = A alanı içerisindeki yer alan birbirinden bağımsız nokta çiftleri arasındaki ortalama alansal yarıvარიogram değeri

μ = Lagrange çarpanı

Eşitlik (5) ile verilen denklem sisteminde, sağ tarafın nümerik çözümü kolayca yapılabilen ve tahmine ilişkin kriging standart sapma değeri de belirlenebilmektedir (6,9,11). Seçilmiş bir alan için, (4) eşitliği ile alansal yağış serisi oluşturulmakta ve amaca uygun zaman serisi analizleri yapılabilmektedir.

Alansal Yağış Serisinin Stokastik Olarak Modellenmesi

Gidiş (T_t), periyodik (P_t) ve stokastik (S_t) bileşenlerden oluşan bir hidrolojik zaman serisi, $X_t=T_t+P_t+S_t$ biçiminde ifade edilir. Bu bileşenler, izleyen kısımda olduğu gibi matematiksel olarak modellenir ve seri stasyoner hale getirilir.

Gidiş bileşeni belirlenmesinde, bir çok yöntem yanında *Kendall sıra korelasyon testi* de yaygın olarak kullanılmaktadır(13). Gidişin varlığına belirli bir önem düzeyinde karar verildikten sonra, bu bileşen bilinen istatistiksel yöntemlerden biri ile seriden uzaklaştırılmaktadır(14).

Gidiş bileşeninden arındırılan serinin herhangi bir parametresindeki yıllık periyodun etkisi ile oluşan periyodik bileşen, Fourier analizi yapılarak (6) eşitliği ile belirlenmektedir(7).

$$v_{\tau} = v_x + \sum_{j=1}^m (A_j \cos \frac{2\pi j\tau}{w} + B_j \sin \frac{2\pi j\tau}{w}) \quad (6)$$

Burada;

v_x = Parametrenin ortalama değeri

m = Önemli harmonik sayısı

A_j, B_j = Fourier katsayıları

τ = Parametrenin ait olduğu ay

w = Periyot

Önemli harmonik sayısı m , *kümülatif nispi periyodogram analizi* ile saptanmaktadır. Seriden ortalama ve standart sapma etrafındaki periyodik bileşen çıkarılarak, *stasyonere stokastik süreç* elde edilmektedir(8,12). Bu süreç, Yevjevich(14)'e göre tam stasyoner hale getirildikten sonra, *tam stasyonere* stokastik sürecin (Z_t) *k gecikmeli otokorelasyon katsayıları* kapalı seri kabulünde (7) eşitliği ile hesaplanmaktadır(13).

$$r_k = \frac{\text{COV}(Z_t, Z_{t+k})}{\text{var}(Z_t)} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^N (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (7)$$

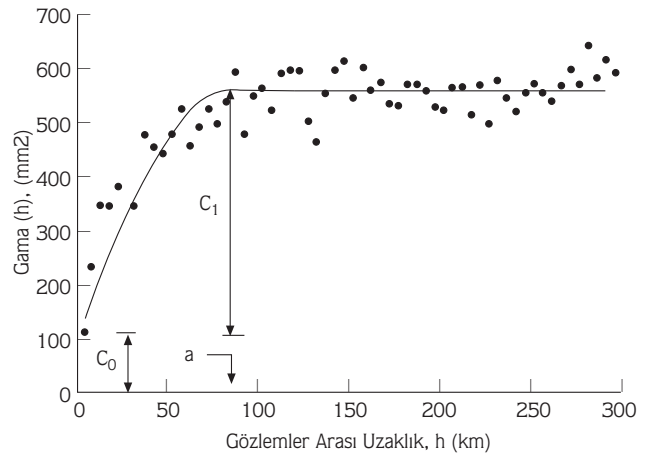
Z_t serisinin hesaplanan r_k değerlerinin sıfırdan anlamlı derecede farklı olup olmadıkları, *Anderson testi* ile belirlenmektedir(1). Stokastik bağımlı sürecin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları kullanılarak, süreç P 'inci mertebeden otoregresif bir modelle, $\{AR(P)\}$, ifade edilmektedir (15).

