

## Ürdün yağışlarının yarıvaryogram modeli

**Qassem TARAWNEH\*, Zekai ŞEN**

*İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul*

### Özet

*Bu çalışmada yağışın bölgesel bağımlılığını göstermek üzere yarıvaryogram analizi ele alındı ve bölgesel korelasyonlar yarıvaryogramlar kullanılarak açıklandı. Konumu nedeniyle referans bölge olarak alınan Amman istasyonundaki yarıvaryogram örnekleri sekiz yön için hesaplanmış, herbir yöne ait yağış etkisinin yarıçapı belirlenmiştir. Amman bölgesindeki yağış miktarı ağırlığı ortalama kullanılarak tahmin edildi. En kötü örnekte %14'ü aşmayan kabul edilebilir bağıl hata bulundu. Yalnız çöle ait kısımlar bunun dışındadır. Burada daha büyük hata oranları bölgesel bağımlılığın zayıf olduğunu göstermektedir. Bölgesel korelasyonlar eğim açısı z cinsinden ifade edilmiştir. Burada z açısının büyük değerleri bölgesel korelasyonun zayıflığını gösterir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Ağırlıklı ortalama, bölgesel değişken, Ürdün, yağış miktarı, yarıvaryogram.*

### Semivariogram model for Jordan precipitation

#### Abstract

*Jordan is facing various water problems accompanied by rapid population growth. It is very important for Jordan to have enlightening researches and decision-making procedures by giving a new sight on the rainfall as the main water resource in Jordan. In this study, the semivariogram samples are analysed in order to adopt the regional dependence of the precipitation phenomenon. Amman station is taken as a pivot site due to its location in the centre of the Kingdom, where the samples of the semivariogram are calculated for eight directions namely, N, NE, E,...etc. The radiuses of rainfall influence are determined for Amman in each direction. It is observed that the rainfall may be considered as a homogeneous phenomenon in all except along desertic directions, which are NE, E, and SE. The cross validation methods are used to estimate the rainfall in Amman site using different samples representing all directions. The result of cross validation method is acceptable in all samples with relative error not exceeding 14 %, in the worst sample except in the desertic sides where larger errors explain the weak regional dependence. The regional correlations are expressed in terms of slope angle, where large values explain weak regional correlations and vice versa.*

**Keywords:** *Cross validation, Jordan, precipitation, regional variable, semivariogram.*

---

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Qassem TARAWNEH. qyahya\_tarawneh@hotmail.com; Tel: (555) 204 08 25.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Rainfall and Drought Patterns in Jordan" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 29.07.2002 tarihinde dergiye ulaşmış, 25.12.2002 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.05.2003 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Giriş

Ürdün çöl ve dağların bir arada bulunduğu ve bundan dolayı yağışın alansal ve zamansal değişkenliğinin önem taşıdığı bir ülkedir. Ayrıca, Ürdün gibi kurak bir ülkede yağışın en önemli su kaynağı olması bu değişkene olan ilgiyi de artırmaktadır. Literatüre bakıldığında yağış ile ilgili yapılan çalışmaların zaman serileri ve stokastik yöntemlerle gerçekleştirdiği görülmektedir (Kadioğlu v. diğ., 1999, Scott v. diğ., 1979). Yıllık ortalama yağışın alansal analizi için bölgenin iklim koşulları yanında su bütçesi analizi ve yeraltı suyu akış modelleri gerekmektedir (Hevesi v. diğ., 1992). Yıllık yağışın alansal analizi için bir çok yöntem bulunmaktadır. Bunların en çok bilineni Thiesen poligon yöntemi olup Şen (1995) tarafından bu yöntemle izohiyet yöntemi önerisi getirilmiştir. Bununla birlikte alansal incelemelerde yarivaryogram yöntemi kullanıla gelmiştir. Ayrıca Şen tarafından geliştirilen Noktasal Toplam Yarivaryogram (NTYV) yöntemi (1989, 1995), Şen ve Habib (1998) tarafından yağış verilerine uygulanmıştır. Hevesi ve diğerleri (1992) çoklu jeostatistik yöntemlerini yağış hesaplamalarında kullanmışlardır. Ayrıca Noktasal Toplam Yarivaryogram yöntemi meteorolojinin diğer alanlarına da uygulanmıştır (Şen, 1995; Şen ve Şahin, 1998). Bu makalede Şen (1989) tarafından geliştirilen NTYV yöntemine Şahin (2001) tarafından ilave edilen Trigonometrik NTYV yöntemi uygulanacaktır.

## Yöntem ve çalışma

Uzay değişkenliği, alan değişkenlerinin temel bir özelliği olup fiziksel bilimlerde büyük öneme sahiptir (Cressie, 1993). Alan değişkenliği teorisi Matheron (1963, 1971) tarafından geliştirilmiş olup temelleri altın madeninin merkezini tahmin etmek için Güney Afrikalı bir mühendis olan Krige (1951) tarafından atılmıştır. Düzgün noktalara dağılmış olan alansal verilerin interpolasyonu genelde objektif analiz başlığı altında toplanan yöntemler ile ele alınmaktadır. Doğrusal interpolasyon tekniği Gandin (1963, 1970) tarafından önerilmiş olup komşu değerler arasında:

$$P_E = \sum_{i=1}^n w_i P_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

doğrusal bağıntıyı ifade etmektedir. Burada,  $P_i$ 'ler ölçüm yapılmayan nokta etrafındaki ölçümleri,  $P_E$  ise ölçüm yapılmayan alan değişkenliğinin (yağışın) tahmin değeridir. En iyi tahmin yöntemi olan "en küçük kareler yöntemi" ile kare hatalar ortalaması  $V_E$  kolaylıkla minimuma indirilebilmektedir.

$$V_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_E - P_i)^2 \quad (2)$$

Çoğu en iyileme (optimum analiz) tekniğindeki anafikir, herhangi bir noktadaki tahminin rastgele dağılı alanlardaki değerlerin ağırlıklı ortalaması olarak düşünülmesidir. Buna göre, eğer  $i = 1, 2, \dots, n$  meteorolojik değişkeni için  $P_i$  ölçüm değerlerine sahip istasyonlar varsa, tahmin edilen değişken  $P_E$ ,

$$P_E = \frac{\sum_{i=1}^n W(r_{i,p}) P_i}{\sum_{i=1}^n W(r_{i,p})} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $W(r_{i,p})$ ,  $i$ . nokta ile tahmin edilen nokta arasındaki ağırlık fonksiyonunu,  $r_{i,p}$  ise mesafeyi göstermektedir. Bununla beraber, ağırlıkların olayın türüne göre belirli bir uzay bağımlılığı davranışı göstermesi gerekmektedir. Bu durumda, alan kovaryans ve yarivaryogram fonksiyonları uzay ilişkisini içeren ağırlık fonksiyonlarının en önemli seçenekleri olmaktadır. Ne yazık ki, bu fonksiyonların çoğu gerçek olayları temsil etmemekte ve yalnızca mantık ve geometri kurallarına göre işlemektedir. Gerçek olaylarda ise ideal matematiksel eğriler oluşmamaktadır. Literatürde yer alan ağırlık fonksiyonları genel anlamda şu şekilde sıralanabilir;

