

## COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ORTAMINDA KARŞILAŞTIRMALI JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLER KULLANILARAK EŞYAĞIŞ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

S. Karayusufoglu<sup>1</sup>, E. Eriş<sup>2</sup>, H.G. Coşkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Keçiören, Ankara.

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul.  
sezel.karayusufoglu@gmail.com, eriseb@itu.edu.tr, gonca@itu.edu.tr

### ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde (CBS) konumsal ve coğrafik koordinatlar referans alınarak çalışılabilmekte, hızlı ve ekonomik çözümler sağlanmaktadır. CBS ortamında farklı veri setleri bir arada toplanarak depolanabilir, işlenebilir ve analiz edilerek sonuç çıktısı görüntülenebilir, böylelikle gerçek durumla bütünleşik bir çalışma ortamı sağlanabilir. Günümüzde hidroloji ve su kaynakları araştırma ve çalışmalarında CBS sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Solaklı Havzası için CBS ortamında karşılaştırmalı jeostatistiksel yöntemler kullanılarak eşyağış haritaları çıkarılmıştır. On iki adet aylık ve bir adet de yıllık olmak üzere, çevre yağış gözlem istasyonları da kullanılarak elde edilen haritalarda her bir durum için en az hatayı veren yöntem seçilmiştir. Eşyağış haritaları hazırlanırken Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi, Lokal Polinom, Radyal Tabanlı Fonksiyon ve Kriging gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Eşyağış Haritası, Jeostatistiksel Yöntemler.

### ABSTRACT

Using Geographical Information Systems (GIS) both positional and geographic coordinates can be used as base information, hence in comparison to conventional methods; it offers faster and economical solutions. In GIS media different data sets both can be integrated, stored, processed and analyzed; furthermore the outputs can be visualized and results are in coherence with real data. Recently, for the hydrology and water resource studies and researches, GIS are frequently being used. In this study for Solaklı basin which is located in Eastern Black Sea Region, Turkey, isohyetal maps are generated in GIS media using comparative geostatistical methods. For monthly and annual maps, the most appropriate method is chosen based on its error. Meteorological stations established both in the basin and around are used in the study. Isohyetal maps are obtained using Inverse Distance Weighted, Local Polynomial, Radial Basis Function and Kriging methods.

**Keywords:** Geographical Information Systems (GIS), Isohyetal Maps, Geostatistical Methods.

## 1. GİRİŞ

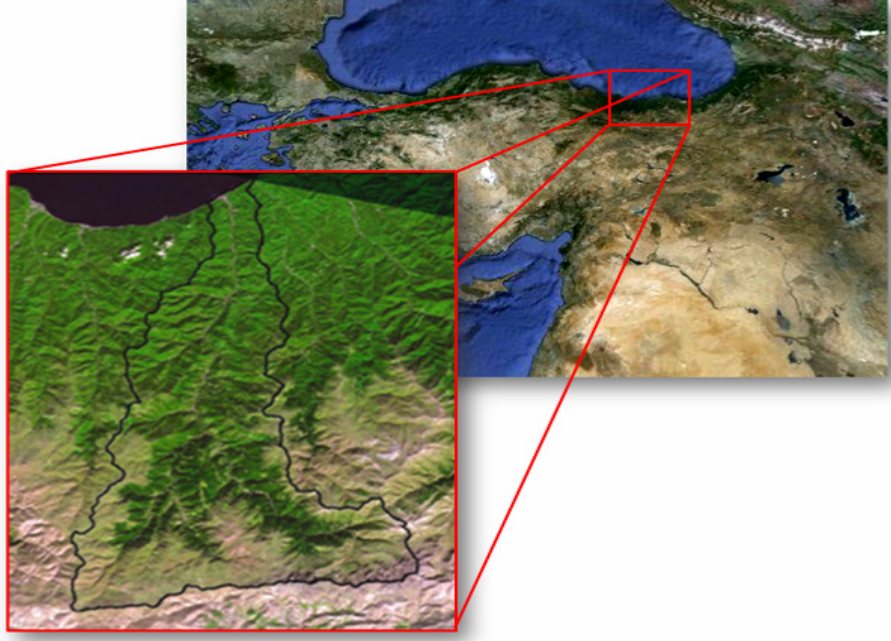
Artan nüfus, doğal kaynakların kirlenmesi ve tükenmesi, küresel iklim değişikliği etkileri, doğal afet kaynaklı yıkımlar, üzerinde yaşadığımız toprakları ve etrafını daha geniş çapta, seri ve maliyeti düşük olarak araştırma gereksinimini doğurmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) sağladığı bütünleşik çalışma ile hızlı ve ekonomik çözümler ve bilgiler elde edilebilmektedir. Hidroloji ve su kaynakları araştırma ve çalışmalarında da son yıllarda CBS kullanılmaktadır. CBS, yersel ve nitelik verilerinin katmanlar halinde birlikte analiz edilmesinde önemli ve vazgeçilemez bir çalışma alanı yaratmıştır.