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Jeoistatistiksel Analiz Sonuçları

Çalışma alanında yer alan gözlem istasyonlarının ikili mümkün bütün kombinezonları oluşturulmak sureti ile toplam 15225 adet h uzaklığı belirlenmiştir. *Yönsüz deneysel yarivariogram* değerleri, belirlenen gözlem istasyonu çiftleri arası h uzaklığının bir işlevi olarak aylara göre (1) eşitliği ile hesaplanmıştır. h uzaklıkları baz alınarak frekans tablosu hazırlanmış ve sınıf orta değerleri belirlenmiştir. Frekans işlemi sonucunda elde edilen ortalama uzaklık ve deneysel yarivariogram değerleri karşılıklı olarak her ay için grafiklenmiştir. Bu grafiklerden, incelenen alana ait uzun yıllık aylık yağış kümesinin uzaysal olarak bağımlı olduğu ve bu bağımlılığın bir modelle ifade edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Aylara göre çizilen ortalama *deneysel yarivariogram* şekilleri incelenmiş ve bu şekillere en iyi küresel tip teorik yarivariogram modelinin uyduğu belirlenmiştir. Haziran ayı için hesaplanan deneysel yarivariogram değerleri h uzaklıklarına göre grafiklenmiş ve örnek olarak Şekil 2'de verilmiştir. Küresel tip teorik yarivariogram ve model parametreleri aynı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışma Alanı Haziran Ayı a) (•) Deneysel Yarivariogram, b) (-) Küresel Tip Teorik Yarivariogram ve Parametreleri

Uydurulan küresel tip teorik yarivariogram model parametreleri aylara göre saptanmış ve Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma alanı için belirlenen aylık yarivariogram modellerinin uyum testi *jack-knifing* yöntemine (3) göre yapılmıştır. Test sonucunda,

belirlenen aylık teorik yarivariogram modeli ve parametrelerinin çalışma alanını temsil edebilir nitelikte olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 1'den görüleceği gibi; aylık küresel yarivariogram modellerinin tamamı *kontROLSUZ varyans* bileşeni içermektedir. KontROLSUZ varyansın *toplam varyans* (eşik değer veya tepe varyans) içindeki oranı ocak ayında minimum (% 0.9), temmuz ayında maksimum (% 28.6) düzeyde bulunmuştur. Bu bileşenin toplam varyans içindeki payı arttıkça, modeller kullanılarak yapılacak tahminlerin güvenilirliği azalmaktadır.

Yarivariogram modellerinin *yapısal varyans* bileşeni ocak ayında maksimum, temmuz ayında minimum seviyede gerçekleşmiştir.

Yarivariogram modellerinin aylara göre *etki uzaklıkları* önemli ölçüde değişim göstermektedir. Bu uzaklıklar ağustos ayında minimum 25.4 km, aralık ayında ise maksimum 273.2 km olarak belirlenmiştir. Yaz aylarında bu uzaklığın azaldığı, kış ve bahar aylarında ise arttığı görülmektedir. Etki uzaklığı arttıkça çalışma alanında herhangi bir istasyonda gözlenen yağış derinliği ile bu uzaklığın komşuluğunda kalan tüm istasyonların gözlemleri birbiri ile ilişkilendirilebilmekte, aksi durumda ise böyle bir çoklu ilişki kurulamamaktadır. Etki uzaklığı azaldıkça yağışın lokal nitelikli ve birbirinden bağımsız olduğu; bu uzaklık arttıkça yağışın bölgesel karakterli ve geniş alanları etkilediği söylenebilir.

Alansal Yağış Serisinin Oluşturulması

Şekil 1'de verilen $\{u(x,y)=(407.90, 4085.98)\}$ koordinatlı Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü (Tarsus A.E.) yağış gözlem istasyonunu merkezleyen ve yaklaşık olarak Tarsus Ovasını içine alan 20x20 km boyutlu, 400 km² genişliğinde bir alan seçilmiştir. Seçilen bu alan için, 1951-1993 yılları arası aylık ortalama alansal yağış derinlikleri hesaplanmıştır(12). Bu amaçla; Tablo 1'de verilen aylık yarivariogram model ve parametrelerini temel alan, (4) ve (5) eşitlikleri ile verilen blok kriging tekniği kullanılmıştır.