- Daha önce de belirtildiği gibi bu fonksiyonlar tamamen geometriye dayanmakta ve konumdan konuma değişim gösteren olaylar göz önünde bulundurulmamaktadır. Örneğin, meteoroloji literatüründe Cressman (1959) tarafından önerilen yöntemde;  $W(r_{i,p})$  ağırlık sisteminde,  $R$ , tesir yarıçapı veya maksimum tesir mesafesi olup, genelde, kişisel tecrübe veya alansal olaylarla

ilgi derecesine göre tespit edilmektedir. Bu yöntemin ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$W(r_{i,p}) = \begin{cases} r_{i,p} \leq R & \text{için} & \frac{R^2 - r_{i,p}^2}{R^2 + r_{i,p}^2} \\ r_{i,p} > R & \text{için} & 0 \end{cases} \quad (4)$$

- Geometrik ağırlık fonksiyonunun başka bir şekli ise yine meteoroloji alanında Sasaki (1960) tarafından ileri sürülen ve daha sonra Barnes (1964) tarafından geliştirilen yöntem aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$W(r_{i,p}) = \exp \left[ -4 \left( \frac{r_{i,p}}{R} \right)^2 \right] \quad (5)$$

- Atmosfer olaylarının incelenmesinde Thieboux ve Pedder (1987) Cressman modelini ek bir parametre olan  $z$  ile daha da genişletmişlerdir. Buna göre;

$$W(r_{i,p}) = \begin{cases} r_{i,p} \leq R & \text{için} & \left( \frac{R^2 - r_{i,p}^2}{R^2 + r_{i,p}^2} \right)^\alpha \\ r_{i,p} > R & \text{için} & 0 \end{cases} \quad (6)$$

Denklem 4'te gösterilen ağırlık fonksiyonuna alternatif fonksiyonun güç değeri  $z = 0.4$  olarak belirlenmiştir.

### Varyogram

Jeoistatistik terimi son zamanlarda uygulamalı istatistiğin önemli bir kolu olmaya başlayıp ilk defa Matheron (1963) tarafından yer bilimlerinden biri olan jeolojide maden yatakları için geliştirilmiştir. Geoistatistikte önemli bir konu, tamamen rastgele ve deterministik değişkenlikler arasındaki özellikleri gösteren 'bölgesel değişken' dir. Rastgele değişkenlerin tersine bölgesel değişkenler (BD) noktadan noktaya süreklilik gösterirler. Yarıvaryans, jeoistatistiğin önemli temel bir ölçüsüdür ve özel bir konumdaki alan değişkenliğinin değişim oranını ifade eder. Bir doğru boyunca olan örnekler arasındaki mesafe  $h$  olmak üzere yarıvaryans:

$$\gamma_d = \frac{1}{2n} \sum_i^{n-d} (X_p - X_{p+d})^2 \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $X_p$ , BD'nin ölçülen değeri;  $X_{p+d}$  ise  $d$  mesafe sonraki değişkenin ölçülmüş değerini ifade etmektedir (Davis, 1986).

### Noktasal toplam yarıvaryogram (NTYV)

Yukarıda açıklanan ve Matheron (1963) tarafından önerilen yarıvaryogramın kabullerinin başında durağanlık ve eşit mesafelere bağlı olarak alan ilişkisi bulunmaktadır. Noktasal bir ilişki-den daha çok düzgün dağılı alan ilişkisine bakılmaktadır. Durağanlığın bulunmaması durumunda rastgele dağılı noktalar arasındaki ilişkiye, yarıvaryogram yaklaşımı ile bakılamamaktadır. Şen (1989) tarafından önerilen NTYV, durağanlığın bulunmaması ve noktaların rastgele dağılımına göre nokta ile alan arasındaki ilişkiye dayanır. Hesaplamaları varyogram temeline dayanan NTYV, Şen (1989) tarafından yer bilimlerinde çalışmalarında kullanılmış, yine Şen tarafından (1995) hava kirliliği verilerine uygulanmıştır. Rüzgar hızı ve enerjisi verilerine, Şen ve Şahin (1998) tarafından uygulanmıştır. Şen ve Habib (1998), geliştirdikleri standart alansal bağımlılık (SAB) yaklaşımıyla nokta ve alan tahminleri de yapabilmektedir. SAB fonksiyonları bunlara ilave olarak, istasyon tesir yarıçaplarının belirlenmesine önemli bir yaklaşım getirmektedir.

$X_p$ , referans noktası ve  $d_1, \dots, \dots, d_n$  bu referans noktası ile diğer noktalar arasındaki mesafeler olmak üzere yarıvaryogram:

$$\gamma(d_i) = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_p - X_{d_i})^2 \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. Mesafe ve NTYV değerlerinin birlikte kullanımına imkan tanımak ve karelerden dolayı büyük değerler alan NTYV değerlerini 0-1 arasına taşıyabilmek için verinin özellikleri aynen korunacak şekilde standartlaştırma yapılmalıdır. Standartlaştırma için her iki veri grubunu herbirinin en büyük değerine bölmek gerekir.  $\gamma(d_n)$  en büyük yarıvaryogram ve  $d_n$  de en büyük mesafe değeri olmak üzere;

$$\gamma_{st}(d_i) = \frac{\gamma(d_i)}{\gamma(d_n)} \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$d_{st,i} = \frac{d_i}{d_n} \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

boyutsuz büyüklükleri tanımlanır. Bütün mesafeler gözönünde bulundurulduğunda standart alan bağımlılık (SAB) fonksiyonu oluşacaktır. Tesir katsayısı  $w_i$  olmak üzere denklem 11 yazılabilir.

