

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ KOORDİNATÖRLÜĞÜNE

Proje Türü : Bağımsız Proje

Proje No :

Proje Yöneticisi : Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

Proje Konusu : Türkiye’de yıllık ortalama yağışın mekânsal dağılımının farklı jeostatistik teknikleri kullanılarak belirlenmesi

Yukarıda bilgileri yazılı olan projemin sonuç raporunun e-kütüphanede yayınlanmasını;

İSTİYORUM

İSTEMİYORUM

16.09.2014

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

1946



Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara - " 2014 "

I. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özetleri

Proje Adı (Türkçe): Türkiye’de yıllık ortalama yağışın mekânsal dağılımının farklı jeostatistik teknikleri kullanılarak belirlenmesi

Proje Özet (Türkçe): Çevresel çalışmalarda çevresel değişkenlerin mekânsal olarak modellenmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Strateji ve plan geliştirirken, çevresel değişkenlerin değerlerini tahmin etmek ve karmaşık yapısını anlamak oldukça önemlidir. Bu sebeple, çevre üzerine çalışan araştırmacılar bir alanda yer alan iklim sistemi elemanları, hidrolojik süreçler, ekosistem ve biyokimyasal döngüler gibi herhangi bir çevresel değişkenin gösterilmesi, değerinin tahmin edilmesi ve açıklanması üzerine çevresel modeller geliştirmişlerdir. Çevresel çalışmalarda pek çok çevresel değişkenin yanı sıra iklimsel değişkenlerin ki bu, değişkenler arasında özellikle yağışın hidrolojik çalışmalar, kuraklık ve sel gibi olayların tahmin edilmesi, yerüstü ve yeraltı su kaynakları miktarının tahmini, su kaynaklarının kirlenmesi, hava kirliliği ile ilişkili konularda önemli bir yeri vardır. Bundan dolayı, yağış değişkeni değerlerinin tahmini ile ilgili modeller üzerine çok sayıda basit ve karmaşık mekânsal enterpolasyon teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, 1975-2010 dönemine ait 228 meteoroloji istasyonun verileri kullanılarak Türkiye’nin yıllık ortalama toplam yağışının mekânsal paterni hem global hem de lokal Kriging yöntemleriyle ortaya konulmuştur. Yağış değişiminin global ve lokal Kriging yöntemleriyle modellenmesinde mekânsal enterpolasyon tekniklerinden Ordinary Kriging tekniği kullanılmıştır. Elde edilen tahmin haritalarının doğruluğu Çapraz Geçerlilik (Cross-Validation) yöntemiyle test edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın sınırları içinde lokal enterpolasyon modelleri yağış gibi alansal dağılımında büyük farklılıklar gösteren bir iklim elemanının mekânsal paternini iyi yansıtmaktadır. Yağışın mekânsal dağılım haritalarının oluşturulmasında Ordinary Kriging tekniği de güvenle kullanılabilir enterpolasyon yöntemlerindedir. Bu sebeple, belirli noktalardan elde edilmiş meteoroloji verilerin mekânsal enterpolasyonu ve bu enterpolasyonun doğruluk ve hassasiyetini gösterecek yöntemlerin uygulanması klimatoloji çalışmalarında önemli bir konuyu oluşturmaktadır.

Proje Adı (İngilizce): Evaluation of spatial distribution of mean annual precipitation in Turkey by using various geostatistical techniques

Proje Özet (İngilizce): Spatial modelling of environmental variables is an indispensable part of environmental studies. To predict environmental variables and to understand its complex structure particularly crucial in developing strategies and plans. Thus, researchers in this field, have tried to find environmental models explaining environmental variables such as climatological characteristics, hydrological processes, ecosystem, and biochemical cycles. Besides many environmental variables, climatological variables, especially precipitation, have an impact on hydrological studies, prediction of flood and drought, prediction of underground and surface water sources, pollution of water sources, and issues related to air pollution. Therefore, a number of spatial interpolation techniques ranging from simple to complex have been proposed predicting precipitation variables. In this study, 228 rain gauge data, obtained from 1975 to 2010, were used to assess spatial pattern of Turkey’s mean annual precipitation using both global and local interpolation techniques. For this purpose among various spatial interpolation techniques, Ordinary Kriging was used in global or local manner. Model performance was measured using Cross-Validation technique. As a consequence, with in the limitation of this study local interpolation models have better reflected spatial pattern of climatological variable such as highly spatially variable precipitation data. Ordinary Kriging interpolation technique might be used confidently to produce spatial distribution map

of precipitation. For this reason, interpolation of sparse climatological data, verification and precision of interpolation results are important issues in climatological studies.

II. Amaç ve Kapsam

İnsanın yeryüzünü değiştirme girişimleri, mekânın insanın yararına kullanımını sağlarken, bir yandan da çevrenin bazen geri döndürülemez biçimde değiştirilmesine, bunun sonucunda da çevresel sorunların açığa çıkmasına neden olmaktadır. 18. yüzyılın sonlarında başlayan endüstri devrimi öncesi dünya nüfusu bir milyardan altındaydı ve işgücünün önemli bir bölümü tarım sektöründe yer almaktaydı. O dönemlerde insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisi ise oldukça sınırlıydı. 19. yüzyıl sanayi devrimiyle beraber dünyanın nüfusu hızlı bir şekilde artmıştır. 2013 yılı itibarıyla dünya nüfusu 7.2 milyara ulaşmıştır (UN, 2013:47). Artan nüfus ile doğal kaynakların kullanımı gittikçe artmaya başlamıştır. İnsanların gün geçtikçe daha konforlu bir yaşam arayışı içerisinde olmaları daha fazla enerji üretilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için daha fazla kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarının kullanılması atmosfere iklimdeki dengeyi tehdit edecek boyutlarda kirleticilerin salınmasına neden olmuştur (Şen, vd., 2008:83). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), hazırladığı Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda "*son 50 yıl içinde gözlenen ısınmanın büyük ölçüde insan etkinliklerine bağlanabileceğini gösteren yeni ve daha güçlü kanıtlar elde edildiğini*" doğrulamıştır (IPCC, 2007). İnsanların çeşitli aktiviteleri sonucunda meydana gelen "*sera gazları*" olarak nitelenen (karbondioksit (CO₂), di azot monoksit (N₂O), metan (CH₄), su buharı (H₂O), kloroflorokarbon (CFC)) gibi gazların atmosferik konsantrasyonlarının artması küresel ısınma ve ani iklim değişiminin meydana gelmesine neden olmaktadır (IPCC, 2007). Örneğin fosil yakıtların tüketimi ve tropikal ormanların tarım arazilerine dönüşmesiyle atmosfere 3.5 Pg/yr oranında karbon (C) ilave edilir (Paustian, vd., 2000). Diğer taraftan, antropojenik aktivitelerden kaynaklı, CO₂, CH₄ ve N₂O konsantrasyonlarındaki artış ise göz ardı edilemez. Bunlardan CO₂ emisyonunda gözlenen artış fosil yakıtları ve arazi kullanımı dönüşümünden, CH₄ ve N₂O emisyonlarındaki artış ise, ağırlıklı olarak tarımdan kaynaklanmaktadır (IPCC, 2007). Antropojenik sera gazı yaklaşık olarak %60 oranında CO₂, %15 oranında CH₄, %5 oranında N₂O gazlarından oluşmaktadır. Bu gazlardan en önemli etkiyi %60'lık oranıyla CO₂ oluşturmaktadır (Rodhe, 1990). H₂O ise, CO₂, CH₄, ve N₂O tarafından meydana gelen ısınmayı neredeyse iki katına çıkaran en önemli sera gazlarından bir diğeridir (Manabe ve Wetherald, 1967; Raval ve Ramanathan, 1989).

Toplumun, ana enerji kaynağı olarak fosil yakıtlara olan uzun süreli bağımlılığının ve arazi kullanımındaki dönüşümün gelecekte de sürmesi durumunda, atmosferdeki CO₂ birikimi büyük ölçüde artabilecek gibi görünmektedir. Kimyasal gübreler, içten yanmalı motorlardan çıkan emisyonlar, otlama faaliyetleri, pirinç tarlaları, her çeşit yangınlar ve insanların ormanları ortadan kaldırdığı yerlerde ortaya çıkan termitlerin (ve de bataklıkların, çöplüklerin) ürettiği CH₄ gazından başka, C içeren yakıtların (fosil yakıtlar) kullanımı da CO₂ miktarını artırır. Ağaçlar CO₂'in büyük kısmını emdikleri için ormanların ortadan kaldırılması da bu artışa katkıda bulunmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 2004:455). CO₂ birikimindeki bu artışın küresel iklimde önemli ve uzun süreli değişikliklere yol açabileceği aşikârdır. Atmosferde oluşan kirlilik, uzun süreli belki de kalıcı sonuçlar doğurmaktadır. İklimde gözlenen bu değişimlerin anlaşılması doğal ve sosyal yaşamın devamlılığı açısından oldukça önem taşımaktadır. Söz konusu değişimlerin açıklanması ve yorumlanması iklim değişikliğinin olası etkilerinin azaltılması bakımından belirleyici olmaktadır.

Küresel çevre değişimi tüm dünyanın yüzleştiği kritik bir konudur. İklim değişimi ise, küresel çevre değişiminin en önemli konuları arasında yer almaktadır. Dünyanın farklı yerlerinde iklim değişiminin olası etkileri çeşitli çalışmalarla gösterilmeye çalışılmıştır (Arnell ve Reynard, 1996; Strzepek ve Yates, 1997; Leung ve Wigmosta, 1999; Pfister, vd., 2004; Li, vd., 2008). İklim değişiminin önemli etkileri hidrolojik döngü, sanayi alanları için su gereksinimi, taşkın kontrolü, sulama ve tarım, rezervuar işletme gibi çeşitli etmenler üzerinde gözlenmektedir. İklim değişimi, doğal felaketlerin büyüklüğünün artışı yönünde güçlü bir etkiye sahiptir. Örneğin Amerika'da 20. yüzyılın ikinci yarısında iklim değişiminden dolayı sel felaketlerinin büyüklüğü artmıştır (Pielke Jr ve Downton, 2000). Yıllık 3-

4 milyar dolarlık ekonomik boyuta ulaşan sel felaketleri, tüm doğal felaketler arasında kasırga felaketinin neden olduğu ekonomik kayıplardan sonra ikinci sırayı almıştır (Changnon ve Hewings, 2001). Türkiye’de de son on yıl içinde meydana gelen sel felaketleri, can kayıplarının yanı sıra, hem kentsel, hem kırsal kesimde çok büyük maddi zararlara neden olmuştur. İklim değişiminin en önemli etkisi yağış üzerine izlenmektedir. Atmosferdeki su buharının yeryüzüne ulaşması yağış olarak bilinir. Radyoaktif ışınımsal kuvvetlenmedeki artış, atmosferin dengesini bozabilen atmosferik subuharı miktarını arttırabilmekte ve yağış rejimini değiştirebilmektedir (Kunkel, 2003). Genel olarak algılanan, kuru alanların daha kuru, nemli alanların daha nemli olmasıdır (Dore, 2005). Örneğin, gelecekte dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, kuvvetli yağışlar ile onlara bağlı seller ve taşkınlar gibi meteoroloji afetlerin şiddetlerinde ve sıklıklarında artışlar olurken, bazı bölgelerinde uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar ve bunlarla ilişkili yaygın çölleşme olayları daha fazla etkili olabilecektir.

Yağışın değişim paterni, 21. yüzyılın en büyük küresel sorunlarından biri olan gıda ürünlerinin üretimini de etkilemektedir (Dore, 2005). Yağış miktarlarında meydana gelen artış ekinlere zarar vermektedir. Bunun sonucu olarak, ürün kayıplarının maliyeti ve tarımsal hasarlar da bir artış beklenmektedir (McCarthy, 2001; Reilly, vd., 2003; Rosenzweig, vd., 2002). Diğer taraftan yağışta gözlenen artış miktarı toprak nemliliğinin ve bitkilerin hastalıklara ve böcek istilasına daha çok eğilimli olmasına neden olan risklerin artmasını sağlamaktadır (Ashraf ve Habib-ur-Rehman, 1999). Görüldüğü gibi istihdamın ve gelirin büyük bir bölümünü tarım sektöründen sağlayan ülkeler için yağış önemli bir iklim elemanıdır. Bu durumda iklim değişiklikleri nedeniyle toplam üründeki ve üretkenlikteki değişiklikler, bölgesel ve yöresel olarak önemli düzeyde değişecek ve buna bağlı olarak da üretim desenin de değişmeler meydana gelebilecektir.

Su mevcudiyeti ve kalitesi iklim değişikliği üzerinde önemli olan konulardan bir diğeridir. Yeşil su topraktan sızan yağmur suyundan oluşmakta, su tutma gözeneklerinde tutulmakta ve ağaç köklerinde emilim için bulunmaktadır. Yeşil suyun aksine mavi su, nehir, göl ve akiferlerde mevcut olan sudur (Rockström, vd., 2009). 2050’ye kadar, küresel nüfusun %59’su mavi su kıtlığı yaşayacak iken, %36’sı hem yeşil hem de mavi su kıtlığı yaşayacaktır (Rockström, vd., 2009). Ayrıca, ekosistem için canlıların yeşil suya olan bağımlılıklarının %90 olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yeşil su kaynaklarının yönetimi için etkili yolların tanımlanması, tarımda kuraklık risklerinin azaltılması ve küresel gıda güvenliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir (Rockström, vd., 2009). Kısaca, yağış yeryüzündeki su kaynaklarının varlığı açısından önemli bir fiziki süreçtir. Bu bakımdan yağışın olup olmaması bu noktada önem kazanmaktadır.

Tarım, çevre, ekonomi, sanayinin yanı sıra yaşayan nüfusu da ciddi olarak etkileyen iklim değişiminin bu geniş çaptaki etkileri dünyanın pek çok bölümünde farklı boyutlarda hissedilmektedir (Giorgi, vd., 2001; Hulme, vd., 1998). Geleceğe yönelik iklim değişikliği senaryolarının oluşturulması ve bu senaryolara göre etki değerlendirilmelerinin yapılabilmesi için iklim değişikliğinin etkilerinin önlenmesi ya da en az düzeye indirilmesi gerekmektedir. Ülkelerin iklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olması ve iklim değişikliğine uyum sağlaması açısından iklim değişkenleri hakkında doğru bilgi elde etmeleri gerekmektedir. Bulunduğu konum, üç tarafının denizlerle çevrili olması, deniz seviyesine göre yüksek olması, kıyılarına paralel dağ sıralarının bulunması, denize yakınlık ve uzaklık, yer şekillerinin kısa mesafelerde değişmesi ve çeşitlilik göstermesi gibi faktörlerin varlığı Türkiye’nin iklim değişiminin etkisinde kaldığı ülkeler arasında bulunduğunun bir göstergesidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ile İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü’nün ortaklaşa yürüttüğü “*Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları*” başlıklı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi iklim değişikliği öngörülerine yönelik Providing Regional Climates for Impacts Studies (PRECIS) Bölgesel İklim Modeli kullanılarak gerçekleştirilmiş bir iklim modelidir. Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi’nin Atmosferik Dolaşım Modeli HadAMP3’ün çıktıları kullanılmıştır. Model referans dönem (1961-1991) ve gelecek dönem (2071-2100) yılları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Modele göre, gelecek döneme yönelik Türkiye yağışlarında azalma yönünde değişiklikler öngörülmektedir ve bu değişimlerde farklılıklar söz konusudur (Demir, vd., 2008).

Doğu Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Toros Dağları boyunca yıllık toplam yağış miktarında 100-400 mm/yıl oranında düşüşler beklenmektedir. Ege, Trakya, Batı ve Orta Akdeniz, Güneydoğu Anadolu'nun bir kısmı ile İç Anadolu Bölgesi'nde yağışlar %30-40 oranında azalacaktır. Doğu Anadolu ile Doğu Karadeniz'de bu oran daha az (%5) beklenmektedir. Ege ve Akdeniz bölgelerinden başlayarak Toros Dağları'nı takip eden hat boyunca yağışlarda belirgin azalmalar ve Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu'nun kuzeyinde artışlar olacağı saptanmıştır (Demir, vd., 2008:4). İlkbahar mevsimi yağış miktarında ülke genelinde azalma hâkimdir. Yaz mevsiminde, yağış miktarı İç Anadolu ve Karadeniz Bölgesi'nde belirgin olarak azalmaktadır. Sonbahar mevsiminde ise diğer mevsimlere oranla, daha çok Türkiye'nin doğu kesimleri olmak üzere genelde artış beklenmektedir (Demir, vd., 2008:5). Su bütçesi açısından çok önemli olan kar kalınlığının 2071-2100 döneminde 1961-1990 yıllarına göre değişimi izlenmektedir. Kar potansiyeli yüksek olan bölgelerimizden Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz'de kar kalınlığı gelecekte azalacaktır (Demir, vd., 2008:5). Bu sonucun bölgedeki havzaların beslenmesine ciddi oranda olumsuz yansımaları olacaktır (Demir, vd., 2008:6). Diğer taraftan, yağıştaki azalma ve sıcaklıktaki artışa paralel olarak buharlaşmadaki artış sonucunda, su kaybı da artmaktadır. Yağış ve buharlaşma arasındaki farklılıklarda, gelecekte Türkiye genelinde alansal olarak geniş ölçekli belirgin değişiklikler göze çarpmamakla birlikte, Güney Marmara, Ege, Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyi ve Toros Dağları hattında azalmalar görülmektedir (Demir, vd., 2008:6).

Yağış olasılığı, yağış tutarı, yağış şiddeti, yağış yoğunluğu gibi yağış özelliklerinde meydana gelen değişimler Türkiye'nin bulunduğu hassas konumundan ötürü doğal ve sosyal ortamda çeşitli olumsuzluklara neden olabilecektir. Küresel iklim değişiminin Türkiye yağışlarına etkisinin yönü bu noktada çok önem kazanmaktadır. Bu sebeple, yağış ve etkileri özellikle araştırılması gereken en önemli iklim değişimi bileşenlerinden biridir. Yağış dağılışının en iyi şekilde belirlenmesi etkisi altında bıraktığı tüm etmenler açısından büyük önem arz etmektedir.

Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde (Geographic Information System, GIS) meydana gelen gelişmeler sonucunda, jeoistatistik analiz çalışmaları GIS ile etkili bir biçimde uygulanabilir hale gelmiştir. GIS, istatistik metodlarla birleştiğinde, mekânsal verinin analiz edilmesini, görüntülenmesini ve yönetimini sağlayacak etkili bir dizi araç sağlar (Krivoruchko, vd., 2003; Anselin, 2003; Wong ve Lee, 2005). Veri toplama aşamasını kolaylaştıran, daha etkin ve hızlı bir biçimde bölgesel değişiklikleri değerlendirebilen, çeşitli değişkenleri karar destek amaçlı olarak birleştirebilen ve sorgulayabilen GIS, büyük veri setleri ile çalışabilme yeteneğine sahiptir. Bu sebeple, istatistik teknikleri ile GIS'in bir arada kullanımı karmaşık coğrafi problemlerin çözümünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Gelişimi

Bilim ve teknolojiye hızlı değişimler, sanayi toplumundan bilgi toplumuna dönüşüm sürecini hızlandırmıştır. Bu süreçte, üretimi ve maliyeti etkileyen en önemli faktör bilgidir. Bilgi, toplumlar arası rekabetin anahtarı olmuştur. Bilgi toplumuna dönüşüm sürecini toplumlararası rekabetin dayandığı bilimsel ve teknolojik düzey belirlemektedir. Bugün evrensel bir nitelik taşıyan bilginin, gittikçe artan gereksinimlere daha iyi yanıt verdiği, "coğrafi bilgi" tanımlamasına bıraktığı bir süreçte bulunmaktadır. Teknolojik gelişimin yarattığı değişimler sonucu, ortaya çıkan sorunlara çözüm arandığı alanlar arasında GIS'in nasıl etkiler bıraktığı açıkça görülmektedir. GIS teknolojisindeki gelişmenin ana yönünün bilgisayar teknolojisi ve analitik metodlar üzerine olduğu gerçektir. Bilgisayar ve analitik metodlarda meydana gelen gelişmeler geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda oldukça büyük fayda sağlamıştır. Özellikle GIS, mekânsal istatistik ve sayısal mekânsal modellemelerin bir arada kullanımı neticesinde gerçek dünyaya ait karmaşık problemlerin çözümlerinde oldukça etkili olmuştur.

GIS; araştırma, plânlama ve yönetimdeki karar verme yeteneklerini artırmak; zaman, para ve personel tasarrufu sağlamak amacıyla; coğrafya ile ilgili grafik (konum ve şekil) ve grafik olmayan

(öznitelik) verilerin çeşitli kaynaklardan toplanması, bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren personel, coğrafi veri, bilgisayar yazılım ve donanım sistemlerinin tümüdür. Konumsal (mekânsal) verilerin toplandığı, görüntülediği, analiz edildiği, grafik ve veri tabanı bilgilerinin ilişkisel olarak kullanılabilirdiği, istenen bilgiye sorgulama yoluyla erişimin sağlandığı bilgisayar destekli sistemdir. GIS, bir kişinin küresel pozisyonunun belirlenmesi gibi en basit problemde, mekânsal modelleme senaryoları gerektiren daha karmaşık problemlerin çözümüne kadar çeşitli jeo-mekânsal problemlerin çözümünde bir araç olarak kullanılabilir (Coppock ve Rhind, 1991).

Yazılım, donanım sistemleri ve teknoloji ile ilişkilendirilen GIS'in başlangıcı Amerika Birleşik Devletleri Harvard Laboratuvarı'nda ortaya çıkmıştır (Schuurman, 2004:5). 1970'lerde GIS özel sektöre yayılmış, 1981'de California'da Environmental Research Systems Inc. (ESRI) adlı firmada ArcInfo® programının gelişmesi GIS için dönüm noktası olmuştur. 1990'larda donanım fiyatlarının düşüşü ile birlikte artan işlem kapasitesi ve masaüstü sistemlerde çalışabilen GIS yazılımları, GIS'i kullanılabilir hale getirmiştir. Bu olay şu anda da var olan GIS için birçok yolun açılmasına yol açmıştır. Coğrafi veri değerlendirme çalışmaları teknolojik gelişmeler, bilgisayar ve yazılım dünyasında yaşanan gelişmeler, kişisel bilgisayarların kullanım alanlarının gelişmesi ile farklı boyutlar kazanmıştır. Bugün sayısız katman, sanal olarak üst üste getirilmekte, bir biri ile entegre biçimde kullanılabilir ve analiz edilebilmektedir. Mekânsal özelliği olan herhangi bir sorunsalın ortaya konmasında ve analiz edilmesinde, GIS vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir ve kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Özellikle bilimsel çalışmalarda araştırma biçimleri GIS'in ortaya çıkmasıyla değişik bir yön kazanmıştır. GIS sadece farklı harita ölçeklerini, projeksiyonlarını, grid verilerini ve alansal tabakaları işleyebilecek kapasiteye sahip donanım ve yazılım sistemlerinin gelişmesi ve faydalanma olanaklarının artışı değil aynı zamanda, yeni sınırlamalar ve standardizasyonun oluşmasını, metodolojik ve konumsal pek çok konuda kesin ve doğru cevaplara erişim yollarını, karmaşık teoriler, üzerinde çalışılan sistemin veya fenomenin anlaşılması, yeni matematiksel yöntemler ile karmaşıklığın ölçülmesi ve gösterilmesine de imkân vermiştir. Çevresel çalışmalarda çeşitli zamansal ve mekânsal ölçeklerde pek çok çevresel değişkenin elde edilip analiz edilmesi GIS aracılığıyla gerçekleştirilebilir bir hal almıştır. Özellikle iklim ile ilgili çalışmalarda GIS'in kullanımı ve yaygınlığı önemli bir yere sahiptir. Bu sayede yağışlardaki değişimlerin analiz edilmesi sel, taşkın ve bunlara bağlı kütle hareketleri gibi kısa süreli gerçekleşmesi muhtemel afetlerin yanı sıra erozyon, kuraklık ve çölleşme gibi daha uzun bir zaman diliminde gerçekleşebilecek afetlere ilişkin planlama çalışmalarına bilimsel bilgi desteği sağlayabilmektedir.

2.2. Jeostatistik ve Coğrafya İlişkisi

Coğrafya ayrı ayrı yerlerdeki tüm fiziksel ve beşeri olguların etkileşimi ve yerler arasındaki bu karşılıklı etkilenmenin hangi kalıpları yarattığı ve mekânı nasıl örgütlediğinin incelenmesi olarak tanımlanabilir (Tümertekin ve Özgüç, 2004:2). Tüm çevresel olgular coğrafi bir mekân içinde gerçekleşmektedir. Bir coğrafi mekânda meydana gelen bu çevresel olayların jeostatistik teknikleri yardımıyla araştırılması coğrafya çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Coğrafyanın diğer disiplinlerden ayırt edici belki de bir anlamda "eşsiz" kılan yanı, olaylara mekânsal yaklaşımıdır. Örneğin, sosyolog, ekonomist, biyolog ve coğrafyacının bir toplumda yer alan etnik gruplara olan ilgi ve gözlemleri değişkenlik göstermektedir. Sosyolog belirli bir sosyal uyum sürdüren bu etnik grupların ev sahibi toplumların yanı sıra diğer etnik grupları ile olan etkileşim süreçlerine odaklanırken, ekonomist bu grupların benzer sanayilerde işe alma veya kendi işyerini kurma eğilimlerini araştırır. Biyolog ise, genetik farklılıklarının fiziksel özelliklere olan katkısını açıklamaktadır. Diğer taraftan coğrafyacı konumsal ve mekânsal çerçeveden; iki veya daha fazla yerleşim alanında bulunan aynı etnik gruba sahip bireylerin neden toplandığını? Ev sahibi ülkede yeni nesil büyürken bireylerin mekânsal dağılımını göçmen grupların değiştirmiş olup olmadığını? Neden bazı alanların göçmen gruplar tarafından diğer alanlara göre daha çekici olduğu gibi belli sorular sorarak olayları analiz etmeye yönelmektedir. Bu

sorular coğrafyada mekân ve lokasyonun ne kadar önemli iki kavram olduğunun bir göstergesidir (Walford, 1995:344-345). Coğrafi dağılım ise, mekân veya dünya üzerinde bir olgunun paterni ve dağılımıyla ilgilidir. Coğrafi dağılım, mekânsal toplanma, yayılma ve düzenlilik gibi kavramlar ile izah edilmektedir. Örneğin beşeri coğrafyacılar belirli bir olgunun bazı alanlarda diğerlerinden daha fazla toplanıp toplanmadığı veya zamanla toplanmanın değişip değişmediği ile ilgilenirlerken, fiziki coğrafyacılar belirli bir olgunun dağılımı gösterip göstermediğini araştırırlar. İşte bu noktada mekânsal istatistik gözlenen bu toplanmanın belirli bir patern gösterip göstermediğini araştırmak için kullanılmaktadır.

Mekânsal verilerin istatistiksel analizi, istatistikçiler tarafından mekânsal istatistik (Ripley, 1981), mekânsal veri istatistikleri olarak (Cressie, 1993) verilmektedir. Coğrafyada ise, mekânsal analiz teriminin kullanımı 1950'lere dayanmaktadır (Berry ve Marble, 1968). Coğrafyacılar bu terimi mekânsal veri analiz yöntemleri olarak ele almaktadırlar (Haining, 1993). Mekânsal veri analizi, mekânda var olan verilerin etkileşimini, yapısını ve süreçlerini açıklayacak yöntemler ile bunların diğer mekânsal olaylarla olası ilişkilerinin açıklandığı veri analizidir (Bailey ve Gatrell, 1995:7). Mekânsal veri analizinin amacı, değişken değerlerin mekânsal olarak dağılımının anlaşılması, paterninin tespit edilmesi ve değişkenler arasındaki ilişkinin test edilmesidir. Jeostatistik, mekânsal veri analizinin bir alt birimi olup çeşitli araçları ve modelleme tekniklerini içermektedir.

Geleneksel istatistik yöntemleri ile yapılan analizlerde herhangi bir değişkenin varyans ve ortalaması hesaplanırken, gözlemlerin yapıldığı yerin coğrafi konumu ve gözlemler arası mekânsal otokorelasyonu dikkate alınmamaktadır (Webster, 1985). Sözü geçen mekânsal otokorelasyon kelimesinin coğrafi çalışmalar içerisinde oldukça önemli bir yeri vardır. Bir dağılımın mekânsal paterni, mekânın içerisindeki her bir varlığın düzeni ve bunlar arasındaki coğrafi ilişkileri tarafından belirlenir (Hansen, 1997). Mekânsal otokorelasyon "*her şey başka her şeyle ilişkilidir, yakın olan şeyler uzak olanlara göre daha çok ilişkilidir*" olduğunu ifade eden coğrafyanın ilk kanuna dayalıdır (Tobler, 1970:236). Böylece mekânsal otokorelasyon, bir alan içindeki benzer objeleri veya alandaki bir mekânsal fenomenin kendisiyle olan bağıllık derecesini ölçmektedir (Cliff ve Ord, 1973, 1981). Karşılıklı bağlantı/etkileşim coğrafyada o kadar önemlidir ki Gould (1991)'de bunu "*bağılantısız bir şeyin coğrafyasını yapamazsınız. Bağlantı yoksa coğrafya da yoktur*" sözleriyle ifade etmiştir (Aktaran: Tümertekin ve Özgüç, 2004:53). Gözlemlerarası korelasyonun önemli olduğu durumlarda, verilerin analizi, gözlemi bulunmayan noktalara ilişkin tahminler yapılması, değişkenin alansal ortalama değerinin tahmin edilmesi ve haritalanması geleneksel istatistik yöntemleri ile mümkün değildir (Olea, 1982). Bu sebeple, gözlemlerin yapıldığı noktaların konumlarını ve gözlemlerarası korelasyonu göz önüne alan yöntemler kullanılmaktadır. Bu amaçla, jeostatistik yöntemler Bölgesel Değişkenler Teorisinin (Theory of Regionalized Variables) geliştirilmesini takiben, pek çok disiplinde hızlı bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. Bir değişkenin değerlerini ilgili bütün alan boyunca tahmin etmek mekânsal tahmin veya mekânsal enterpolasyon olarak adlandırılmaktadır ki, bu jeostatistiğin kullanım alanlarından birini oluşturmaktadır. Gözlem verilerinin deneysel yarıvariogram yapısının belirlenmesi ve bu yarıvariogram yapısına teorik bir modelin uydurulması jeostatistiksel çalışmaların temelidir. Alansal bir değişkenin doğru olarak tahmin edilmesi, gözlem noktalarının sıklığına, gözlem noktalarının mekânsal değişkenliğine ve bu değişkenin göstergesi olan yarıvariogram modelinin doğru olarak belirlenmesine bağlıdır. Yarıvariogram modelleri geleneksel istatistik yöntemleri gibi tek bir noktanın örneğin istasyonun gözlem değerleri ile ilgilenmemektedir. Jeostatistiksel analizler ile bir alan veya doğrultu üzerinde düzenli veya düzensiz bir şekilde dağılmış mevcut tüm gözlem noktalarının eş zamanlı gözlemleri kullanılmakta ve zaman boyutu yanında, alansal değişkenlik boyutu da araştırmaların içine dâhil edilebilmektedir. Mekânsal değişim ölçeğinin belirlenmesi ve tahmin edilmesi, bölge tanımlanması, çoklu veri analizi, olasılık haritaları gibi birçok mekânsal problemlerin çözümünde uygulanabilmektedir. Veri noktalarını almak ve "*tüm alanda verilerin nasıl bir dağılım gösterdiği ile ilgili kullanışlı ve ilgi çekici sonuçları anlatan bir model oluşturmak*" jeostatistik tekniklerin en önemli amaçlarından birini oluşturur (Hengl, 2009). Jeostatistik yönteminin esasları tüm değerlerin bir bağımlı değişken ile birlikte, tesadüfi bir sürecin sonucu olduğunu varsayar. Bundan kastedilen, örneğin 1 Türk

Lirası (TL) bozuk parayı havaya üç kez atıp yazı mı tura mı gelecek diye tespit edelim. Diğer taraftan dördüncü 1 TL'yi ise, havaya atmayıp, yazı mı tura mı olacağı aşağıda verilen kurala göre belirleneceğini düşünelim: *Eğer ikinci ve üçüncü "yazı" gelmişse dördüncü birincinin tersi olacak, eğer ikinci ve üçüncü "yazı" gelmemişse dördüncü birinciyle aynı olacaktır.*

Yazı-tura örneğinden de anlaşıldığı gibi dördüncü 1 TL bağımlılık kuralına göre belirlenmiştir. Ancak, gerçekte bağımlılık kuralı bilinmemektedir. Bu örnekten yola çıkarak jeoistatistiğin iki anahtar işlevi olduğu söylenebilir. Bunlardan birincisi bağımlılık kuralının ortaya çıkarılmasıdır. Bu süreç için yarıvარიogram ve kovaryans fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Bir diğeri ise, enterpolasyon ile tahminler yapmaktır. Tahminler ise, bağımlılık kuralının bilinmesiyle gerçekleştirilebilmektedir. Jeoistatistiğin temel analiz aşamasını mekânsal modelin ortaya konulması oluşturmaktadır. Mekânsal modelin ortaya çıkarılmasıyla mekânda bulunan bağımlılık kuralının bulunması sağlanmaktadır. Bağımlılık kuralına göre, çalışma sahası içinde gözlem yapılmamış noktalardan tahminler oluşturulur. Son olarak tahminlerin doğrulukları test edilir. Böylece, jeoistatistiğin üç temel amacı bu şekilde sıralanabilmektedir. Jeoistatistik uygulamaları bilgisayar programı tarafından yapıyormuş gibi gözükse de, bu konuyla ilgili çalışan uzmanların çalışma için çok sayıda değerlendirmesi gereken işlemleri (doğrusal veya doğrusal olmayan modellerin kullanımının seçimi, mekânsal konumun olup olmadığını dikkate almak, orijinal verilerin dönüştürülüp dönüştürülmeyeceği veya kullanılıp kullanılmayacağı, çoklu bağlantıların olup olmadığını düşünmek vb. gibi) gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu sebeple jeoistatistiğe uzman tabanlı bir sistem demek yanlış olmaz.