Günümüze kadar gelişerek gelen havza modellerindeki gelişme de CBS teknolojisinin ortaya çıkması ile doruğa ulaşmıştır. Bu teknoloji modellemeye meteorolojik veri girdilerinin, zemin ve arazi kullanım parametrelerinin, başlangıç ve sınır koşullarının zamansal ve konumsal dağılımının belirlenmesinde ve baraj, göl, akarsu gibi su biriktirme alanlarının, kar ve buz örtüsü miktarının bulunmasında çok büyük yararlar sağlamıştır (Engman ve Gurney, 1991). Özellikle yağış- akış modellemesinde ve akışın en önemli girdisi olan yağışın alansal dağılımının belirlenmesinde CBSden yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Solaklı Havzası için CBS ortamında karşılaştırmalı jeostatistiksel yöntemler kullanılarak eşyağış haritaları çıkarılmıştır. On iki adet aylık ve bir adet de yıllık olmak üzere, çevre yağış gözlem istasyonları da kullanılarak elde edilen haritalarda her bir durum için en az hatayı veren yöntem seçilmiştir. Eşyağış haritaları hazırlanırken Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi, Lokal Polinom, Radyal Tabanlı Fonksiyon ve Kriging gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmıştır.

## 2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

Çalışma alanı olan Solaklı havzası, 4.685 km<sup>2</sup> 'lik yüzölçümüne sahip, ülke topraklarının % 0,6'sını oluşturan Trabzon il sınırları içinde yer almaktadır. Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda, 41° kuzey enleminde ve 39° 43' doğu boylamında bulunur. Trabzon ilini doğuda Rize, batıda Giresun, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, kuzeyde Karadeniz sınırlar. %10'u düzlük olan il topraklarının %30'u dağlık, %60'ı kıyından içeriye doğru gittikçe yükselen ve eğimi ortalama 25-30 m arası değişen genellikle engebeli özellikte bir alandır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Solaklı Havzası üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelir. Bunlar kuzeyden başlayarak Of, Dernekpazarı ve Çaykara'dır. Çaykara bu ilçelerin en genişidir. Havza sularını toplayan başlıca akarsu Solaklı Deresi'dir. Solaklı Deresi kaynağını Soğanlı ve Haldizen dağlarındaki buzul göllerinden ve ilkbaharda eriyen buzullardan almaktadır. Uzunluğu 80 km olan Solaklı Deresi, Trabzon ilinin en uzun akarsularındandır. Solaklı Deresinin havza alanı 750 km<sup>2</sup> civarındadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

Solaklı havzası içerisinde Of, Çaykara, Köknar ve Uzungöl olmak üzere 4 adet yağış gözlem istasyonu (YGI) bulunmaktadır. Eşyağış haritalarının çıkarılabilmesi için çevre illerde yer alan meteorolojik gözlem istasyonlarından elde edilen yağış verileri de kullanılmıştır. Bu istasyonlarının bir kısmı Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ), bir kısmı ise Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilmektedir. Çalışmada kullanılan YGİlerin konumları Şekil 2'de görülmektedir.