$$(SAB)_i = w(h_{st,i}) = 1 - \gamma_{st}(d_i) \quad (11)$$

Başka bir ifade ile NTYV'm hesaplanabilmesi için aşağıdaki algoritma adımlarının izlenmesi gerekmektedir:

- Referans bir nokta seçilmeli ve seçilen bu nokta ile diğer noktalar arasındaki mesafeler hesaplanmalıdır. Eğer, n tane nokta varsa, mesafe sayısı da n-1 tane olacaktır,
- Referans nokta ile diğer noktalar arasındaki değerlerin farklarının karelerinin ardışık toplamalarının alınması ve yarıvaryogram olabilmesi için her değerın 1/2'ye bölünmesi gerekir,
- Herbir noktanın mesafe değerlerine (X ekseninde) karşılık gelen NTYV değerleri Y ekseninde işaretlenir,
- Elde edilen fonksiyonun X ekseninde mesafeler ve Y ekseninde ise NTYV değerleri bulunacaktır. Bunları nokta-alan ilişkilendirme hesaplamalarında kullanabilmek için, her bir noktadaki değerler en büyük değerlere bölünerek standart birimsiz hale getirilir,
- Objektif analiz yöntemine göre (Cressman, 1959; Barnes 1964) mesafeler arttıkça tesir de azalacaktır. Buna dayanarak standartlaştırılmış değerler, 1'den çıkarılır ve en büyük değere bölünür ve böylece SAB fonksiyonu elde edilir,
- Her nokta için elde edilen SAB fonksiyonunda noktalar arasındaki mesafelere göre ağırlıklı ortalama alınır ve alansal tahminler yapılır,
- Aynı adımlar trigonometrik NTYV yöntemi için de geçerlidir. Burada boyutsuz ardışık noktalar arasındaki açıların kosinüs değerleri referans nokta ile diğer noktalar arasındaki ilişkiyi gösterdikleri gibi bölgesel değişkenlik

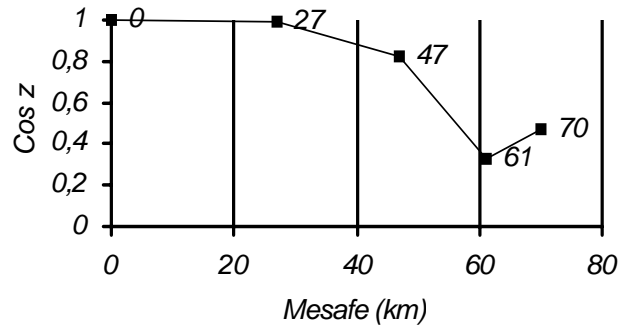
ve tesir yarıçapları da kolaylıkla bulunabilir (Şahin, 2001).

### Çalışma bölgesi

Ürdün'de üç iklim bölgesi mevcuttur. Bunlar sırasıyla Ürdün Vadisi Bölgesi, Dağlar veya Yüksek Kara Alanları ve Doğu Yarı-Kurak Bölgesi veya Bedia Bölgesidir.

1) *Ürdün Vadisi Bölgesi (Ghor)*: Türkiye'nin güney topraklarından Lübnan ve Suriye'ye açılan ve güneyde Kızıl Denize doğru devam eden büyük bir vadinin bir parçasıdır. Çok verimli topraklarıyla Ürdün Vadisi ülke için bir yiyecek deposu olarak nitelendirilir. Bu vadi deniz seviyesinin 32m altından başlar ve bu yükselti yavaşça dünyanın en çukur noktası olan Ölü Deniz'e kadar azalır (Ortalama deniz seviyesinin 392m aşağısı). Bu bölge ülkenin diğer bölgelerinden birkaç derece daha sıcaktır; çünkü buranın konumu batılı hakim rüzgarların kuru ve sıcak havasını bu bölgeye indiren West Bank Dağları'nın arka tarafındadır. Sıcaklık yazın nadiren 40°'nin ve kışın 20°'nin altındadır. Bu çalışmada, bölgenin kuzey ve güney parçalarını temsil etmek için Baqura, Dier Alla ve Ghor Safi isimli 3 istasyon seçilmiştir.

2) *Dağlar veya Yüksek Kara Alanları*: Bu bölge kuzeyden güneye doğru dar çıplak bir alan gibi açılan Ürdün Vadisi'nin batısında bulunmaktadır. Bu bölgenin kısımları engebelidir ve vadiler ve nehir yataklarıyla ikiye bölünmüştür. Nüfusun çoğunluğu bu bölgededir. Ürdün'de en fazla yağışı burası özellikle bu bölgenin kuzey