2.3. Mekânsal Değişkenliğin Kaynakları

İncelenen bir doğa olayı zaman ve mekâna bağlı olarak bir değişim gösteriyorsa ve bu değişim belirli bir yapıya sahipse, bu değişken çevresel değişken olarak adlandırılır (Hengl, 2009). Çevresel değişkenlerin en dikkat çeken özelliklerinden biri, onların mekânsal-zamansal boyutunun varlığıdır. Bir çevresel değişkenin mekânsal-zamansal boyutu; değişkenin, coğrafi lokasyonu (enlem, boylam), yüksekliği, ölçüm zamanı (yıl, ay, gün, saat, dakika vb. gibi) ve mekânsal-zamansal destek boyutunu (çalışma alanının boyutu ve ölçüm zaman aralığı) kapsayan en az dört parametresiyle ifade edilmektedir (Hengl, 2009:1). Çevresel değişkenler; biyoloji (türlerin dağılımı ve bioçeşitlilik ölçümleri), toprak bilimi (toprak özellikleri), bitki bilimi (bitki türleri ve toplulukları, arazi kullanım tipleri), klimatoloji (yüzeyde, altında ve üstünde ki iklim değişimleri), hidroloji (su miktarı ve koşulları), gibi benzer bilimlerde arasında değişebilen nicel veya açıklayıcı ölçümlerdir (Hengl, 2009:4). Bunlar genellikle çalışma sahasının örneklenmesi ile elde edilir. Daha sonra bu örneklerin çalışma sahasındaki dağılımını gösteren haritalar oluşturulur ki, çevresel özellikleri gösteren güncel ve doğru haritaların elde edilmesi oldukça önemli bir konudur. Mekânsal planlama, karar verme, arazi değerlendirme konularında çevresel değişkenlerin önemli bir yeri vardır. Bir alanda mevcut değişkene ait dağılım haritası oluşturmak değişken hakkında doğru ölçüm ve güvenilir analizler yapmayı gerektirmektedir. Çünkü çevresel değişkenler yalnızca mevsimsel olarak değil birkaç saniye içinde de değişim gösterebilmektedir. Örneğin, bitki ve hayvan türleri gibi çevresel değişkenlerin ölçümlerini yapabilmek oldukça zordur. Genellikle bu türler sık sık ölçülemezler ve özellikle hayvan türleri buldukları lokasyonlarda tahmin edilemez yönlere ve tahmin edilemez mekânsal paternlere doğru değişim gösterirler. Mekânsal modeller yardımıyla bireylerin dağılımı haritalanabilir ve hayvan türleri yoğunluk ve kütle ölçümleri kullanılarak gösterilebilirler. Diğer taraftan bitki örtüsü haritalarında bitki oluşumunun en yaygın gözlemlenen alanları (0'dan %100 arası) kayıt edilerek gösterilebilmektedirler. Türlerin zamansal dağılımını haritalamak için biyoloji uzmanları, mutlak türler için ekolojik şartları tanımlamada istatistiksel modelleri geliştirmeyi amaçlamışlardır. Habitat haritalama olarak ifade edilen bu tür modeller jeoistatistik yöntemlerle ele alınabilmektedir (Latimer, vd., 2004; Antoni'c, vd., 2005).

Çevresel değişkenlerin haritalamaları karmaşık ve pahalı haritalamayı gerektirmektedir. Bugüne kadar çevresel değişkenlerin haritaları zihinsel modeller kullanılarak oluşturulmaktaydı. Örneklenmiş

veri üzerinden istatistiksel ve/veya mantıksal modellerle tüm çalışma sahası hakkında bir önermede bulunulurdu. Bir araştırmada, veri toplama araştırmanın en pahalı parçası olduğundan araştırma ekibi sınırlı sayıda lokasyonlardan örnek alabilmekteydi. Yapılan çevresel değişkenlerin haritaları sınırlı, tutarsız ve hayali şekilde olmaktadır. Bu sebeple, çeşitli mekânsal enterpolasyon metodları çevresel değişkenlerin değerlerini tahmin etmek ve haritalamak için geliştirilmiştir. Bir değişkenin değerlerini ilgili bütün alan boyunca tahmin etmek mekânsal tahmin veya mekânsal enterpolasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu jeostatistiğin temel kullanım alanlarından birini oluşturmaktadır. Jeostatistik sadece çevresel bir değişkenin bulunduğu alan boyunca tahmin haritaları oluşturmayı değil, değişkenin niçin orada/o lokasyon da yer aldığı ve buna etki eden nedenleri de anlamayı amaçlamaktadır. Bu sebeple jeostatistik teknikleri toprak haritalama, klimatoloji, ekoloji, oşinografi, jeokimya, epidemiyoloji, beşeri coğrafya gibi benzer pek çok alanda başarılı bir şekilde kullanım alanına sahiptir. Konu ile ilgili çalışan araştırmacılar (1) Bir değişken mekân-zamanda nasıl bir değişim gösterir? (2) Bu değişimi mekân-zamanda ne kontrol eder? (3) Mekânsal değişkenliği açıklamak için örnekler nerede konumlandırılmalıdır? (4) Mekânsal değişkenliği göstermek için ne kadar örneğe ihtiyaç vardır? (5) Yeni bir lokasyon/zamanda değişkenin değeri nedir? (6) Tahmin edilen değerlerin belirsizliği nedir? şeklinde mekânsal içerikli soruların cevabını aramaktadır. Jeostatistik çalışmalarında çevresel değişkenlerin nerede yer aldığı, yani lokasyonu, değişkenlerin mekânda niçin birbiriyle bağlantılı olduğu yani mekânsal etkileşimi ve değişkenlerin bulunduğu alanda dağılımlarını etkileyen diğer çevresel değişkenlerin etkileri incelenmektedir. Kısaca jeostatistik, ilgili olduğu çalışma konusuna ait sistemin mekânsal organizasyonu ile ilgilenmektedir.

2.4. Jeostatistiğin Klimatoloji Çalışmalarındaki Önemi

Zhou vd. (2007) bibliyografik araştırmalarına göre, jeostatistiğin en çok kullanılan on alanı (çok sayıda araştırma makalelerine göre) yerbilimi, su kaynakları ve klimatoloji, çevre bilimi, tarım/toprak bilimi, matematik ve istatistik, ekoloji, mühendislik, petrol mühendisliği, gökbilimi olduğunu belirtmişlerdir. Jeostatistik temelli çok sayıda araştırma bu disiplinlerde yaygın bir kullanıma sahiptir ki, özellikle klimatoloji çalışmaları gibi pek çok disiplinin çalışma sahasını etkisi altına alan araştırmalarda, bu tekniklerin kullanımına son derece önem verilmektedir. Jeostatistik teknikleri iklim haritalamalarında oldukça sık kullanılmaktadır (Goovaerts, 1997). Kayıtların yapıldığı farklı istasyon noktalarından elde edilmiş ölçüm değerleri arasındaki mekânsal korelasyon yapısını değerlendirmesi ve minimum varyans değeri ile birlikte tahmin sonuçları vermesi jeostatistik tekniklerinin en önemli avantajlarını oluşturmaktadır (Gambolati ve Volpi, 1979; Myers, 1982; Martinez-Cob, 1996; Holawe ve Dutter, 1999). Bu sebeple, bazı çalışmalar diğer istatistik tekniklerinden daha doğru tahmin sonuçları verdiğini göstermiştir (Phillips, vd., 1992; Goovaerts, 2000). Jeostatistik analizler ile ilgili alan için tahmin hata ölçümü gösteren neticeler vermesi ve enterpolasyon sonuçlarına yardımcı olabileceği düşünülen ikincil veya yardımcı değişkenlerin kullanılması daha doğru tahmin yüzeylerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu yönü, jeostatistik tekniklerini deterministik yöntemlere (Thiessen Poligon (TP), Inverse Distance Weight (IDW), Spline vb. gibi) göre avantajlı kılmaktadır (Goovaerts, 2000; Tobin, vd., 2011). Yağış değişiminin tahmini üzerine, farklı jeostatistik teknikleri kullanılarak gösterilebilecek çok sayıda referans mevcuttur.

Chua ve Bras (1982), dağlık ve orografik etkiye sahip bölgelerde yıllık ortalama toplam yağışın alansal dağılışının belirlenmesi için Kriging yönteminin uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Çalışmalarında trendin durağan olmaması durumunda, genelleştirilmiş kovaryans fonksiyonlarını kullanarak trendin giderilmesi için izlenecek yol açıklanmış, orijinal verilerden trendin çıkarılmasıyla elde edilen kalan terimlerin yarıvariogramına en iyi global modellerin uyduğunu göstermişlerdir. Tabious III ve Salas (1985), farklı mekânsal enterpolasyon teknikleri kullanarak, mühendislik hidrolojisinde sıkça karşılaşılan problemlerden birinin eksik ya da ölçümü olmayan alanlarda veri tahmini üzerine olduğunu, böyle bir tahminin ise yakın alanlarda gözlenen verilerin mekânsal enterpolasyon yöntemleriyle yapılabileceğini belirtmişlerdir. Yıllık yağışın tahmininde yaygın olarak kullanılan TP, en küçük kareler

yöntemiyle klasik polinomsal enterpolasyon (Lagrange Yaklaşımı), ters uzaklık, kuadratik enterpolasyon, optimal enterpolasyon ve Kriging tekniklerini incelemişlerdir. Optimal enterpolasyon ve Kriging tekniklerinin diğerlerine göre daha iyi tahminler verdiği sonucuna varmışlardır. Dingman vd. (1988), drenaj havzalarında su denge bilançosunun hazırlanabilmesi için öncelikle alan üzerindeki ortalama alansal yağışın belirlenmesi gerektiğine işaret etmişlerdir. Bu amaçla, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 120 yağış gözlem istasyonunun yıllık yağış değerlerini kullanarak, Kriging yöntemiyle bir bölgedeki alansal yağışı tahmin etmeye çalışmışlar, orografik etkiden kaynaklanan trendin ortadan kaldırılmasına dayalı yağış ve haritalarını oluşturmuşlardır. Abteu vd. (1993) güney Florida'da 185*185 km genişliğindeki bir alanda, minimum 15 yıl gözlem değeri olan 25 adet yağış istasyonu verilerini kullanarak aylık yağış gözlemleri için mekânsal korelogram ve yarıvariogram modelleri geliştirmişlerdir. Ayrıca, altı değişik mekânsal enterpolasyon yöntemi ile çalışma alanında noktasal ve alansal aylık yağış tahminleri yapmışlardır. Elde edilen sonuçların gözlem değerleri ile kıyaslanması sonucunda, en iyi uyumu optimal enterpolasyon ve Kriging metodlarının gösterdiğini belirterek, enterpolasyona ilişkin tahmin hatasını hesaplama olanağı verdiğinden dolayı da bu iki metodun diğerlerine göre daha avantajlı olduğu sonucuna varmışlardır. Kravchenko vd. (1996), Wyoming'te yağışın mekânsal dağılımını belirlemek için topografik bilgiyi ele alarak Kriging with External Drift (KED) tekniğini kullanmışlardır. Çalışmalarında yağışın mekânsal dağılımını doğru tahmin edebilmek için yağış değişkeni ile ilişkili yükseklik, eğim, bakı, enlem ve boylam gibi farklı değişkenlerden de yararlanmışlardır. Çalışma alanını yağış ve topografik özelliklere göre dört alt bölgeye ayırmış olup, jeostatistik analizleri bu alt bölgeler için gerçekleştirmişlerdir. Uygulanan tekniğin özellikle dağlık alanlarda ve ölçüm istasyonlarının az olduğu bölgelerde oldukça kullanışlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Kriging varyasyonunun ortalama %54 azaltılması, gözlemlenen ile tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon katsayısının 0.4'den 0.8'e artması, coğrafi koordinatların analizler sırasında kullanılmasıyla sağlanmıştır. Ayrıca, topografik bilgilerin tüm alt bölgelere ait daha doğru tahminler elde edilmesinde önemli katkısı olduğu ve KED sonuçlarının OK yöntemine göre daha doğru tahmin değerleri verdiği araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Atkinson ve Lloyd (1998) ölçüm yapılmamış lokasyonlardaki yağış değerlerini tahmin etmek için OK ve IK jeostatistik yöntemlerini kullanmışlardır. Yağış tahminlerinde kullanılan verinin log normal dağılımı, verinin durağan olmaması ve mekânsal devamlılığın anizotrop olması gibi sorunları aşmak için farklı yaklaşımları karşılaştırılmak istemişlerdir. IK kullanılarak yapılan tahminlerin doğruluğu OK tahmin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında OK'in daha doğru tahmin değerleri verdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, OK yönteminin daha kolay uygulanabilirliğini vurgulamışlardır. Boer vd. (2001) iklim değişkenlerinin haritalanması için OK, Regression Kriging (RK), Co-kriging, Trivariate Regression-Kriging (TRK), Bivariate Thin Plate Splines (BTPS), Trivariate Thin Plate Splines (TTPS), Partial Thin Plate Splines (PTPS) gibi teknikleri kullanarak, Meksika'nın Jalisco eyaletindeki ortalama aylık maksimum sıcaklık ve yağış tahmin etmişlerdir. Bu amaç için, 1940-1990 yıllık uzun bir dönemi oluşturan aylık ortalama yağış ve sıcaklık ölçümlerinden oluşan iki farklı veri seti kullanmışlardır. Çalışmada nisan, mayıs, ağustos ve eylül aylarına ait değerler, yağış ve yükseklik arasındaki korelasyon katsayısının (Pearson Katsayısı) 0.5'den yüksek olmasından dolayı seçilmiştir. Çalışmalarının esas amacı, iklim haritalarının tahmin doğruluğunu artırmak için çalışmada ikincil değişken olan yükseklik verisini kullanmak ve sonuçları karşılaştırmaktır. Bu sebeple, yükseklik verisi çalışmalarında kullandıkları tekniklerin bazılarında analizlere dâhil edilmişken, bazılarında yükseklik sadece ek bilgi olarak ele alınmıştır. Yükseklik değişkenini kullandıkları tekniklerin, tahmin sonuçlarında daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında TRK ve TTPS teknikleri en doğru sonuçlar veren iki yöntem olarak tespit edilmiştir. Johansson ve Chen (2003) çalışmalarında rüzgârın ve topografyanın İsveç'in yağış dağılımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, temel yağış paternini açıklayabilmek için bir istatistik model oluşturmuşlardır. Çalışmalarında 370 istasyondan elde edilen 15 yıllık yağış verilerini kullanmışlardır. Her bir istasyon yağış verisi, rüzgâr hızı ve yönüne göre 48 sınıfa bölünmüştür. Seçilen değişkenlerden en önemli değişkenin dağlık arazi istasyonunda bulunan lokasyon olduğu görülmüştür. Rüzgâra karşı olan tarafta yağışın, rüzgâr hızının artmasıyla arttığı, rüzgârla aynı istikamette olan tarafta ise, yağışta daha az varyasyon olduğu ve rüzgâr hızının yağış miktarını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Çalışmalarında bahsettikleri diğer önemli faktör ise, yükselen havayla eğimin, rüzgâr hızıyla katlanarak artmasıdır. Diadato (2005) güney İtalya'nın dağlık bir bölgesinde, 51 iklim istasyonundan elde ettiği yağış değerlerini kullanarak, yağışın mekânsal değişimine topografik yardımcı değişkenlerin etkisini ekleyerek araştırmasını gerçekleştirmiştir. Diadato çalışmasında OK, yağış ve yüksekliği kullanarak Co-kriging ve yağış ile topografik indeks değişkenlerini kullanarak Co-kriging yöntemlerini uygulamıştır. Yöntemlerin sonuçlarını karşılaştırdığında, OK tekniğinin en yüksek tahmin hatasına sahip olduğunu göstermiştir. En düşük tahmin hatalarının ise, çoklu jeostatistik yöntemleri olan Co-kriging analizleri sonucunda bulunduğunu belirtmiştir. Clark ve Slater (2006), karmaşık arazide kantitatif yağış tahmini yaptıkları çalışmalarında günlük toplam yağışın nokta ölçümlerini enterpolasyon ve ekstrapolasyon ile incelemişlerdir. Çalışmalarında, yağışın mekânsal organizasyonu üzerine topografyanın etkisini dikkate alan, yüksek çözünürlüklü grid yağış tahminlerindeki hataları doğru olarak açıklayan ve günlük toplam yağışlarının birçok yıl için bir araya getirilmesine olanak sağlayan olasılıklı yağış tahmin yöntemi kullanmışlardır. Yağışın mekânsal değişkenliğini tahmin etmek için açıklayıcı değişken olarak istasyon lokasyonlarındaki mekânsal özelliklerin kullanıldığı Locally Weighted Regression (LWR) analizini temel almışlardır. Çalışmalarının sonucunda olasılıklı yağış tahmin yönteminin güvenilir sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Goudenhoofd ve Delobbe (2009), Belçika'nın Walloon bölgesinde kantitatif yağış tahminlerinin doğru yapılabilmesi için, hava radarları gözlemleriyle yağış istasyonları ölçümlerini Mean Field Bias (MFB) yöntemi ile jeostatistik birleştirme teknikleri gibi farklı yöntemleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında C-band Doppler radarlardan ve yüksek yoğunlukta istasyon ağından elde edilen verileri günlük yağış toplamını tahmin etmede kullanmışlardır. Farklı birleştirme yöntemlerinin performansı, bağımsız ölçü ağından günlük ölçümlere karşı bir karşılaştırmayla değerlendirilmiştir. Çalışmalarında jeostatistik birleştirme yöntemlerinin en iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda istasyonların sıklığının da yöntemlerin performansa olan etkisi karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, çalışmalarında bazı istasyonlar çıkarılmış ve farklı yoğunluktaki istasyonlarda jeostatistik birleştirme yöntemleri kullanılarak en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmacılar yağış istasyonlarının mekânsal enterpolasyonunu geliştirmek için radarın yardımcı değişken olarak kullanıldığı KED'i en iyi yöntem olarak bulmuşlardır. Zhang ve Srinivasan (2009), Nearest Neighborhood (NN), IDW, Simple Kriging (SK), OK, Simple Kriging with Local Means (SKlm) ve KED gibi jeostatistiksel enterpolasyon yöntemlerini Luohe Nehri havzası yağış haritalarını tahmin etmek için kullanmışlardır. Çalışmada 41 istasyondan elde ettikleri 10 yıllık bir döneme karşılık gelen yağış verilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları farklı enterpolasyon yöntemleriyle elde edilen tahmin haritalarının benzer ortalama yağış derinliğine sahip olduğunu ancak, maksimum, minimum yağış ve varyasyon katsayısında önemli derecede farklılıkların gözlemlendiği sonucuna varmışlardır. Farklı mekânsal enterpolasyon metodları kullanılarak elde edilen yağış tahmin haritaları korelasyon katsayısı, Nash-Sutcliffe katsayısı, Görelî Ortalama Mutlak Hata (Relative Mean Absolute Error, RMAE) kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar jeostatistik yöntemlerin, hidrolojik modelleme sistemlerinin dağılımında yaygın olarak kullanılan NN ve IDW yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha doğru mekânsal yağış tahmini sağladığını belirtmişlerdir. Yükseklik ve mekânsal koordinat değişkenlerinin yardımcı veri olarak kullanıldığı SKlm ve KED tekniklerinden elde edilen enterpolasyon sonuçlarının daha yüksek korelasyon katsayısı ve Nash-Sutcliffe etkinliğine sahip olduğunu ve diğer metodlarla karşılaştırıldığında daha düşük görelî ortalama mutlak hata değeri gösterdiklerini vurgulamışlardır. Moral (2010), İspanya'nın güney batısında bulunan Extremadura'da 136 meteoroloji istasyonundan elde edilen aylık ve yıllık yağış verilerini kullanarak, yağışın modellenmesi üzerine farklı jeostatistik tekniklerini karşılaştırmıştır. Bu amaç için, OK, SK ve UK yöntemleri Co-kriging, Simple Kriging with Varying Local Means (SKV) ve RK gibi yüksekliği değişken olarak kullanan çok değişkenli algoritma yöntemlerini kullanmıştır. Çapraz Geçerlilik sonucuna göre, en küçük tahmin hataları çok değişkenli algoritma tekniklerinden elde edilmiştir. Yüksekliğin hesaplamalarda dikkate alınmasının daha doğru aylık ve yıllık yağış haritaları oluşturmaya yardımcı olduğunu göstermiştir. Ly vd. (2011) Ourthe ve Ambleve (Belçika) çalışma sahası için günlük yağışın mekânsal enterpolasyonunu belirlemek üzere jeostatistik (OK, UK, KED ve Ordinary Co-kriging (OCK)) ve deterministik (TP, IDW) algoritmalar geliştirerek sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında 70 istasyondan elde edilmiş 1976-

2005 yıllık döneme ait veri setini kullanarak yedi farklı (Logarithmic, Power, Exponential, Gaussian, Rational Quadratic, Spherical, Penta-Spherical) yarivariogram modelleri oluşturmuşlar ve yardımcı değişken olarak da yükseklik verisini eklemiştirler. Çalışmalarında oluşturdukları yarivariogram modellerinden Gaussian modelinin en uygun model olduğunu bulmuşlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde jeostatistik enterpolasyon ve IDW algoritmalarının, TP'a göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yükseklik değişkeninin KED ve OCK'e dâhil edilmesinin günlük yağış enterpolasyonuna katkı sağlamadığını bildirmişlerdir. OK ve IDW en küçük RMSE değerleri sağladığı için çalışma şartları içinde en iyi yöntemler olduğunu tespit etmişlerdir. Düşük sayıda komşu ölçüm noktalarıyla UNK ve KED yöntemlerinin günlük yağış enterpolasyonunda güvenilir sonuçlar vermediğini ifade etmişlerdir. Sadece Spherical modeli kullanan ORK, UNK ve KED'in daha iyi sonuçlar verdiğini ancak, diğer yarivariogram modellerinde kullanılan OCK'nın daha iyi sonuçlara ulaştığını gözlemişlerdir. Di Piazza vd. (2011) yaptıkları çalışmada İtalya'nın Sicilya şehrinde aylık yağış harita serileri oluşturmak için farklı mekânsal enterpolasyon tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 247 yağmur istasyonundan elde edilen ortalama aylık ve yıllık yağış verisini kullanmışlardır. Geçmişteki verilerle arasındaki boşluğu doldurabilecek düzeyde kabul edilebilir ve süreklilik arz eden bir veri seti üretmek için çeşitli mekânsal enterpolasyon algoritmaları oluşturmuşlardır. Bu algoritmaların bazıları IDW, Basit Doğrusal Regresyon, Çoklu Regresyon, Geographical Weighted Regression (GWR) ve Artificial Neural Network (ANN) gibi deterministik yöntemler, bazıları da OK ve Residual OK gibi jeostatistik yöntemlerdir. Tahmin doğruluğunu arttırmak için sayısal yükseklik modelini hesaplamaların bazılarını dâhil etmişlerdir. Enterpolasyon yöntemlerinin sonuçlarını Ortalama Karesel Hata (Mean Square Error, MSE), Ortalama Yanlı Hata (Mean Bias Error, MBE), MAE, Ölçekli Ortalama Karesel Hata (Scaled Mean Square Error, MSE) ve Doğrusal Korelasyon Katsayısı (Linear Correlation Coefficient, CC) yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Tek değişkenli yöntemlerde, doğrulama sonuçları en büyük hata değerlerini verirken, yükseklik verisinin hesaplamalara dâhil edildiğinde azaldığını gözlemişlerdir. Yağış ve yükseklik arasındaki doğrusal regresyonun OK hata değerleri, yıllık ve aylık yağış için en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir. Bhowmik ve Costa (2012), Bangladeş'teki yağış paterninin mekânsal, zamansal değişiminin Boro pirinç üretimi üzerine etkisini araştırmak için jeostatistik yöntemlerinden yararlandıkları çalışmalarında 31 meteoroloji istasyonundan elde ettikleri 2006 ve 2007 yılları için mevsimsel yağış değerlerini kullanmışlardır. Daha sonra, Bangladeş'teki sulama ve yüksek hasat üzerine yağışın mevsimsel varyasyonunun etkisi özellikle de yağış değişimi ile Boro pirinç üretimi arasındaki korelasyon ve Boro pirinç üretimindeki değişimleri Geo-Band Collection istatistikleri ile incelemişlerdir. Araştırmalarında TPS, IDW, OK gibi enterpolasyon tekniklerinden faydalanmışlar ve Jack-Knife veya Leave-One-Out Çapraz Geçerlilik yöntemleri ile enterpolasyon yöntemlerinin performanslarını değerlendirmişlerdir. TPS yönteminin diğer yöntemlere göre daha düzgün yüzeyler oluştururken, IDW yönteminden elde edilen yüzeylerin TPS yöntemine göre daha çeşitlilik gösterdiğini izlemişlerdir. OK ile elde edilen toplam yağışın mekânsal paterni ise, TPS veya IDW yöntemlerine göre daha çok değişkenlik içermektedir. Çalışmada kullanılan yöntemlerden, OK sonuçlarının en iyi enterpolasyon tekniği ve en az istatistik hatasına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bundan başka, yağışın Boro verimi üzerine oldukça fazla etkisi olduğunu ve geliştirilmiş hasat çeşitlilikleri ve bunların Bangladeş'teki mevsimsel yağış ile ilişkilerinin mekânsal zamansal paternini anlamaya katkı sağladığını not etmişlerdir.

2.5. Türkiye'de Yağış Çalışmaları ve Jeostatistik

Bulunduğu konum, üç tarafının denizlere çevrili olması, deniz seviyesine göre yüksek olması, kıyılarına paralel dağ sıralarının bulunması, denize yakınlık ve uzaklık, yer şekillerinin kısa mesafelerde değişmesi ve çeşitlilik göstermesi gibi faktörler Türkiye'nin iklimi üzerinde etkilidir. Türkiye Akdeniz Havzasında bulunmasından dolayı iklim değişiminden etkilenen ülkeler arasında yer almaktadır. İklim değişiminin yağışlar üzerine yaptığı etki göz ardı edilemez. Yukarıda sayılan özelliklerinden dolayı, Türkiye'de yağışın mevsimlere ve bölgelere göre biçimi, tutarı, süresi değişiklikler göstermektedir. Örneğin, Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki kuzey bölgeleri aşırı yağışların gözlemlendiği yerlerdir. Bu

alanlarda sel-taşkın, heyelan gibi doğal afetlerin olması kaçınılmazdır. Diğer taraftan ülkenin Akdeniz ve Ege bölgeleri kuraklık eğilimi olan alanlar içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle, Türkiye’de yağış değişimine ilişkin çalışmaların güncel olarak sürekli tekrarlanması ve modern yöntemler kullanılarak doğru bilgilere ulaşılması gerekmektedir. Türkiye ölçeğinde yağışla ilişkili yapılan çalışmalar incelendiğinde, iklim değişimine bağlı olarak yağış dağılımında gözlenen değişimlerin ortaya konulması ve izlenmesi üzerine yapılan araştırmalara son derece önem verildiği ortadadır (Koçman, 1993a ve 1993b; Türkeş, 1995; Koçman, vd., 1996; Türkeş, 1996; Erinç, 1996; Kadioğlu, 1997; Türkeş, 1998a ve 1998b; Türkeş, 1999; Erlat, 1999; Türkeş, 2000; Kadioğlu, 2001; Koç, 2001; Çiçek, 2001a ve 2001b; Türkeş, vd., 2002; Türkeş, 2003; Türkeş ve Erlat, 2003; Tatlı, vd., 2004; İrdem, 2005; Kutiel ve Türkeş, 2005; Türkeş ve Erlat, 2005; Türkeş ve Erlat, 2006; Erbekçi, 2006; Sarış, 2006; Koç ve İrdem, 2007; Türkeş vd., 2007; Demir, vd., 2008).

Türkeş (1995) Türkiye’deki yıllık ve mevsimlik yağış verilerindeki eğilim ve dalgalanmalarını analiz ettiği çalışmasında düşük frekanslı bir dalgalanma ile birlikte yıllık yağış anomalilerinin ortalamada önemli bir azalma eğilimi gösterdiğini belirtmiştir. Özellikle Akdeniz Bölgesi’nde belirgin olarak gözlenen bu durumun kış yağışlarındaki azalmadan kaynaklandığını vurgulamıştır. Koçman vd. (1996) Ege Ovaları’nın bulunduğu bölge üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, gözlem süresi eşit 6 istasyon verisini değerlendirerek, 1941-1988 yılları arasında yağışın değişimini ve yıl içindeki yağış dağılımını ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmalarının sonucunda 48 yıllık bir dönemde yağış değerlerinde bir artış ya da azalış olmadığını belirterek, Ege Ovaları’nda süreleri birbirine eşit olmayan kurak ve nemli dönemlerin peşi sıra geldiğinin altını çizmişlerdir. Türkeş (1996) Türkiye’nin yıllık yağış verilerinin alansal ve zamansal özelliklerini araştırdığı çalışmasında, ortalama yağış anomalilerinin rejim bölgelerine göre değişme eğiliminde olduğunu söylemiştir. 1940 yılların başları ile 1960 yılların ortalarında Türkiye’nin Akdeniz Bölgesi’nde ilkbahar yağışlarında bir artış gözlemiştir. Daha sonraki yıllarda bu artış eğiliminde bir azalma olduğunu belirten Türkeş, Akdeniz Bölgesinin yağışın azaldığı bölgeler arasında olduğunu belirtmiştir. Kadioğlu (1997) 1970’li yılların Türkiye yağışlarındaki değişimin başlangıcı olduğu tarihlere denk geldiğini ve bu tarihlerden sonra yağış eğiliminde bir düşüşün başladığını ifade etmiştir. Aynı şekilde Kadioğlu (2001) ilkbahar yağışlarının düzenli olmadığına ve arttığına, buna karşın kış yağışlarının da azaldığına değinmiştir. Bu durumun Türkiye’de erozyon, sel ve taşkın gibi afet olayların oluşmasında etkili olabileceği görüşünü vurgulamıştır. Kadioğlu’nun çalışmaları Türkeş’in (1996) çalışmasıyla örtüşmektedir. Türkeş (1998a) yıllık mevsimlik yağışların ve yıllık kuraklık indisinin ortalama koşulları ile bunlara ilişkin dizilerdeki değişimleri dikkate alarak, Türkiye’de çölleşmeye eğilimli olabilecek alanları çıkarmaya çalışmıştır. Türkeş çalışmasında Türkiye’de karasal iç bölgelerin ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin çölleşmeye eğilimli kurak alanlar olduklarını, Akdeniz ve Ege bölgelerinin ise, çölleşme sürecini gelecekte daha fazla yaşayacak alanlar içinde olduğu sonucuna varmıştır. Türkeş (1999 ve 2003) yağışın ve kuraklığın alansal ve zamansal değişimlerini ele alarak yaptığı çalışmasında, Türkiye’nin kuraklaşma koşulları üzerinde durmuş ve son 20 yıllık süreçte daha fazla etkinleşmiş olduğunu vurgulamıştır. Çiçek (2001a) çalışmasında 77 il merkezine ait 1960-1995 arasındaki 36 yıllık bir döneme ait günlük yağış değerlerini beş şiddet basamağına ve beş şiddet sınıfına ayırarak mevsimlik analiz yapmıştır. Çalışma sonucuna göre, mevsimler arasında yağış şiddetleri ve sıklıklarının büyük farklılıklar gösterdiğini belirli şiddet sınıfındaki yağışların sadece bir mevsimde toplandığının altını çizmiştir. Denizel etki altındaki yörelerde yağış şiddetleri ve sıklıklarının yüksek olduğunu, iç kesimlerde ise, yağış şiddetinin düştüğü ve yağışların % 80’den daha büyük bir kısmının 10.0 mm’den daha düşük günlük yağışlar şeklinde gerçekleştiğini belirtmiştir. Diğer taraftan, Çiçek (2001b) Türkiye’de günlük yağış şiddetleri ve sıklıkları üzerine yaptığı çalışmasında yine 1960-1995 dönemine ait 36 yıllık günlük yağış değerlerini beş şiddet basamağına ve beş şiddet sınıfına ayırarak değerlendirmiştir. Çalışmasının sonucunda ülkenin güneyden kuzeye doğru yağışlı gün sayılarının arttığını, denizel etki altındaki yörelerde yağış şiddeti ve sıklıklarının yüksek olduğunu ve iç kesimlerde ise yağış şiddetinin düştüğü ve günlük yağışların %80’den daha büyük bir kısmının 10.0 mm’den düşük gerçekleştiğini saptamıştır. Türkeş vd. (2002) çalışmalarında Türkiye’deki 91 istasyonun yıllık ve mevsimlik normalleştirilmiş yağış anomalisi dizilerindeki ısrar ve dönemsellik bileşenlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar 31 istasyonda pozitif dizisel ilişki gözlendiğini belirterek, 17

istasyonun yıllar arası değişebilirliğinde pozitif bir ilişkinin varlığından da söz etmişlerdir. İlkbahar yağışlarında istasyonların önemli bir bölümünde negatif ilişki, yaz yağışlarında yine istasyonların bir bölümünde pozitif, diğer bölümünde negatif ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. Sonbahar yağışları için ise, 4 istasyon dışında diğer istasyonların büyük çoğunluğunda dizesel bağımlılığa karşı rastgele bir durumun varlığından bahsetmişlerdir. Tatlı vd. (2004) yapmış oldukları çalışmalarında küçük ölçekli bölgesel iklim süreçleri için yeni bir model denemişlerdir. Model sonuçlarına göre, Akdeniz, Ege, Marmara ve Batı Karadeniz yağış rejiminin geniş ölçekli sistemlerinin ve yüksek-atmosfer sirkülasyonlarının etkisi altında kalmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde geniş ölçekli süreçlerin yanı sıra topografya, yağmur duldası gibi yerel özelliklerinde yağış şiddeti olasılığını belirlediğini söylemişlerdir. Ülkenin iç kesimlerinde, yerel süreçler geniş ölçekli süreçlerden daha etkilidir. Diğer taraftan ülkenin güneybatı bölümü özellikle Diyarbakır hem Akdeniz hem de Muson alçağından etkilenmektedir. İrdem (2005) çalışmasında Türkiye'de 112 istasyondan elde ettiği günlük yağış şiddetini zamansal ve alansal açıdan incelemiştir. Türkiye'de görülen yağışları beş farklı şiddet basamağına göre sınıflandırarak sonuçları tartışmıştır. İrdem'e göre, kış aylarında özellikle Karadeniz Bölgesi için hafif yağışlarda (0-10 mm) bir artış bulunmaktadır. Normal (10.1-25 mm) ve orta şiddetli yağışlarda (25.1-50 mm) ise, bir azalma görülmektedir. Ayrıca, Marmara Geçiş yağış rejimi bölgesi ile Karasal Akdeniz yağış rejimi bölgelerinde orta şiddetteki yağışlarda artış olduğu vurgulanmıştır. Sarış (2006) Türkiye'de yağış yoğunluğunun zamansal ve alansal değişimini ele aldığı çalışmasında 111 istasyonun 1930-2002 dönemi yağış verilerini kullanmıştır. Sarış mevsimin toplam yağış tutarını yine aynı mevsimin yağışlı gün sayısına oranlayarak mevsimlik yağış yoğunluğunu hesaplamıştır. Kış mevsimi ve yıllık yağış yoğunluğunda genel bir azalma eğiliminin olduğunu belirtmiştir. Yağış yoğunluğunda gözlenen bu azalma eğiliminin özellikle yağış tutarlarının en yüksek olduğu Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Erbekçi (2006) Türkiye'de yağış olasılığının alansal ve zamansal değişimini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında, yağışlı gün sayılarındaki mevsimlik ve yıllık değişimleri incelemiştir. Bu amaç için 40 yıl ile 73 yıl arasında değişen 111 istasyon üzerinde yapmış olduğu analiz sonucuna göre, Türkiye genelinde yağış olasılıklarında artış olduğunu saptamıştır. Ancak, kış mevsiminde yağışların önemli bir bölümünün gerçekleştiği Akdeniz Bölgesi'nde bir azalmanın olduğuna dikkat çekmiştir. Özellikle kış mevsiminde Akdeniz Bölgesi'nde gözlenen bu azalmanın önemli olduğunu vurgulamıştır. Erbekçi'nin bu çalışması Kadioğlu (1997 ve 2001) ile Türkes (1996)'in çalışmalarıyla benzer sonuç vermiştir. Türkes vd. (2007) Türkiye'deki 111 meteoroloji istasyonundan elde ettikleri yıllık ve mevsimlik yağış toplamı ve yağış yoğunluğu değerlerini incelenmişlerdir. Yıllık ve mevsimlik yağış toplamı ve yağış yoğunluğu dizilerindeki uzun süreli değişiklikler ve eğilimler, zaman ve alandaki özellikleri dikkate alarak çözümlenmişlerdir. Yıllık toplam yağışlarda ve yağış yoğunluğu tutarlarında belirgin olan azalma eğilimleri, Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde daha kuvvetlidir. Kış mevsimi toplam yağışlarında belirgin bir azalma eğilimi olmasına karşın, ilkbahar, yaz ve sonbahar toplam yağışlarında genel bir artış eğilimi göstermektedir. Yağış yoğunluğu tutarları, tüm mevsimlerde bir azalma gösterme eğilimindedir ve bu azalma, toplam yağışlarda bulunan azalmadan hem alansal dağılışın tutarlılığı hem de istatistiksel anlamlılığın büyüklüğü açısından daha kuvvetlidir. Kış toplam yağışlarında gözlenen azalma eğilimi Akdeniz'de, yağış yoğunluğu tutarlarındaki azalma eğilimi ise, Karadeniz yağış rejimi bölgesinde kuvvetli olduğu belirtilmiştir. Yaklaşık 1950 yılından sonra yağış yoğunluğundaki azalma eğiliminin arttığı çalışmalarının sonuçlarını oluşturmaktadır. Koç ve İrdem (2007) Türkiye'de 111 meteoroloji istasyonundan elde etmiş oldukları yağış şiddeti değerleri ile yağış şiddeti basamaklarını esas alarak günlük yağışların şiddetindeki zamansal ve alansal iklimsel değişikliğinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Yazarların analiz sonuçlarına göre, Karadeniz Bölgesi'nde özellikle kış mevsiminde hafif (<10.0 mm) yağışlarda istatistiksel olarak hafif bir artış eğilimi olduğu belirtilmiştir. Türkiye genelinde, normal (10.1-25.0 mm) ve orta şiddette (25.1-50.0 mm) yağışlarda bir azalma eğilimi tespit etmişlerdir. Marmara Geçiş ve Karasal İç Anadolu gibi yağış rejimi bölgelerinde orta şiddetli yağışlarda ise bir artışın varlığını gözlemlemişlerdir. Şiddetli (50.1-100.0 mm) ve çok şiddetli (>100.0 mm) yağışların yüksek değişkenli izlenmesi değerlendirme yapmayı güçleştirmiştir. Ayrıca yazarlar, Marmara Geçiş ve Karasal İç Anadolu yağış rejimi bölgelerinde yıllık şiddetli yağışların artış eğilimi gösterdiğini, çok şiddetli yağışların pozitif