Alansal Yağış Serisi Stokastik Analiz Sonuçları

Tarsus Ovası için hesaplanan 43 yıl uzunluğundaki aylık ortalama alansal yağış serisinin gidiş bileşeni, *Kendall sıra korelasyon testine* göre % 5 önem düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Fourier analizi ile serinin ortalama ve standart sapması etrafındaki periyodik bileşen belirlenmiş; harmonikler (j), Fourier katsayıları (A_j, B_j), açıkladıkları varyans ($\text{Var}(h_j)$), nispi varyans (p_j) ve kümülatif varyans (p_m) değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de verilen harmonikler ve açıklanan kümülatif nispi varyansın harmonik sayısının artışı ile değişimi çizilerek, anlamlı harmonik sayısı belirlenmiştir. Buna göre; ortalama ve standart sapma etrafındaki periyodikliğin ilk iki harmonik tarafından % 97 düzeyinde

Tablo 1. Çalışma Alanını Temsil Eden Küresel Tip Yarivariogram Parametreleri

Aylar	KontROLSUZ Varyans		Yapısal Varyans		Etki Uzaklığı (km)
	C_0 (mm ²)	%	C_1 (mm ²)	%	
Ocak	60.7	0.9	6582.0	99.1	162.7
Şubat	188.9	7.8	2222.0	92.2	185.0
Mart	295.7	14.5	1741.0	85.5	199.8
Nisan	320.6	19.3	1337.0	80.7	147.4
Mayıs	195.2	18.9	839.0	81.1	152.2
Haziran	104.8	18.7	456.7	81.2	83.4
Temmuz	57.2	28.6	143.0	71.4	54.5
Ağustos	44.0	20.1	175.0	79.9	25.4
Eylül	27.9	7.8	332.0	92.2	39.2
Ekim	306.3	24.9	924.0	75.1	273.2
Kasım	264.7	10.6	2230.0	89.4	229.0
Aralık	264.4	3.7	6934.0	96.3	255.0

Tablo 2. Tarsus Ovası Aylık Alansal Yağış Serisi Ortalama ve Standart Sapma Parametreleri Periyodik Analiz Sonuçları

Harmonikler (j)	Ortalama		Standart Sapma		Ortalama (m_τ)			Standart Sapma (S_τ)		
	A_j	B_j	A_j	B_j	Var (h_j)= ($A_j^2 + B_j^2$)/2	P_j (%)	$P_m =$ ΣP_j	Var (h_j) = ($A_j^2+B_j^2$)/2	P_j (%)	$P_m =$ ΣP_j
1	49.58	27.42	35.86	15.07	1605.37	86.45	86.45	756.67	82.48	82.48
2	19.11	3.67	16.11	0.32	189.35	10.20	96.64	129.78	14.15	96.63
3	7.88	2.86	5.05	2.81	35.12	1.89	98.53	16.71	1.82	98.45
4	5.36	1.79	0.90	4.37	15.95	0.86	99.39	9.97	1.09	99.54
5	3.82	2.42	0.49	2.85	10.23	0.55	99.94	4.18	0.46	99.99
6	2.06	0.00	0.52	0.00	2.12	0.11	100.00	0.14	0.01	100.00
Parametre Ortalaması (v_x)					52.55			41.74		

açıklanabileceğine karar verilmiştir. Böylece, Tarsus Ovası alansal yağış serisinin periyodik bileşeni (9) eşitliği ile aşağıdaki gibi modellenmiştir.

$$\left. \begin{aligned}
 m_\tau &= 52.55 + 49.58 \cos\left(\frac{2\pi\tau}{12}\right) + 27.42 \sin\left(\frac{2\pi\tau}{12}\right) + \\
 & 19.11 \cos\left(\frac{4\pi\tau}{12}\right) + 3.67 \sin\left(\frac{4\pi\tau}{12}\right) \\
 S_\tau &= 41.74 + 35.86 \cos\left(\frac{2\pi\tau}{12}\right) + 15.07 \sin\left(\frac{2\pi\tau}{12}\right) + \\
 & 16.11 \cos\left(\frac{4\pi\tau}{12}\right) + 0.32 \sin\left(\frac{4\pi\tau}{12}\right)
 \end{aligned} \right\} (9)$$

Eşitlik (9) kullanılarak alansal yağış serisindeki periyodik bileşen uzaklaştırılmış ve seri stasyoner hale getirilmiştir. Bu serinin ortalaması ($\bar{z} = 0.0161$) ve standart sapması ($s = 1.0528$) kullanılarak tam stasyoner stokastik süreç elde edilmiştir. Bu sürecin, hesaplanan k gecikmeli otokorelasyon katsayılarının % 5 önem düzeyinde sıfırdan anlamlı bir şekilde farklı olmadığına *Anderson testi* ile karar verilmiştir. Stokastik sürecin bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır.