Çalışmada kullanılan yağış verileri 1960-2005 yıllarını kapsamakla beraber eksik veriler de mevcuttur. Eksik verileri tamamlamak için komşu istasyonlardan yararlanarak regresyon denklemleri kurulmuştur. Verilerin homojenliği çift toplam yağış eğrisi metodu ve trendi ise Mann-Kendall trend testi ile belirlenmiştir.

## 3. YÖNTEM

Noktasal yağışı ölçümlerinin alansal olarak temsil edilmesi, sistemin yayılı hale getirilmesi yani uzaysal değişimlerin göz önüne alınması açısından önemlidir. Beven ve Hornberger (1982) yağışın uzayda dağılımının doğru olarak tanımlanmasının akımların da doğru olarak modellenmesi için önkoşul olduğunu belirtmişlerdir ki benzer yorumlar Dawdy ve Bergmann (1969) ve Wilson ve diğ. (1979) tarafından da yapılmıştır.



ortamında RBF yöntemi kendi içerisinde 5 farklı fonksiyon içermektedir. Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Thin-plate spline
- Spline with tension
- Completely regularized spline
- Multiquadric function
- Inverse multiquadric function

Kriging yönteminin ise yine aşağıda sıralanan 6 tipi mevcuttur.

- Basit (Simple) Kriging
- Düzenli (Ordinary, Punctual) Kriging
- Genelleştirilmiş (Universal) Kriging
- Belirleyici (Indicator) Kriging
- Ayırıcı (Disjunctive) Kriging
- Yardımcı (Cokriging) Kriging

Yukarıda söz edilen 5 farklı RBF fonksiyonu çalışmada denenmiştir. Kriging için ise Goovaerts (2000), çalışmasından yararlanılarak Ordinary tipi denenmiştir. Bu çalışmada yağış-yükseklik arasındaki korelasyon katsayısının 0.75 değerinden daha az olduğu yerlerde ordinary kriging daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

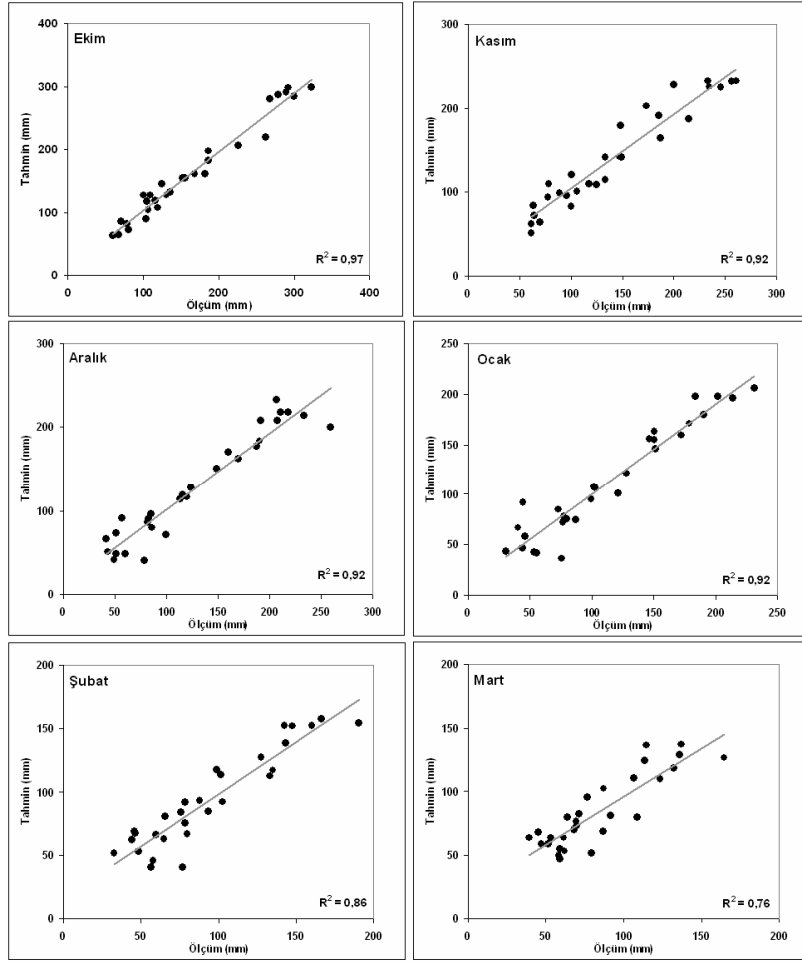
Çapraz doğrulama yöntemi uygulanırken hatalar hesaplanarak en düşük hatayı veren yöntem seçilmiştir. Hatalar aşağıdaki formülle (OHKK, Ortalama Hata Kareleri Kökü, Root Mean Square Error) belirlenmiştir.