eğilimlere sadece kıyı bölgelerde rastlanıldığı, yağış rejimi bölgelerinin hiç birinde de çok şiddetli yağışlarda baskın anlamda bir eğilim görülmediğini vurgulamışlardır. Demir vd. (2008) Türkiye'nin ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve yağış dizileri, uzun süreli değişikliklerin ve eğilimlerin belirlenmesi üzerine gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarında, yağış dizilerinin uzun süreli değişimleri ve eğilimlerini araştırmak için 1940-2006 dönemine ait 88 meteoroloji istasyondan elde edilen aylık yağış toplamları (mm) verisinden faydalanmışlardır. Veri seti 1961-1990 yılı ortalamalarına göre standardize edilmiştir. Çalışmanın yağış çıktıklarına göre, kış yağışlarında azalma eğilimi gösteren 78 istasyondan 24 tanesi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Akdeniz bölgeleri kış yağışlarında düşüş gösteren bölgelerdir. Buna karşın, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde herhangi bir eğilim görülmemektedir. İlkbahar yağışlarında çok az sayıda anlamlı artışlar gözlemlense de genel olarak anlamlı olmayan zayıf artış eğilimlerine rastlanılmıştır. İlkbahar yağışları için, Karasal Doğu Anadolu, Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde artış, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde düşüş gösterdiği belirtilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, Türkiye'nin büyük bölümünde artış eğilimi gösteren yağış değerlerinin 75 istasyonun 10 tanesinde anlamlı pozitif dizisel ilişki katsayısı saptamışlardır. Yazarlar, Türkiye'de yağış azlığına bağlı olarak son 20-30 yıldır yaşanan uzun süreli kuraklıklarında, dolaşım sistemlerindeki değişikliklerin ve kaymaların etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Türkiye'de yağış değişkenliği, yağışlardaki eğilim ve dalgalanmaları üzerine yapılan çalışmaların yanında, yağış olasılığı kavramı üzerine de araştırmalar mevcuttur. Koçman (1993a) çalışmasında ölçüm süresi 25 yılı geçen 20 adet istasyonun verilerinden yararlanarak Ege Ovaları'nın iklim unsurlarını incelemiştir. Yağışlı günlerin sayısını hesap ederek, Ege Ovaları iklimi üzerine genel bir değerlendirme yapmıştır. Koçman (1993b) bir diğer çalışmasında Türkiye'nin yağışlı günlerini gösteren bir harita hazırlamıştır. Yıllık yağış olasılığı değerlendirmelerinde çıkan sonuçların bütün bir yıl için doğru neticeler vermeyeceğini belirtmiştir. Çünkü Türkiye'de yağışların belirli dönemlerde toplandığını vurgulamıştır. Türkiye'de yağış olasılığının kış aylarında arttığını, buna karşın yaz aylarında azaldığını söylemiştir. Erinç (1996) yapmış olduğu çalışmasında yağışlı gün sayıları üzerine bir değerlendirme yapmıştır. Yağışlı gün sayılarına bağlı olarak istasyonların alana dağılımlarını sorguladığı çalışmasında Türkiye'nin kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde yağışlı gün sayılarının ve yağış olasılığının fazla olduğu sonucuna varmıştır. Türkiye'nin güney kesimlerinde ise, yağışlı gün sayısının azaldığını ve bu bölgelerde yağış olasılığının da kuzey kesimlerine göre daha az olduğunu belirtmiştir. Malatya havzasının doğu kıyısındaki Fırat istasyonunda en az yağışlı gün sayısı değerine ulaşmıştır. Erinç'in çalışmasında yer verdiği diğer bir konu, yağışlı gün sayısı ve yağış olasılıklarında oluşan farklılıkların sadece mevsimden mevsime değil, yıldan yıla da olabileceğidir. Ayrıca, yıllar arası yağış değişkenliğinin en fazla olduğu yerlerin iç bölgeler olduğunu belirtmekte ve değişkenliğin büyük olduğu bu bölgelerde tarımsal üretim bakımından doğabilecek tehlikeler olabileceğini söylemiştir. Koç (2001) Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde bulunan 9 istasyonu kullanarak yaptığı çalışmasında, alanın iklim özelliklerini incelemiştir. Çalışmasında Güney Marmara ve iç kesimlere doğru yağış olasılıklarının arttığını, kıyı kesimlerde azaldığı sonucuna varmıştır. Ege kıyılarında yaz dönemi yağış olasılığı azalırken, kış dönemini kapsayan Kasım-Aralık aylarında arttığını belirtmiştir. Buna karşın, Güney Marmara ve iç kesimlerde yine kış aylarını kapsayan Kasım-Aralık aylarında yağış olasılık değerlerinin en yüksek seviyeye çıktığını söylemiştir. Ancak, bu bölgelerde yağış olasılığının yıl içinde daha düzenli dağıldığının altını çizmiştir.

Türkiye geneli yağış değişkenliği üzerine atmosferik salınım desenleri ve dolaşım tipleri üzerine de araştırmalar mevcuttur. Türkes (1998b) Türkiye'deki 1890-1990 yılları arasındaki yıllık ve mevsimlik yağış dizileri için gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında 49 istasyondan elde etmiş olduğu verileri kullanmıştır. Yıllık yağışların, El Nino olaylarından bir önceki yıllarda artış, El Nino olaylarının başladığı yıllarda azalış, El Nino olaylarından bir sonraki yıllarda yine bir artış eğilimi olduğu sonuçlarına varmıştır. Türkes çalışmasında La Nina olayları hakkında da bilgi vermiştir. La Nina olaylarından bir önceki yıllarda artış, La Nino olaylarından bir sonraki yıllarda azalış eğilimi olduğunu belirtmiştir. Erlat (1999) El Nino Güneyli Salınımı (El Nino Southern Oscillation, ENSO) olayının sıcak ve soğuk dönemlerinde Türkiye'de yağış koşullarındaki değişimlerini belirlemek için 30 istasyondan

elde ettiği 1931-1932 ve 1993-1994 yılları arasına ait kış yağışlarını 7 yağış rejim bölgesini göz önünde bulundurarak incelemiştir. Kış yağışlarının El Nino yıllarından bir önceki yılda artış, El Nino yıllarında ve bir sonraki yıllarda azalış eğiliminde olduğunu söylemiştir. Ayrıca çalışmasında, Türkiye’de yaşanan en önemli kurak yıllarının El Nino yıllarına rastladığının da altına çizmiştir. Türkeş (2000) ENSO sıcak ve soğuk olaylarının Türkiye’nin özellikle kış yağışları üzerindeki etkileri ve Türkiye’deki 1970 sonrası şiddetli ve yaygın kış kuraklıklarının ENSO olayı ve atmosfer koşulları ile ilişkisini araştırmak üzere bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında sonucunda 1970 yılı sonrasında meydana gelen El Nino yılları ya da El Nino yılları sonrası Türkiye ve Doğu Akdeniz Havzası’nda genel olarak yüksek basınç koşullarının egemen olduğunun altını çizmiştir. Bununla ilişkili olarak alçak basınçların sıklığından ve yağış tutarlarında bir azalmanın olduğunu da ayrıca çalışmasında belirtmiştir. Türkeş ve Erlat (2003) Türkiye’nin 78 istasyonundan elde etmiş oldukları yıllık ve mevsimlik yağış dizilerini kullanarak, yıllık ve mevsimlik yağış dizileri ile Kuzey Atlantik Salınım İndisleri (North Atlantic Oscillation Indices, NAOI) arasındaki ilişkiyi, ekstrem NAO indisi evrelerinin ve NAO’daki tek yıllar ile daha uzun süreli değişimlerin Türkiye’deki yağış koşulları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonunda, yıllık ve yaz dışında mevsimlik yağış dizilerinin geneli ile NAO indisi arasında negatif bir ilişkinin olduğunu ve yağışların yıl içinde NAO’ya verdikleri tepkinin önemli mevsimsel farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Kutiel ve Türkeş (2005) Kapadokya alt bölgesine ait altı istasyonun aylık sıcaklık ve yağış verilerinden yararlanarak, Türkiye’nin karasal iç bölgelerinde Kuzey Denizi-Hazar Deseninini (North Sea-Caspian Pattern, NCP) rolünü göstermeye çalışmışlardır. Toplam yağışlarda NCP’nin pozitif ve negatif evrelerinin her ikisinde de anlamlı farklılıkların olmadığı ancak, alansal olarak farklılık gösterdikleri sonucuna varmışlardır. Türkeş ve Erlat (2005) Türkiye’de kış yağışlarının NAO değişkenliğine karşı klimatolojik tepkilerini araştırmışlardır. Bu amaç için, 78 istasyondan elde etmiş oldukları kış yağış verilerini analizlerde kullanmışlar, Yağışlar ile üç farklı NAO indisi arasındaki ilişkiyi göstermeye çalışmışlardır. Bunlar, NAOI’nın ekstrem evrelerine bağlı karmaşık değişikliklerini ve NAOI olaylarına bağlı özel nemli koşullar ve kuraklık olaylarıdır. Ponta Delgada-Reykjavik NOAI’yi diğer NOAI’lar ile karşılaştırdıklarında, Delgada-Reykjavik NOAI’nın en etkili indis olduğu, kış yağışlarının yıllar arası değişkenliğini kontrol edebildiği ve Türkiye’de karmaşık yağış koşullarının NAOI’nın ekstrem evrelerine uyumlu olduğunu belirlemişlerdir. Kış yağışlarının üç NAOI değişimleriyle anlamlı bir ilişki içerisinde olduklarını ve negatif ilişkilerin ise, Marmara, Akdeniz Geçiş, İç Anadolu, Akdeniz’in Ege bölümünde güçlü olduklarını söylemişlerdir. Türkeş ve Erlat (2006) yapmış oldukları başka bir çalışmalarında ise, NAO’nun Türkiye’deki yağış değişiklikleri ve değişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Çalışmalar incelendiğinde genellikle geleneksel istatistik teknikleri kullanılarak gerek Türkiye geneli gerekse bölgesel olarak yağışın şiddeti, yoğunluğu ve dağılışı mevsimsel ve yıllık olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak, jeoistatistik teknikleri kullanılarak yağış üzerine yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Çetin ve Tülücü (1998) çalışmalarında, Doğu Akdeniz Bölgesi ve geçiş kuşağında yer alan yağış gözlem istasyonlarından uzun yıllık, aylık yağış gözlem değerlerini kullanmışlardır. Bölge yağışları yersel değişimlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi için, gözlemi bulunmayan nokta ve alanlar için Kriging yönteminden faydalanmışlardır. Aylık yağış serilerinin türetilmesi, optimum haritalama tekniği ile bölgenin yağış ve hata haritalarını çizerek yağış gözlem ağı yoğunluğunun yeterli olup olmadığını ortaya koymuşlardır. Bostan ve Akyürek (2007) Türkiye’de 225 meteoroloji istasyonunda ölçülen 1970-2003 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerini kullanarak yağışın mekânsal dağılımını, sayısal yükseklik modelinden ve sayısal akarsu ağından elde ettikleri ikincil veriler yardımıyla belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında Co-kriging ve GWR tekniklerini kullanmışlardır. Model performansı için Çapraz Geçerlilik yönteminden faydalanmışlardır. İkincil değişkenlerden akarsuya yakınlık, yükseklik ve bakı derecesi yağışın mekânsal dağılımında belirleyici faktörler olarak kabul edilmiştir. Ölçülen ve model sonucunda tahmin edilen değerler arasında GWR yöntemi ile 0.826, Co-kriging ile 0.425 regresyon katsayıları elde etmişlerdir. Öztürk ve Batuk (2010), Çanakkale ve Balıkesir illerindeki bazı istasyonları kapsayan ve Marmara Havzasının güneyinde kalan alanda gerçekleştirdikleri çalışmalarında jeoistatistik yöntemlerinden OK ve OCK tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmalarında yağış dağılımını oluşturmak için yükseklik verisini

yardımcı değişken olarak seçmişlerdir. Apaydin vd. (2011) İç Anadolu Bölgesi'nde 1976-2005 dönemine ait aylık ortalama global güneş radyasyonu, güneşlenme süresi, yüzey hava sıcaklığı, nisbi nem, rüzgar hızı ve yağış gibi iklim parametreleri üzerine topografyanın ve coğrafi etmenlerin etkilerini araştıran bir çalışma yürütmüşlerdir. Geleneksel istatistik yöntemleri ile enterpolasyon tekniklerinden faydalanarak iki aşamadan oluşan bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın ilk aşamasında iklim parametreleri üzerine yükseklik etkisini değerlendirmek için Kriging ve Co-kriging teknikleri karşılaştırılmıştır. Yükseklik yardımcı değişkenin ilave edilmesi hesaplama hatalarını en az düzeye indirmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yükseklik ile güneşlenme süresi, sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur. İkinci aşamada ise, topografyanın yıllık ortalama iklim faktörleri değerleri üzerine etkisini değerlendirmek için çoklu regresyon denklemi geliştirilmiştir. En yüksek korelasyon solar radyasyon ve boylam arasında bulunmuştur. Çalışmada en etkili faktörlerin yükseklik ve boylam olduğu belirtilmiştir. Regresyon sonuçlarının, meteoroloji parametrelerin mekânsal paternlerindeki değişkenliğinin sadece bir kısmını açıklayabildiği vurgulanmıştır. Bostan vd. (2012) yükseklik, bakı, yüzey pürüzlüğü, kıyıya uzaklık, arazi kullanımı ve ekolojik bölgeler gibi çok sayıda değişken kullanarak Türkiye'de 1970-2006 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değişiminin mekânsal dağılımını haritalamaya çalışmışlardır. 225 istasyondan elde edilen yıllık ortalama toplam yağış verileri ve diğer yardımcı değişkenler yardımıyla gerçekleştirdikleri analizlerinde Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression, MLR), OK, RK, UK, GWR tekniklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada MLR analizleri ile elde edilen sonuçlarda, yağışın değişkeni dışında kullanılan kıyıya uzaklık, arazi kullanımı ve kıyıya uzaklık ile yükseklik arasındaki etkileşim gibi yardımcı değişkenlerin yıllık ortalama toplam yağış tahmininde istatistiksel olarak önemli olduğu gösterilmiştir. Yine çalışmanın sonuçlarına göre, UK Türkiye'deki yağışın mekânsal enterpolasyonunda en güvenilir yöntem olarak bulunmuştur. Bu yöntemi sırasıyla RK, OK, GWR ve yükseklikle birlikte UK ve son olarak MLR takip etmiştir. Çalışmada UK, RK, GWR ve MLR ile oluşturulan tahmin haritaları birbirine benzer özelliklerde çıkmıştır. OK haritaları mekânsal detayı göstermemesine rağmen, Çapraz Geçerlilik sonuçları OK'nın MLR ve GWR'ye göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Yükseklik ile birlikte UK da MLR'ye göre, daha iyi bir performans göstermiştir. Genel olarak Kriging yöntemlerinin MLR analiz sonuçlarına göre, daha üstün bir enterpolasyon sağladığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. İlker ve Terzi (2012) Akdeniz Bölgesi'nde yağışın alansal dağılımını inceledikleri çalışmalarında IDW, Spline ve Kriging enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Dağılım haritalarının doğruluk analizleri R^2 ve RMSE değerlerine göre yapılmıştır. Çalışmalarının sonuçlarına göre, Akdeniz Bölgesi'nde yağışın alansal dağılımında IDW enterpolasyon yönteminin kullanılabilir olduğunu tespit etmişlerdir. R^2 değerlerinin bazı istasyonlarda Kriging yönteminde IDW yönteminden daha yüksek sonuçlar vermiş olduğunu belirtmişlerdir. Aydın ve Çiçek (2013) 1975-2010 dönemine ait 36 meteoroloji istasyonunun verileri kullanarak, Ege Bölgesi'nin yıllık ortalama toplam yağışın mekânsal paternini ortaya koymuşlardır. Yağış değişiminin modellenmesinde mekânsal enterpolasyon tekniklerinden OK ve IDW tekniklerinden faydalanmışlardır. Tahmin haritalarının doğruluğunu Çapraz Geçerlilik yöntemiyle test etmişlerdir. ME, MAE, RMSE ve R^2 değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında OK'nın IDW'ye göre daha doğru tahmin haritaları oluşturduğunu belirtmişlerdir. IDW ve OK yöntemlerinde Asıl Ege Bölümü'nde daha doğru tahmin sonuçlarına rastlamışlardır. Buna karşılık yüksek dağlık alanların yaygın olduğu İç Batı Anadolu'da hata oranının artmış olduğunu ifade etmişlerdir. Yağışın yüksek olduğu Muğla ve çevresinde yağış her iki modelde de fazla tahmin edilirken, yağışın düşük olduğu Afyonkarahisar ve çevresinde yağışın ölçülen değerlerden az tahmin değerleri verdiğini saptamışlardır.

Türkiye'de meteoroloji gözlem ağının yatayda ve dikeyde yetersiz ve heterojen dağılımı yıllık ortalama toplam yağış dağılışının tam olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Yetersiz istasyon ağının ve jeomorfolojik özelliklerin doğurduğu yağış dağılışındaki heterojenlik, yağış değişimindeki değişiklik, su potansiyelinin belirlenmesi ve planlanmasında sorunlara yol açmaktadır. İklim değişikliği sonucunda yağışta görülecek değişimlere neden olan girdilerin temelini ülkenin yağış dağılışının doğru şekilde hesap edilmesi oluşturur. Böylece bölgeler arası yağış dağılışındaki değişimler hesaplanarak ileriye dönük planlamalardaki tahminler daha gerçekçi olacaktır. Günümüze kadar Türkiye'de yağış dağılışı tam olarak ortaya çıkarılamamıştır. Bu durum klimatoloji ve hidroloji gibi çalışmalarda önemli

sorunlara neden olmaktadır. Yukarıda belirtilen açıklamalar çerçevesinde bu çalışmanın ana amacını, Türkiye'deki (1976-2010) yağış istasyon verilerinden elde edilen yıllık ortalama toplam yağış verileri kullanılarak, yıllık ortalama toplam yağış paterninin ortaya konması ve en doğru yağış modelinin çıkarılması oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin yağış tahmin haritalarını gösteren global ve lokal jeostatistik analizleri bu araştırmanın bir başka önemli ayağını oluşturmaktadır. Bunun yanında;

- Çapraz Geçerlilik (Cross Validation) yardımıyla hata tahmin haritalarının üretilmesi,

- Farklı hata ölçüm yöntemleri, Ortalama Hata (Mean Error, ME), Ortalama Mutlak Hata Mean (Absolute Error, MAE), Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square, RMSE) ve Belirleyicilik Katsayısı (R^2) değerleri ile sonuçların performanslarının karşılaştırılması,

- Yağışın mekânsal değişiminin araştırılması ve tahmininde global alanda üretilen global tahmin modelleri, lokal alanlar için üretilen lokal tahmin modelleri ve lokal teorik yarıvariogramlar kullanılarak üretilen global tahmin modellerinin karşılaştırılıp, Türkiye üzerine tartışılması araştırmanın diğer amaçları arasında yer almaktadır.

Çalışmanın en önemli çıktılarından bir diğeri ise, su varlığının en önemli girdisini oluşturan yağış miktarının gerçeğe yakın şekilde hesaplanmasını olanaklı kılması ve doğru bir şekilde modellenmesini sağlamasıdır. Çünkü Türkiye yakın gelecekte su stresi çeken ülke haline gelecektir. Bu duruma karşı önlem alabilmek, yağış tutarımızın tam olarak hesaplanması ile mümkündür. Bu sebeple, çalışma su potansiyelinin farklı alanlarda doğru olarak hesaplanmasına önemli bir katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte, böyle bir mekânsal/coğrafi araştırmanın başka disiplinler ya da coğrafyacılar tarafından yapılacak araştırmalara referans oluşturabilecek bir altlık görevi görmesi de, bu çalışmanın önemini arttırmaktadır.

III. Materyal ve Yöntem

3.1.Çalışma Alanının İklim ve Genel Özellikleri

Türkiye matematik konum olarak 36°-42° kuzey enlemleri ile 26°-45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Birbirine paralel uzanan dağlar, volkanik dağlar veya eski göl ve deniz tortulları ile kaplı, akarsu vadileriyle derince yarılmış plato düzlükleri, büyük akarsuların ağızlarında genişleyen delta ovaları, tabanları alüvyonlarla kaplı tektonik havzalar Türkiye'nin yer şekillerinin ana birimlerini oluşturmaktadır (Koçman, 1993b:8). Ülke engebeli, yüksek ve ortalama yükseltisi yaklaşık 1132 m olan dağlık bir alandır ve yüksek alanların yüzölçümü yaklaşık %55'den daha fazladır (Şekil 1). Ülkenin bulunduğu konum, deniz seviyesine göre yüksek olması, kıyılarına paralel dağ sıralarının bulunması, denize yakınlık ve uzaklık gibi faktörlerin varlığı farklı iklim özelliklerinin meydana gelmesini sağlar. Kuzeyde Kuzey Anadolu dağları, güneyde Toroslar ülkenin kuzey ve güney kıyıları boyunca uzanan dağ sıralarını oluşturmaktadır. Bu durum deniz etkisinin iç bölgelere girmesine imkân vermez. Bu dağ sıralarının birbirine yaklaşarak sıkışması ile Doğu Anadolu Bölgesi daha dağlık bir yapıya sahip olmuştur. İç Anadolu Bölgesi ise, dağ sıralarının arasında geniş ve yüksek düzlüklerin bulunduğu bir alanı oluştururken, Ege ve Marmara denizlerine doğru olan uzantıları bu kıyılarına dik ve birbirlerinden çöküntü ovaları ile ayrılmış olarak bulunmaktadır. Dağ sıralarının denize bakan yamaçları bol, uzun süreli ve şiddetli yağış almaktadır. Buna karşın dağ sıralarının iç yamaçlarına bakan kısımlarda yağışlar azalmakta ve yıllık sıcaklık farkı artmaktadır. Bu durum, Türkiye'de karasallık üzerine denizden uzaklığın birinci derecede etkili rol oynadığını ortaya koymaktadır (Koçman, 1993b:9). Karasallığın hâkim olduğu ülkenin iç bölgelerinde izlenen yıllık sıcaklık farkı yüksek değerlere sahiptir ki, bu değer ülkenin doğusuna doğru gidildikçe artış göstermektedir. Kısaca, karasal ve denizel etkilerin derecesi

yıllık sıcaklık farkı ile değerlendirilmektedir. Yağış miktarı ise, Kuzey Anadolu dağlarının kuzeybatıya bakan yamaçlarında artmakta, kuzeydoğuya bakan yamaçlarında ise azalmaktadır. Güneyde uzanan Torosların, güneybatıya bakan yamaçlarında artan yağış miktarı aynı dağ sırasının doğu ve güneydoğu yamaçlarında azalmaktadır.

Ülkenin kış ve bahar mevsimlerinin ilk aylarında yani yaklaşık olarak kasım'dan nisan ayı sonuna kadar basınç değişimleri yıllık ortalamalara göre yüksektir. Bu durum bu mevsimler atmosferik aktivitenin fazla olduğunu göstermektedir. Mayıs ayından ekim'e kadar süren yaz aylarını içine alan dönemde ise, basınç değişimleri yıllık ortalamalara göre daha küçük değerler göstermektedir. Bu dönemde Türkiye üzerinde daha kararlı basınç koşullarına rastlanmaktadır. Türkiye'de kış dönemi basınç dağılışının düzensiz olması rüzgârların yaz dönemine göre daha baskın olmasını sağlar. Yaz rüzgârları tek egemen yönden eserken kış rüzgârlarının yönleri değişkendir. Kışın Trakya, Marmara Denizi, Antalya Körfezi ile Adana ve Hatay ovalarında kuzeyden esen rüzgârlar daha baskındır. Karadeniz kıyılarında güney rüzgârları, Ege ovalarında doğu rüzgârlarının estiği görülmektedir. Ülkede rüzgâr frekansları ve esiş yönleri arasında var olan bağlılığa ek olarak kara ve denizlerin etkileri ile topografik şartlarında önemli rol oynadığı bilinmektedir. Dolayısıyla, rüzgârların esiş sıklığı ve sektörel dağılış çevre koşullarına göre bazı yerel değişikliklere uğramaktadır (Koçman, 1993b:16).

Türkiye'de sıcaklık dağılışını ve bölgesel farklılıklarını ortaya koyan etmenlerden biri, çok farklı olan hava kütlelerinin yıl içindeki etkileridir. Kış aylarında Türkiye üzerinde egemen olan soğuk polar hava kütleleri ile Akdeniz üzerinden gelen hava kütleleri sıcaklık koşullarını tayin etmektedir. Ülkenin batı ve güney kıyılarında batıdan ve güneyden sokulan hava kütleleri ılık sıcaklık koşullarını Akdeniz termik rejimi doğrultusunda yönlendirirken, kuzey ve kuzeybatıdan veya iç bölgelerde olduğu gibi, doğrudan sokulan hava kütleleri sıcaklığın çok düşmesine yol açar (Koçman, 1993b:22). Yaz aylarında Basra alçak basıncının güneyde varlığı dolayısıyla Türkiye'ye ulaşan tropikal hava kütleleri, sıcaklığın aşırı derecede yükselmesine neden olur (Koçman, 1993b:22). Bunun dışında ülkenin coğrafî konumu, yükselti ve denizden uzaklık gibi fiziki coğrafya özellikleri de yıllık ortalama sıcaklık derecelerini etkilemektedir. Kıyı bölgeleri ile iç kısımlar, yüksek plato ve ovalar arasındaki sıcaklık farklılıklarında meydana gelen değişimler bu faktörlerin etkisini ifade eder. Sıcaklık koşullarındaki bu değişimin buharlaşmanın yıllık ortalama değeri üzerine büyük etkisi olduğunu göstermektedir.

Geniş buharlaşma yüzeyleri olan denizlere yakın kıyı bölgelerinde bitki örtüsü, atmosferin ve zeminin nemlilik derecesi buharlaşma miktarını sınırlayan başlıca faktörlerdir (Koçman, 1993b:35). Ülkenin Doğu ve Batı Karadeniz bölümlerinde gözlenen buharlaşma tutarlarının az olması bu sebepten kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, kıyılarından uzak iç kısımlarda buharlaşma tutarları yüksektir. Sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde buharlaşma artarken, bitki örtüsünün çok seyrek olması, yağışın az olması, zeminin nem bakımından fakir olması potansiyel buharlaşma miktarını karşılayamayacak engeller oluşturmaktadır. Sıcaklık değerlerindeki yükselme havanın subuharı basınç kapasitesini arttırır. Bu sebepten ötürü Türkiye'de sıcak aylarda havadaki su buharı basıncı artar. Sıcaklığın düşüş gösterdiği kış aylarında ise, havadaki su buharı basıncı azalır. Su buharı basıncı ve değişimleri sıcaklık koşullarının yanı sıra buharlaşma imkânlarına ve hava kütlelerinin özelliklerine de bağlı olarak değişim göstermektedir.

Ülkede bulutluluğun yüksek olduğu dönem frontal faaliyetlerin arttığı, yağışların fazlaştığı, bağıl nem oranlarının yüksek olduğu kış aylarına rastlamaktadır. Bulutluluğun en az olduğu dönem yaz aylarına gelmektedir. Ülke üzerinde hava dolaşımı koşullarının değişmesi, yağışların ve bağıl nemliliğin düşmesi bulutluluğun azalması üzerinde etkili rol oynamaktadır. Türkiye'de sislerin oluşumu ve süresi bölgeden bölgeye farklılık gösterir. Sisli günlerin en fazla olduğu İç Anadolu, Trakya'nın iç kesimleri ve Doğu Anadolu'nun doğu bölümleridir. Buna karşılık sisli günlerin en az olduğu yerleri ise, Akdeniz ve Ege kıyıları oluşturmaktadır. Sis oluşumuna en az etkili olan dönem yaz mevsimi iken, sis sayısı kış mevsiminde en yüksek sayıya çıkmaktadır.

Yağış ise, yukarıda da bahsedildiği gibi ülkede görülen iklim değişkenlerinin en önemli parametrelerinden birini oluşturmaktadır. Ülkenin yağış dağılımını etkileyen coğrafi faktörlerin başında yükseklik gelmektedir. Ülkede yüksek dağlar ve platolar en fazla yağış alan yerleri İç Anadolu ve havzalar yağışı daha az alan yerleri oluşturmaktadır. Bu durum yükselti faktörünün yağış üzerine olan etkisini göstermektedir. Alt yamaçlar ve alçak alanların yağmur şeklinde yağışlar, yüksek yamaçlar ve dorukların kar şeklinde yağışlar alması ise, yükseklik faktörünün yağış şekli tayininde de oldukça belirleyici bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle birbirine yakın yerler arasında büyük yükselti farklarının varlığı, yerel farkların ortaya çıkmasına yağış ve sıcaklık koşullarının yatay ve düşey yönde hızla değişmeler göstermesine neden olmaktadır (Koçman, 1993b:7). Diğer taraftan engebililik yağış miktarını artırıcı yönde etkiye sahiptir. Ülkede yüksek dağlarla çevrili sahalar az yağış alır. Örneğin kuzey ve güneyden sıra dağlar ile çevrili olan İç Anadolu Bölgesi veya Kızılırmak, Yeşilirmak, Çoruh Nehirlerinin derin vadileri arasında kalan sahalar az yağış alan alanları oluşturmaktadır. Cephesel depresyonların geçiş yollarına karşı yamaçların konumu yani bakı özellikleri yağışı etkileyen coğrafi faktörler arasında önemli role sahiptir. Ülkenin güneyindeki Toros dağları, özellikle Batı Toroslar fazla yağış alan yerler arasında yer alır. Ancak bu alan özellikle yükselti ve bakı koşullarına bağlı olarak daha az yağışlı alanlarla kesintiye uğramaktadır. Dik yamaçlar daha kuvvetli ve sürekli yükselmelere sebep olarak daha bol ve şiddetli yağış sağlar ki, bu durum eğimin yağış üzerine etkisini göstermektedir. Diğer taraftan bitki örtüsü, özellikle ormanlık alanlar gibi bitki topluluklarının yoğun olduğu bölgeler yağış miktarları üzerine etkilidir. Bu alanlar hava akımlarının düzenini bozarak onları yükselmeye ve türbülans hareketler yapmaya sevk eder. Bu durum yağış miktarlarında az da olsa bir artışa sebep olmaktadır. Denize olan yakınlık uzaklık etkisi yine yağışı etkileyen diğer önemli coğrafya faktörleri arasında yer alır. Uygun koşullarda adyabatik olarak soğuyan yükselici hava yağışı artırır. Buna karşın alçalıcı hava hareketleri adyabatik olarak ısınmaya neden olarak yağış olasılığını azaltır. Bu durum yağış üzerine basınç rejiminin etkisini göstermektedir. Kısaca, yükselti, bakı, engebililik, eğim, denize yakınlık uzaklık, basınç rejimi gibi coğrafi faktörlerin etkisi yağış dağılımını önemli ölçüde etkilemektedir.

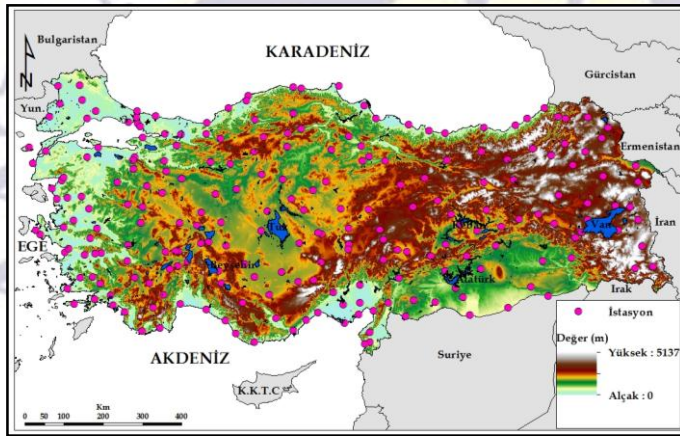
Türkiye bu faktörlerin ortak etkisi altında özellikleri ve alanları değişen farklı yağış tiplerinin gözlemlendiği bir ülkedir. Bu nedenle yağışın, mekânsal enterpolasyon gibi modern istatistik teknikler ile araştırılması ve doğru yağış modellerin oluşturulması gerekmektedir. Belirli örneklem noktalarından elde edilmiş meteoroloji değişkenlerin mekânsal enterpolasyonu ve bu enterpolasyonun doğruluk ve hassasiyetini arttıracak yaklaşımların belirlenmesi önemli bir konuyu oluşturmaktadır (Marquinez, vd., 2003).