Uygulama Alanında Standart Yinelenmeli Aylık Alansal Yağışların Belirlenmesi

Tam stasyoner stokastik bağımsız sürecin *log-normal dağılıma* uyduğu χ^2 testi ile kanıtlanmıştır. Log-normal dağılım fonksiyonu kullanılarak standart yinelenme yılları (2-5-10-25-50-100) için standart normal değişken

belirlenmiştir. (10) eşitliği yardımı ile standart yinelenme yılları için aylık alansal yağış derinlikleri hesaplanmıştır. Aylara göre hesaplanan alansal yağış değerleri ile yinelenme yılları karşılıklı olarak grafiklenmiş ve Şekil 3'de sunulmuştur.

$$X_\tau = m_\tau + s_\tau (\bar{z} + s_z \cdot z_\tau) \quad (10)$$

Burada;

$$\tau = Ay$$

$m_\tau, S_\tau =$ Sırasıyla ortalama ve standart sapma etrafındaki periyodik bileşen

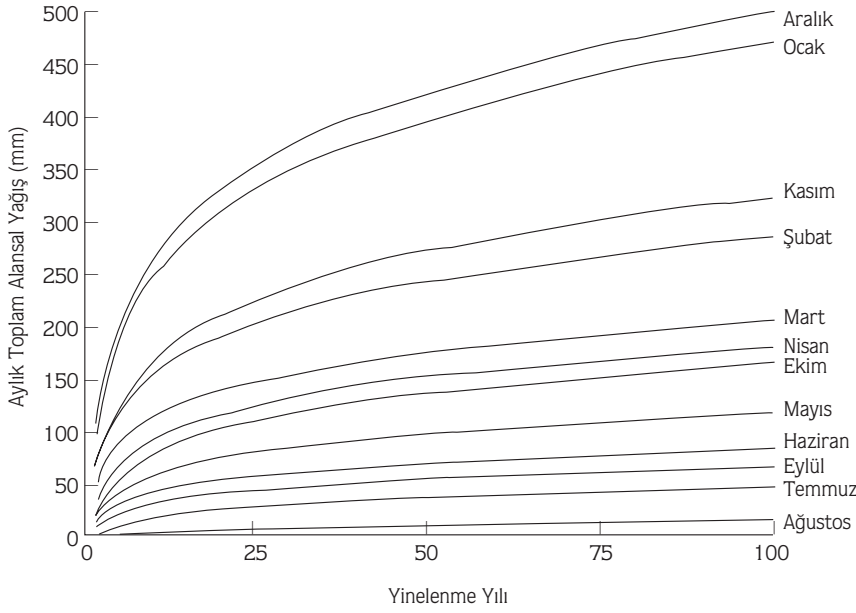
$\bar{z}, S_z =$ Tam stasyoner bağımsız stokastik sürecin ortalama ve standart sapması

$z_\tau =$ T yıl yinelenmeli, Log-normal dağılıma uyan standart normal değişken

Aylara göre çizilen Tarsus Ovası alansal yağış derinliği-yinelenme yılı eğrileri yardımı ile, belirli yinelenme yılları için en yüksek alansal yağış derinliğinin aralık ayında, en düşük alansal yağış derinliğinin ise ağustos ayında olduğu saptanmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ile, meteorolojik ve hidrolojik karakterli doğa olaylarına potansiyel uygulama olanağı bulunan jeoistatistiksel yöntemlerin geniş bir alana yayılmış noktasal yağış gözlemlerine uygulanabilirlikleri araştırılmıştır. Noktasal yağışların uzaysal bağımlılığı ve bağımlılık yapıları belirlenebilmiş; belirlenen yapılar kullanılarak noktasal karakterli gözlem değerleri alansal değerlere dönüştürülerek uzun yıllık alansal yağış serileri türetilenmiştir.