$$OHKK = \left( \frac{\sum (X_{\text{tahmin}} - X_{\text{ölçülen}})^2}{N} \right)^{0.5} \quad (1)$$

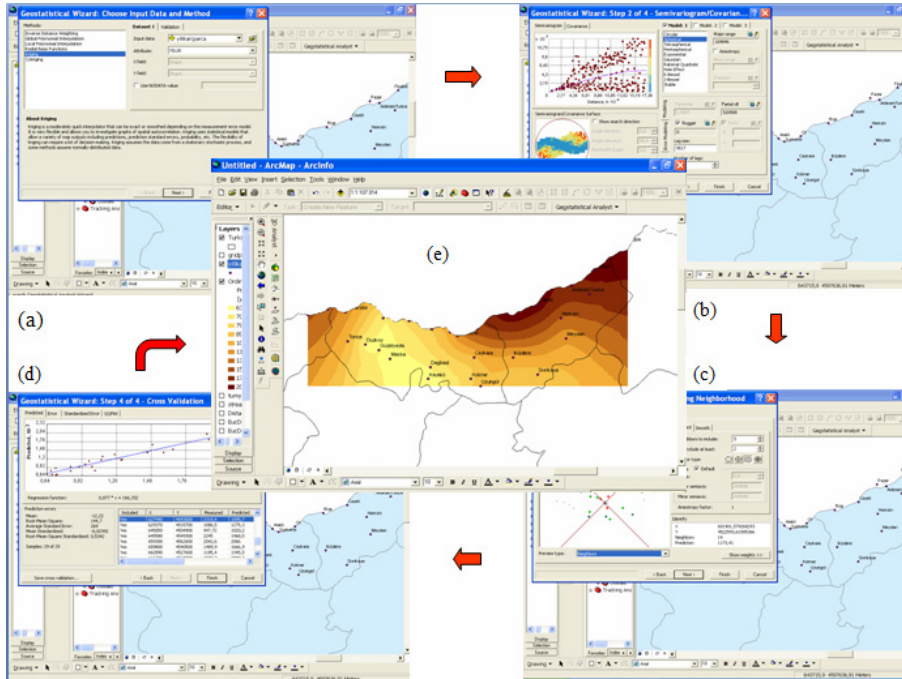
Burada N; veri sayısını göstermektedir. Farklı yöntemler denedikten sonra belirlenen ve haritaların çiziminde kullanılan yöntemler aylık ve yıllık ölçekte OHKK ile birlikte Tablo 1’de özetlenmiştir. Çapraz doğrulamaya ait ölçüm-tahmin grafikleri su yılının ilk 6 ayı için Şekil 3’te, CBS ortamında eş yağış haritalarının çizilme aşamaları ise Şekil 4’te verilmiştir. Belirlenen yöntemlere göre çizilen eşyağış haritaları ise Şekil 5’te verilmiştir.