3.2.Çalışmada Kullanılan Veri Seti

Çalışmada Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışın dağılımını belirleyebilmek için uzun süreli yağış gözlemi yapan 228 meteoroloji istasyonundan elde edilen 1975-2010 dönemine ait yıllık ortalama toplam yağış verileri kullanılmıştır. Veriler MGM'den elde edilmiştir. Türkiye'de çok sayıda aktif meteoroloji istasyonu bulunmasına rağmen, 35 yıllık bir dönem için ölçüm yapan istasyonlar seçilmiş ve yıllık ortalama toplam yağış değerleri hesap edilmiştir. Dünya Meteoroloji Örgütü (The World Meteorological Organization, WMO) tahminler yaparken güvenilir iklim değerleri elde etmek için kullanılması gereken en uygun uzunluğa sahip sürenin 30 yıllık bir dönemi kapsaması gerektiğini belirtmiştir (Jagannathan, vd., 1967). İstasyonlardan Batı Akdeniz Havzası'nda yer alan Muğla istasyonu, Sakarya Havzası'nda yer alan Ankara istasyonu ve Meriç Havzası'nda yer alan Edirne istasyonu 1921 tarihinde ölçüme başlayan en eski istasyonlardır. İstasyonların büyük çoğunluğu Sinoptik (SNP) ve Büyük Klima (BK) özelliğine sahiptir. Az sayıda Küçük Klima (KK) istasyonu bulunmaktadır. BK istasyonları, bir yerin iklimini tespit etmek amacıyla kurulmuş olan ve günde 3 (günün 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde) defa rasat yapan birimlerdir. Bu istasyonlarda basınç, sıcaklık, nem, toprak sıcaklıkları, güneşlenme, yağış miktarı, rüzgâr, buharlaşma, kar rasatı, görüş mesafesi, bulutluluk rasatı ve müşahade gözlemleri yapılır (Türkeş, 2010:10-11). SNP istasyonlarda yerden yukarı 30 km kadar olan

yükseklikteki çeşitli basınç seviyesi yükseklikleri, sıcaklık, nem, rüzgâr ölçümleri yapılmaktadır. SNP istasyonlarda günde iki defa (günün 00:00 ve 12:00 saatlerinde) radyosonde de (yüksek atmosfer rasatları) yapılmaktadır (Türkeş, 2010:10-11). KK istasyonları ise, bir yerin iklim etüdünü gerçekleştirmek için kurulmuş istasyonlardır. Bu istasyonlar (günün 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde) günde üç defa sıcaklık, yağış, rüzgar, kar, rüyet, bulutluluk rasatı ve müşahade gözlemleri gerçekleştirmektedir (Türkeş, 2010:10-11). İstasyonlar Lambert Conformal Conic projeksiyon sistemi, Datum European 1950 (ED50) olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının bulunduğu lokasyonlar Şekil 1’de gösterilmektedir. İstasyonların dağılımında önemli mekânsal farklılıklar göze çarpmaktadır. İstasyonlar, Ege Bölgesi’nde nispeten yoğun olup, Güney Marmara, İç Anadolu, Güney Doğu Anadolu gibi yörelerde daha seyreklerdir. Yüksek dağlık alanlarda ise, istasyon ağının çok seyrek olduğu görülür (Şekil 1). Bu durum yağışın dikey dağılım tahmininde önemli bir problem oluşturmaktadır.

Türkiye, engebeli, yüksek ve ortalama yükseltisi yaklaşık 1132 m olan dağlık bir alandır. Yüksek alanlar yüzölçümünün yaklaşık %55’den daha fazla bir alanı kaplamaktadır. Yükselti faktörünün yağış üzerine olan etkisi düşünüldüğünde DEM çalışmada kullanılan bir diğer önemli değişkendir. DEM, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) uydu verisinden elde edilmiş ve bölge sınırlarının belirlenmesinde önemli bir altlık görevi görmüştür.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonlar

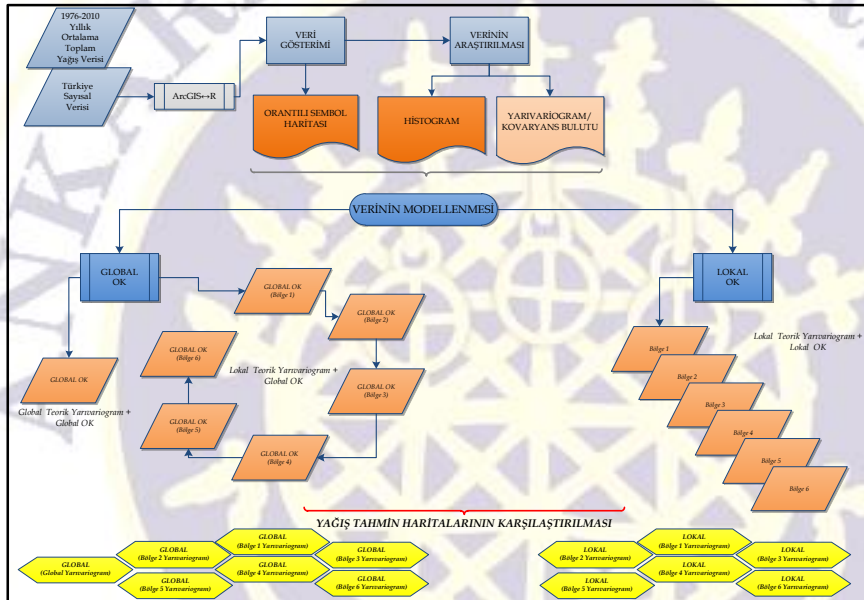
3.3.Çalışmada Kullanılan Programlar

Bu çalışmada veri tabanının oluşturulması ve verinin gösterilmesinde ArcGIS 10.1 (ESRI, Redlands, CA) programı; verinin açıklanması ve jeoistatistik analizlerinde ise, R 3.1.0 (Ihaka ve Gentleman, Auckland, New Zealand) programı ve içindeki gstat, sp, rgdal, maptools, geo-R paketleri kullanılmıştır (Pebesma ve Wesseling, 1998; Pebesma, 2004; Bivand, vd., 2008). Çalışmada R 3.1.0 programının seçilmesinin en temel nedeni, analizin her aşamasının komut satırına yazılıyor olmasıdır. Bu kullanıcıya analizin aşamalarını güvenilir bir şekilde dökümanteye etme kolaylığı sağlamaktadır. Birçok kullanıcı R'ı bir istatistik programı olarak düşünmektedir. Aslında R, içinde çeşitli istatistik tekniklerinin uygulanabildiği bir ortamdır. R, internet üzerinden çeşitli paketlerin (gstat, rgdal, sp, spatstat, maptools, geo-R) indirilmesiyle genişletilmekte ve kullanılmaktadır. R, S programlama diline benzer. Ancak, S programlama dilinin farklı bir uygulamasıdır. S programlama dili, istatistiksel araştırma için bir araçken, açık kaynak kodlu R programı bu aktivite içinde kullanıcının da yer almasına olanak sağlayan bir yazılımdır. R programlama dili çok çeşitli istatistiksel (doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme, klasik istatistiksel testler, zaman serisi analizi, sınıflandırma, kümeleme, vb. gibi) ve grafiksel tekniklerin kullanılmasına olanak sağlar. Tüm bu işlemler dünya çapında araştırmacıların geliştirdiği kodların paylaşımı ile mümkündür. Bu sebeple, istenildiğinde amaca yönelik olarak programın genişletilebilmesi

mümkündür. Bundan kastedilen R kodu yazılarak, R programının fonksiyonları geliştirilebilmektedir. Bu durum kullanıcıya araştırma amacına yönelik çeşitli işlemlerin yapılmasında sınırsız bir imkân sunmaktadır. Ücretsiz ve özgür yazılımlı bir program olup birçok işletim sistemiyle uyumlu çalışmaktadır (Hengl, 2009:72-73, 90-91).

3.4.Çalışmanın Aşamaları

Şekil 2 çalışmanın akış şemasını göstermektedir. Buna göre, çalışma dört aşamada gerçekleştirilmiştir: (1) mekânsal verinin gösterimi ve araştırılması; (2) mekânsal modelin oluşturulması için mekânda bulunan bağımlılık kuralının bulunması (teorik yarıvariogram); (3) bu bağımlılık kuralına göre çalışma sahası içinde gözlem yapılmamış noktaların tahmin edilmesi (Kriging); (4) yapılan bu tahminler için doğruluk testinin uygulanması ve tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasıdır (Çapraz Geçerlilik).



Şekil 2. Çalışmanın akış diyagramı

3.4.1. Mekânsal Verinin Gösterilmesi ve Araştırılması

Jeostatistik analizlerin en önemli gerekliliklerden birisi, analiz edilecek verinin gösterilmesidir. Bu amaçla GIS, mekânsal veriler için haritalar oluşturulmasında ve mekânsal paternlerin ve ilişkilerin tespit edilmesinde kolaylıklar sağlayarak, karmaşık coğrafi problemlerin çözümüne yardımcı olmaktadır (Krivoruchko, vd., 2003; Anselin, 2003; Wong ve Lee, 2005). Mekânsal verinin araştırılması, değişkenin iyi anlaşılmasını, oluşturulacak tahmin yüzeylerini etkileyen hataların bulunmasını, nasıl bir dağılım gösterdiği hakkında bilgilerin edinilmesini sağlamaktadır. Coğrafi konumun ve mekânsal etkileşimin önemini vurgulamaktadır. Mekânsal verinin araştırılması işlemi modelleme tekniklerine geçmeden önce jeostatistik uygulamalarında gerçekleştirilmesi gereken önemli aşamalarından biridir. Histogram, Normal Q-Q Plot, Yarıvariogram/Kovaryans Bulutu vb. gibi tanımlayıcı istatistik yöntemlerinin uygulanması ile gerçekleştirilebilmektedir.

3.4.2 Yarivariogram

Çevresel değişkenlerin tanımladığı noktalar arasındaki uzaklık ile bu noktalarındaki gözlenen değerler arasındaki olası ilişki, uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine benzemesi, arttıkça benzerliğin azalması şeklinde beklenir. Jeostatistikte, değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri yarivariogram ile ortaya konur. Yarivariogram, birbirleri arasındaki uzaklığı h olan iki rastgele değişken arasındaki uzaklığa bağlı ilişkiyi karakterize etmek için kullanılır (Bivand, vd., 2008:195).

$2\gamma(h) = \text{Var}(Z(X) - Z(X + h))$ olarak tanımlanan yarivariogram, rastgele değişkenlerin arasındaki farkın varyansı olarak ifade edilir (Bivand, vd., 2008:196).

$$\begin{aligned} 2\gamma(h) &= \text{Var}(Z(X) - Z(X + h)) \\ &= E[Z(X) - Z(X + h)]^2 - \{E[Z(X) - Z(X + h)]\}^2 \\ &= E[Z(X) - Z(X + h)]^2 - \{E[Z(X)] - E[Z(X + h)]\}^2 \end{aligned}$$

olarak yazılabilir (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009). İkinci dereceden durağanlık varsayımına göre, $Z(X)$ ve $Z(X + h)$ rastgele değişkenlerinin beklenen değerleri eşit olduğundan yarivariogram beklenen değer cinsinden,

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E(Z(X) - Z(X + h))^2$$

olur (Bivand, vd., 2008:196).

Yarivariogram modelinin üç özelliği vardır. Birincisi, yarivariogramın $h = 0$ uzaklığındaki değeri sıfıra eşit olur ($2\gamma(0) = 0$). İkincisi, yarivariogram negatif değerler alamaz ($2\gamma(h) \geq 0, \forall h$ için). Son olarak yarivariogram simetriktir ($2\gamma(h) = 2\gamma(-h), \forall h$).

Örnek sayısı arttıkça, $X + h$ uzaklığı ve $\gamma(h)$ değerinin grafik üzerinde gösterimi ve yorumu güçleşmektedir. Bu nedenle, uygulamada uygun adım mesafeleri belirlenerek deneysel yarivariogramın oluşturulması yoluna gidilir.

3.4.3. Deneysel ve Teorik Yarivariogram

Yarivariogram/Kovaryans Bulutu'nun yarivaryans değerlerinin belirli adım mesafesine (lag distance) ayrılıp, o mesafeye düşen yarivaryans değerlerinin ortalamasının alınmasıyla “deneysel yarivariogram” elde edilir (Şekil 3). Yarivariogramın örneklemden elde edilen tahmini,

$$\hat{\gamma}(\tilde{h}_j) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} (Z(X_i) - Z(X_i + h))^2$$

eşitliği ile hesaplanır (Bivand, vd., 2008:196). Bu eşitlikte $N(h)$ birbirleri arasındaki uzaklık mesafesi h olan örnek çifti sayısını, $Z(X_i)$ ve $Z(X_i + h)$ ise değişkenlerin X_i ve $X_i + h$ noktalarında almış oldukları değerleri göstermektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989; Bailey ve Gatrell, 1995; Bivand, vd., 2008; Hengl, 2009). Her bir h uzaklığına karşı yarivariogram değerleri elde edildikten sonra grafiğe geçirilmektedir. Uzaklığın belirlenmesi, veri setindeki en uzak iki nokta arasındaki mesafenin yarısının sınıf sayısı ile adım mesafesi çarpımına eşit olacak şekilde hesap edilmesidir.

Deneysel yarivariogram ile çevresel değişkenin mekânsal değişimi hakkında önemli bilgiler elde edilebilir. Ancak, bunlar tahmin analizlerinde doğrudan kullanılamaz. Bundan dolayı, tahmin sürecinde

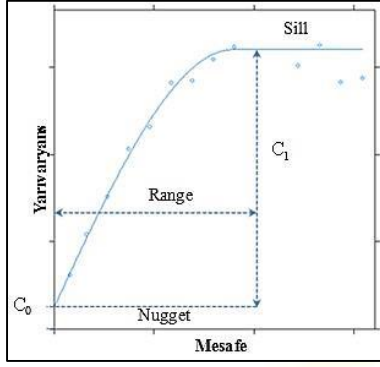
ikinci tip yarıvariogram gerekmektedir. Deneysel yarıvariogram belirli uzaklıklar için hesaplanmakta ve bu uzaklıklar dışındaki uzaklıklarda yarıvariogram değerleri bilinmemektedir. Mekânsal değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve örneklenmemiş noktalarındaki değerlerinin kestiriminde yarıvariogramı bütün uzaklıklarda bilmek gerekmektedir. Bu durum yarıvariogramı modellemeyi yani “*teorik yarıvariogram*” değerlerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirir (Isaaks ve Srivastava, 1989; Bailey ve Gatrell, 1995; Bivand, vd., 2008; Hengl, 2009). Teorik yarıvariogramın belirlenmesi, mekânsal modelin oluşturulması için mekânda bulunan bağımlılık kuralının bulunması anlamına gelmektedir. Teorik yarıvariogram modeli jeostatistik çalışmalarının en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Bu yarıvariogram matematik modeli temel alır ve deneysel yarıvariograma oturtularak (fit edilerek) elde edilir (Şekil 3). Kısaca, gözlem değerlerinden yararlanılarak oluşturulan yarıvariograma deneysel yarıvariogram, deneysel yarıvariograma matematiksel bir fonksiyon oturtularak elde edilen yarıvariogram modeline de teorik yarıvariogram denir (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009; Fotheringham, vd., 2000; Kalkhan, 2011; Chun ve Griffith, 2013). Bir yarıvariogram grafiği “*eşik değer veya tepe varyans (sill), etki uzaklığı (range), kontrolsüz etki (nugget)*” parametreleri ile tanımlanmaktadır (Şekil 7).

Eşik değer (Sill): Yarıvariogramda örnekler arasındaki adım mesafesi arttıkça, yarıvariogram değerleri de artar. Sonunda yarıvariogramın maksimum değerlerine ulaştığı değer yarıvariogramın “*tepe varyans, $c_0 + c_1$* ” değerini vermektedir ve gözlem noktaları bu değer etrafında değişim gösterir (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009; Fotheringham, vd., 2000; Kalkhan, 2011; Chun ve Griffith, 2013).

Etki uzaklığı (Range): Yarıvariogramın eşik değerine ulaştığı mesafe ise, “*etki uzaklığı, R* ” olarak bilinmektedir. Etki uzaklığından büyük uzaklıklarda değişkenler birbirleriyle ilişkisizdirler. Yarıvariogram değerleri bu mesafeden sonra sabit kalır. Diğer bir ifadeyle, gözlem arası uzaklık $h > R$ olduğu durumda korelasyon sıfırdır (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009; Fotheringham, vd., 2000; Kalkhan, 2011; Chun ve Griffith, 2013).

Kontrolsüz etki (Nugget): Örnekler arası mesafe sıfır değerine sahip olduğunda yarıvariogram sıfıra eşit olmaktadır. Veride mesafe ile meydana gelen değişim sınır bir uzaklık ile belirlenebilir. Bu sınır uzaklık, bütün gözlem noktaları içinde birbirine en yakın bulunan iki gözlem noktası arasındaki uzaklığı ifade etmektedir. Bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, gözlem noktalarının değerleri arasındaki farkın değişimi veri olmadığından dolayı belirlenmemektedir. Bu durum yarıvariogramın orijininde bir süreksizliğe (sıfırdan farklı pozitif bir değer almasına) neden olmaktadır. Orijindeki süreksizliğin örnekleme ve analiz hatalarından kaynaklanan bir nedeni daha bulunmaktadır. Aynı bir gözlem noktasından iki ölçüm değeri alınır, bu örneklerin değerleri arasında, örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark oluşmaktadır. Süreksizliğe neden olan bu iki etmeni birbirinden ayırt etmek mümkün değildir. Teorik olarak $h = 0$ olduğunda sıfır olması gereken yarıvariogramın, bu nedenlerden dolayı aldığı sıfırdan farklı pozitif değer “*kontrolsüz etki, c_0* ” olarak adlandırılmaktadır (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009; Fotheringham, vd., 2000; Kalkhan, 2011; Chun ve Griffith, 2013).

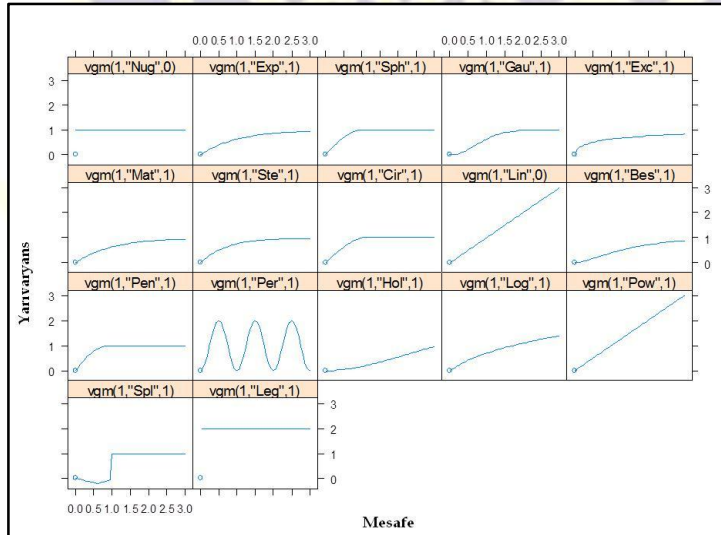
1946



Şekil 3. Deneysel ve teorik yarıvarioqram modeli

Not: Grafik R 3.1.0 programında çizilerek elde edildi. Grafikte R, gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu kabul edilen, etki uzaklığı; c_0 , kontrolsüz etki (nugget); c_0+c_1 , eşik değer veya tepe varyans (sill); c_1 , yapısal veya stokastik varyansı (partial sill) ifade etmektedir.

Jeoistatistikte, Exponential, Spherical, Gaussian, Circular, Linear yaygın olarak kullanılan teorik yarıvarioqram modelleridir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Diğer mevcut modeller arasında Nugget, Exclass (Exponential Class), Mátern, Mátern, M.Stein's Parameterrisation, Bessel, Pentaspherical, Periodic, Hole, Logarithmic, Power, Spline, Legendre gibi modeller sayılabilmektedir (Bivand, vd., 2008). Bu modellere ait grafikler Şekil 4 gösterilmiştir. Uzaklığa bağlı ilişkinin yöne göre değişmediği yarıvarioqramlar izotropik olarak tanımlanır. Mekânsal değişkenin yapısının yöne bağlı olarak değiştiği örnekler ise anizotropiktir. Anizotropi yönleri ve anizotropinin derecesi, teorik yarıvarioqramın çeşitli yönlerde hesaplanmasıyla belirlenir. Teorik yarıvarioqramları dört ana yönde hesaplamak yeterlidir. Bu yarıvarioqramlarda etki uzaklık, yönün bir fonksiyonu olarak değişiyorsa incelenen değişkenin geometrik anizotrop olduğu, etki uzaklık aynı olup eşik değerleri değişiyorsa yarıvarioqram zonal anizotropik olarak adlandırılır. Yarıvarioqram hesaplamalarının doğruluğu mevcut olan gözlem noktalarının sayısı ile orantılıdır. Hohn (1999) ve Olea (1994) uygun bir yarıvarioqram tahmini yapmak için üç kuraldan bahsetmiştir: i) yarıvarioqramın her bir hesaplanan değeri için örnek çiftlerinin sayısı 30'dan büyük olmalıdır; ii) yarıvarioqramın ilgilenilen kısmı, genellikle göreceli olarak küçük mesafelerde artış, üç ya da dört değerle gösterilmelidir; iii) maksimum adım mesafesinin sınıf sayısı ile çarpımı, çalışma sahasındaki en uzun mesafenin yarısına eşit olmalıdır.



Şekil 4. Teorik yarıvarioqram modellerine ait grafiklerin gösterimi

Not: Grafik R 3.1.0 programında çizilerek elde edildi. Grafikte yarıvarioqram, vgm ve yarıvarioqram modellerinden Nugget, (Nug); Exponential, (Exp); Spherical, (Sph); Gaussian, (Gau); Exclass (Exponential Class), (Exc); Mátern, (Mát); Mátern, M.Stein's Parameterrisation, (Ste); Circular, (Cir); Linear, (Lin); Bessel, (Bes); Pentaspherical, (Pen); Periodic, (Per); Hole, (Hol); Logarithmic, (Log); Power, (Pow); Spline, (Spl); Legendre, (Leg) olarak kısaltılarak gösterilmiştir.

Yarıvariogram modellerinden en yaygın kullanılan Exponential model,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{-3h}{a}\right)\right] \quad h \geq 0$$

şeklinde verilir. Bu model için çizilen yarıvariogram bir etki uzaklığına sahip değildir, fakat eğri asimtotik olarak eşik değerine ulaşır (Şekil 8).

Spherical model,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \begin{cases} 1.5 \cdot \frac{h}{a} - 0.5 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^3 & \text{eğer } h \leq a \\ C_0 + C_1 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

ifade edilir. Bu tip modellerde yarıvariogram artan h uzaklığı ile düzenli olarak artar ve etki uzaklığına gelindiğinde belirli bir eşik değerinde sabit kalmaktadır (Şekil 4).

Gaussian model,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{-3h^2}{a^2}\right)\right] \quad h \geq 0$$

şeklinde verilir. Modelde yarıvariogram kısa uzaklıklar için parabolik davranış gösterirken, uzaklık arttıkça eşik değere asimtotik olarak yaklaşır (Şekil 4).

Circular model,

$$\frac{2h}{\pi a} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{a}\right)^2} + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{h}{a} \quad 0 \leq h \leq a$$

olarak ifade edilir.

Linear model ise,

$$h \quad h \geq 0$$

biçiminde verilmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Çalışmada yukarıda denklemleri verilen Spherical, Exponential yarıvariogram modellerinin dışında Matérn, Hole ve birden fazla yarıvariogram modellerinin kullanıldığı Nested modeller de kullanılmıştır.

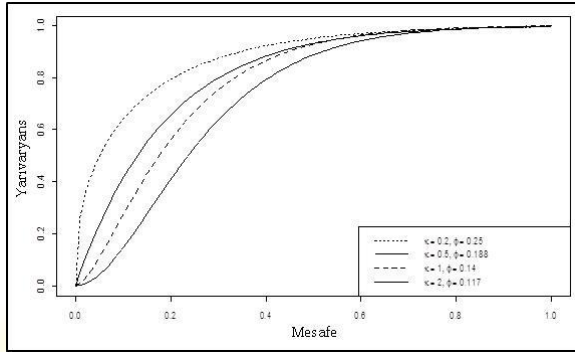
Matérn model,

Matérn model adını, İsveçli istatistikçi Bertil Matérn'den almaktadır. Bu model, mekânsal kovaryansın modellenmesinde oldukça fazla bir esnekliğe ve birçok lokal süreci modelleyebilme yeteneğine sahiptir. Bu yöntem, lokal variogramların otomatik olarak modellenmesinde oldukça kullanışlıdır (Haas, 1990a; Walter, vd., 2001).

Matérn, isotropik kovaryans fonksiyonudur. Rastgele bir alanın düzgünlüğünün şekil parametresiyle kontrol edildiği Matérn yarıvariogramı şu şekilde ifade edilir (Handcock ve Stein, 1993; Stein, 1999),

$$\gamma(\mathbf{h}) = \sigma^2 \left\{ 1 - \frac{2^{1-\nu}}{\Gamma(\nu)} \left(\frac{|\mathbf{h}|}{\alpha}\right)^\nu K_\nu \left(\frac{|\mathbf{h}|}{\alpha}\right) \right\}$$

$\sigma^2 > 0$, varyansı, $\alpha > 0$ etki uzaklığı parametresini, $\nu > 0$ ise, şekil parametresini, $\Gamma(\cdot)$ gamma fonksiyonunu, $K_\nu(\cdot)$ modifiye Bessel fonksiyonunu, ν ve $|\mathbf{h}|$ ise \mathbf{h} vektörünün normunu ifade eder. $\nu = 0.5$ olduğu durumda Matérn model, Exponential model olur ve ν değeri sonsuza yaklaştığında model Gaussian modeli olur (Şekil 5). Matérn modeli hidroloji, toprak bilimi, topografya ve jeofizik gibi birçok alanda uygulanmıştır. Spherical model gibi belli bir eşik değerine ulaşır. Şekil 5 örnek Matérn modellerini göstermektedir. Modele kontrolsüz etki değeri de eklenebilir.



Şekil 5. Matérn teorik yarıvარიogram modellerine ait grafiklerin gösterimi

Not: Grafik R 3.1.0 programında çizilerek elde edildi. Farklı şekil parametreleri ile oluşturulan Matérn yarıvარიogramları karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

Hole model,

$$\gamma(h) = A \left[1 - \left(1 - \frac{h}{B} \right) e^{-h/B} \right]$$

şeklinde ifade edilir.

Nested (Hole&Matérn) model ise, deneysel bir yarıvარიograma tek teorik modelin tam olarak oturtulamadığı durumlarda birden fazla teorik modellerin ard arda kullanılmasıyla oluşan teorik yarıvარიogramların genel adıdır. Böylece deneysel yarıvარიogramı açıklayan daha iyi bir teorik yarıvარიogram modeli elde edilmiş olur. Bu modeller oluşturulurken, verideki kontrolsüz etki tüm Nested yapıya dâhil edilebilmektedir. Tesadüfi alanlardaki toplam yarıvარიogramlar, Nested yapıdaki her bir ölçeğin yarıvარიogramlarının toplamıyla gösterilebilmektedir.

3.4.4. Fit Method (Oturtma Method)

Kriging analizlerinde en doğru tahminleri oluşturabilmek için teorik yarıvარიogramların oluşturulmasında farklı Oturtma Method tekniklerinden faydalanılmaktadır. “Gözle Oturtma (Eye Fit)” yönteminde deneysel yarıvარიograma en iyi şekilde oturtulacak teorik yarıvარიogramın nereden geçeceği kullanıcı tarafından model ve/veya model parametreleri değiştirilerek belirlenir.

Eye Fit dışındaki yöntemler, katsayıları oturtmak için doğrusal olmayan regresyonu kullanmaktadır. Bu işlem için hata karelerinin toplam ağırlığı $\sum_{j=1}^p W_j (\gamma(h) - \hat{\gamma}(h))^2$ ile parametrik modelden elde edilen $\lambda(h)$ değeri küçükleştirilir (Bivand, vd., 2008:203). Optimizasyon süreci uyum sağlanana kadar iki adımda devam ettirilir: (1) yapısal varyans üzerine doğrudan oturtma işlemi; (2) yapısal varyansın son oturtmasında elde edilen etki uzaklığı parametrelerinin doğrusal olmayan optimizasyonu (Bivand, vd., 2008:203). R 3.1.0 programında W_j ağırlığı için yedi farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden “Fit Method 3” ve “Fit Method 4” gstat paketinde çalışmadığı için uygulanmamıştır. Çalışmada kullanılan diğer yöntemlere ait bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. h_j adım

mesafesini, N_j , örnek sayısını, γ ise, yarıvaryans değerlerini ifade etmektedir. Gstat paketinde yaygın olarak kullanılan “Fit Method 7” yöntemidir. Diğer yöntemlerden “Fit Method 2” için ağırlıklar her tekrarlama da değişmektedir. Kontrolsüz etki olmadan doğrusal yarıvariogram durumlarında Fit Method 7, Fit Method 2’ye eşittir (Bivand, vd., 2008:204).

Çizelge 1. R 3.1.0 programının gstat paketinde yer alan Fit Method yöntemleri

Fit Method	Uygulandığı yer	Ağırlık
0	-	-
1	gstat	N_j
2	gstat	$N_j/\{\gamma(h_j)\}^2$
6	gstat	Ağırlık yok (OLS)
7	gstat	N_j/h_j^2

Kaynak: Bivand, vd., 2008:203

3.4.5. Kriging Tekniği

Deneysel yarıvariogram yapısına en uygun teorik yarıvariogram modeli seçilerek, alanı temsil eden ortalama yarıvariogram modeli fonksiyonel olarak belirlenmiş olur. Belirlenen bağımlılık kuralından sonra, çalışma sahası içinde gözlem yapılmamış noktaların değerleri tahmin edilebilir. Bu amaç için kullanılan Kriging, ölçümü yapılmış lokasyonlardan, ölçüm yapılmamış olan lokasyonlardaki değişkenlerin değerini tahmin etmek için kullanılan tekniklerin genel ismi olarak ifade edilmektedir. Genel olarak tahmin işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması ile yapılmaktadır. Temel eşitlik,

$$\hat{Z}(X_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i)$$

biçiminde gösterilir. Bu eşitlikte $\hat{Z}(X_0)$, X_0 noktasına ilişkin Kriging değerini; $Z(X_i)$ değişkenlerin her bir X_i noktasında gözlenen değerleri; W_i , her bir $Z(X_i)$ 'ye karşılık gelen değerlerini; N ise, $\hat{Z}(X_0)$ 'ın Kriging tahmininde kullanılacak nokta sayısını ifade etmektedir. Son yıllarda, Kriging tekniği jeostatistik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Caruso ve Quarta, 1998; Kalkhan, 2011). En küçük hata kareler ortalaması yöntemine dayanan Kriging yöntemi en iyi doğrusal yansız tahmin edici olarak bilinmektedir. Kriging yöntemi ile belirlenen ağırlıklar yarıvariograma ve verinin mekânsal konumuna bağlı olup, Kriging hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde hesaplanır. Tahmin hatalarının ortalamasının sıfır olması koşuluna göre,

$$E[Z(X_0) - \hat{Z}(X_0)] = 0$$

dır. Buradan,

$$E\left[Z(X_0) - \hat{Z}(X_0)\right] = E\left[Z\left(X_0 - \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i)\right)\right] = E[Z(X_0)] - \sum_{i=1}^N W_i E[Z(X_i)] = 0$$

$$E[Z(X_0)] = \sum_{i=1}^N W_i E[Z(X_i)]$$

$$\mu = \sum_{i=1}^N W_i \mu$$

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1$$

elde edilir. Bu eşitlik yansızlık koşulu olarak bilinir.

Hata varyansı,

$$Var [Z(X_0 - \hat{Z}(X_0))] = E [Z(X_0 - \hat{Z}(X_0))]^2$$

olmak üzere, hata varyansının en küçük olması koşuluna göre yansızlık koşulu altında,

$$E \left[Z(X_0) - \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i) \right]^2 = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_i W_j \frac{1}{2} E [Z(X_i) - Z(X_j)]^2 + 2 \sum_{j=1}^N W_j \frac{1}{2} E [Z(X_0) - Z(X_j)]^2$$

eşitliği elde edilir. Burada $E[Z(X_0)] = E[\hat{Z}(X_0)]$ 'dir.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E (Z(X) - Z(X + h))^2$$

eşitliği göz önüne alınırsa,

$$E \left[Z(X_0) - \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i) \right]^2 = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_i W_j \gamma(X_i - X_j) + 2 \sum_{j=1}^N W_j \gamma(X_0 - X_j)$$

elde edilir. Bu eşitliğin,

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1$$

koşulu altında küçüklmesi bir optimizasyon problemi olarak değerlendirilir. Bu problem Lagrange çarpanları yönteminin kullanılmasıyla çözülür. Bu durumda $(N + 1)$ bilinmeyen ve $(N + 1)$ denklemden oluşan Kriging denklem sistemi elde edilir. Bu sistem,

$$\sum_{i=1}^N W_i \gamma(X_i - X_j) + \lambda = \gamma(X_0 - X_j), \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1$$

biçimindedir. Eşitlikte, λ Langrange çarpanıdır. $\gamma(X_i - X_j) = \gamma_{ji}$, X_i ile X_j noktaları arasındaki uzaklığa bağlı yarıvariogram değeri olmak üzere, denklem sistemi daha açık bir biçimde,

$$\begin{array}{ccccccc} W_1 \gamma_{11} + & W_2 \gamma_{12} + & \dots + & W_n \gamma_{1n} & \lambda & \gamma_{10} \\ W_1 \gamma_{21} + & W_2 \gamma_{22} + & \dots + & W_n \gamma_{2n} & \lambda & \gamma_{20} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_1 \gamma_{n1} & W_2 \gamma_{n2} & \dots & W_n \gamma_{nn} & \lambda & \gamma_{n0} \\ W_1 & W_2 & \dots & W_n = 1 & & \end{array}$$

olarak yazılır.

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1N} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2N} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{N1} & \gamma_{N2} & \cdots & \gamma_{NN} & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_N \\ \lambda \end{bmatrix} \quad \text{ve } \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \vdots \\ \gamma_{N0} \\ 1 \end{bmatrix}$$

olmak üzere denklem sistemi matris formunda,

$\gamma W = \gamma_0$ eşitliğindeki gibi yazılabilir. Bu sistemde bilinmeyen W vektörü, $\hat{W} = \gamma^{-1}\gamma_0$ eşitliğinden tahmin edilir.

Ağırlıklar belirlendikten sonra çalışma alanındaki değeri bilinmeyen herhangi bir nokta için tahmin değeri,

$$\hat{Z}(X_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i)$$

eşitliğinden belirlenir. Herhangi bir X_0 noktasında tahmin değerine ulaşmak için kullanılan nokta sayısı, hesaplanacak ağırlıkların sayısını etkilemektedir. Her bir nokta için bir ağırlık hesaplanmaktadır. Bu durum Kriging algoritmasında her bir yeni nokta için ağırlık hesabının tekrarlı olarak bulunması anlamına gelir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Tahmin ile elde edilen hatanın varyansı Kriging varyansı olarak adlandırılır ve Kriging varyansı,

$$\begin{aligned} \sigma_K^2 &= 2 \sum_{i=1}^N W_i \gamma(X_0 - X_i) - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_i W_j \gamma(X_i - X_j) \\ &= \sum_{i=1}^N W_i \gamma(X_0 - X_i) + \lambda \end{aligned}$$

ile ifade edilir. Kriging varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir, veri sayısının ve verilerin konumları arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Bu nedenle Kriging varyansı verilerin gerçek değerlerinin elde edilmesinden önce olası noktaları test edip, bu noktalar arasında optimum olanları belirlemek amacıyla da kullanılabilir.

Kriging analizi tahminlerinde verinin normal dağılım göstermesi için genellikle logaritmik dönüşüm yapmak gerekmektedir. Bu şekilde dönüşümü yapılmış veri seti ile yapılan OK'ya Lognormal Kriging de denir. Bu yöntemde deneysel ve teorik yarıvariogramlar dönüşüm yapılmış değerlerden hesaplanır ve dönüşüm yapılmış değişkenin tahminleri elde edilir. İşlem sonunda elde edilen tahminlere yansız geri dönüşüm fonksiyonu uygulanarak orijinal tahmin ve varyans değerleri elde edilir.

Kriging yöntemlerinin çalışma alanı ve verilerin yapısına göre uygun kullanılan OK, SK, UK, BK, IK, Co-kriging gibi farklı türleri mevcuttur. OK bunlardan en yaygın kullanılanıdır.

3.4.6. Ordinary Kriging

OK yönteminde bilinmeyen değerlerin tahmini, değişkenlerin durağan ve ortalamanın sabit olduğu varsayımına göre gerçekleştirilir. Tahmin ağırlıkları yarivariogram modellerine dayanır. Bu yöntem yansızdır. Çünkü tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki ortalama farkın sıfıra eşit olmasını amaçlar. Aynı zamanda tahmin hatalarının varyansını en düşük seviyede tutmaya çalışarak işlemi gerçekleştirir ve sonuçta en iyi tahmini oluşturur. OK yönteminin özellikleri aşağıda verilmiştir.