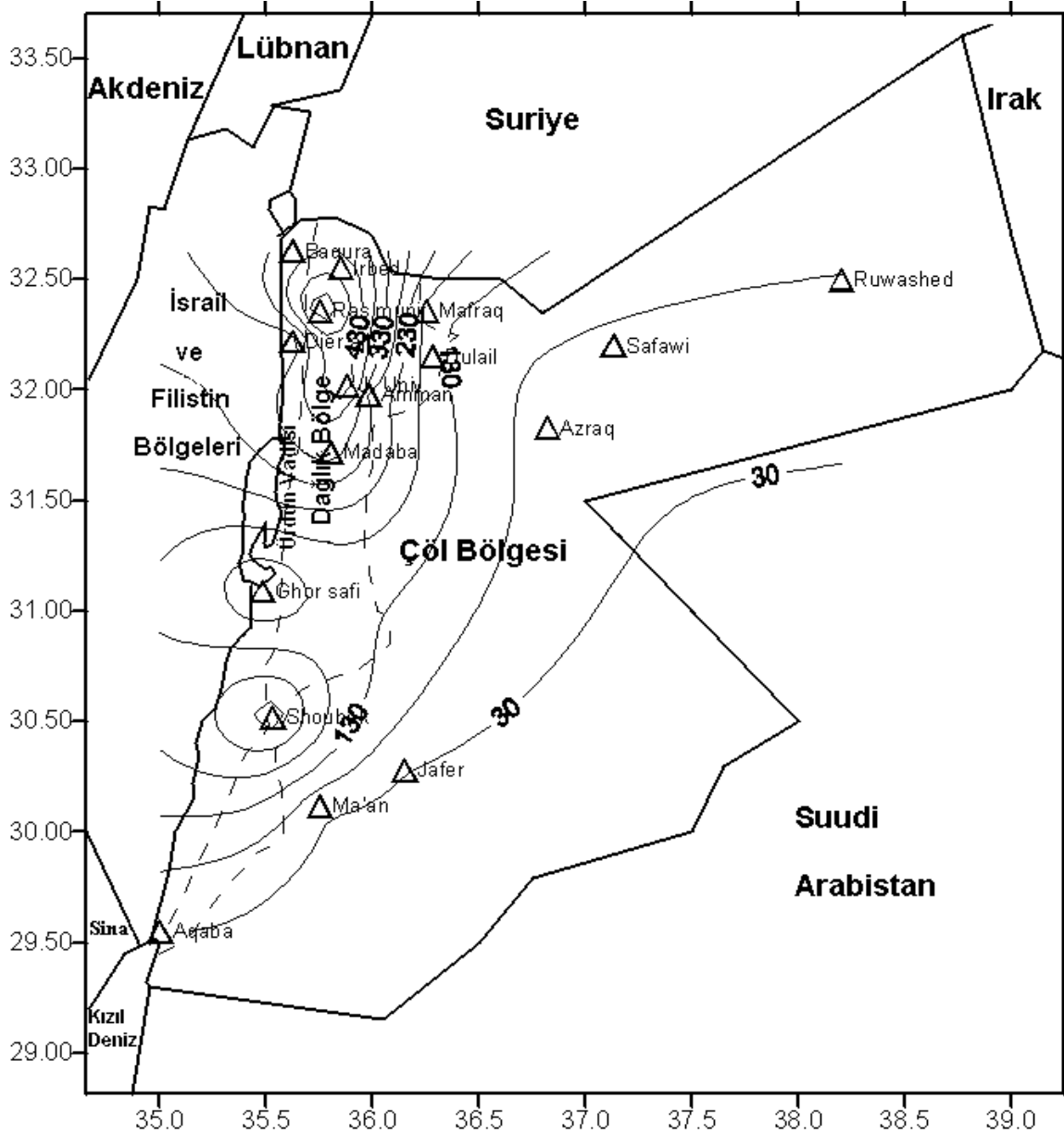


Şekil 1. Kuzey yönündeki  $\cos z$  ve tesir mesafeleri

kesimindeki Ras, Munif ve Irbed almaktadır. Bu istasyonlar bu çalışmada göz önüne alınmıştır (Şekil 2). Aslında bu bölge özellikle kuzey kesimi kış zamanı ortalama olarak Batı Akdeniz bölgesine yerleşen cephesel depresyonlara (örneğin Kıbrıs Alçağı) maruz kalmaktadır. Buna ilaveten, bu bölge üzerindeki yağış oranını arttıran ve şiddetlendiren Akdeniz üzerindeki deniz yollarına maruz kalmaktadır. Kuzeyli yüksekler kadar cephesel depresyonlara direkt maruz kalınmadığı için güneyli yüksekler orta derecede yağış miktarına sahiptirler. Üstelik sahip oldukları nemin çoğunu kaybederek uzun

kara yolunu takip eden cephesel depresyonların yerleştiği Sina Çölü'nün batısında konumlanmıştır. Dağların deniz seviyesinde olan yükseklikleri 600-1500 m arasında değişmektedir.

3) *Doğu Yarı-Kurak Bölgesi veya Bedia bölgesi:* Bu bölge Ürdün'deki toplam alanın %75'ini içermektedir. Kuzeyden Ürdün'ün güney ve güneybatısına doğru uzanmaktadır. Bölgenin kuraklığı konumundan dolayıdır ve ortalama yağış 50mm'den azdır. Bu çalışmada bu bölgeyi temsil eden Jafer, Safawi Mafraq, Dulail, Azraq ve Ruwashed kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ürdün istasyonları ve iklim bölgeleri

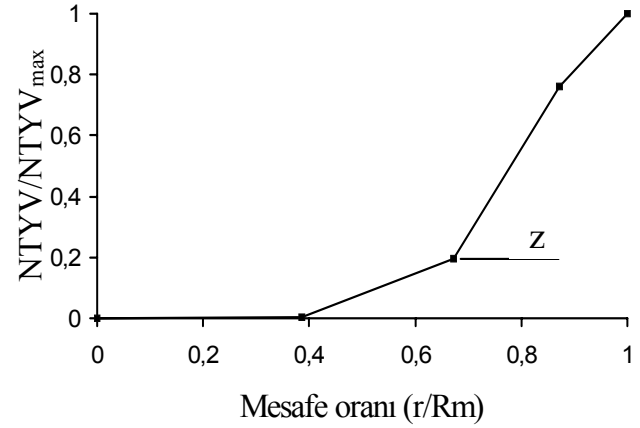
## Ürdün uygulaması

Yağış olayının bölgesel ve fonksiyonel bağımlılığını belirtmek için, bu işlemin yapısal ve uzaysal dağılımını göstermede yarıvaryogram tekniği kullanılmıştır. Yarıvaryogram örnek yağış değerleri arasında mesafenin fonksiyonu olan bir ilişki kurmaktadır.

Yağışın uzaysal dağılımını ve bölgesel bağımlılığını göstermek için Ürdün'ün başkenti olan Amman ülkenin merkezindeki konumundan, yağış veya diğer herhangi bir iklim bileşeninde Ürdün ikliminin ekstermlerini yansıtmadığından dolayı örnek istasyon olarak alınmıştır. Örneğin Amman dağlık bir bölgededir ve yağış değeri 272mm'dir. Oysa Ras Munifve Irbed istasyonları da hemen hemen dağlık bölgelerde bulunmalarına rağmen sırasıyla yağış değerleri 587mm ve 462mm'dir.

Bölgesel ve iklimsel bağımlılığı ve yağışın uzaysal dağılımını analiz etmede ve Amman çevresindeki tesir yarıçapını bulmada 8 yöne bağlı yarıvaryogram modeli kuruldu. Çalışmada K, KD, D, GD,..., KB ana yönleri göz önünde bulunduruldu. Tablo 1 Amman'ın kuzeyindeki istasyonları ve onların Amman'dan olan uzaklıklarını vermektedir. Şekil 3, Amman ve kuzeyindeki istasyonlar arasındaki yağışın homojenliğini ve bölgesel bağımlılığını anlatan kuzey Amman bölgesi örneğini temsil etmektedir. Homojenlik Şekil 3'deki eğri üzerinde z açılarıyla gösterilmektedir ve z artarken bölgesel bağımlılık azalır. z'nin 0° olması istasyonun aynı bölgesel bağımlılığa sahip olduğunu ve olayın Amman gibi aynı bölgesel karakteristikleri içerdiğini ifade eder. Bunun tersi ise bölgesel bağımsızlığı ifade eder.