**Tablo 1.** Aylık ve yıllık eşyağış haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler ve hata miktarları

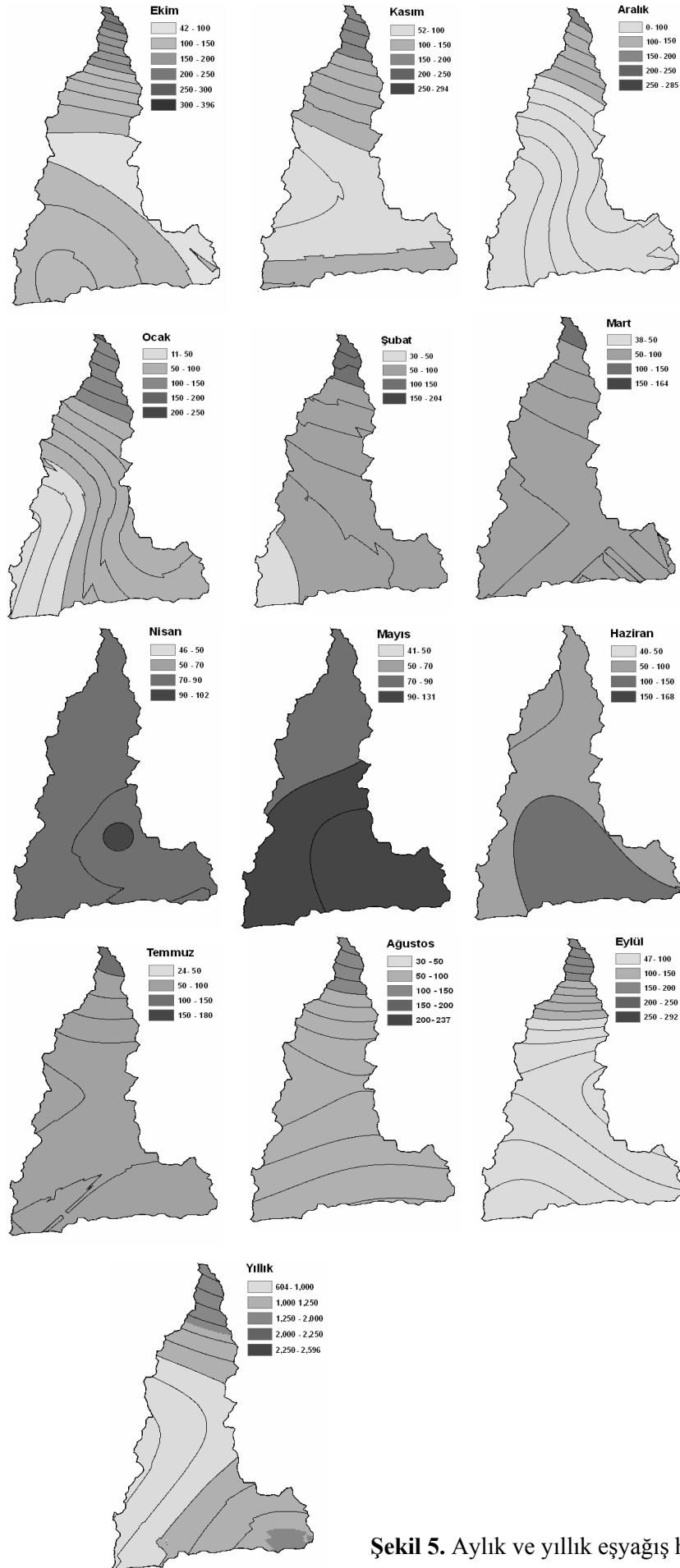
	Kullanılan Yöntem		OHKK (mm)
Ekim	RBF	Comp. Reg.Spline	14.59
Kasım	Kriging	Ordinary	17.66
Aralık	RBF	Spline With Tension	18.74
Ocak	RBF	Spline With Tension	16.44
Şubat	Kriging	Ordinary	15.64
Mart	Kriging	Ordinary	15.81
Nisan	RBF	Inv.Multiquadratic	10.86
Mayıs	RBF	Spline With Tension	14.61
Haziran	RBF	Spline With Tension	10.05
Temmuz	Kriging	Ordinary	12.33
Ağustos	Kriging	Ordinary	11.15
Eylül	Kriging	Ordinary	18.11
Yıllık	Kriging	Ordinary	94.01



Şekil 3. Çapraz doğrulama sonuçları



Şekil 4. Yıllık eşyağış haritasının ArcGIS ortamında *Geostatistical Wizard* modülü kullanılarak Ordinary Kriging yöntemiyle elde edilmesi; (a) Ordinary Kriging metodun seçilmesi; (b) Ordinary kriging metodunda uygun varyogram tipinin seçilmesi; (c) Tahmin edilecek değer için çevreden alınacak gözlem verisinin (komşu sayısı) seçilmesi; (d) Kullanılan yöntemle tahmin ve gözlem ilişkisine ait saçılma diyagramının çıkarılması; (e) Eşyağış eğrilerinin çizdirilmesi.