- OK, yansız tahminler oluşturur. Yansız olduğundan emin olmak için Kriging ağırlıkları toplamı 1'dir.
- OK, tahmin hata varyansının minimum seviyede olmasını sağlar.
- OK ağırlıkları, gözlem noktasından tahmin edilecek olan noktaya olan mesafeyi (ne kadar uzaksa, o kadar az ağırlık vererek) ve gözlem noktalarının kümelenmesini (kümelenmiş gözlem noktaları için daha az ağırlık vererek) dikkate alır.
- OK, tam bir enterpolasyon yapar. Gözlem noktasındaki tahmin ile o noktadaki veri değeri birbirinin aynısıdır. Gözlem noktalarında belirsizlik yoktur.
- OK, Kriging ağırlıkları 0 veya 1'den daha büyük değerden daha küçük olduğundan (ağırlıkların toplamı yine de 1'dir), en küçük veya en büyük gözlem değerinden daha küçük veya büyük tahminler verir.
- Mekânsal korelasyonun anisotropik paternleri, yönlü yarivariogramlar kullanılarak hesaba alınır.
- OK tahminlerinin doğruluğu, büyük oranda yarivariogram modelinin deneysel yarivariogramı ne kadar iyi açıkladığına bağlıdır. Kriging'in esas olarak en yakın gözlem noktasını kullanmasından dolayı, orijinin yakınındaki yarivariogramın şekli özellikle önemlidir. Örneğin, artan bir kontrolsüz etki Kriging tahminlerini daha çok gözlem verilerinin basit bir ortalaması haline getirebilir.
- OK'nın yumuşatma etkisi vardır. Bu etki birçok gözlem verisinin bir tahmin yapmak için bir araya gelmesinin sonucudur ve böylece tahmin değerlerinin varyasyonunu azaltır. Bu özellik sadece Kriging değil, diğer enterpolasyon yöntemleri için de geçerlidir.
- OK, negatif Kriging ağırlıklarının oluşmasıyla sonuçlanarak, negatif Kriging tahminlerine yol açabilir. Ancak, birçok yer bilimi uygulamalarında ilgili değişken pozitifdir. Bu durumda negatif Kriging tahminleri bu gibi değişkenler için sıfır olarak belirlenmelidir.

3.4.7. Çapraz Geçerlilik (Cross Validation)

Yarivariogram model parametrelerin tahmin edilmesine yönelik sık kullanılan yöntemlerden biri Çapraz Geçerlilik tekniğidir. Çapraz Geçerlilik tekniği, örnek veri setindeki mevcut bilgileri kullanarak, tahmin edilen ve gerçek değerleri (istasyon ölçüm değerleri) arasındaki ilişkiyi inceler (Isaaks and Srivastava, 1989). Teknikte, bir lokasyondaki değer, veri setinden geçici olarak çıkarılır ve geriye kalan diğer değerler kullanılarak çıkartılan bu lokasyon için tahmin yapılır (One Leave Out). Bu işlem aynı şekilde geride kalan tüm örnekler için tekrarlanır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Böylece, gözlemlenen değerler Kriging yöntemiyle tahmin edilir ve aradaki fark hata değeri (residual) olarak kaydedilir. Tahmin haritalarının değerlendirilmesinde çeşitli hata ölçüm yöntemlerinden yararlanılmaktadır. ME, MAE, RMSE ve R² bu ölçümlerden bazılarıdır.

ME eşitliği,

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{Z}(X_i) - Z(X_i)]$$

MAE eşitliği,

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{Z}(X_i) - Z(X_i)|$$

RMSE eşitliği,

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{Z}(X_i) - Z(X_i))^2}$$

R^2 ise,

$$r_{xy}^2 = 1 - \frac{\sigma_{y|x}^2}{\sigma_y^2} \text{ olup burada,}$$

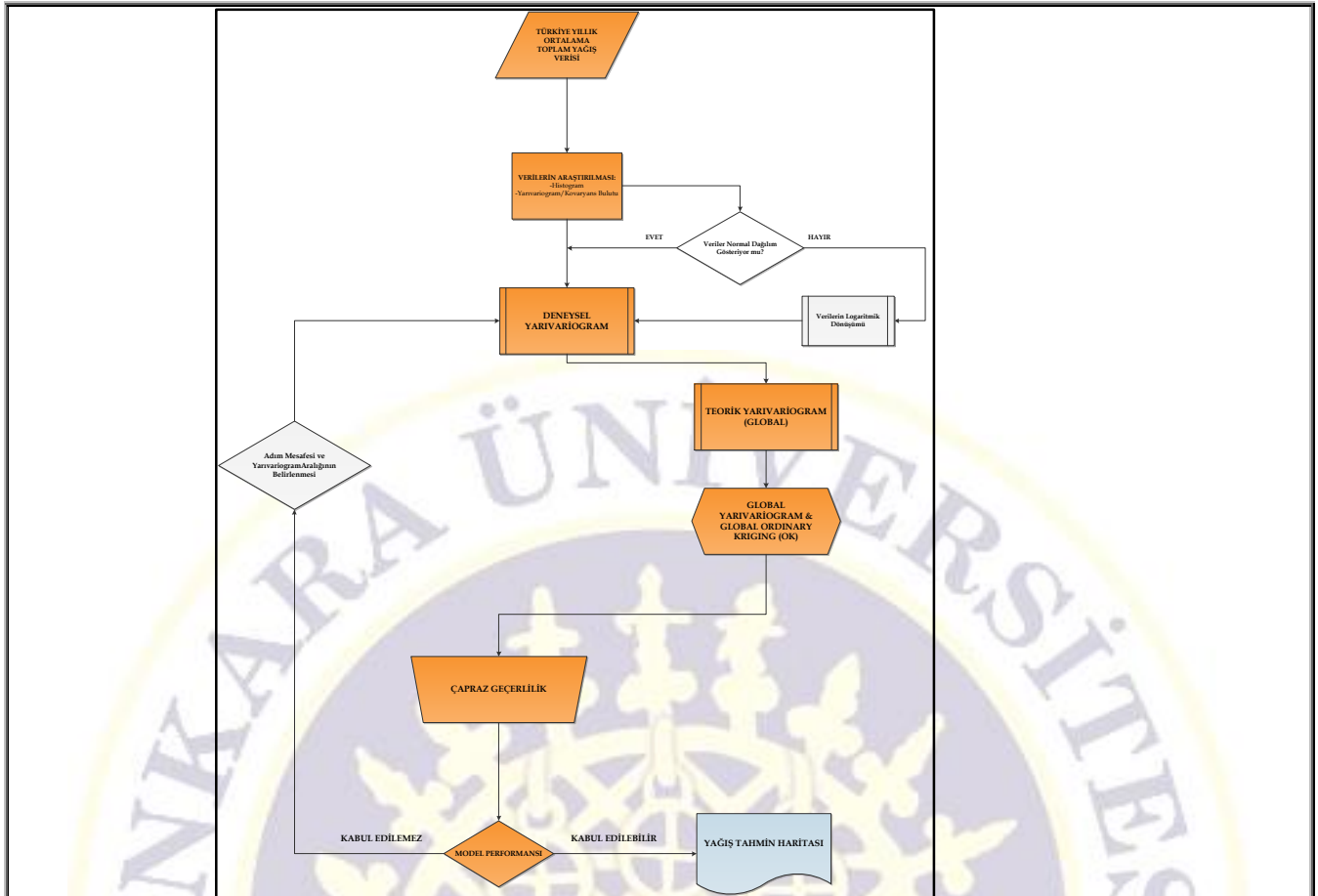
$$\sigma_{y|x}^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

dır. $\hat{Z}(X_i)$ tahmin edilen değeri, $Z(X_i)$ gözlemlenmiş değerleri ifade etmektedir. $\sigma_{y|x}^2$ terimi x_i 'nin y_i 'ye arasındaki ilişkinin bir $y = a + bx$ doğrusu ile ifade edilmesinin kestirimi sırasında ortaya çıkan hata karelerinin toplamıdır. σ_y^2 ise, y için varyansdır. ME, hatanın yanlışlık derecesini belirlemek için kullanılmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Negatif ME değerleri, tahmin edilen değerlerin, gözlemlenen değerlerin aşağısında tahmin yaptığını ifade etmektedir. RMSE, hatanın büyüklüğünü belirtir; ancak büyük hatalara daha çok ağırlık vereceğinden uç değerlere karşı hassastır (Hernandez-Stefanoni ve Ponce-Hernandez, 2006). MAE, uç değerlerden RMSE gibi etkilenmez (Willmont, 1982; Vicente-Serrano, vd., 2003). MAE ve RMSE benzer ölçümler sağlar ve ortalama hata tahminini vermektedir. R^2 , gözlem verisiyle tahmin değerleri arasındaki korelasyonu ifade eder ve genellikle Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısının karesi ile ifade edilmektedir. R^2 0 ile 1 aralığında değişir. R^2 , doğrusal ilişkinin gücünü göstermektedir.

Sonuçlara göre modelde iyileştirme yapılması gerekiyorsa, deneysel yarıvariogram basamağına geri dönülerek etki uzaklığı, çift sayısı, adım mesafesi gibi değerler değiştirilerek işlemler tekrarlanmaktadır (Şekil 6).

OK işlemi, gözlem noktalarından deneysel yarıvariogramın hesaplanması, deneysel yarıvariograma bir yarıvariogram modelinin oturtulması ve daha sonra Kriging ağırlıkları ve Lagrange parametrelerinin hesaplanması ile gerçekleştirilmektedir. OK işleminin sonucunda OK tahmin değerleri ve OK varyans değerlerini gösteren haritalar çıkmaktadır.



Şekil 6. Model optimizasyonunun şematik olarak gösterimi

IV. Analiz ve Bulgular

4.1. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Dağılışı

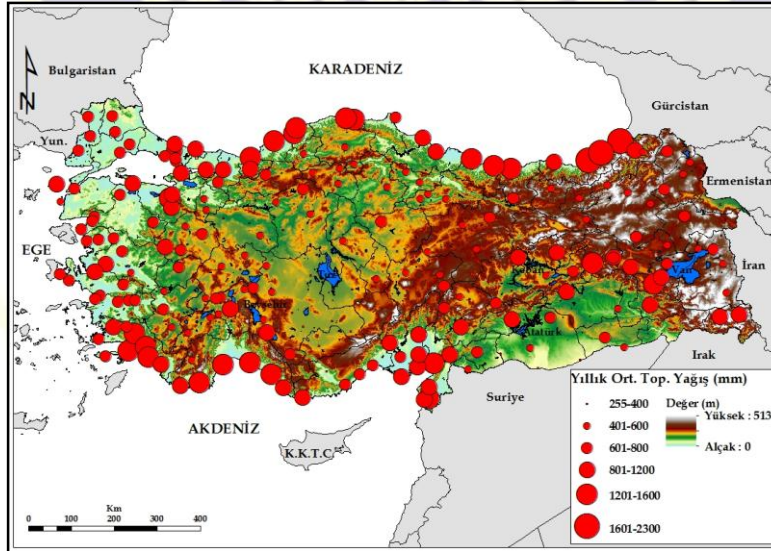
Bu çalışmanın birinci bölümünü Türkiye geneli yağış istasyonu olmayan herhangi bir noktada yağış bilgisinin elde edilmesi oluşturmaktadır. En doğru tahmin için yağış değişkeninin en uygun teorik yarivariogram modeline oturtulmaya çalışılması bu bölümün en temel amacıdır. Bu amaç için farklı teorik yarivariogram ve Fit Method’ları kullanılmış ve en iyi yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra elde edilen teorik yarivariogramlar kullanılarak, global Kriging yöntemleriyle tahmin haritası ve tahmin hata haritaları oluşturulmuş ve sonuçlar tartışılmıştır.

4.2. Türkiye’de Yıllık Ortalama Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

Türkiye’de 1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin coğrafi dağılışı haritası Şekil 7’de gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değerleri altı kategoriye ayrılmıştır. Bunlar, 255- 400 mm, 401-600 mm, 601-800 mm, 801-1200 mm, 1201-1600 mm ve 1601-2300 mm arasındaki yıllık ortalama toplam yağış değerlerine sahip sınıflardır (Şekil 7). Yıllık ortalama toplam yağış değerleri 255-400 mm arasındaki değerlere sahip olan alanlar, İç Anadolu, Konya Ovası ve Tuz Gölü çevresinde gözlenmektedir. Doğu Anadolu’nun yüksek dağlarla çevrili bazı depresyonlarında 255-400 mm arasında yıllık ortalama toplam yağış değerine sahip alanlara rastlanılmaktadır. Şekil 7’e göre, ülkenin Karadeniz kıyı bölgesindeki Rize ve Artvin ilinde bulunan Rize, Pazar ve Hopa istasyonları yağış değeri 1601-2300 mm yağış değerine sahip alanları göstermektedir. Şekil 7 ve Çizelge 2’e göre, Bitlis, Giresun, Uludağ-Zirve, Zonguldak ve Bozkurt istasyonları 1201-1600 mm yağış

değerine sahip yerlerdir. Güneydeki Toros dağları, özellikle Batı Toroslar 801-1200 mm arasında yoğunlaşırken yerel koşullara bağlı olarak yer yer 601-800 mm yıllık ortalama toplam yağış değerleri ile kesintiye uğramaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuzeyinde geniş bir yay şeklinde uzanan Güneydoğu Toroslar da 801-1200 mm yıllık ortalama toplam yağış değeri izlenmektedir (Şekil 7). Ülkenin yüksek dağlarla çevrili havzaları, batıdan gelen nemli hava kütlelerinin etkilerinden uzak olan Güneydoğu Anadolu plato ve ovaları 601-800 mm yıllık ortalama toplam yağış değerlerine sahiptir. Ayrıca bu yağış değerine sahip alanlara Doğu Anadolu Bölgesi'nde de rastlanılmaktadır. Şekil 7'de görüldüğü gibi yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin yüksek olduğu alanlar, Karadeniz ve Akdeniz kıyı kuşağında yer almaktadır. En yüksek yağış değeri ülkenin kuzeydoğusunda 2238 mm değeri ile Artvin'de görülmektedir. Türkiye'nin iç bölgelerinde yıllık toplam yağış değerleri genellikle ortalamanın altında değerlere sahiptir. Diğer taraftan ülkenin doğu kesiminde yer alan Van Gölü, Atatürk ve Keban barajlarının yakınındaki istasyonların yağış değerleri ortalamanın üstündedir.

Türkiye'de en fazla yağış, kuzey ve güneydeki dağ sıralarının denizlere bakan yamaçları ile bu sıraların önündeki kıyı kuşağına düşmektedir (Koçman, 1993b:49). Ülkenin iç bölgelerinde ve dağlarla çevrili çukur havzalarda yağışlar azalmaktadır (Koçman, 1993b:49). İç bölgelerde yağışın kıyı bölgelere oranla az olmasının önemli nedenleri vardır. Bunlardan birincisi, kıyı bölgelere ulaşan nem yüklü hava kütlelerinin kıyı kuşağı dağ sıralarının yamaçlarından yükselerek, yağış bırakmasıdır. Böylece, iç kısımlara ulaşan hava kütlelerinin taşıdıkları nemin önemli bir kısmını kıyı kesimlerde bırakması ve dağları aşarak alçaldıkları sırada adiyabatik olarak ısınmaları daha az nem içermelerini sağlamaktadır. Bir diğer önemli neden, iç bölgelerde özellikle kış döneminde yüksek basınç koşulları hâkimdir ve yazın da yüksek olan sıcaklığın yoğunlaşmayı zorlaştırması yağışların bu alanlarda az olmasında etkili olur. Ayrıca, batıdan doğuya doğru yer değiştiren cephesel depresyonlar batı ve kuzeybatıya bakan yamaçlar üzerine daha fazla yağış bırakmaktadır (Koçman, 1993b:50). Ege Bölgesi'nde dağların kıyılarına dik oluşu nedeniyle, batıdan gelen nemli hava kütleleri fazla yükselmeğe meydan kalmadan içerilere kadar sokulmakta, bölgenin güneybatı bölümü dışındaki alanlara fazla yağış düşmemektedir. Yağışın mekânsal dağılışı haritası yağış açıklamalarını destekler niteliktedir.



Şekil 7. Türkiye'de 1976-2010 dönemine ait yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 2 uzun süreli yağış gözlemi yapan 228 meteoroloji istasyonunun elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin tanımlayıcı istatistik değerlerini göstermektedir. Buna göre, 35 yıllık döneme ait yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 2250.9 mm, minimum değeri 259.6 mm'dir. Ortalama değer ise, 625.7 mm olarak hesap edilmiştir. Diğer yandan standart sapma değeri 288.2 mm'dir. Standart sapma değerinin yıllık ortalama toplam yağış toplamının 1/4'ü kadar olması Türkiye'de yüksek yağış değişkenliği olduğunu göstermektedir

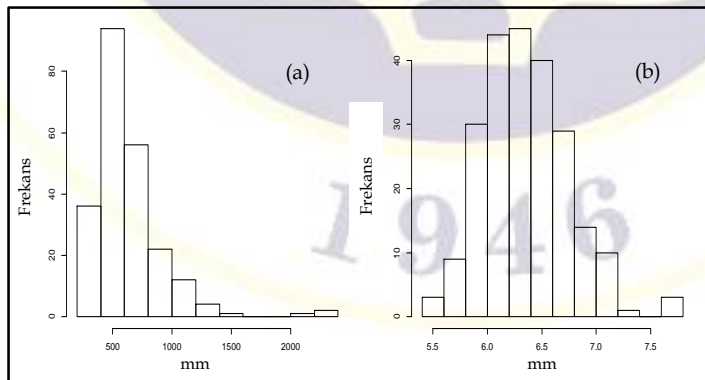
Çizelge 2. Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
625.7	288.2	259.6	565.7	2250.9	450.2

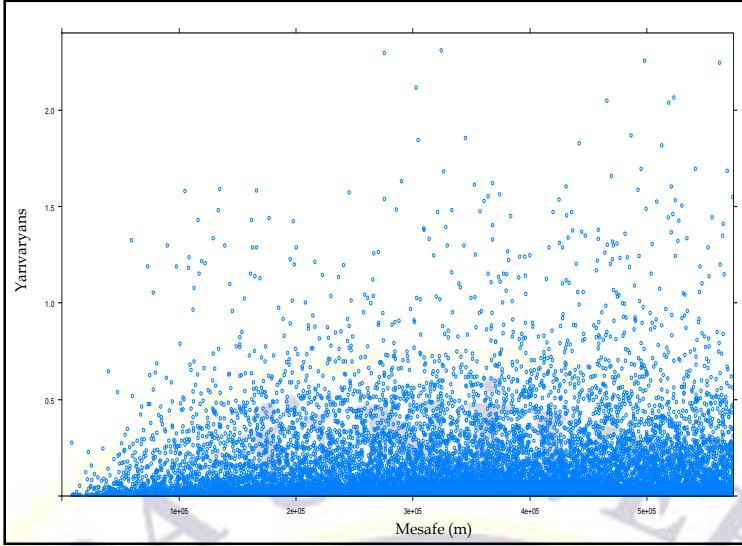
Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum’un kısaltmasıdır.

400 mm’den az yağış alan istasyonların sayısının 36 adet, 401-600 mm yağış alan istasyonların ise 94 adet olduğu görülmektedir. 400 mm’den az yağış alan istasyonların oranı %15.8, 600 mm az yağış alan istasyonların oranı ise %41.2’dir. Bu durumda incelenen istasyonların yarısından fazlasının 625.7 olan Türkiye yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin ortalamasının altında yağış değerine sahip olduğu görülmektedir. İstasyon sayısı 130 ve toplam istasyon sayısının %57’sini oluşturmaktadır. Türkiye’de incelenen istasyonlar içerisinde 1201-1600 mm arası yağış alan 5 istasyon, 1601-2300 mm arası yağış alan yalnız 3 istasyon bulunmaktadır. Histogram incelendiğinde yıllık ortalama toplam yağışın, ortanca değerden, ortanca değerinde mod değerinden büyük olduğu görülmektedir (Ortalama>Ortanca>Mod). Bu açıklamalar altında Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış değerleri normal dağılışı göstermemekte olup, grafik sağa çarpıktır (Şekil 8a). Ortalamadan düşük değerli istasyonların sayısı fazla, ortalamadan yüksek değerli istasyonların sayısı azdır. Türkiye’de düşük yağışların frekansı yüksek, yüksek yağışların frekansı düşüktür. Şekil 8b’de logaritmik dönüşüm uygulandıktan sonra veri normal dağılım göstermektedir. Logaritmik dönüştürme, dağılımı normale yaklaştırır, doğrusal olmayan ilişkiyi doğrusallaştırır, varyansların heterojenliğini ve uç/sapma değerlerini azaltmaktadır.

Mekânsal verinin açıklanmasında bir diğer önemli grafiksel gösterim Yarıvარიogram/Kovaryans Bulutu’nun oluşturulmasıdır (Şekil 9). Yarıvარიogram/Kovaryans Bulutu, veri seti içindeki mekânsal otokorelasyonun lokal karakteristiklerini ve lokal uç değerlerini test etmek için kullanılan en önemli araçtır. Yarıvარიogram/Kovaryans Bulutu’nda $228(228 - 1) = 51.756$ gözlem çifti bulunmaktadır. Yarıvარიogram bulutu üzerindeki her nokta konum çiftlerinden oluşur ve hiç biri tek bir noktayı göstermez. Eğer veriler birbirlerine bağımlı ise birbirlerine yakın olan nokta çiftleri arasındaki fark (yarıvaryans) az olacak demektir (grafığın yatay ekseninde sola gittikçe), fakat çiftler birbirine bağımlı değilse yarıvaryans değerleri yüksek olacaktır. (Johnston, vd., 2001). Şekil 9’da yarıvaryans (y eksen) değerleri sıfıra yaklaştıkça birbirleriyle ilişkili çiftlerin kümelenmeleri görülmektedir. Öte yandan artan yarıvaryans değerlerine göre birbirleriyle ilişkisiz olan çiftlerin kümelenmeleri izlenmektedir. Yarıvარიogram/Kovaryans Bulutu’nda mekânsal otokorelasyonun yorumlanması ve hesaplamalarda kullanılması zor olduğundan, çiftlerin belirlenen mesafelerde ortalamalarının alınıp, grafiksel olarak ifade edilmesi yani, deneysel yarıvარიogram grafiklerinin oluşturulması gerekmektedir.



Şekil 8. Türkiye’nin yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım



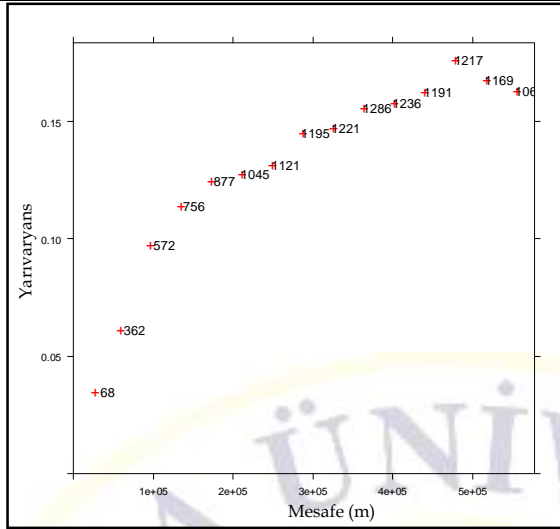
Şekil 9. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışa ait Yarivariogram/Kovaryans Bulutu

4.3. Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarivariogramların Oluşturulması

Türkiye'de yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri yarivariogram ile ortaya konur. En doğru yarivariogramı oluşturmada en birinci işlem, yağış değişkenini en iyi temsil edebilecek uygun adım mesafesi ve sınıf sayısını tayin edebilmektir. İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı öncelikle programın kendi belirlemiş olduğu değerler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bu değerleri ve bu değerlerden elde edilmiş deneysel yarivariogram Çizelge 3, Şekil 10'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. Programın oluşturduğu deneysel yarivariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarivaryans
1	68	26.7	0.03
2	362	59.1	0.06
3	572	96.5	0.10
4	756	134.3	0.11
5	877	172.4	0.13
6	1045	210.8	0.13
7	1121	249.1	0.13
8	1195	286.7	0.15
9	1221	325.0	0.15
10	1286	363.6	0.16
11	1236	401.5	0.16
12	1191	439.8	0.16
13	1217	478.0	0.18
14	1169	516.6	0.17
15	1067	555.0	0.16



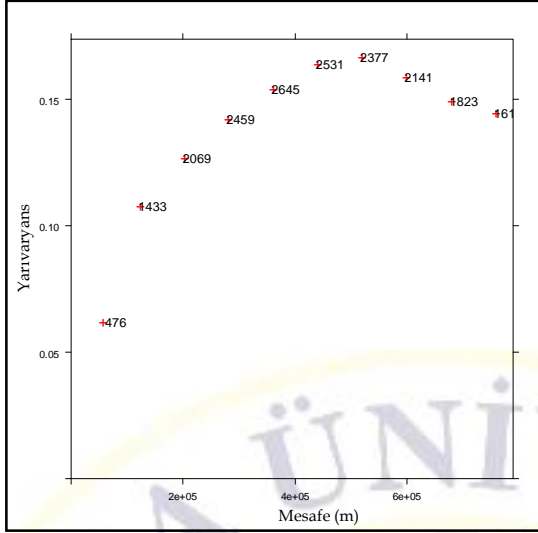
Şekil 10. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışın deneysel yarıvariogramı

Not: Deneysel yarıvariogramda sınıf sayısı=15; adım mesafesi=38 km; yarıvariogramın hesaplandığı aralık=555 km'dir.

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 80 km ve sınıf sayısının 10 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4, Şekil 11). Buna göre R 3.1.0 programında yarıvariogram hesaplama parametreleri olarak adım mesafesi 80 km, yarıvariogramın hesaplandığı aralık 800 km olarak tanımlanmıştır. Program 759.2 km'den başlayıp 80 km eksilterek belirlenen sınıf sayısına göre sınıfları oluşturmuştur. 1. adım mesafesi 56.3 km denk gelmiştir (Çizelge 4). Toplam 19.566 adet çift elde edilmiştir. Çizelge 8'de aralarında 56.3 km olan 476 çift mevcuttur. Deneysel yarıvariograma ait bu çizelgeye göre adım mesafesi 360.2 km (5.adım mesafesi)' ye kadar yarıvaryans değerleri artmakta ve 0.15 eşik değerine ulaşmaktadır. Bu noktadan sonra yarıvaryans değerleri çok fazla bir değişiklik göstermemektedir. Bu deneysel yarıvariogramda bu eşik değerlerinden sonra yağış dağılımındaki istasyonlar arasındaki etkileşimin sonlandığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 4. Deneysel yarıvariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarıvaryans
1	476	56.3	0.06
2	1433	123.3	0.11
3	2069	201.9	0.13
4	2459	280.6	0.14
5	2645	360.2	0.15
6	2531	440.3	0.16
7	2377	519.2	0.17
8	2141	599.0	0.16
9	1823	679.5	0.15
10	1613	759.3	0.15

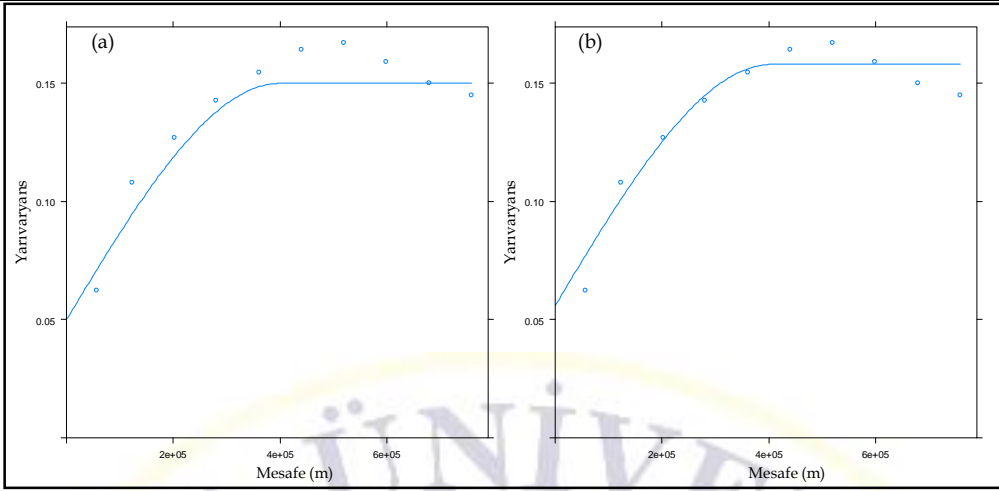


Şekil 11. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışın deneysel yarıvariogramı

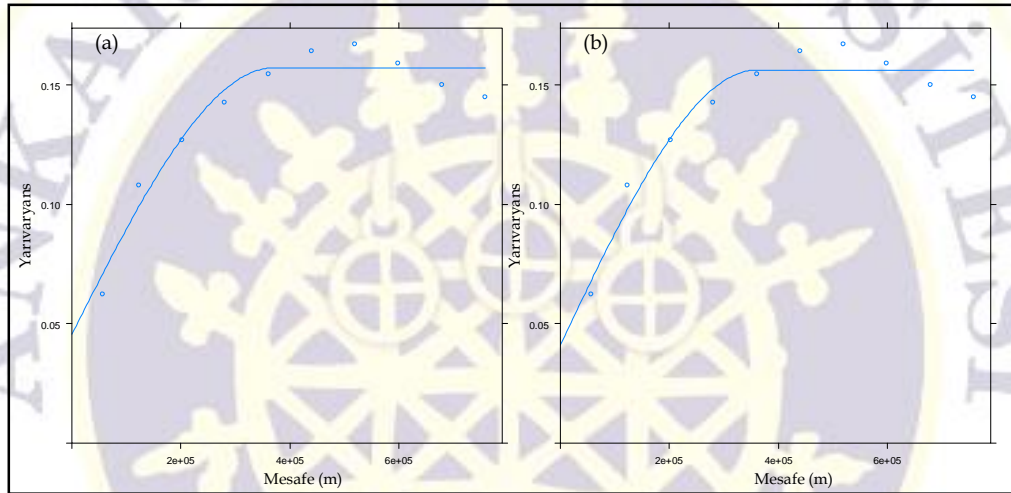
Not: Deneysel yarıvariogramda, yarıvariogram çiftlerinin belirlenmesinde azami diagonal mesafenin yarısı temel alınmış ve adım mesafesi, sınıf sayısı ve yarıvariogramın hesaplandığı aralık (cut-off) mesafeleri buna göre belirlenmiştir (sınıf sayısı=10; adım mesafesi=80 km; yarıvariogramın hesaplandığı aralık=800 km).

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin adım mesafesi ve sınıf sayısı belirlendikten sonra uygun yarıvariogramına oturtulması gerçekleştirilmesi gereken ikinci önemli adımdır. Yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait yarıvariogram yapısı ise, “*Spherical*” tip teorik yarıvariogram modeli olarak belirlenmiştir. Çalışmada Spherical teorik yarıvariogram modeli ile farklı Fit Method’ları kullanılarak yarıvariogram modelleri oluşturulmuştur. Farklı Fit Method’ları kullanılarak mekânsal bağımlılığı açıklayacak en iyi kovaryans fonksiyonu oluşturulmaya çalışılmıştır. Deneysel yarıvariogramdan öncelikle başlangıç yapısal varyans, kontrolsüz etki ve etki uzaklığı R 3.1.0 programında yarıvariogram Fit etme komutuna yazılarak programda tanımlı farklı Fit Method’ları ile teorik yarıvariogram hesaplanmıştır. Böylece, farklı kontrolsüz etki ve eşik değerlerinin elde edildiği ayrı teorik yarıvariogramlar oluşturulmuştur. Teorik yarıvariograma oturan yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin her Fit Method’lara göre eşik değerleri ve etki uzaklıkları Çizelge 5’de verilmiştir. Spherical teorik yarıvariogram modelinin farklı Fit Method’ları kullanılarak oluşturulan modellere ait grafikler Şekil 12 (a, b), 13 (a, b), 14 gösterilmektedir. Daha sonra elde edilen bu teorik yarıvariogramlardan tahmin haritaları oluşturulmuştur. Modellerin doğruluğu Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiş ve performans karşılaştırmaları geri dönüşüm uygulanmış veri üzerinde yapılmıştır.

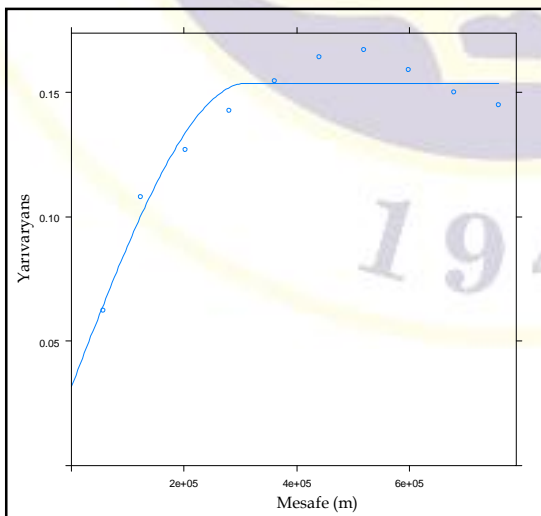
1946



Şekil 12. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışın (a) deneysel ve teorik yarıvariogram modeli (Fit Method 0); (b) deneysel ve teorik yarıvariogram modeli (Fit Method 1)



Şekil 13. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışın (a) deneysel ve teorik yarıvariogram modeli (Fit Method 2); (b) deneysel ve teorik yarıvariogram modeli (Fit Method 6)



Şekil 14. Türkiye'de yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli (Fit Method default, 7)

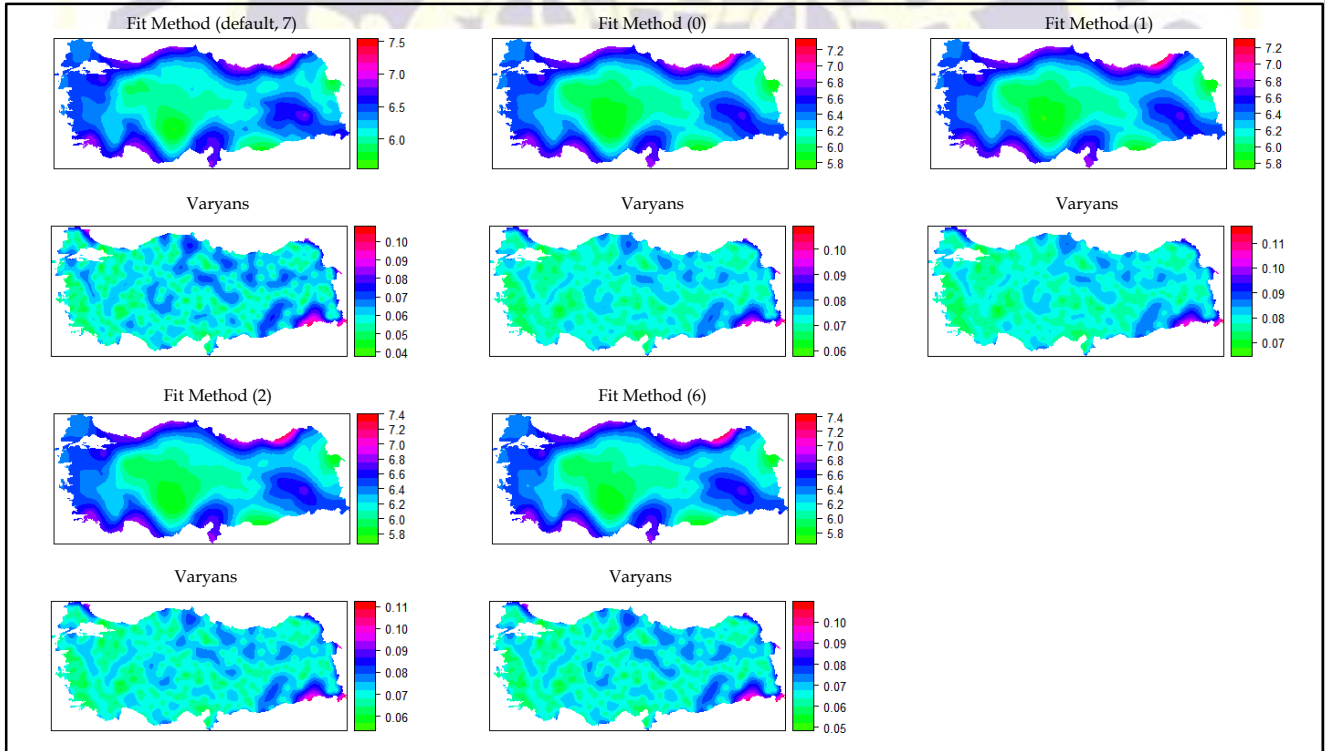
Çizelge 5. Teorik yarıvარიogram sonuçları

Method	Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Spherical/Fit Method Default, 7	Nug	0.03	0
	Sph	0.12	311.5
Spherical/Fit Method 0	Nug	0.05	0
	Sph	0.10	400
Spherical/Fit Method 1	Nug	0.06	0
	Sph	0,10	406.3
Spherical/Fit Method 2	Nug	0.05	0
	Sph	0.11	370.6
Spherical/Fit Method 6	Nug	0.04	0
	Sph	0.12	359.7

Not: Nug, Nugget; Sph, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.4. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmini

Spherical teorik yarıvარიogram modelinin farklı Fit Method’ları kullanılarak oluşturulan farklı teorik yarıvარიogram modellerinin parametre değeri belirlendikten sonra gözlemi bulunmayan yerlerin noktasal değeri OK tahmin yöntemi ile elde edilmiştir. OK tahmin hesaplamaları logaritmik dönüşümü sağlanan yıllık ortalama toplam yağış değeri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her teorik yarıvారిograma göre oluşturulan OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 15’de gösterilmiştir.