Şekil 3'teki eğriden homojenlik ve yüksek korelasyon görülmektedir. Eğrinin ilk çizgisi neredeyse X eksenine paraleldir ve X eksenine ile arasındaki z açısı 0.33°'dir (bu açının bu kadar küçük olmasından dolayı z açısı şekilde gösterilememiştir). Bu küçük açı değeri kuzey yönünde Amman ile ona en yakın istasyon arasındaki yüksek korelasyonu yansıtmaktadır. İkinci istasyonda z = 34°'lik bir açıya sahiptir ve göreceli olarak Amman ile yüksek bölgesel bağımlılığa sahiptir (Tablo 1). Eğer açılar karşılaştırılacak olursa ikinci istasyonun bölgesel bağımlılığı önceki istasyonunkinden düşüktür. Daha sonra



Şekil 3. Kuzey yönündeki standart NTYV

Şekil 4'teki eğrinin eğimi artar. Üçüncü z açısı 70°'ye ulaşır ve bu da bölgesel bağımlılığın düştüğünü gösterir. Mesafeye göre bu 70°'lik açıyla üçüncü istasyon zayıf bir bölgesel bağımlılığa sahiptir. Dolayısı ile Amman'ın etki ve tesiri bu noktada en düşüktür. Bu açı, tesir yarıçapı olarak adlandırılan mesafeyi ifade eder. Bu yüzden bu mesafeden sonra küçük açılar varolsa bile bu noktanın ötesinde istasyonlar arası herhangi bir önemli bağımlılık söz konusu değildir.

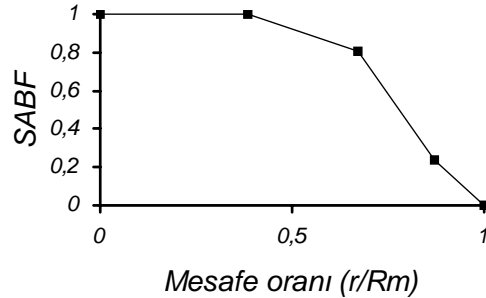
Tablo 1. Kuzey yönüne göre alansal parametrelerin değişimi

İstasyon	Yağış	Mesafe	NTYV	r/R <sub>m</sub>	Katkı	NTYV oranı	SABF	z°
Amman	272	0	0	0	272	0	1	0
D. Alla	284	27	72	0.385	<b>283.36</b>	0.002	<b>0.99</b>	0.33
Mafraq	161	47	6232.5	6.671	<b>129.61</b>	0.195	<b>0.81</b>	34
Irbed	462	61	24282.5	0.771	<b>111.1</b>	0.759	<b>0.24</b>	70
Baqura	396	70	31970.5	1	<b>0</b>	1	<b>0</b>	62
<b>Toplam</b>					524.07		2.04	

Tesir mesafesi tartışmalı bir konu olarak düşünülebilir, çünkü hiçbir tesirin hissedilmediği bağımsızlık noktasını ifade eden maksimum mesafeye ulaşır. Yakın mesafeler arasında yağış verisinin mevcut olmadığı veya ölçülmediği durumlarda korelasyon açısının en düşük  $\cos$  ifadesi veya en büyük  $z$  açısına karşılık gelen mesafe tesir mesafesi olarak alınır. Eğer istasyonlar birbirlerine çok yakınsalar, tesir mesafesi tatmin edicidir. Şahin (2001) tesir mesafesini maksimum  $z$  açısına karşılık gelen mesafe olarak düşünmüştür. Şekil 1 minimum  $\cos z$ 'ye karşılık gelen ( $\cos z = 0.33$ ;  $z = 70^\circ$ ) 61 km'nin tesir mesafesi olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu şekil, Amman'ın kuzeyinde yağışın bölgesel yapısının homojenliğini göstermektedir. Örneğin iç-iklimsel istasyonlarının mevcut olması durumunda (örneğimiz iki ya da daha fazla iklim bölgesine ait istasyona sahip ise); bir iklim bölgesinden diğer bölgeye minimum transfer açısı, dağlık bölgede yer alan Amman ile çöl bölgesinde bulunan Dulail için güneydoğu yönünde  $55^\circ$  değerine sahip olmuştur. Aşağıdaki açılar da bazı iklim bölgeleri arasında ayrıca hesaplanmıştır:

- 1)  $z = 61^\circ$ ; Errbah ve Ghorsafi arasında ve dağlık bölgeden Ürdün Vadisi bölgesine transfer şeklinde.
- 2)  $z = 57^\circ$ ; Madaba ve Qatraneh arasında ve dağlık bölgeden çöl bölgesine doğru.
- 3)  $z = 70^\circ$ ; Mafraq ve Irbed arasında çöl bölgesinden dağlık bölgeye yönelmiş durumda belirli bir iklim bölgesinin başka bir iklim bölgesine dönüşümü, korelasyon açılarına bakılarak kolaylıkla belirlenebilir. Şekil 3'teki son istasyon, Amman'da daha az bağımlılık gösteren Baqura'dır. Bu istasyon, tesir yarıçapının dışında olup, farklı iklimsel özelliklere sahip olan kuzey Ürdün vadisi bölgesinin en uzak noktasında konumlanmıştır.

Söz konusu istasyonun bağımsızlığı standart alan bağımlılık fonksiyonu (SABF) yönteminin herhangi bir bölgesel yapının özelliklerinin belirlenmesindeki üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Şekil 4'te verilen SABF yöntemi, yağmur tahmini için de kullanılabilir, çünkü her istasyon kendi bölgesel bağımlılığına ya da ağırlığına sahiptir. Aşağıda açıklanacağı gibi, diğer bölgelerin ağırlıklarından faydalanarak Amman için tahmin yapılması mümkündür. Şekil 4'teki SABF, en uzak noktada yer alan istasyon nasıl en az ağırlığa sahip olacağını da (SABF hemen hemen sıfıra eşit olacak şekilde) göstermektedir. Şekildeki düz çizgi yağış parametresi için Amman ile kuzey Ürdün istasyonları arasındaki sık bağımlılık homojenliği yansıtmaktadır. Bu gerçek Ürdün'ün iklimsel bölgelerinin temsil edildiği Şekil 2'ye bakıldığında daha net biçimde ortaya çıkmaktadır. Burada Amman'ın kuzeyinin aynı dağ iklimi bölgesine dahil olduğu görülmektedir. Doğu ya da kuzeydoğu yönleri çöllük bölgelerde yer almaktadır; çünkü Amman çöl arazisinin sınırındadır.