Şekil 5. Aylık ve yıllık eşyağış haritaları

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada. CBS ortamında Solaklı havzası için eşyağış haritaları elde edilmiştir. Eşyağış haritaları en uygun yöntem belirlenerek çizilmiştir. Böylece yağışın mekansal dağılımı elde edilmiş ve bilinmeyen bir noktadaki yağış değerinin de bu haritalar sayesinde belirlenebilmesi sağlanmıştır. Çalışma alanını içerisindeki ve çevresindeki istasyonlarla beraber toplam 29 adet YGİden elde edilen yağış verisi kullanılmış böylece çalışma alanı daha homojen bir şekilde temsil edilmiştir. Eşyağış eğrilerinin oluşturulmasında karşılaştırmalı yöntemler kullanılarak aylık ve yıllık ölçekte en az hatayı veren jeostatistiksel yöntemin seçilmesi sağlanmıştır. CBS ortamında eşyağış haritalarının elde edilmesinde kullanılan yöntemin, pratik, uygulanabilir ve daha kısa sürede tamamlanabilmesiyle kullanışlı olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Beven. K. J., Hornberger. G. M.**. 1982: Assessing the Effect of Spatial Pattern of Precipitation in Modeling Stream Flow Hydrographs. *Water Resour. Bull.* 18(5). 823-829.
- Campling. P. Gobin A. Feyen J.**. 2001: Temporal and Spatial Rainfall Analysis Across a Humid Tropical Catchment. *Hydrol Process.* 15. 359-375.
- Çevre ve Orman Bakanlığı.** Trabzon İl Çevre Durum Raporu. 2004.
- Cheng. Q., Ko. C., Yuan. Y., Ge. Y., Zhang. S.**. 2006: GIS Modeling for predicting river runoff volume in ungauged drainages in Greater Toronto Area. Canada. *Computers and Geosciences.* 32:1108-1119.
- Daly. C., Neilson. R. P., Phillips. D. L.**. 1994: A Statistical-Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation Over Mountainous Terrain. *Journal of Applied Meteorology.* 33. 140-158.
- Dawdy. D. R., Bergmann. J. M.**. 1969: Effect of Rainfall Variability on Streamflow Simulation. *Water Resour. Res.* 5. 958-966.
- Delfiner P., Delhomme J. P.**. 1973: Optimum Interpolation by Kriging. Display and Analysis of Spatial Data. ed: Davis J. C., McCullagh M. J., Nato Advanced Study Institute. John Wiley and Sons. London.
- Engman. E. T., Gurney. R. J.**. 1991: *Remote Sensing in Hydrology.* Chapman and Hall. London.
- Goovaerts. P.**. 1999: Performance Comparison of Geostatistical Algorithms for Incorporating Elevation into the Mapping of Precipitation. *Geocomputation 99.* USA.
- Goovaerts. P.**. 2000: Geostatistical Approaches for Incorporating Elevation into the Spatial Interpolation of Rainfall. *J Hydrol.* 228. 113-129.
- Lebel T. Bastin G. Obled C. Creutin J. D.**. 1987: On the Accuracy of Areal Rainfall Estimation: a Case Study. *Water Resour Res.* 23(11). 2123-2134.
- Lloyd. C. D.**. 2005: Assessing the Effect of Integrating Elevation Data Into the Estimation of Monthly Precipitation in Great Britain. *J Hydrol* 308. 128-150.
- Saveliev. A. A. Mucharamova. S. S., Piliugin. G. A.**. 1998: Modeling of the Daily Rainfall Values Using Surface Under Tension and Kriging.. *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.* 22. 52-64.
- Tabios III. G. Q., Salas. J. D.**. 1985: A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation. *Water Resources Bulletin.* 21(3). 265-380.
- Wilson. C. B., Valdes. J. B., Rodriguez-Irturbe. I.**. 1979: On the influence of the spatial distribution of rainfall on storm runoff. *Water Resour. Res.* 15. 321-328.