Şekil 15. Türkiye’nin yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları (Spherical model, Fit Method default, 7, 0, 1, 2, 6)

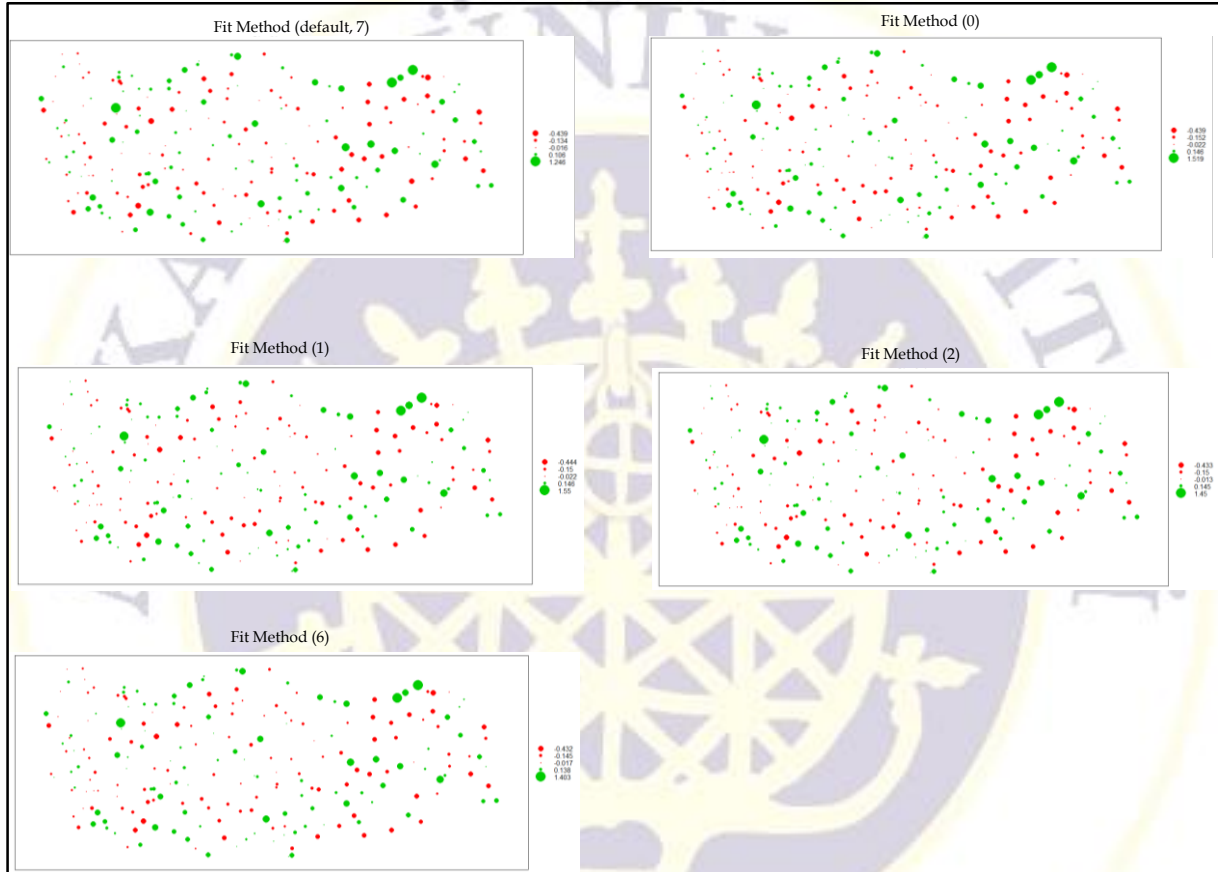
Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değeri logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

4.5. Türkiye’de Yıllık Ortalama Yağış Tahmini Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

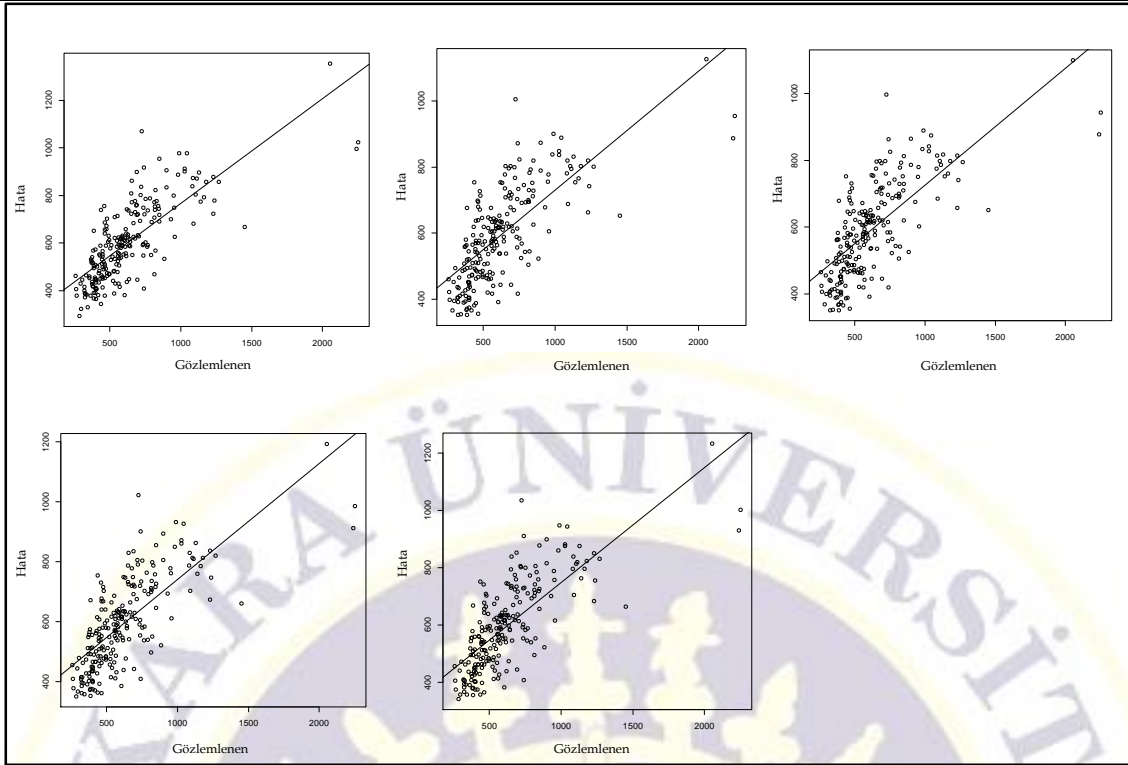
Kriging analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Daha sonra verilere geri dönüşüm uygulanmıştır. Bu yöntemle ait sonuç haritaları Şekil 16’da gösterilmektedir. Haritalar incelendiğinde yüksek ve düşük tahminlerin topografya ve bakı koşullarının etkisi altında kaldığı görülmektedir. Genel olarak yüksek yağışlı alanlarda düşük tahmin hatalarına düşük yağışlı alanlarda, yüksek tahmin hatalarına rastlanılmaktadır. Düşük ve yüksek tahmin değerlerinin bulunduğu istasyonların kümelenmeleri dikkate alındığında tektonik, karstik ve vadi gibi depresyon alanlarında yüksek yağış tahminlerinin yapıldığı, bu sahaları çevreleyen yüksek alanlarda, düşük tahminlerin olduğu gözlenmektedir. Örneğin, göller yöresi ve Göksu ırmağı çevresinde depresyon ve vadi içinde kalan Mut, Ermenek, Seydişehir, Beyşehir gibi istasyonlarda yağış değerleri yüksek tahmin edilirken, bu sahaları çevreleyen yüksek alanlarda düşük yağış değerleri tahmin edilmiştir. Çoruh, Kelkit, Kızılırmak vadileri ve Kuzey Anadolu Fayı üzerindeki tektonik depresyonlar içinde kalan istasyonlarda, yüksek yağış tahminleri yapılmaktadır. Bunun yanında bakı koşulları tahmin değerlerini etkileyen diğer önemli bir faktördür. Örneğin, Batı Karadeniz kıyılarındaki istasyonlarda düşük tahmin değerleri, Sinop ve Trabzon gibi kuzeydoğuya bakan istasyonlarda yüksek yağış değerleri izlenmektedir. Karadeniz kıyısındaki duldada kalan Akçaabat dışındaki bütün Doğu Karadeniz düşük tahmin değerleri vermiştir. Bu durum daha düşük hata değerleriyle Ege Bölgesi’nde de izlenmektedir. Aydın, Nazilli ve Ödemiş gibi güneye bakan istasyonlarda yağış hemen hemen doğruya yakın tahmin edilirken, yağış duldasında kalan Salihli’de yüksek tahminler yapılmaktadır. Bu iki faktörün beraber etkilendiği alanlardan bir örnek de Güneydoğu Toroslar’dır. Adıyaman, Kahramanmaraş ve Çemişgezek gibi dağların güney yamacında kalan istasyonlarda düşük tahmin, Malatya Elbistan, Keban gibi depresyon alanlarında kalan yerlerde yüksek tahmin, hemen kuzeydeki Kangal, Divriği gibi yüksek istasyonlarda, düşük tahmin hataları saptanmıştır. Bu durum Türkiye’de yağış dağılımında yükselti ve bakı faktörlerinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 6’da verilmiştir. Uygulanan Fit Method’lardan belirlenen tahmin değerlerine bakıldığında bütün modellerin düşük değerli yağışlarda yüksek tahminlerde bulunduğu, yüksek değerli yağışlarda ise düşük tahminlerde bulunduğu görülmektedir. Gözlemlenen değer ile tahmin edilen değerlere bakıldığında en uygun Fit yönteminin Fit Method 7 olduğu izlenmektedir. Çünkü bu metod gözlemlenen değere en yakın tahmini yapmaktadır. Yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait hata-tahmin grafikleri ise, Şekil 17’de verilmiştir. Bu grafikler Şekil 16’de ortaya konan yorumları desteklemektedir. Hata ile gözlemlenen değerler arasında yüksek pozitif korelasyon görülmesi yağış değeri arttıkça bunların tahmininde de hata payının arttığını göstermektedir. Son olarak, Şekil 18 OK enterpolasyon sonuçlarının logaritmik tahminden gerçek değere dönüşümü karşılaştırmalı olarak vermiştir. Farklı Fit Method yöntemleri ile üretilen haritalar incelendiğinde haritalar arasında büyük farklılıklar olmamasına rağmen, Fit Method 7 ile oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış dağılımına ait tahmin haritası incelendiğinde orografik uzanış ve bakı koşulunu daha güzel yansıttığı görülmektedir. Örneğin, Bursa, Uludağ-Zirve ve Tunceli, Bitlis çevresi gibi yüksek yağışlı alanlar iyi tahmin edilmiştir. Diğer taraftan, Karadeniz Bölgesi ile Ege Bölgesi’nde bakı ve orografik koşullarını iyi yansıtmaktadır. İç Anadolu Bölgesi’nde Konya-Karapınar çevresindeki yağış gölgesinde kalan alanları bütüncül olarak iyi tahmin etmesi bu metodun diğerlerinden daha doğru tahmin haritası oluşturduğunu göstermektedir.

Çizelge 6. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

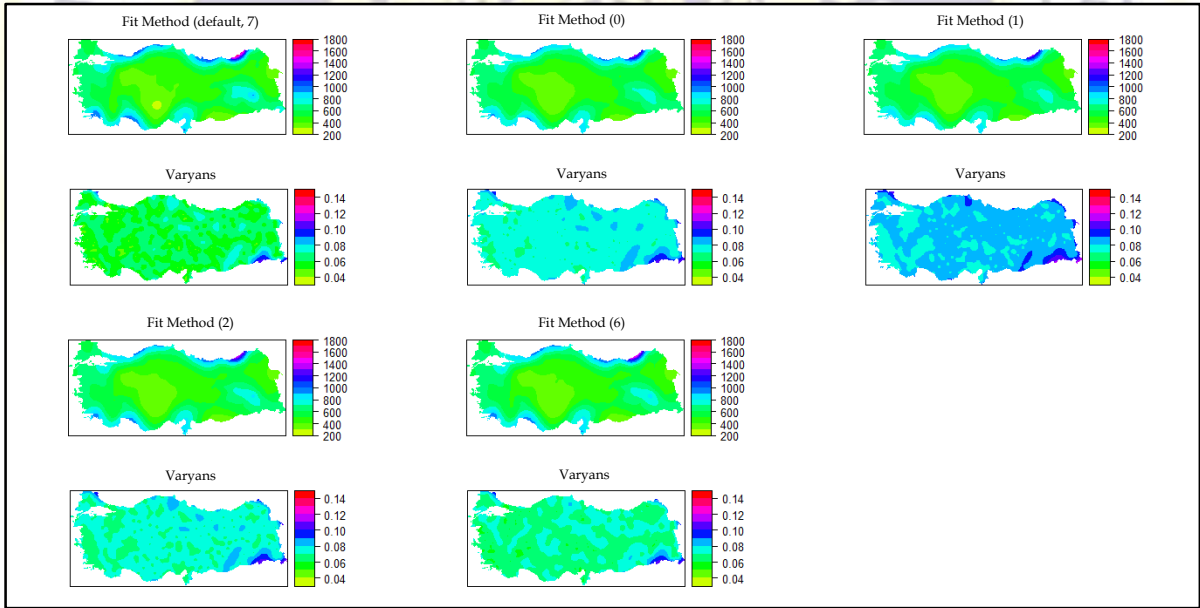
	Tahmin edilen					Gözlemlenen
	Default, 7	0	1	2	6	
Minimum	292.0	352.4	351.3	350.9	340.6	258.6
Birinci Bölün	467.4	479.8	477.2	477.0	473.5	439.2
Ortanca	584.9	580.7	582.8	579.7	582.5	564.6
Ortalama	599.3	594.3	593.7	595.8	596.7	624.7
Üçüncü Bölün	714.6	695.0	689.7	703.0	702.5	727.9
Maksimum	1355.4	1127.7	1099.3	1193.1	1234.2	2249.9

**Şekil 16.** Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış değışkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritaları (Fit Method default (7), 0, 1, 2, 6)

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerin gözlemlenen değere göre düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerin gözlemlenen değere göre yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.



Şekil 17. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış için gözlemlenen-hata grafiği (Fit Method default, 7, 0, 1, 2, 6)



Şekil 18. Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı ve varyans haritaları (Spherical model, Fit Method default, 7, 0, 1, 2, 6)

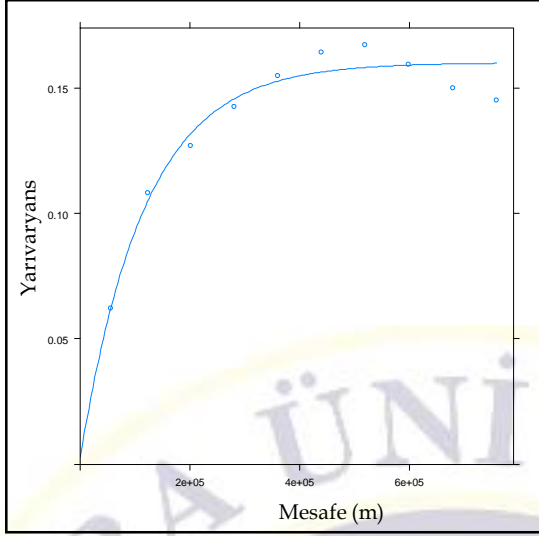
OK yöntemlerinin doğruluğunu gösteren ME, MAE, RMSE ve R^2 değerleri Çizelge 7’de verilmiştir. ME değeri, sistematik sapmanın derecesini gösterir. MAE değeri, tahminden sapmanın boyutunu ifade eder. RMSE değeri, uç değerleri de hesaplama dâhil eder. ME değeri sıfıra yakın ve RMSE değeri küçük ise, modelin daha doğru olduğu söylenir. MAE ve RMSE değerleri benzer ölçümlerdir. Ortalama RMSE değeri istatistikte hata (residual) olarak da değerlendirilir ve bu değer sıfıra yakınlığı tahmin edilen değer gerçeğe yakınlığını göstermektedir. Çizelge 11’de R^2 değerleri 0.51 ile 0.58 arasında bir değişime sahiptir. Fit Method 7, 0.58 değeri ile en yüksek R^2 değerini göstermektedir. RMSE değerleri 194.82-213.35 mm arasında değişmekte olup, en düşük RMSE değerini Fit Method 7 ve Fit Method 6 yöntemleri vermektedir. En düşük MAE değeri 118.42 ile Fit Method 7’de görülmektedir. ME değerleri ise, -25.38 ve -31.02 arasında değişmektedir. Sonuç olarak Fit Method 7, yüksek R^2 değeri, düşük RMSE ve MAE değeri ile en iyi OK modelini oluşturmaktadır.

Çizelge 7. OK modellerinin performans karşılaştırılması

Method	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
Spherical/Fit Method Default, 7	-25.38	118.42	194.82	0.58
Spherical/Fit Method 0	-30.41	128.97	211.08	0.52
Spherical/Fit Method 1	-31.02	130.39	213.35	0.51
Spherical/Fit Method 2	-28.92	124.80	205.52	0.55
Spherical/Fit Method 6	-27.97	122.80	202.36	0.56

4.6. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mátern Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için uygun yarıvariogram yapısının belirlenmesi, çalışmanın en önemli ayağını oluşturmaktadır. Bu amaç için Mátern teorik yarıvariogram modeli denenmiştir. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin bir diğer yarıvariogram yapısı, “Mátern” tip teorik yarıvariogram modelidir (Şekil 19).



Şekil 19. Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

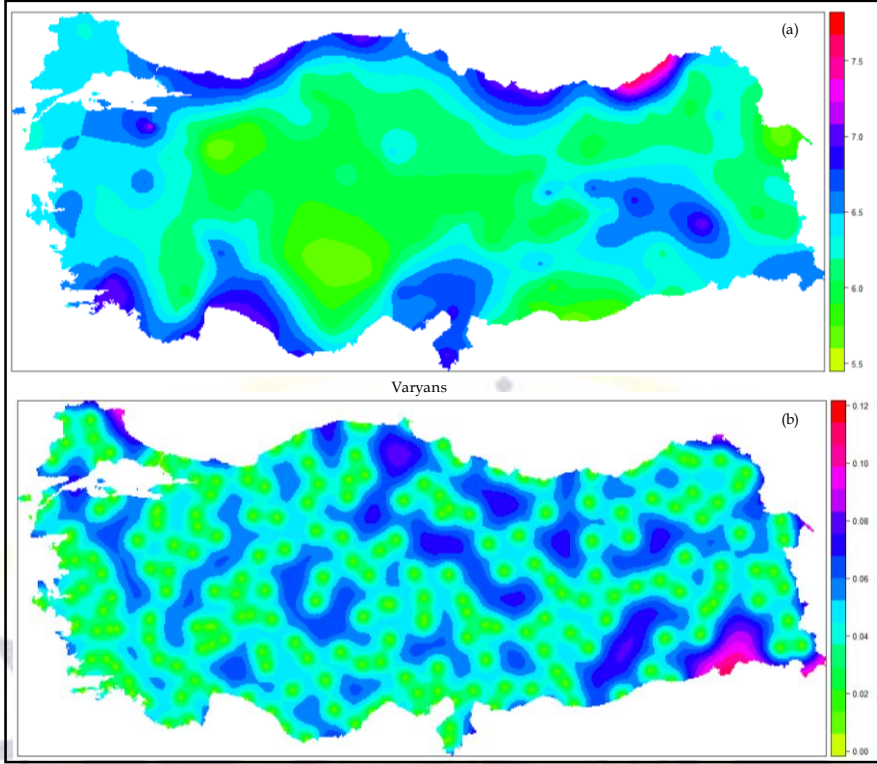
Not: Teorik yarıvariogramın elde edilmesinde “*Matern model ve Fit Method 7*” kullanılmıştır.

Teorik yarıvariograma oturan yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri 0.16, etki uzaklığı, 117.4 km olarak tespit edilmiştir (Çizelge 8). Matern model ve Fit Method 7 kullanılarak elde edilen teorik yarıvariogram modelinin parametreleri belirlendikten sonra gözlemi bulunmayan yerlerin tahmini için OK yöntemi uygulanmıştır. OK tahmin haritası ve varyans haritası Şekil 20 (a, b)’de gösterilmiştir. Varyans haritası incelendiğinde düşük varyans değerlerinin yüksek varyans değerlerine göre daha yoğun olarak görülmekte olup, yüksek varyans değerleri Şırnak ili ve çevresi gibi yağış istasyonlarının olmadığı yerlerde yer almaktadır.

Çizelge 8. Teorik yarıvariogram sonucu

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.00	0
Mat	0.16	117.4

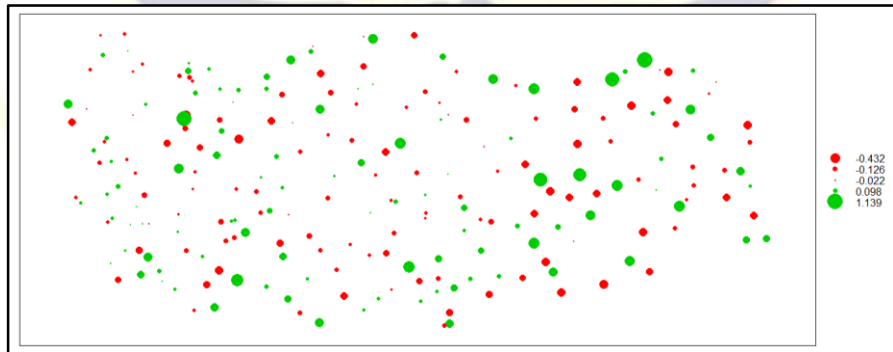
Not: Nug, Nugget; Mat, Matern modellerinin kısaltmasıdır.



Şekil 20. (a) Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası; (b) yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası varyansı

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

OK analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yöntemle ait sonuç haritası Şekil 21’de gösterilmektedir. Çizelge 9 ise, yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgileri vermektedir. Spherical model ve Fit Method 7 kullanılarak elde edilen OK analiz sonuçları, Mátérn model ve Fit Method 7 kullanılarak elde edilen OK analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında aşağı yukarı benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Mátérn yöntemiyle elde edilen Çapraz Geçerlilik haritası düşük ve yüksek tahmin değerlerinin bulunduğu alanlarda diğerine göre tahmin değerleri arasındaki farkın biraz daha az olduğu görülmektedir.

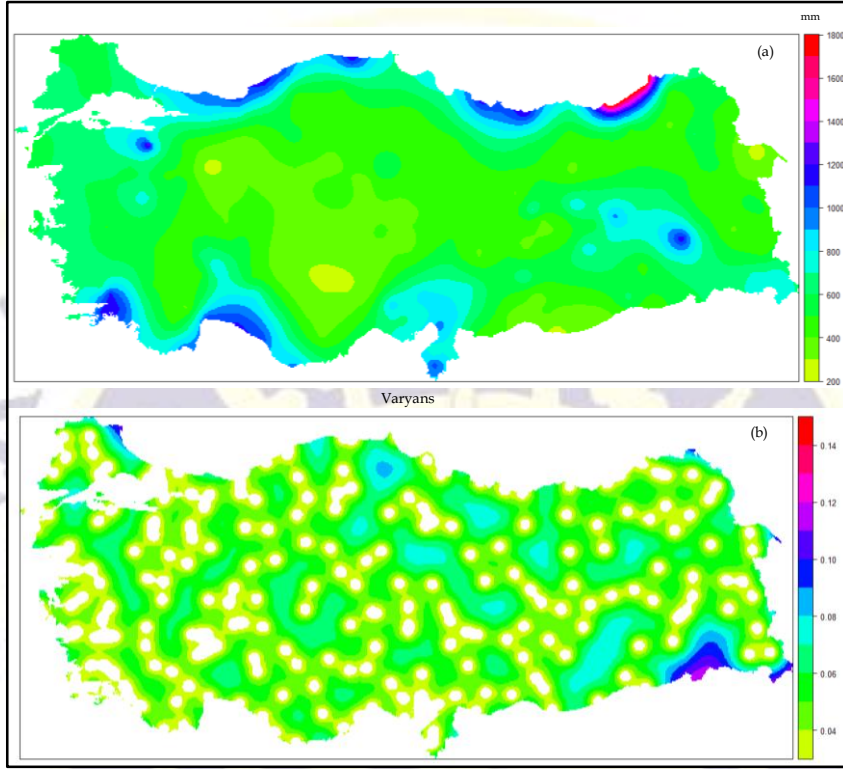


Şekil 21. Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 9. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen Matern yöntemi	Gözlemlenen
Minimum	300.0	258.6
Birinci Bölün	466.5	439.2
Ortanca	582.4	564.6
Ortalama	606.3	624.7
Üçüncü Bölün	692.0	727.9
Maksimum	1804.2	2249.9

**Şekil 21.** (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

Şekil 21a, OK tahmin sonuçlarının logaritmik değerden gerçekte değere dönüşümü sonucu elde edilen yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasını, Şekil 21b varyans haritasını göstermektedir. Tahmin haritası Spherical model, Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan tahmin haritası ile benzer özellikler göstermekte olup, Türkiye'nin orografik ve baki koşulunu iyi yansıttığı gözlemlenmektedir.

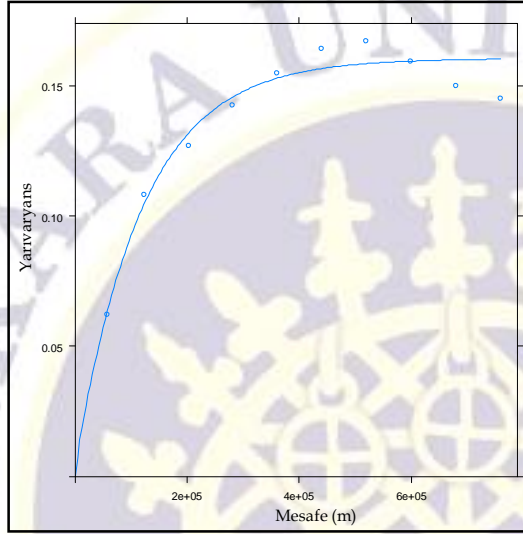
OK yöntemlerinin doğruluğunu gösteren ME, MAE, RMSE ve R^2 değerleri Çizelge 10'te verilmiştir. Çizelgede Spherical model, Fit Method 7'de elde edilen sonuçlara göre yüksek R^2 ve düşük MAE ve RMSE değerleri gözlemlenmektedir.

Çizelge 10. OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
Ordinary Kriging (Matern)	-18.40	113.98	183.61	0.61

4.7. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Nested Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için uygun yarıvariogram yapısının belirlenmesinde bir başka teorik yarıvariogram modeli olan “*Nested*” kullanılmıştır. Nested model, deneysel bir yarıvariograma tek teorik modelin tam olarak oturtulamadığı durumlarda birden fazla teorik modellerin ard arda kullanılmasıyla oluşan teorik yarıvariogramların genel adı olarak bilinmektedir. Nested tip teorik yarıvariogram modeli Şekil 22’de gösterilmiştir. Teorik yarıvariograma oturan yıllık ortalama toplam yağış değişkeninde ilk yarıvariogram tipi “*Hole*” olarak ayarlanmıştır. Bu modele ait eşik değer 0.04, etki uzaklığı 2 km’dir. Daha sonra Mâtern tip teorik yarıvariogramı oluşturulmuştur. Bu modelin eşik değeri 0.16 etki uzaklığı, 119.1 km olarak kaydedilmiştir (Çizelge 11).



Şekil 22. Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

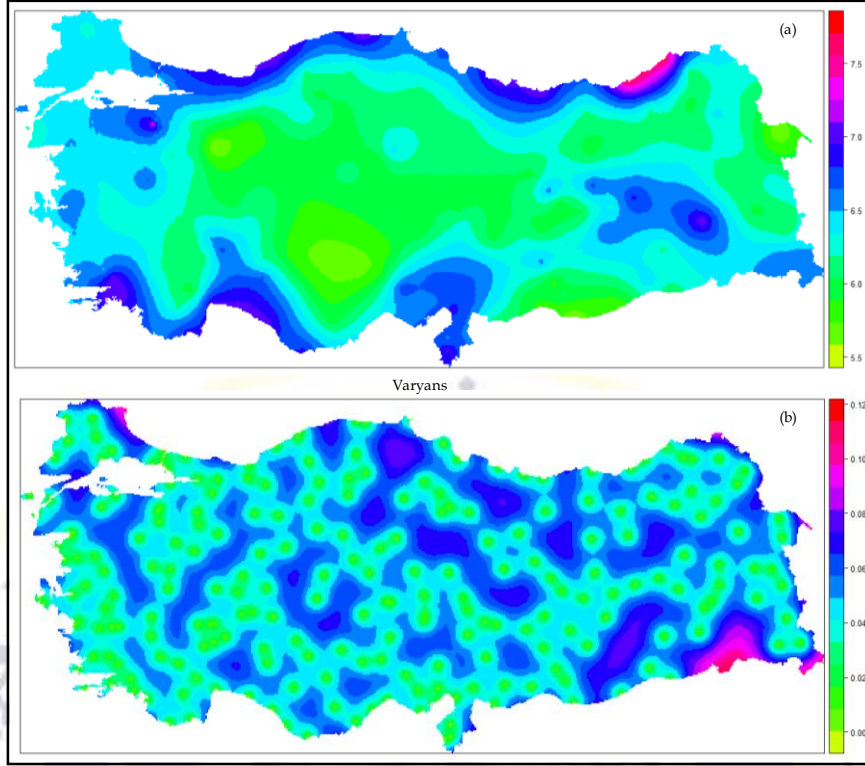
Not: Teorik yarıvariogramın elde edilmesinde “*Hole, Mâtern modeller ve Fit Method 7*” kullanılmıştır.

Çizelge 11. Teorik yarıvariogram sonucu

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Hol	0.04	2
Mat	0.16	119.1

Not: Hol, Hole; Mat, Mâtern modellerinin kısaltmasıdır.

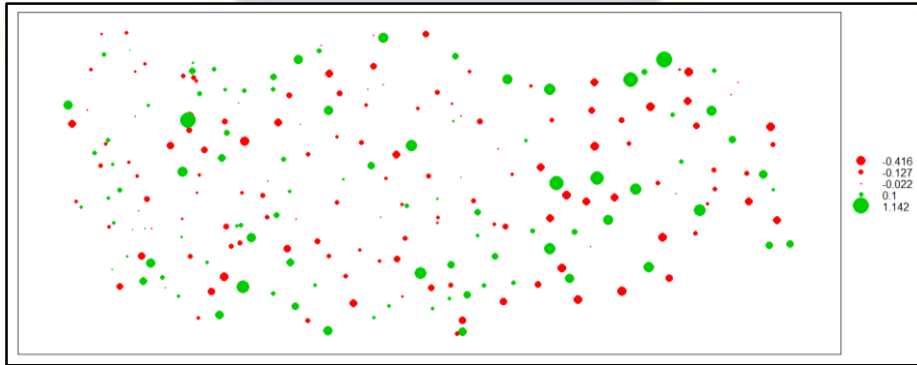
Oluşturulan teorik yarıvariogramın parametreleri belirlendikten sonra gözlemi bulunmayan yerlerin tahmini için OK tahmin yöntemi kullanılmıştır. OK tahmin haritası ve varyans haritası Şekil 23 (a, b)’de gösterilmiştir.



Şekil 23. (a) Türkiye'de yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası; (b) yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası varyansı

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

Şekil 24 Çapraz Geçerlilik sonucu oluşturulan hata tahmin haritasını göstermektedir. Sonuç, Spherical model ve Fit Method 7 ile Mâtern model ve Fit Method 7 kullanılarak elde edilen hata tahmin sonuçlarıyla benzerdir. Yüksek yağışlı alanlarda düşük tahmin hatalarına, düşük yağışlı alanlarda yüksek tahmin hatalarına rastlanılmaktadır. Yüksek tahmin değerine sahip alanların tektonik, karstik ve vadi gibi depresyon alanlarının bulunduğu sahalarda olduğu dikkat çekmektedir. Bu teorik yarıvariogram kullanılarak elde edilen sonuçlar diğer teorik yarıvariogramlar kullanılarak elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında yüksek ve düşük tahmin değerleri gösteren alanların bu modelde daha düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmektedir. Çizelge 12 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarını göstermektedir.