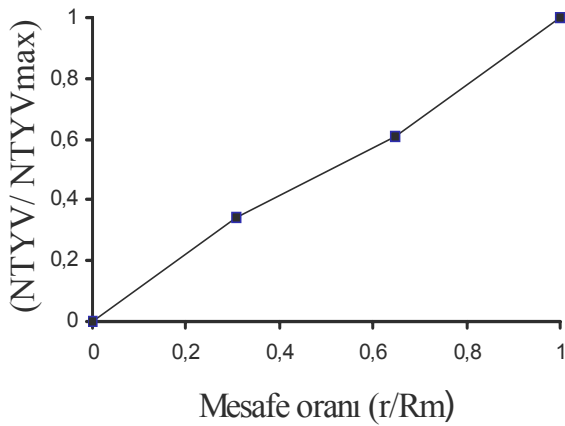
Şekil 4. Kuzey yöndeki SABF

İstasyonlar ve bunların Amman'a olan mesafeleri Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 5'teki NTYV, nispeten yüksek bir açı olan  $55^\circ$  ile başlamıştır, çünkü bu değer en yakın istasyonu temsil etmektedir. Bir önceki örneğin başlangıç açısı ise  $0.33^\circ$  olmuştur. Kuzeydoğu yönündeki yağışın

Tablo 2. Kuzeydoğuya göre alansal parametrelerin değişimi

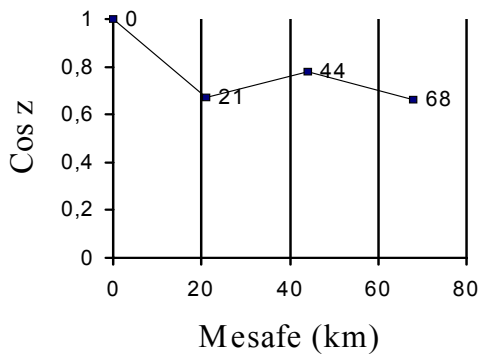
İstasyon	Yağış	Mesafe	NTYV	$r/R_m$	SABF	Katkı	NTYV oranı	$z^\circ$
Amman	272	0	0	0	1	272	0	0
Dulail	147	21	7812.5	0.31	<b>0.65</b>	<b>96.96</b>	0.34	47.7
Mafraq	161	44	13973	0.64	<b>0.39</b>	<b>62.98</b>	0.60	38.4
F1	138	68	22951	1	<b>0</b>	<b>0</b>	1	47.9
Toplam					1.04	159.94		

homojenliği önceki örneklerde düşüktür. Amman dağlık bir bölgeyi temsil ederken örnek olarak seçilen diğer bölgeler ise Amman'ın doğusundaki çöl alanlarının içinde yer almıştır. Bir önceki örneğin son aşamalarında, çölün derinliklerindeki en uzak bölgelerinin bağımsızlığını açıklayan büyük eğri eğimleri varken; yeni örnek için eğri eğimi nispeten başlangıç aşamalarında yavaş yavaş artmaktadır. Bu durum, kuzey Amman'ın aynı dağ iklimi bölgesine ait olduğunu, ikinci örnek ise iklim bölgeleri ile çöl boyunca kaydedilen düşük korelasyonlardan kaynaklanan bölgesel bağımsızlığı göstermektedir.



Şekil 5. Kuzeydoğu standart NTYV

En büyük açıya tekabül eden mesafe olan tesir yarıçapı, Şekil 6'da görüldüğü gibi kuzeydoğu yönünde ve 68km uzunluğundadır. Bu durum, topoğrafyanın Ürdün iklimine olan etkisini göstermektedir.



Şekil 6. Kuzeydoğu yönündeki  $\cos z$  ve tesir mesafeleri

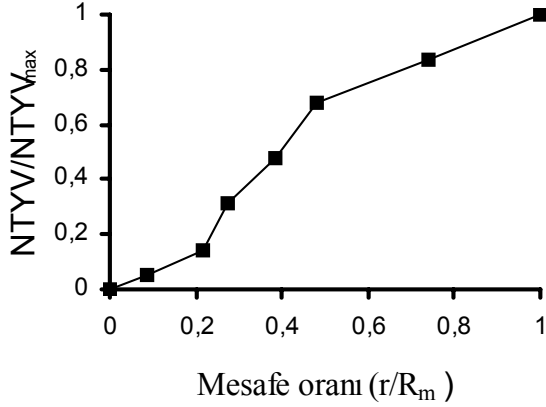
Bölgede dağlık alanlar, yağışın sınırını temsil edecek biçimde ülke boyunca kuzeyden güneye

uzanmakta ve doğuda kalan bölgelere yağışın ulaşmasını engellemekte ve böylece Amman'ın 68km doğusunda tamamen farklı bir iklim bölgesi oluşmasına neden olan bir set vazifesi görmektedir. Bu sebeple yarıvaryogramı içinde uzaysal dağılımın bölgesel olarak ifade edilebileceği jeostatistiksel bir teknik şeklinde dikkate alınmıştır. Kısaca iklimsel bölgelerin bu teknik yoluyla teşhis edilmesi mümkündür. Daha önce de belirtildiği gibi, doğu yönünün çöl arazisi içinde yer almasından dolayı, doğu örneğinin NTYV örneği ile kuzeydoğu örneği arasında herhangi bir fark olmayacaktır. Bu örnekte heterojenliğin mevcudiyeti beklenmektedir.

Ele alınan yöntemde, yağış olayının bölgesel bağımlılığıyla aynı zamanda dağlık Amman bölgesinde bulunan güney yönünün dikkate alınması faydalı olacaktır. Dağlık bölgenin güney uzantısı içinde bulunması nedeniyle bu örneğin homojen olması beklenmektedir. Tablo 3'te görüldüğü gibi, Amman'dan güneye doğru konumlanmış 6 adet istasyon vardır. İkinci ve en düşük yağış değerlerine sahiptir. Bu iki istasyon, dağlık bölgenin doğusunda konumlanmış olup, deniz seviyesinden yükseklikleri sırasıyla 768m ve 1069m'dir. Söz konusu istasyonlar büyük yükseklik değerlerine karşın çöl sınıflandırılmasına dahil edilmiştir. Şekil 7'de Amman'ın güneyine yönelik NTYV, 27°'lik küçük bir açı ile başlamakta, bunun ardından Qatraneh istasyonunun çöllük özelliklerinden kaynaklanan bir değişime uğramaktadır.