Şekil 3. Tarsus Ovası Alansal Yağış Derinliği-Yinelenme Yılı İlişkileri

Jeostatistiksel yöntemle türetilen aylık alansal yağış serisi stokastik ve probabilistik olarak modellenmiş ve aylık alansal yağış derinliği-yinelenme yılı eğrileri geliştirilmiştir.

Çalışma sonucuna göre öneriler şöyle sıralanabilir:

1. Çalışmada kullanılan yöntem, meteorolojik karakterli diğer doğa olaylarına da uygulanabilir. Noktasal gözlem değerleri alansal değerlere dönüştürülebilir. Alansal değerler kullanılarak olası bir doğal afetin bölgesel olarak şiddeti, süresi, yayılım alanı, etki uzaklığı ve frekansı gibi parametreleri belirlenebilir.

2. Doğa olayının alansal değişimi belirli bir güven düzeyinde haritalanabilir. Alansal değerler zaman boyutunda türetiler ve amaca uygun olarak modellenebilir.

3. Belirli bir alan üzerinde böyle bir ön çalışma yapılarak doğal olayın uzaysal değişkenliği belirlenirse, bu modeller kullanılarak meydana gelecek bir doğal afetin etkileri kısa sürede belirlenebilir ve karar mercilerinin daha sağlıklı kararlar vermesi sağlanabilir.

Kaynaklar

1. Tülücü, K., Hidroloji, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel yayın No: 139, Ders Kitapları Yayın No: 44, Ç.Ü. Basımevi, Adana, 1996, 352 s.
2. Tabios III, G. Q., Salas, J. D., "A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation", Water Resources Bulletin, Vol. 21, No. 3, 1985, pp. 365-380.
3. Vieira, S. R., Hatfield, J. I., Nielsen, D. R., and Biggar, J. W., "Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties", HILGARDIA, Volume 51, Number 3, Davis-California, 1983, 75 p.
4. Chua, S. H. and Bras, R. L., "Optimal Estimators of Mean Areal Precipitation in Regions of Orographic Influence", J. Hydrol., 57:23-48, 1982.
5. Creutin, J. D. and Oblad, C., "Objective Analyses and Mapping Techniques for Rainfall Fields: An Objective Comparison", Water Resources Research, Vol. 18, No. 2, 1982, pp. 413-431.
6. Singh, V. P. and Chowdhury, P. K., "Comparing Some Methods of Estimating Mean Areal Rainfall", Water Resources Bulletin, Vol. 22, No.2, 1986, pp. 275-282.
7. Salas, J. D. and Yevjevich, V., Stochastic Structure of Water Use Time Series, Hydrology Papers, No. 52, Colorado State University, Fort Collins-Colorado, 1972, 71 p.
8. Salas, J. D., Delleur, J. W., Yevjevich, V. and Lane, W. L., Applied Modeling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications, Littleton, Colorado, U.S.A., 1980, 484 p.
9. Lebel, T., Bastin, G., Oblad, C., and Creutin, J. D., "On the Accuracy of Areal Rainfall Estimation: A Case Study", Water Resources Research, Vol. 23, No. 11, 1987, pp. 2123-2134.
10. Olea, R. A., Optimum Mapping Techniques Using Regionalized Variable Theory, Kansas Geological Survey, Series on Spatial Analysis, No. 2, Lawrence, Kansas 1975, 137 p.

11. Delhomme, J. P., "Kriging in the Hydrosiences", *Advances in Water Resources*, Vol. 1, No. 5, 1978, pp. 251-266.
12. Çetin, M., Jeoistatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi Örnek Havza Uygulamaları, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, Temmuz 1996, 127 s.
13. Kottegoda, N. T., *Stochastic Water Resources Technology*, Department of Civil Engineering, University of Birmingham, The McMillan Press Ltd., London 1980, 384 p.
14. Yevjevich, V., *Structural Analysis of Hydrologic Time Series*, Hydrology Papers, No. 56, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 1972, 59 p.
15. Srikanthan, R. and McMahon, T. A., "Stochastic Generation of Annual Stream Flow", *Journal of Hydraulics Division*, 106, HY12, 1980, pp. 2011-2018.