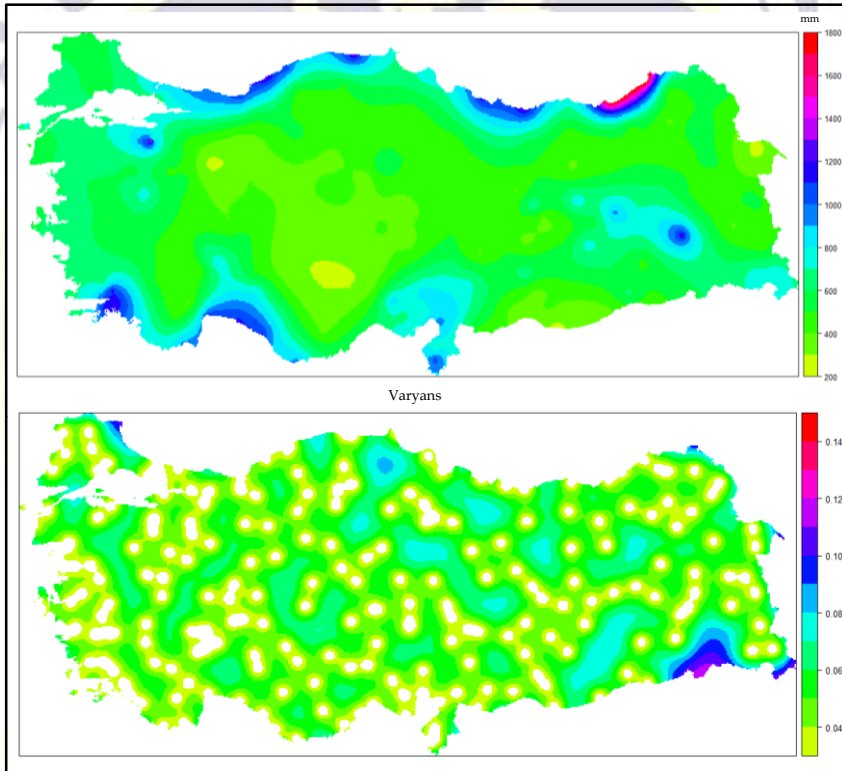
Şekil 24. Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 12. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen Nested yöntemi	Gözlemlenen
Minimum	300.7	258.6
Birinci Bölün	466.9	439.2
Ortanca	582.3	564.6
Ortalama	605.9	624.7
Üçüncü Bölün	690.4	727.9
Maksimum	1785.0	2249.9

Şekil 25a, OK analiz sonucu elde edilen yıllık ortalama tahmin haritasının logaritmik değerlerden tekrar orijinal değerlere dönüştürülmesiyle elde edilen yağış dağılışı haritasını, Şekil 25b varyans haritasını göstermektedir. Elde edilen harita diğer teorik yarıvariogram modelleri kullanılarak oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış dağılışı haritalarıyla örtüşmektedir. Tahmin haritasında bakı ve orografik koşullarının hâkim olduğu alanların iyi yansıdığı ortadadır.



Şekil 25. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

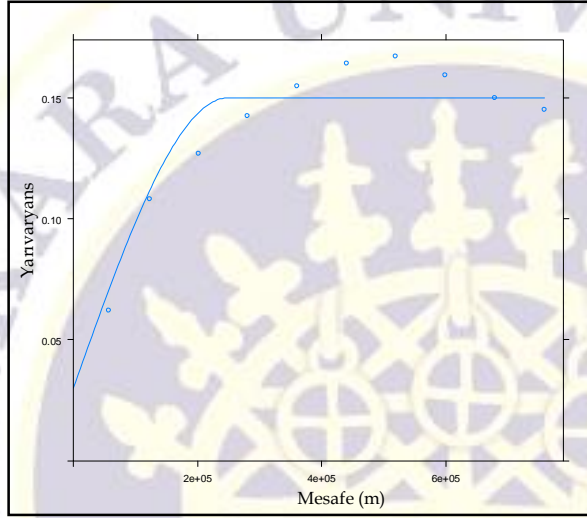
Çizelge 13 ise, Nested (Hole&Matern) teorik yarıvariogram sonucu oluşturulan OK modelinin performans değerlerini göstermektedir. Sonuçlar diğer modellerle kıyaslandığında, yüksek R^2 değeri ve düşük ME, MAE ve RMSE değerleri vermektedir.

Çizelge 13. OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R²
Ordinary Kriging (Nested)	-18.84	113.78	183.44	0.62

4.8. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Eye Fit Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için uygun teorik yarıvariogram yapısının belirlenmesinde oturtma yöntemlerinden biri olan Gözle Oturtma (Eye Fit) Spherical modelde kullanılmıştır. Eye Fit yönteminin diğer teorik yarıvariogram oluşturma yöntemlerinden farkı, modelin deneysel yarıvariogramın neresinden geçmesi gerektiğinin kullanıcı tarafından manuel olarak belirlenmesidir. Bu çalışmada Eye Fit R 3.1.0 programının geoR paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eye Fit yöntemiyle oluşturulan Spherical teorik yarıvariogram modeline ait grafik Şekil 26’ da gösterilmiştir.



Şekil 26. Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

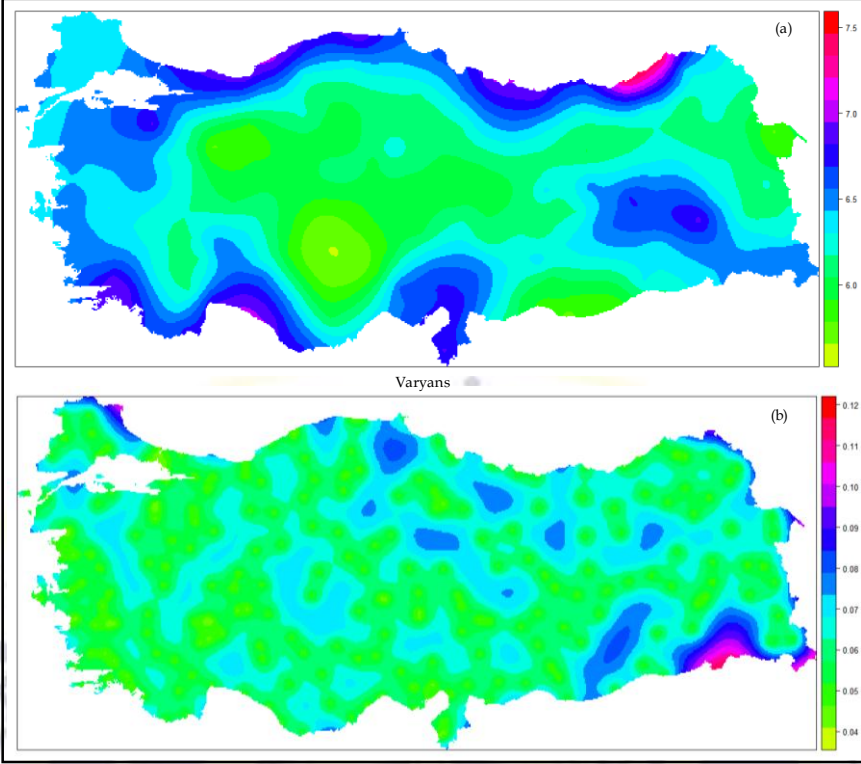
Not: Teorik yarıvariogramın elde edilmesinde “Spherical model” kullanılmıştır.

Teorik yarıvariograma oturan yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri 0.12, etki uzaklığı, 249.5 km olarak tespit edilmiştir (Çizelge 14). Eye Fit yöntemi ile elde edilen teorik yarıvariograma ait parametreler OK tahmin analizi için kullanılmaktadır. OK tahmin haritası ve varyans haritası Şekil 27 (a, b)’de gösterilmiştir.

Çizelge 14. Teorik yarıvariogram sonucu

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.03	0
Sph	0.12	249.5

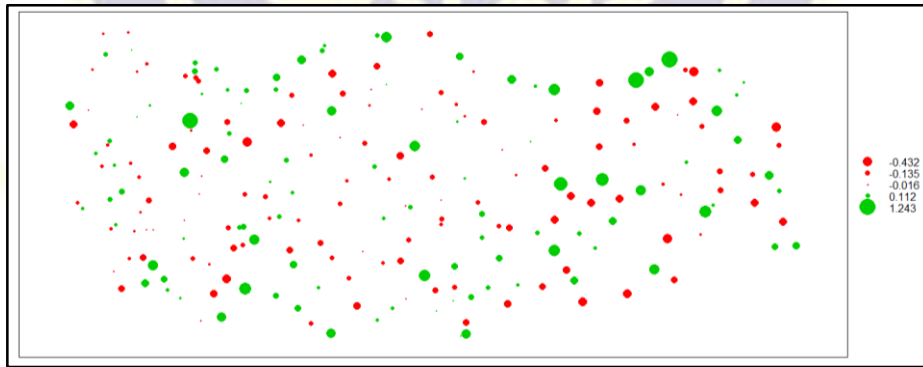
Not: Nug, Nugget; Sph, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.



Şekil 27. (a) Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası; (b) yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası varyansı

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

Spherical (Eye Fit) teorik yarıvariogram modelinin kullanılmasıyla elde edilen OK analiz sonucu Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir (Şekil 28). Hata tahmin değerleri genel olarak diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara benzer olmasına rağmen, özellikle Spherical model, Fit Method 7 yöntemi sonucu elde edilen hata tahmin sonuçlarına daha yakın olduğu gözlemlenmektedir. Gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları Çizelge 15’de verilmiştir.



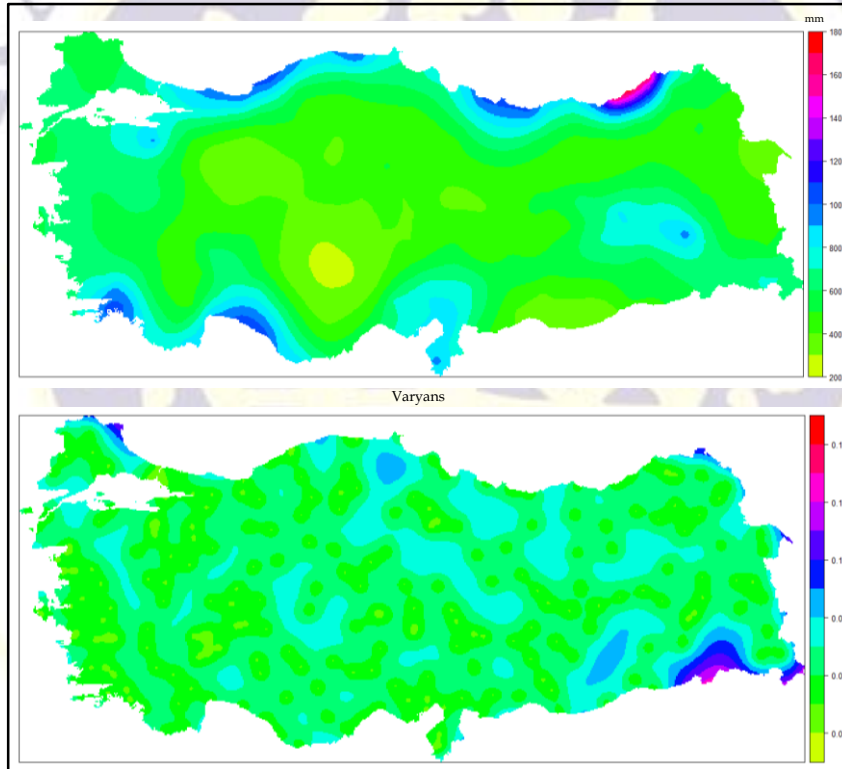
Şekil 29. Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 15. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen Eye Fit yöntemi	Gözlemlenen
Minimum	288.2	258.6
Birinci Bölün	470.4	439.2
Ortanca	579.4	564.6
Ortalama	600.3	624.7
Üçüncü Bölün	709.7	727.9
Maksimum	1445.5	2249.9

Türkiye yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik değerden orijinal değerlerine dönüştürülmesiyle elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası Şekil 30a'da gösterilmektedir. Şekil 30b'de Türkiye yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik değerden orijinal değerlerine dönüştürülmesiyle elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış varyans haritasıdır. Harita diğer yöntemlerden elde edilen yağış tahmin haritalarına benzer özellikler göstermektedir. OK modelinin ME, MAE, RMSE ve R^2 değerleri de aynı şekilde diğer yöntemlerle kıyaslandığında yaklaşık aynı sonuçlar vermektedir (Çizelge 16).



Şekil 30. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

Çizelge 16. OK modelinin performans değerleri

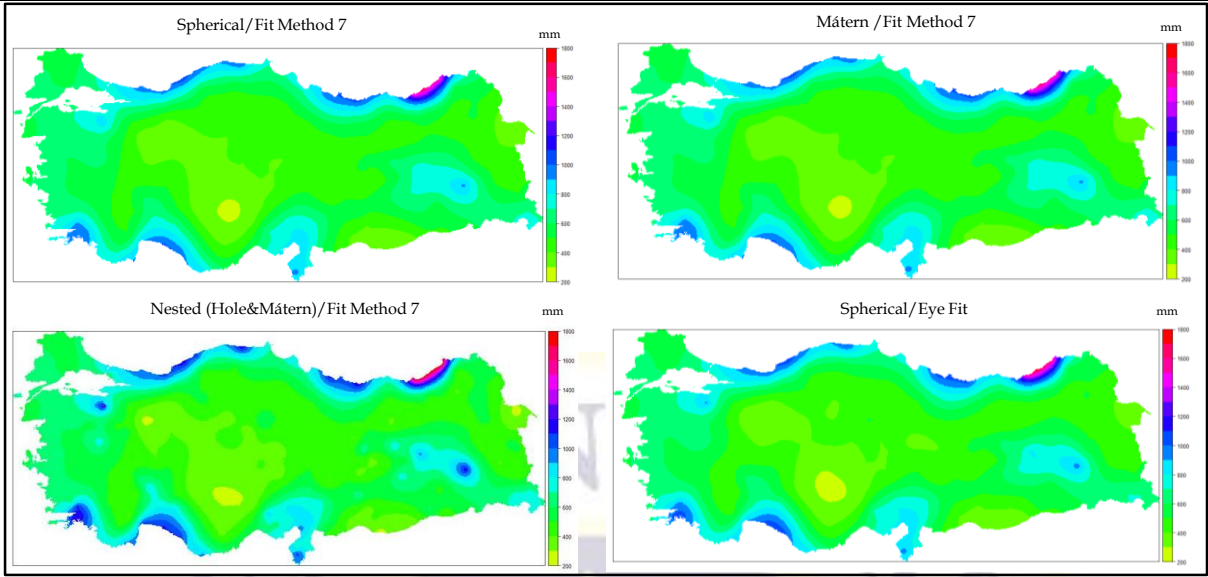
	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
Ordinary Kriging (Eye Fit)	-24.41	118.15	368.60	0.58

4.9. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Oluşturulan Global Modellerin Karşılaştırılması

Türkiye’de meteoroloji istasyonu bulunmayan yerlerin yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin doğru tahminini sağlamak amacıyla farklı teorik yarıvariogramlar oluşturulmuş ve bu teorik yarıvariogramlar kullanılarak OK analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçta farklı teorik yarıvariogramlar kullanılarak gerçekleştirilen OK analiz sonuçlarının performans karşılaştırılması Çizelge 17’de verilmiştir. Modeller karşılaştırıldığında sistematik sapmanın derecesini gösteren ME değeri tüm modeller için düşüktür. Uç değerleri de hesaplama dâhil eden RMSE değerleri, birbirlerine yakındır. Modeller arasında Nested ve Mátern modelleri en yüksek R^2 değerini vermiştir. Nested ve Mátern modelleri takip eden Fit Method 7 ve Eye Fit ile oluşturulan Spherical modeller aynı değere sahiptir. Modellere ait tahmin haritaları Şekil 30’da gösterilmektedir. Haritalar arasında büyük farklılıklar yoktur. Ancak, Nested ve Mátern ile oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış dağılımına ait tahmin haritaları incelendiğinde orografik uzanış ve bakı koşulunu daha güzel yansıttığı görülmektedir. Örneğin, Bursa, Uludağ-Zirve ve Tunceli, Bitlis çevresi gibi yüksek yağışlı alanlar iyi tahmin edilmiştir. Diğer taraftan, Karadeniz Bölgesi ile Ege Bölgesi’nde bakı ve orografik koşulları iyi yansıması ve İç Anadolu Bölgesi’nde Konya–Karapınar çevresindeki yağış gölgesinde kalan alanları bütüncül olarak iyi tahmin etmesi bakımından diğerlerinden daha doğru tahmin haritaları oluşturduğu ortadadır. Her iki modelin performans karşılaştırması göz önünde bulundurulduğunda, R^2 değerleri sırasıyla 0.61 ve 0.62, MAE ve RMSE değerleri de 183.44 ve 183.61’dir. ME değerleri arasında -0.44 kadar küçük bir fark gözlenmektedir. ME değerinin negatif olması tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğu anlamına gelmektedir. Bu değerlendirmeler altında, Nested (Hole&Mátern) teorik yarıvariogram ve Fit Method 7 kullanılarak gerçekleştirilen OK analizi daha doğru tahmin haritasını oluşturulduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 17. OK modellerinin performans karşılaştırılması

Method	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
Spherical/Fit Method 7	-25.38	118.42	194.82	0.58
Mátern/Fit Method 7	-18.40	113.98	183.61	0.61
Nested (Hole& Mátern)/Fit Method 7	-18.84	113.78	183.44	0.62
Spherical/Eye Fit	-24.41	118.15	368.60	0.58

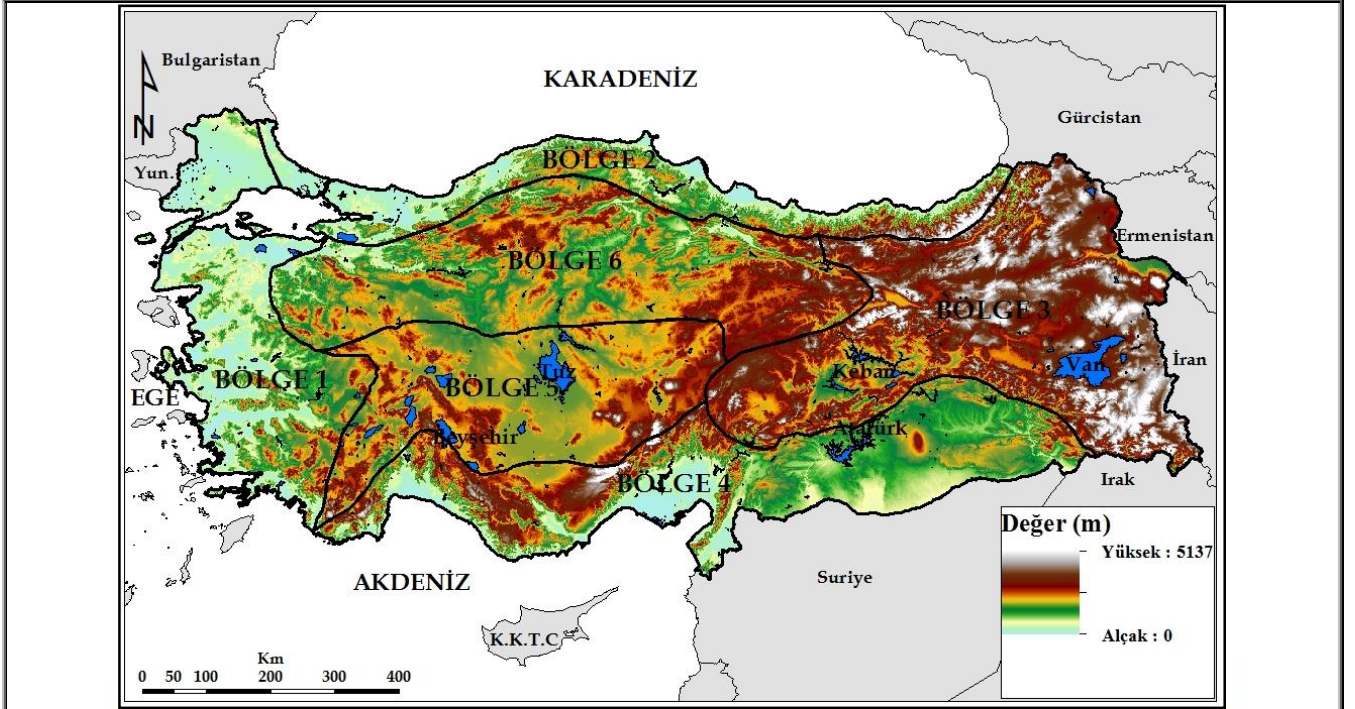


Şekil 30. Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen Ordinary Kriging sonucu Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritaları

4.10. Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Lokal Kriging Yöntemleriyle Araştırılması

Bu çalışmanın ikinci bölümünü lokal olarak yağış istasyonu olmayan herhangi bir noktada, yağış tahmin değerinin tespit edilmesi oluşturmaktadır. Lokal olarak gerçekleştirilen analizlerin, global olarak gerçekleştirilen analizlerden daha doğru sonuçlar verdiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Llyod, 2010; Harris, 2011; Haas, 1990a; Pardo-Igúzquiza, vd., 2005). Çalışmanın en önemli amacı en doğru yağış tahmin modelini ortaya koymaktır. Bu sebeple, global olarak açıklanamayan mekânsal değişimlerin, lokal bir alandan elde edilen yarıvarioqram modelleri ile açıklanabilirliğinin ortaya konulması önemli bir konudur. Bu şekilde durağan olarak kabul edilen bölgelerde yapılan lokal tahminler bir araya getirilerek, bütün çalışma sahasının özelliklerinin belirlenmesi daha etkili olabilmektedir.

Çalışmada öncelikle bölge sınırları ve her bölge sınırına düşen istasyon sayısı belirlenmiştir. Lokal modeller için gerekli bölge boyutları, Türkiye'nin jeomorfolojik özellikleri ve her bir bölgeye asgari 35 ölçüm noktası düşecek şekilde düzenlenmiştir (Haas, vd., 1990a). Bölge boyutunun belirlenmesi iki kritere bağlıdır; (1) bölgenin büyüklüğü, bölge ne kadar küçük olursa ölçüm noktaları arasındaki varyasyon o kadar az olmaktadır, yani durağandır; (2) çift sayısı, bölge büyüdükçe daha doğru tahmin yapmak için daha çok gözlem noktasına ihtiyaç vardır. Yarıvaryansın tahmin edilebilme doğruluğu, kısmen tahminde kullanılan nokta çift sayısına bağlıdır. Bu nedenle iyi bir lokal tahmin yapılması için bu iki kriterin en uygun şekilde seçilmesi gerekir (en uygun büyüklük ve örnek sayısı). Seçilen bölge lokalize bir alan olduğu için kısa adım mesafeleriyle oluşturulan teorik yarıvarioqramlarla yapılan Kriging tahminleri, uzun adım mesafesiyle oluşturulanlara göre daha doğru sonuçlar vermektedir (Haas, vd., 1990a). Genel olarak, herhangi bir örnekleme alanında en kısa ve en uzun adım mesafesinde bulunması gereken örnek çift sayısı en az iki olmalıdır (Haas, vd., 1990a). Bu özellikler dikkate alınarak, bölge sınırları ve her bölgeye düşecek istasyon sayısı düzenlenmiştir (Şekil 31). Bölge sınırları ArcGIS 10.1 programında çizilmiş ve ileri analizler için R 3.1.0 programına aktarılmıştır.

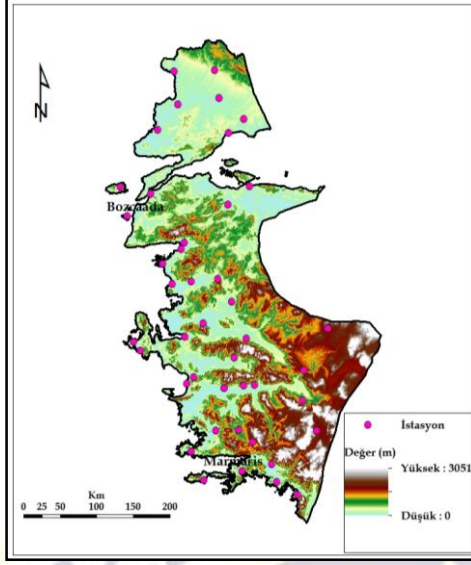


Şekil 30. Bölge sınırlarının gösterimi

4.10.1. Bölge 1'de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Bölge 1 Türkiye'nin batı ve kuzeybatı kesimini içine almaktadır. Kıyılara doğru dik bir şekilde uzanan yüksek topografyanın, genelde doğu-batı doğrultulu ovalarla parçalanması ve birbirinden ayrılması, Bölge 1'in özellikle batı kıyılarının daha çeşitli ve çok girintili çıkıntılı nitelikte olmasına yol açmıştır. Yapı ve yer şekilleri özelliklerine bağlı olarak izlenen bu durum, Türkiye'nin diğer kıyı bölgelerine göre farklılık göstermesine neden olmuştur. Bölge 1'in kuzeybatı kesimi (Marmara Bölgesi sınırlarında kalan alanlar) sade yer şekli özelliği göstermektedir. Bu alanların ortalama yükseltisi azdır. Güney Marmara kıyıları girintili çıkıntılıdır. Buna karşın, kuzey kıyıları dik falezlerden meydana gelmiştir. Bu sebeple bu kıyılarda fazla girinti çıkıntı yoktur.

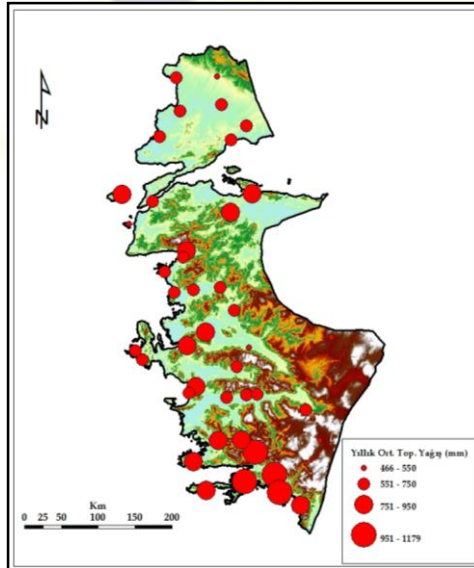
Bölge 1 Türkiye'nin kuzeybatı kesimini içine aldığından dolayı, Bölge 1'in iklim özelliklerinden bahsederken tek bir iklim altında adlandırmak doğru değildir. Ege Bölge'sinin yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olarak tanımlanan Akdeniz iklimi ile Marmara Bölgesi'ni karakterize eden geçiş iklimi etkisi altındadır. Marmara Bölgesi'nde karlı ve donlu günlerin sayısı kıyı kesimlerde en azdır. Bölge 1'in yağış ve sıcaklık değerleri güneyden kuzeye doğru farklılık göstermektedir. Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde kıyıya paralel dağların birbirine yakın yerlerde yarattıkları büyük iklim zıtlıkları burada görülmemektedir (Darkot ve Tuncel, 1988:13). Bölge 1'de toplam 43 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bölge 1'in sınırı ve bölgeye düşen meteoroloji istasyonlarının dağılımı Şekil 31'de verilmiştir. Buna göre, en düşük yıllık ortalama toplam yağış değerine sahip istasyon 28 m'de 466.2 mm ile Bozcaada istasyonudur. Yükseltisi 16 m'de olan Marmaris istasyonu, 1179.4 mm'lik yıllık ortalama toplam yağış değeri ile en yüksek yağışa sahiptir.



Şekil 31. Bölge 1'deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.2. Bölge 1 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

Bölge 1'in 1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin coğrafi dağılım haritası Şekil 32'de gösterilmektedir. Bu haritaya göre yağış değerlerinin hem kıyı kesiminden iç kesimlere doğru hem de genel olarak güneyden kuzeye doğru azaldığı dikkat çeker. Şekil 32 ve Çizelge 18'e göre, yıllık ortalama toplam yağışın 466-550 mm olduğu Bozcaada, Salihli, Acıpayam, Güney, Uşak ve Kırklareli istasyonlarının bulunduğu yerler düşük yağış değerine sahip alanları oluşturmaktadır. Dalaman, Köyceğiz, Muğla ve Marmaris istasyonlarının bulunduğu 951-1179 mm arası yıllık ortalama toplam yağış değerine sahip yerler, yüksek yağışlı alanlar olarak izlenmektedir. Yüksek yağış değerine sahip bu alanlar incelendiğinde bunların güneybatıdan gelen hava kütlelerine açık ve orografik etkilerinin kuvvetli olduğu istasyonların bulunduğu alanları, düşük yağış değerine karşılık gelen alanların ise, İç Batı Anadolu denizel etkilere uzak veya Salihli, Bozcaada gibi denizel olmasına rağmen, kuzeye bakan istasyonların bulunduğu alanlardan oluştuğu görülmektedir.



Şekil 32. Bölge 1 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 18. Bölge 1’de yağış frekans tablosu

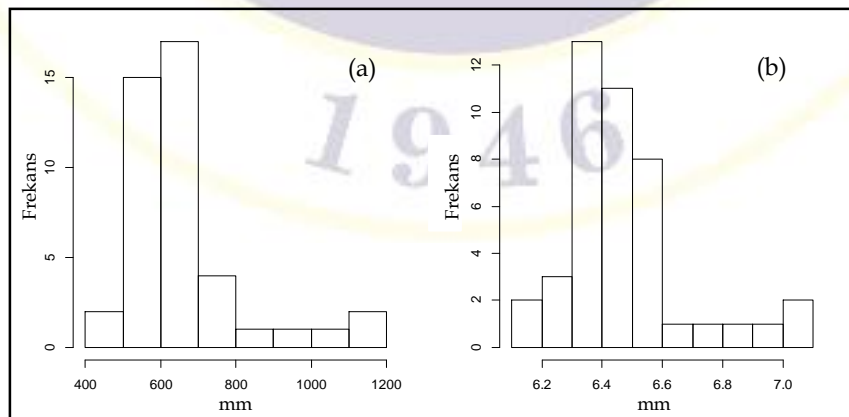
(466-550)	(551-750)	(751-950)	(951-1179)
Bozcaada	Denizli	Burhaniye	Fethiye
Salihli	Akhisar	Aydın	Dalaman
Acıpayam	Çeşme	Ayvalık	Köyceğiz
Güney	Ödemiş	Bergama	Muğla
Uşak	Çorlu	Uzunköprü	Marmaris
Kırklareli	Lüleburgaz	Yatağan	
	Tekirdağ	Datça	
	Edirne	Selçuk	
	Dikili	Gönen	
	Nazilli	Edremit	
	Soma	Bodrum	
	Çanakkale	İzmir	
	Sultanhisar	Milas	
	İpsala	Manisa	
	Seferihisar	Bandırma	
	Kuşadası	Gökçeada	

Çizelge 19 uzun süreli yağış gözlemi yapan 43 meteoroloji istasyonunun elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin tanımlayıcı istatistik değerlerini göstermektedir. Buna göre, yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 1179.4 mm, minimum değeri 466.2 mm’dir. Bölge içerisindeki yağış genişliği 713.2 mm’dir. Bu değer ortalama yağış değerinden (660.8 mm) büyük olması ve 159.1 mm olan standart sapma değerinin ortalama yağışın 1/4’nü bulması bölgede yıllık ortalama toplam yağış dağılımında büyük farklılıkların olduğunu belirtmektedir. Şekil 33a bölgede yıllık ortalama toplam yağış dağılımındaki bu farkı göstermektedir. Grafik incelendiğinde düşük şiddetli yağışlarda frekansın yüksek, yüksek şiddetli yağışlarda ise frekansın düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 19 ve Şekil 33a bölgedeki yağışın sağa çarpık olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumu düzeltmek için istasyonların yıllık yağışlarına logaritmik dönüşüm uygulanmış ve dağılımın normal dağılıma yaklaşması sağlanmıştır (Şekil 33b). Ancak, yağış genişliğinin çok yüksek olması logaritmik dönüşüm işleminin tam olarak gerçekleşmesini engellemiştir.

Çizelge 19. Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
660.8	159.1	466.2	614.5	1179.4	-

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum’un kısaltmasıdır.

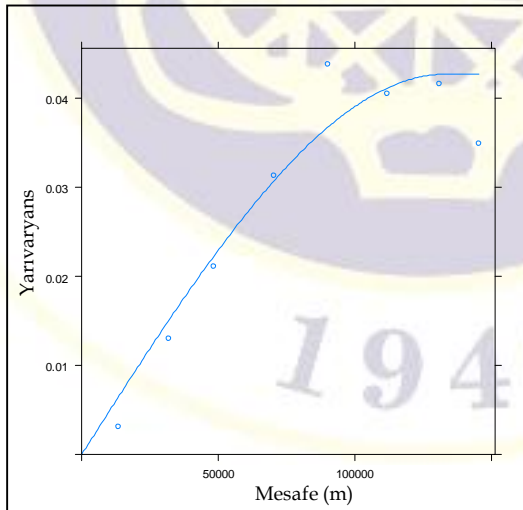
**Şekil 33.** Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.3. Bölge 1 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Deneysel ve Teorik Yarivariogramların Oluşturulması

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda Bölge 1 için işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 20 km ve sınıf sayısının 8 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 20). Çizelge 20’de, aralarında 13.4 km olan 4 çift ve aralarında 145.5 km olan 29 çift bulunmaktadır. Bölge 1’in deneysel yarivariogramında değerlendirilmesi gereken önemli bir nokta yarivaryans değerlerindeki değişimdir. Adım mesafesi 90 km’ye kadar yarivaryans değerleri artarak 0.04 değerine ulaşmıştır. Bu değerden sonra yarivaryans değeri sabitlenmiş ve daha sonra azalmaya başlamıştır. Diğer bir değişle bu yarivaryans değerinden sonra bölgede yıllık ortalama toplam yağış değerleri arasında mekânsal bir ilişkinin olmadığı söylenebilir. Deneysel yarivariogramda oluşturulan çiftlerin yarivaryans değerleri tepe noktasına hemen ulaşmamakta ve daha uzun mesafeye yayılarak kademeli bir artış göstermektedir (yarivaryans değerleri grafikte sağa yatık olarak seyretmektedir). Bu nedenle deneysel yarivariogramdaki yarivaryans değerlerine en iyi oturan model olarak “*Exponential*” tip teorik yarivariogram modeli seçilmiş ve hesaplamalar bu teorik yarivariogram üzerinden yapılmıştır. Bölge 1 için Exponential model ve Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan teorik yarivariogram modeli Şekil 34’de gösterilmektedir.

Çizelge 20. Bölge 1 için deneysel yarivariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarivaryans
1	4	13.4	0.00
2	16	32.0	0.01
3	37	48.5	0.02
4	49	70.4	0.03
5	61	90.0	0.04
6	59	112.0	0.04
7	56	130.9	0.04
8	29	145.5	0.03



Şekil 34. Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarivariogram modeli

Not: Teorik yarivariogramın elde edilmesinde “*Exponential model* ve *Fit Method 7* kullanılmıştır.

Exponential ve Fit Method 7 ile oluşturulan teorik yarıvariogram sonucunda, Bölge 1 için yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri 0.04, etki uzaklığı, 133.1 km'dir (Çizelge 21).

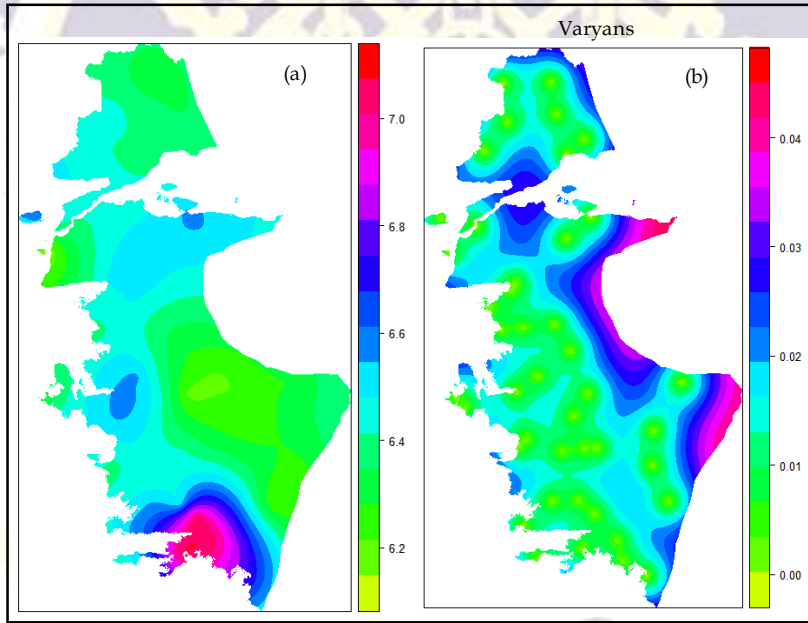
Çizelge 21. Bölge 1 teorik yarıvariogram sonuçları

Model	Eşik değer	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.00	0
Exp	0.04	133.1

Not: Nug, Nugget; Exp, Exponential modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.4. Bölge 1 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Teorik yarıvariogramın parametreleri belirlendikten sonra gözlemi bulunmayan yerlerin değerleri OK tahmin yöntemi ile hesaplanmıştır. OK tahmin ve tahmin varyans haritaları Şekil 35'de gösterilmektedir. Bölge 1'e ait tahmin varyans değerlerinin dağılımını gösteren harita incelendiğinde Istranca Dağlarının kuzey yamaçları, Kütahya çevresindeki yüksek kesimleri ile Uşak güneyindeki dağlık sahada tahmin varyans değerlerinin 0.02 değerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu durum istasyon ağının bu bölgelerde az ve bakı faktörünün kuvvetli olması ile ilişkilidir. Ergene Havzası ve Asıl Ege Bölümü'nde, istasyon ağının sıklığı ve topografyanın iç kesimlere göre daha az engebeli oluşu varyans değerlerinin yüksek olmasını sağlamıştır.