Daha sonra eğri güneydeki dağlık istasyonlar ile Amman arasındaki yüksek bölgesel korelasyonu ve homojenliği açıklayacak şekilde sabit biçimde devam etmektedir. Mu'ub ve Sarah isimlerine sahip bu dağlar, Qatraneh ve Ma'an istasyonlarının tersine, daha ziyade batıda konumlanmıştır. Şekildeki son istasyon Ma'an istasyonu olup, bu istasyon daha önce de değinildiği gibi çöl özelliklerine sahiptir. Bu istasyona ait eğride görülen değişim, istasyonla örnek arasında yer alan ve çöl özelliklerine sahip olan iki istasyonun mevcudiyetine karşın, bu istasyonların tasarımı NTYV vasıtasıyla çizilerek tanımlanabilmiştir. Eğri ele alınan istasyonlar arasındaki yüksek korelasyonu ve





Şekil 7. Güney yöndeki standart NTYV

yağışın bölgesel homojenliğini yansıtmaktadır. Ayrıca Şekil 8'de Ma'an istasyona için bulunan tesir yarıçapı gösterilmiş ve açı değeri burada 70.9° olarak belirlenmiştir. Bu değeri takip eden açılar ise 27.8°, 57.8°, 49.2°, 2.4° ve 5.3° olmuştur (Tablo 3'e bakınız). Tüm bu değerler örnek seçilen bölgelerin homojenliğini ortaya koymaktadır. Şekil 8'de Ma'an ve Qatraneh istasyonları için bulunan en küçük Cos z değerleri, evvelki istasyonları işaret etmektedir.

Yağışın NTYV örneklerine olan bölgesel bağımlılığı her yön için ortaya çıkmakta olup, ilgili tesir yarıçapı değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Batı yönüne ait diğer örnek ve tablolar da tasarlanmış olup, sadelik ve kısalık açısından bunların sadece NTYV örnekleri ile mesafe bağımlılıklarının ve tesir yarıçaplarının verilmesi ile yetinilmiştir.

### Ağırlıklı ortalama

Yarıvaryogram yöntemi, trigonometrik yolla ya da SABF yöntemleri ile yağış tahminine yönelik

oldukça önemli bir öneri sunmaktadır. Yağışın ya da herhangi bir eksik parametrenin yarıvaryogram kullanımıyla tahmini için, bölgelerin ağırlıklarını temsil eden açılar hesaplanabilir Şahin (2001). Bu yöntemi rüzgar enerjisi hesaplamalarına uygulamıştır. Amman için tahmin değeri, Denklem 3'ün önerilen yöntem ile yeniden düzenlenmesi;

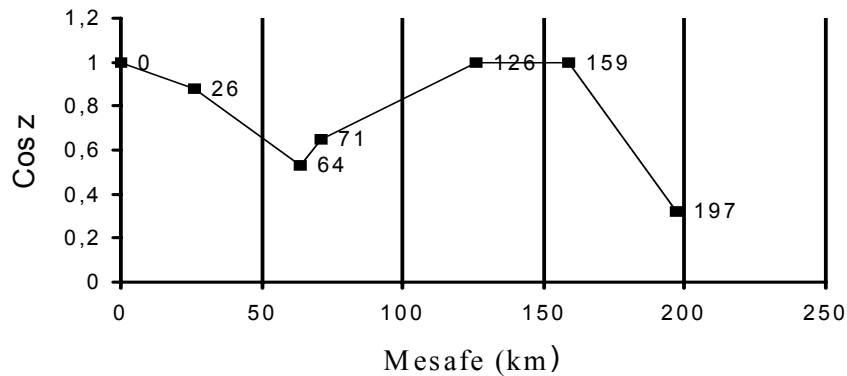
$$T.AAR = \frac{P_1 \cos z_1 + P_2 \cos z_2 + \dots + P_n \cos z_n}{\cos z_1 + \cos z_2 + \dots + \cos z_n} \quad (12)$$

sonucunda elde edilir.  $P_1, \dots, P_n$  yağışın NTYV değerlerini ve  $z$ , NTYV örneğinin korelasyon açısını göstermektedir.

Amman için T.AAR değerinin Tablo 1'deki kuzeyli örnekten tahmin edilmesi için Denklem 3, Denklem 12 şeklinde yazılabilir.

Bu denklem % 8 bağıl hata ile birlikte güvenilir sonuç vermektedir. Ağırlıklı ortalama, ağırlıklar olarak SABF kullanılarak uygulanabilir, her istasyonun yağışı o istasyonun ağırlığı ile çarpılarak toplanır ve elde edilen bu sonuç ağırlıkların toplamına bölünür. Denklem 3'ün direkt uygulanmasıyla, katkıların toplamı toplam ağırlıklara veya SABF'ye bölünür. Tablo 1'den katkıların toplamı 524.07, ağırlıkların toplamı 2.04,  $AAR = 524.07 / 2.04 = 256.89 \text{ mm}$  ve bağıl hata %5 olarak görülebilir. Tablo 1'de Amman'ın yağış miktarı tahmin edildiğinden ağırlıkların ve katkıların toplamında Amman'ın ağırlığı yoktur.

AAR' nin tahmininde ağırlıklı ortalama yöntemi bağımsızlığın ve bölgesel korelasyonların derecesini



Şekil 8. Doğu cos z ve tesir mesafeleri

Tablo 3. Güneye göre ajansal parametrelerin değişimi

İstasyon	Yağış	NTYV	Mesafe	Mesafe oranı	SABF	NTYV oranı	Katkı	$z^{\circ}$
Amman	272	0	0	0	1	0	272	0
Madaba	355	3362	26	0,13	<b>0,93</b>	0,07	<b>329,31</b>	27,8
Qatraneh	101	17892,5	64	0,32	<b>0,62</b>	0,37	<b>63,63</b>	57,8
Errabah	335	19967	71	0,36	<b>0,58</b>	0,41	<b>196,27</b>	49,2
Tafileh	238	20545	126	0,63	<b>0,57</b>	0,42	<b>136,59</b>	2,45
Shaubak	311	21305,5	159	0,80	<b>0,55</b>	0,44	<b>173,58</b>	5,37
Ma'an	40	48217,7	197	1	<b>0</b>	1	<b>0</b>	70,9
Toplam					3,25		899,08	

Tablo 4. Amman istasyonu için ölçülen ve tahmin edilen değerler

Örnek	Tahmin	Ölçü	Hata (%)	Tesir Yarıçapı
Kuzey	296,96	272	8	61
Kuzey-doğu	149,3	272	45	68
Doğu	100,7	272	62	75
Güney-doğu	90	272	66	198
Güney	260,8	272	4	197
Güney-batı	288,5	272	5	125
Batı	316,92	272	14	27
Kuzey-batı	285	272	4	74

yansıtır, dolayısıyla çöle doğru olan yönlerde örneğin kuzeybatı yönünde tahmin edilen değerlerin büyük hataya sahip olması beklenir. Denklem 3'ün uygulanmasıyla  $AAR=159.94/1.04=153.78$  mm ve bağıl hata %43'tür. Denklem 12'nin uygulanmasıyla da %45'lik hata söz konusudur (Tablo 4) ve bu da istasyonlar arasındaki yağış olayının bağımsızlığını yansıtmaktadır. Aynı yolla Amman'ın yağış tahmini için Denklem 3'ün uygulanmasıyla bağıl hata yaklaşık %1 (Tablo 3) ve Denklem 12'nin uygulanmasıyla da bağıl hata % 4 civarındadır (Tablo 4). Tablo 4, farklı örneklerin kullanılmasıyla Amman yağış tahmini için uygulanan ağırlıklı ortalama yönteminin sonucunu vermektedir. Her örnek ayrı bir yönü temsil etmektedir. Sonuç olarak Amman ve batı bölgeleri arasında yağış rejiminin heterojenliği söz konusudur. Sadece batı kısımları zayıf korelasyona sahiptir. Bu durum batı örneklerinin tahmin edilen ve ölçülen değerleri arasındaki hatalardan görülebilir.

## Sonuç

Jeostatistiksel yarıvaryogram tekniği Ürdün'deki yağışın alansal belirlenmesinde çok başarılıdır.

Yarıvaryogram tekniği mesafenin bir fonksiyonu olarak yağış değerleri arasında bir ilişki kurmaktadır. Amman çevresindeki farklı örnekler analiz edilmiştir. Yağış ve onun bölgesel bağımlılık ilişkisini göstermede kullanılan tekniğin yardımıyla başarılı olunmuştur. Amman çevresindeki NTYV örnekleri sekiz yön için analiz edilmiştir. Kuzey yönü örneğindeki yağışın karakteristiği homojenlik ve kuvvetli bölgesel bağımlılıktır. Bu eğrinin eğiminden, örnekler arasındaki bölgesel bağımlılığı açıklayan küçük açılar görülebilir. Amman'daki yağışın SRDF tekniği kullanılarak elde edilen tahmini iyi sonuçlar vermiştir.

Yağış tahmininde kullanılan "Yarıvaryogram" metodu Tablo 4'te görüldüğü üzere zayıf sonuçlar vermektedir. Bunun yanında "yarıvaryogram" metodu güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı gibi örneklerin yağış tahmininde çok iyi sonuç vermektedir. Bu metod, bağımsız yağış rejimine sahip çöle ait örnekler dışındaki bütün örnekler için yağış rejiminin bölgesel bağımlılığını göstermektedir.

## Kaynaklar

- Barnes, S. L., (1964). A Technique for Maximizing Details in Numerical Weather Analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 3, 396-409.
- Bruce, J., P. ve Clark, R. H., (1962). *Introduction to Hydrometeorology*. Pergamon press Ltd., Heading Hill, Oxford, London.
- Cressie, N. A. L., (1993). *Statistics for Spatial Data*. John Willey & Sons Inc, New York, 898 sf.
- Cressman, G. P., (1959). An Operational Objective Analysis System. *Monthly Weather Review*, **87**, 10, 367-374.
- Davis, J. C., (1986). *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, New York, 646 sf.
- Gandin, L. S., (1963). *Objective Analysis of Meteorological Fields*, Hydromet Press, 242 sf.
- Gandin, L. S., (1970). The Planning of Meteorological Station Networks. World Meteorological Organization, *Technical Note*, 111, Geneva.
- Hevesi, J., Flint, A., ve Istock, J., (1992). Precipitation Estimation in Mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics: Part 1 and Part 2, *Journal of Applied Meteorology*, 31, 661-688.
- Kadioğlu, M., Öztürk, N., Erdun, H. ve Şen, Z., (1999). Precipitation Climatology of Turkey. *International Journal of Climatology*, **19**, 1717-1728.
- Krige, D. G., (1951). A Statistical Approach to Some Basic Mine Evaluation Problems on the Witwatersrand, *Journal of Chemistry Metallurgy Mining Society South African*, 52, 119-139.
- Matheron, G., (1963). Principles of Geostatics, *Econ. Geol.*, 58, 1246-1266.
- Matheron G., (1971). *The Theory of Regionalized Variables and its Applications*, Ecole de Mines, Fontainbleau.
- Rendu, J. M., (1978). *An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation* pp.14, South Africa Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg.
- Sasaki, Y., (1960). An Objective Analysis for Determination Initial Condition for the Primitive Equation, *Teknik Rapor*, (Ref. 60-16T), College station, Texas A/M Univ.
- Scott, C. M., Shulman M., D., (1979). An Areal and Temporal Analysis of Precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 627-633
- Şahin, A., (2001). Wind Energy Time and Space Modelling. *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Şen, Z., (1989). Cumulative Semivariogram Model of Regionalized Variable, *Math. Geol.*, 21, 891-903.
- Şen, Z., (1995). Regional Air Pollution Assessment by Cumulative Semivariogram Techniques, *Atmos. Environ.* **29**, 4, 543-548.
- Şen, Z. ve Şahin, A. D., (1997). Regional Assessment of Wind Power in Western of Turkey by the Cumulative Semivariogram Method, *Renewable Energy*, **12**, 2, 169-177
- Şen, Z., (1997). Objective Analysis by Cumulative Semivariogram Technique and its Application in Turkey, *Journal of Applied Meteorology*, **36**, 12, 1712-1724.
- Şen, Z. ve Şahin, A. D., (1998a). Regional Wind Energy Evaluation in Some Parts of Turkey, *Wind Energy Ind. Aero.*, **74-76**, 345-353,.
- Şen Z. ve Habib, Z., (1998b). Point Cumulative Semivariogram of Areal Precipitaion in Mountainous Regions, *Journal of Hydrology*, 205, 81-91.
- Thiebaux, H. J. ve Pedder, M. A., (1987). *Spatial objective analysis with application in atmospheric sciences*. Academic press, New York.