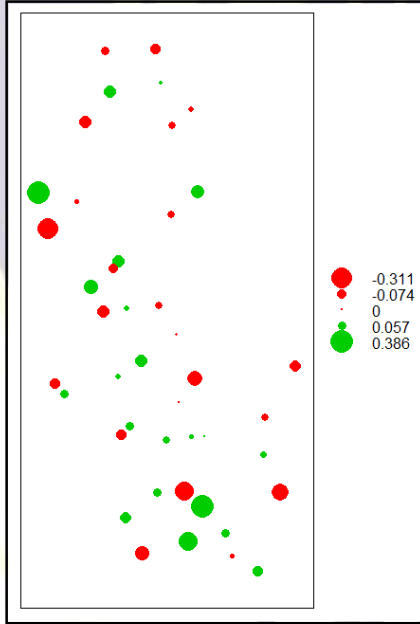
Şekil 35. Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

4.10.5. Bölge 1'in Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmini Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

Kriging analizi, Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yönteme ait sonuç haritası Şekil 36'da gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 22'de verilmiştir. Son olarak, Şekil 37 (a,b) OK enterpolasyon sonuçlarının logaritmik tahminden tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı ve varyans haritalarını göstermektedir.

Yağış dağılışı modelinin Çapraz Geçerlilik yöntemiyle elde edilen hata haritası incelendiğinde gözlemlenen değer ile fazla veya az hata tahminlerinin iç içe girdiği görülür. Bu durum büyük olasılıkla topografyanın etkisi ile oluşmaktadır. Örneğin Trakya'daki istasyonlar incelendiğinde tabana yakın olan Uzunköprü ve Lüleburgaz gibi istasyonlarda düşük tahmin yapıldığı, Ergene Havzası'nı çevreleyen Kırklareli, Edirne, Çorlu gibi istasyonlarda yüksek tahmin yapıldığı görülür. Yine güney bakılı Seferihisar'da düşük tahmin, kuzey bakılı Çeşme'de yüksek tahminler elde edilmiştir. Güney bakılı Aydın, Söke, Nazilli istasyonlarında düşük tahmin, Salihli istasyonunda yüksek tahmin değerleri elde edilmiştir. Güney bakılı Ödemiş istasyonu gözlemlenen yağış ile model yağış değeri arasında fark bulunmayan tek istasyondur. En yüksek yağış değerlerinin görüldüğü güneybatı Anadolu'da da yağış dağılışı topografyanın kontrolündedir. Marmaris, Köyceğiz, Bodrum gibi güney bakılı istasyonlarda yağış değerleri düşük tahmin edilirken, Datça, Yatağan gibi kuzey bakılı veya depresyon tabanında yer alan istasyonlarda yüksek tahmin yapılmaktadır.



Şekil 36. Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

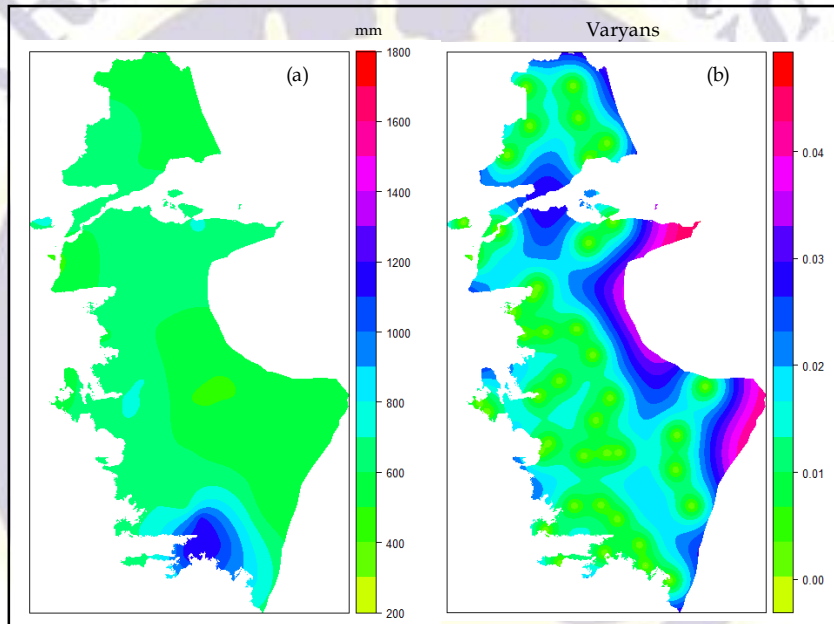
Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 22'de, gözlemlenen yağış değerlerinin düşük olduğu istasyonlarda modelin yüksek yağış tahmini yaptığı, yüksek değerli yağışlarda az tahmin yaptığı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 1. Bölge 1 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	530.7	465.2
Birinci Bölün	587.1	576.0
Ortanca	620.2	613.5
Ortalama	657.4	659.8
Üçüncü Bölün	669.7	680.6
Maksimum	1033.0	1178.4

Modelden elde edilen logaritmik yağış değerlerinin dönüşümü yapıldıktan sonra incelenen yıllık ortalama toplam yağış haritasında, güneybatı Anadolu’da Muğla, Marmaris çevresinde yağış değerlerinin 1000 mm’yi aştığı, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz ovalarının aşağı kesimlerinde yağış değerlerinin 600-700 mm arasında değiştiği, geride kalan dağlık kesimlerinde yağış değerlerinin 600 mm altına düştüğü görülmektedir (Şekil 37).



Şekil 37. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

Bölge 1 için OK yağış modelinin performans değerleri Çizelge 23’de gösterilmiştir. Oluşturulan modelin R^2 değeri 0.60 olup, modelin alansal ilişkisinin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. ME değerinin sıfıra yakın olması modelin tahmin yeteneğinin iyi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 23. Bölge 1 OK modelinin performans değerleri

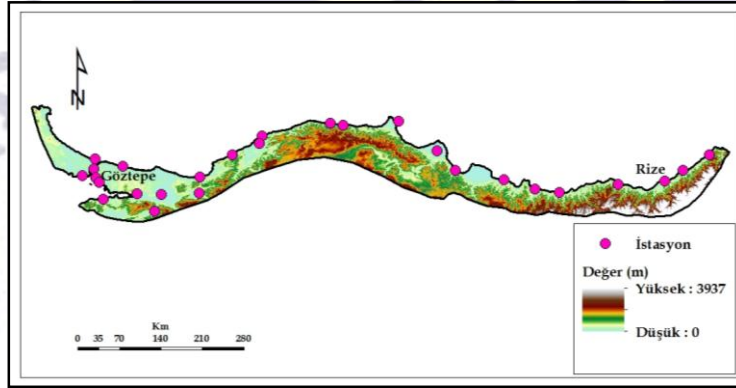
	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 1)	-2.35	68.05	99.09	0.60

4.10.6. Bölge 2’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Bölge 2 Türkiye’nin kuzey kesimini ve kısmen kuzeybatı kesimini (Kocaeli-Çatalca Platosu ve Istranca Dağları’nın bir bölümü) içine almaktadır. Bölgenin yeryüzü şekillerini Alp kıvrımları sonucu oluşan doğu-batı yönündeki Kuzey Anadolu Dağları ile bu dağlar arasındaki oluklar oluşturmaktadır. Rize’de 3947 m yükseklikte Kaçkar Dağları Bölge 2’nin en yüksek alanını oluşturmaktadır. Dağların kıyıya paralel uzanması sonucunda kıyılar fazla girintili çıkıntılı değildir. Küçük koylar hariç, kıyılarda önemli girinti ve çıkıntı yoktur. Bölgenin kuzeye bakan yamaçlarında, orografik yağışlar etkilidir.

Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir. Her mevsim yağışlı, yıllık sıcaklık farkının az olduğu, yazları serin, kışları ılık Karadeniz iklim şartları etkilidir. Bu iklimin oluşmasının sebebi, Karadeniz'den gelen nemli hava kütlelerinin kıyıya paralel uzanan Kuzey Anadolu Dağ yamaçlarına bol miktarda yağış bırakmasından kaynaklanmaktadır. Yağışlar bir mevsimde yoğunlaşmamış, yıl geneline yayılmıştır. Karadeniz'de yaz kuraklığı yaşanmamaktadır. Bu bölgedeki yüksek yağış ve sıcaklık nedeniyle kimyasal ayrışmanın fazlalığı ve Batı Karadeniz Bölümü'nde yaygın fliş içerisindeki killerin varlığı bölgede heyelanların sıklıkla görülmesine neden olur. Kıyılarda nem ve yağışın fazla olmasından ötürü geniş yapraklı gür ormanlar bölgenin doğal bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Türkiye ormanlarının %25'i bu alanda bulunmakta ve ülkenin en zengin bölgesi olma özelliğini taşımaktadır. Bölge 2'nin Kuzey Marmara'da kalan kesimlerinde de Karadeniz iklimi etkili olduğundan Asıl Karadeniz kıyı kesiminde ağaç formasyonları yaygındır.

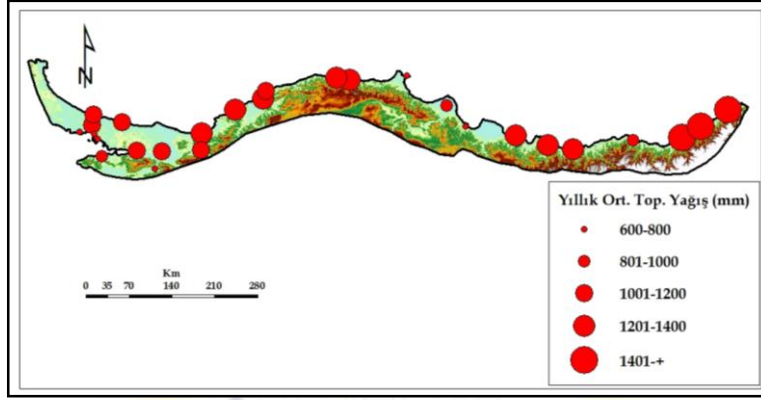
Bölge 2'ye düşen istasyon sayısı 27 olarak ayarlanmıştır. Bölgenin jeomorfolojik özellik ve gözlem istasyonlarının mekânsal dağılımı göz önünde bulundurulduğunda seçilen bu istasyon sayısı bölgeyi yeterince temsil etmektedir. 33 m yükseltide yer alan Göztepe istasyonu, 623.3 mm yıllık ortalama toplam yağış değeri ile bölgenin en az yağış alan, yükseltisi 16 m Rize istasyonu, 2250.9 mm değeri ile bölgenin en yüksek yağış alan istasyonlarıdır. Şekil 38, Bölge 2 sınırını ve bu bölgede yer alan istasyonların dağılımını göstermektedir.



Şekil 38. Bölge 2'deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.7. Bölge 2 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

Bölge 2 1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin coğrafi dağılışı haritası Şekil 38'de gösterilmektedir. Şekil 38 ve Çizelge 24'e göre, Göztepe, Geyve, Kartal, Florya, Sinop, Samsun, Akçaabat, Yalova, Bafra istasyonlarının bulunduğu yerler, 600-800 mm arası yıllık ortalama toplam yağış değerleri ile düşük yağış değerine sahip alanları oluşturmaktadır. 1400 mm ve yukarısındaki yıllık ortalama toplam yağış değerine sahip alanlar ise, yüksek yağışlı alanlar olarak izlenmektedir. Bölgenin doğusunda yer alan Pazar, Hopa ve Rize istasyonlarının bulunduğu yerler bu alanlara karşılık gelmektedir.



Şekil 38. Bölge 2 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 24. Bölge 2’de yağış frekans tablosu

(600-800)	(801-1000)	(1001-1200)	(1201-1400)	(1401-+)
Göztepe	Düzce	İnebolu	Zonguldak	Pazar
Geyve	Kocaeli	Bartın	Bozkurt	Hopa
Kartal	Kumköy	Ordu	Giresun	Rize
Florya	Sakarya	Akçakoca		
Sinop	Kireçburnu	Ünye		
Samsun	Şile			
Akçaabat	Amasra			
Yalova				
Bafra				

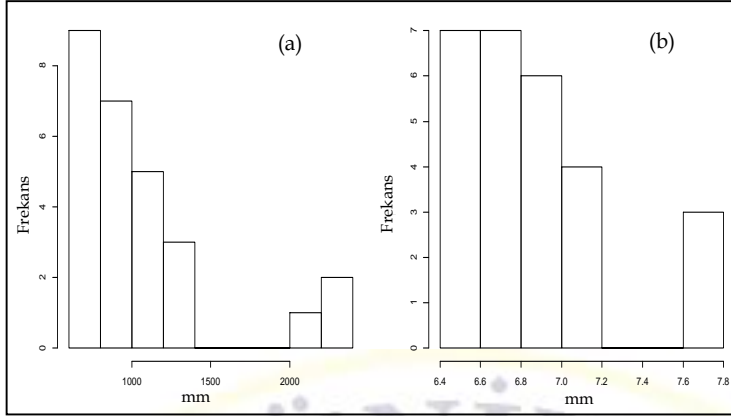
27 meteoroloji istasyonunun elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 25’de verilmiştir. Buna göre, yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 2250.9 mm, minimum değeri 623.3 mm’dir. Ortalama değer, 852.6 mm olarak hesap edilmiştir. Diğer yandan standart sapma değeri 458.4 mm’dir. Bölge Türkiye’nin en fazla yağış alan bölgesi olmasına rağmen, standart sapma değeri ortalamanın yarısına yakındır. Maksimum değer ve minimum değer arasında 3.5 kat fark olması istasyonlar arasında yağışın heterojen olarak dağıldığını ve bu bölgedeki dağılımlarının önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 2. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
1032.6	458.4	623.3	852.6	2250.9	-

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum’un kısaltmasıdır.

Bölge 2’ye ait yıllık ortalama toplam yağış verisinin histogram grafiği Şekil 39a gösterilmektedir. Veriye logaritmik dönüştürme işlemi uygulanmıştır. Logaritmik dönüşüm sonucuna ait grafik Şekil 39b’de gösterilmektedir.



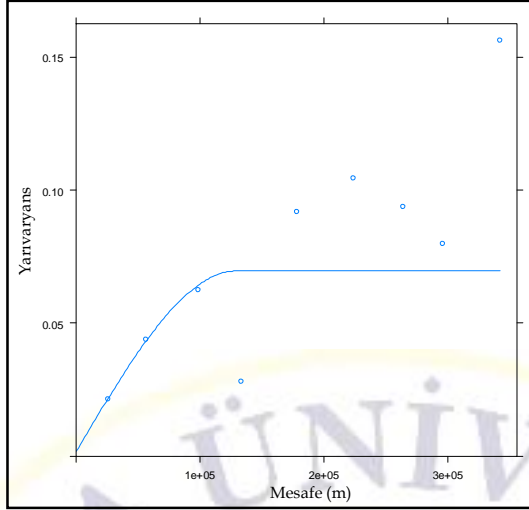
Şekil 39. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.8. Bölge 2 Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarivariogramların Oluşturulması

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda Bölge 2 için işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 40 km ve sınıf sayısının 9 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 26). Çizelge 26'ya göre, yarivaryans değeri 4. adım mesafesine kadar düzenli bir artış gösterirken, 4. adım mesafesinde 0.06'dan 0.03'e bir düşüş göstermiştir. Bu değer 5. adım mesafesinde 0.09, 6. adım mesafesinde 0.10'dur. Ancak, 7. adım mesafesinden sonra yarivaryans değeri tekrar azalma göstermiştir. Bu durum, bu adım mesafesinden sonra mekânda yer alan gözlem çiftleri arasında etkileşimin azaldığını ifade etmektedir. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait teorik yarivariogram yapısı, "Spherical" tip teorik yarivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Spherical model ve Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan teorik yarivariogram modeli Şekil 40'da gösterilmektedir.

Çizelge 3. Bölge 2 için deneysel yarivariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarivaryans
1	16	25.6	0.02
2	26	56.3	0.04
3	26	98.5	0.06
4	19	133.1	0.03
5	25	178.6	0.09
6	20	224.0	0.10
7	13	263.9	0.09
8	19	295.8	0.08
9	11	342.2	0.16



Şekil 40. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

Not: Teorik yarıvariogramın elde edilmesinde “*Spherical model ve Fit Method 7* kullanılmıştır.

Bölge 2 için yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait teorik yarıvariogramın eşik değeri 0.07, etki uzaklığı, 129.5 km’dir (Çizelge 27). Bölgenin doğu batı uzanımı fazla olmasına rağmen, etki uzaklığının diğer bölgelere benzer çıkması bölgede kıyı kesiminde istasyon ağının sık olması ve kuzey güney yöndeki mesafenin az olması ile ilişkilidir.

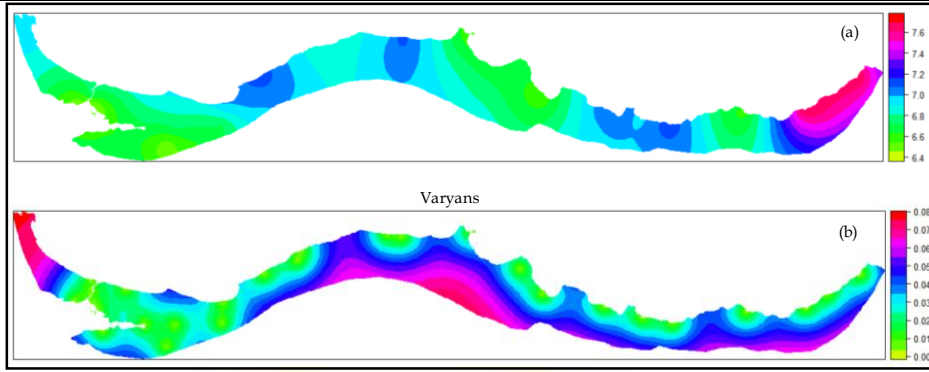
Çizelge 27. Bölge 2 teorik yarıvariogram sonuçları

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.00	0
Sph	0.07	129.5

Not: Nug, Nugget; Sph, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.9. Bölge 2 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Bölge 2 için gözlemi bulunmayan yerlerin noktasal değerleri OK tahmin yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 41’de gösterilmiştir. Bölge 2’de Çatalca-Kocaeli Platosu ve kıyı kesiminin varyans değerlerinin düşük olduğu izlenmektedir. Buna karşın, Yıldız (Istranca) Dağları’nın kuzey kesiminde, Küre-Canik Dağları ile Doğu Karadeniz Dağları’nın yüksek kesimlerinde varyans değerleri yüksektir. Bu durum Istranca Dağları’nda hiç istasyon olmaması, diğer yerlerde en yüksek istasyonun 167 m’de olması ile ilgilidir. Çünkü bölgedeki yükseklik farkı 3937 mm’dir. Bu yükseklik yağışın kıyı kesiminden tahmin edilmesi varyans değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır.

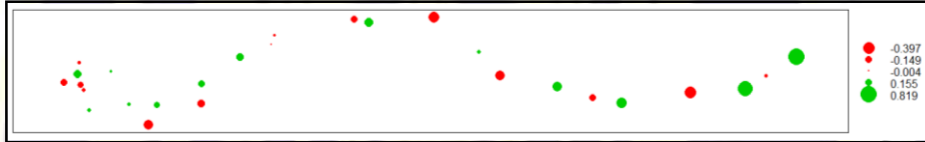


Şekil 41. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

4.10.10. Bölge 2 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmini Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

Kriging analizi sonucu diğer analizlerde olduğu gibi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Şekil 42 Çapraz Geçerlilik sonucu elde edilen hata tahmin haritasını göstermektedir. Şekil 42 incelendiğinde genelde batıda daha yüksek hata payları, doğuda daha düşük hata payları bulunmaktadır. Bu durum yağış değerlerinin büyümesi ile ilişkilidir.



Şekil 42. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

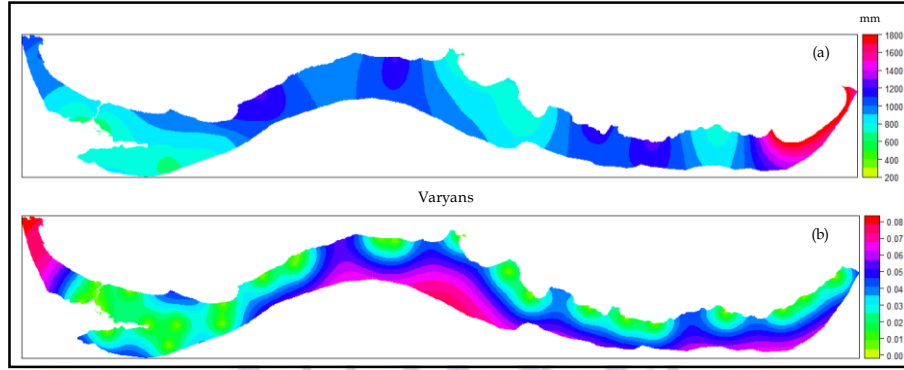
Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 28'de verilmiştir.

Çizelge 28. Bölge 2 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	665.8	622.3
Birinci Bölün	777.8	734.8
Ortanca	957.0	851.6
Ortalama	990.3	1031.7
Üçüncü Bölün	1054.4	1123.2
Maksimum	2124.7	2249.9

Şekil 43 (a, b), OK enterpolasyon sonuçlarının logaritmik tahminden gerçek değere dönüşümünü gösteren yağış dağılışı ve varyans haritalarıdır. Bölge 2'ye ait yağış tahmin haritası incelendiğinde iki özellik dikkati çekmektedir. Yağış, dağların bakı farklılıkları nedeniyle batıdan doğuya doğru sürekli artmaktadır. Ayrıca, yağış dağılışı su bölüm çizgisine paralel değil, kabaca uzanıslara diktir. Istranca, Batı Karadeniz Dağları kuzeyi ve Akçaabat çıkıntısında yağış değerleri yüksektir. Sinop, Ünye kesimi, dağların uzanışı nedeniyle düşük yağış değerleri göstermektedir. Trabzon'da Yoroz burnu Akçaabat'ın düşük yağış değerleri almasına neden olur. Dağların tekrar kuzeybatıdan gelen yağış sistemlerine döndüğü Doğu Karadeniz Dağlar'ının kuzey etekleri en yağışlı alanları oluşturmaktadır. Bölgenin en az yağış alan kesimi, İstanbul Boğazı'nın hemen Marmara denizine açıldığı alan ve Gevye civarındır. Bu

alanda yağış 700 mm'den az değerlerdedir. Yüksek dağlık alanlarda istasyon olmaması yağış değerlerinin kuzeye doğru yayılmasına ve kıyı ile korelasyonun düşük olmasına neden olmuştur.



Şekil 43. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

OK tahmin modelinin performans değerleri Çizelge 29'da verilmiştir. Buna göre, R^2 değeri 0.50 olup, modelin alansal ilişkisinin kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Özellikle yağış gibi mekânsal dağılımının yüksek değişkenlik gösterdiği iklim değişkeni için doğru tahmin yapabilmek oldukça zordur. Bundan dolayı, ME değeri ve MAE ile RMSE değerleri kabul edilebilir performans sonuçlarına sahiptir.

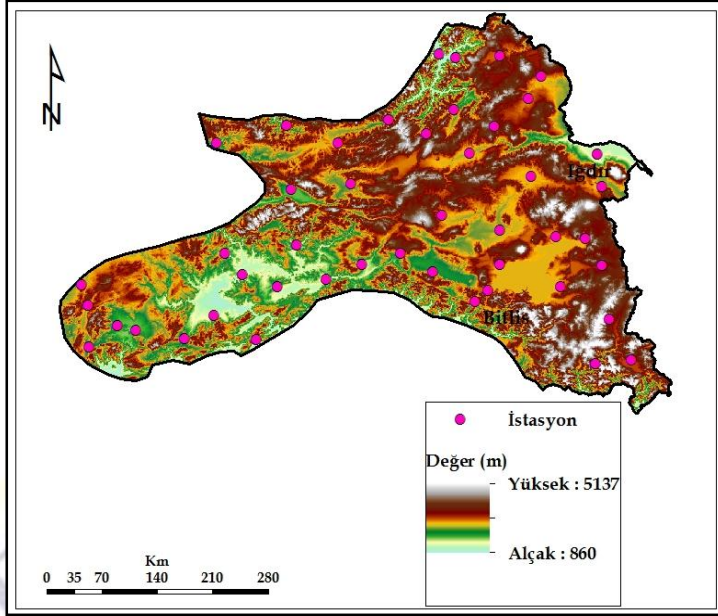
Çizelge 29. Bölge 2 OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 2)	-41.40	210.26	321.14	0.50

4.10.11. Bölge 3 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Türkiye'nin doğu kesimini oluşturan Bölge 3, ortalama yükseltisi en fazla olan bölgedir. Bölge genel anlamda bir platolar sahası olarak nitelendirilse bile Kuzey ve Doğu Anadolu fayları ve diğer tektonik hatlarda gelişen depresyonlar bunlar arasında uzanan yüksek dağlık alanlardan oluşur. Bu tektonik hatlarla ilişkili olarak yöre de Elazığ, Erzincan, Elbistan, Uluova, Erzurum ve Muş Ovası gibi geniş depresyonlar gelişmiştir. Bunlar arasında Mercan, Karagöl, Otlukbeli dağları gibi sıradağlar bulunmaktadır. Bu dağlar üçüncü jeolojik zamanda Alp-Himalaya orojenik sisteminin uzantısı olarak kıvrılma sonucu oluşmuştur. Bu dağların yüksekliği 3000 m'yi aşmaktadır. Tektonik hatlarla ilişki olarak gelişen Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı Dağı gibi yüksek volkan konileri de bu bölgede bulunan diğer önemli dağlardır. Bölgenin genel iklim durumu değerlendirildiğinde, bölgenin denizlere uzak ve yükseltisinin fazla olması nedeniyle, kış mevsimi uzun ve soğuk, yaz mevsimi sıcak ve kısadır. Kış mevsiminde yağışlar genelde kar şeklindedir ve hiç erimeden uzun süre yerde kalır. Karasallığın etkisiyle yağışlar en fazla ilkbahar sonu yaz başında görülmektedir. Bölgenin coğrafi yapısı çok farklı ve engebeli olduğu için, meydana gelen yağışlar farklı miktar ve özelliktedir. Batı kesiminde en fazla yağış kış aylarında meydana gelirken, doğu kesiminde en fazla yağış ilkbahar aylarında olmaktadır.

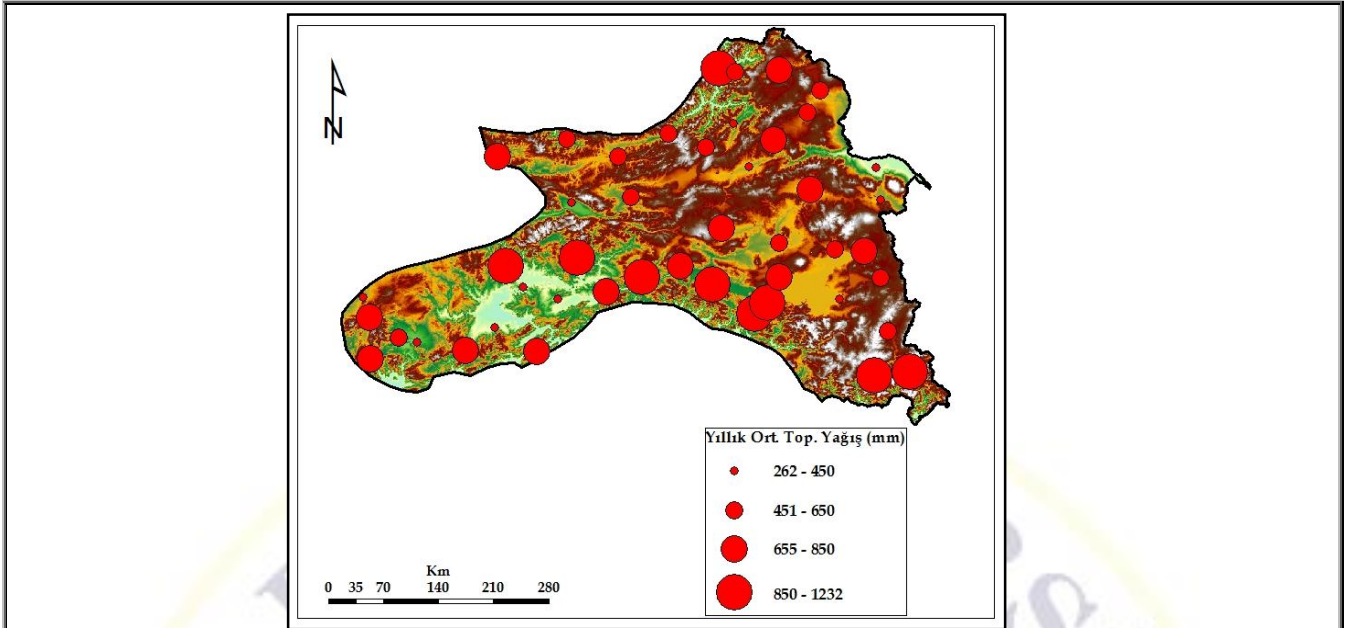
Bölge 3'te toplam 46 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlardan en düşük yağış değeri 858 m yükseklikte bulunan Iğdır istasyonuna (yıllık ortalama toplam yağış 262.7 mm), en yüksek yağış değeri ise, 1573 m'de bulunan Bitlis istasyonuna (yıllık ortalama toplam yağış 1132 mm) aittir. Bölge 3 sınırı ve bölgeye düşen meteoroloji istasyonlarının dağılımı Şekil 44'de gösterilmektedir.



Şekil 44. Bölge 3'deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.12. Bölge 3 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin coğrafi dağılışı haritası Bölge 3 için Şekil 45'de gösterilmektedir. Bölgenin güney kesiminde yer alan Bitlis istasyonu 1232 mm yıllık ortalama toplam yağış değeri, Bingöl istasyonu 958 mm yıllık ortalama toplam yağış değeri ile çok yüksek yağışlı alanları oluşturmaktadır. Düşük yağış değerleri bölgenin doğu kesiminde yer alan Iğdır ve Doğubeyazıt istasyonlarının bulunduğu yerlerdir. Iğdır istasyonu 262.7 mm yıllık ortalama toplam yağış değerine, Doğubeyazıt istasyonu ise, 328.4 mm yıllık ortalama toplam yağış değerine sahiptir. Şekil 45'de dikkati çeken önemli bir husus, güney kesiminde güneydoğu Toroslar ve uzantılarında yağışın yüksek oluşu, dağ sıralarının arasında bulunan depresyonlarda yağış değerlerinin düştüğüdür. Düşük yağış değerine sahip istasyonların bulunduğu alanlar incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir (Çizelge 30).



Şekil 45. Bölge 3 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 4. Bölge 3'de yağış frekans tablosu

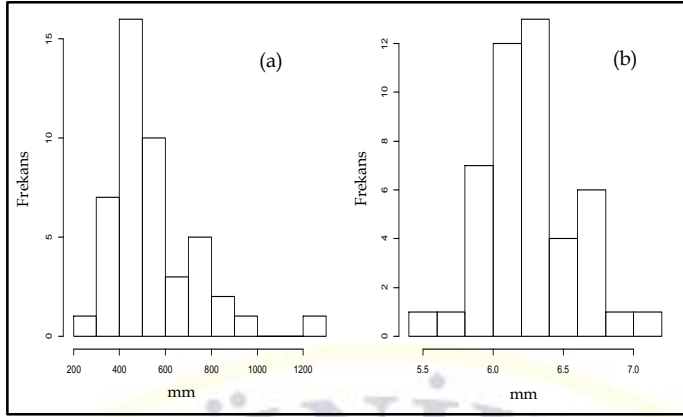
(262-450)		(451-650)		(655-850)	(851-1232)
Iğdır	Horasan	Malazgirt	Palu	Solhan	Bingöl
Doğubeyazıt	Erciş	Gümüşhane	Ahlat	Artvin	Bitlis
Keban	Afşin	Tortum	Ardahan	Hakkâri	
Malatya	Başkale	İspir	Muradiye	Arapgir	
Oltu	Ardanuç	Kars	Çemişgezek	Yüksekova	
Erzincan	Bayburt	Özalp	Şebinkarahisar	Muş	
Van	Tercan	Arpaçay	Hınıs	Tunceli	
Elbistan		Sarız	Göksun	Tatvan	
Elazığ		Doğanşehir	Sarıkamış		
Pınarbaşı		Ağrı			

Çizelge 31 uzun süreli yağış gözlemi yapan 46 meteoroloji istasyondan elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin tanımlayıcı istatistik değerlerini göstermektedir. Buna göre, yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 1232 mm, minimum değeri 262.7 mm'dir. Yağış genişliği, 969.3 mm, ortalama değer, 545.8 mm olarak hesap edilmiştir. Diğer yandan standart sapma değeri 181.1 mm'dir. Ortalama, ortanca ve mod değerleri değerlendirildiğinde verinin sağa çarpık olduğu görülmektedir. Şekil 46a bu verinin sağa çarpık olduğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu nedenle veriye logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Şekil 46b). OK analizleri logaritmik dönüşüm uygulanmış olan veri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 31. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
545.8	181.1	262.7	498.1	1232	450.2

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum'un kısaltmasıdır.



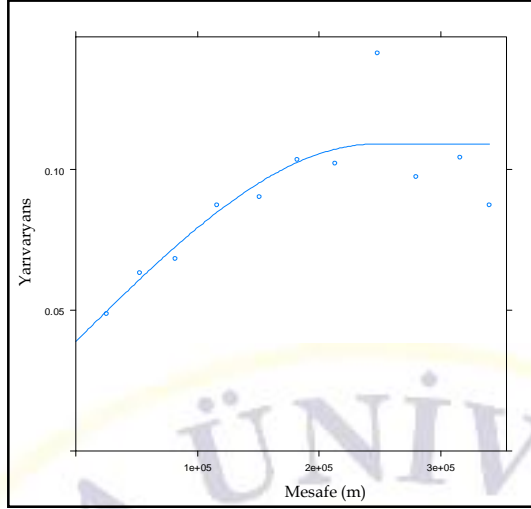
Şekil 46. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.13. Bölge 3 Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarıvარიogramların Oluşturulması

Adım mesafesi ve sınıf sayısı, yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 33 km ve sınıf sayısının 11 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 32). Bölge 3'ün deneysel yarıvარიogram sonuçları incelendiğinde yarıvარიans değerleri 0.05'den başlayarak 0.10'a kadar düzenli bir artış göstermiştir. Ancak, 6. adım mesafesinden sonra yarıvარიans değerleri sabitlenmiştir. 8. adım mesafesinde 0.14 olmasına rağmen, sonra yarıvარიans değerleri 0.10 olarak sabit bir değerde kalmış ve azalmıştır. Bu durum, 7. adım mesafesinden sonra bölgede yıllık ortalama toplam yağış değerleri arasında mekânsal bir ilişkinin olmadığı bir göstergesidir. Bölge 3 için yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait "Spherical" tip teorik yarıvარიogram modeli en uygun teorik yarıvარიogram olarak seçilmiştir. Şekil 47 Spherical model ve Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan teorik yarıvარიogram modelini göstermektedir. Grafikten yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait çiftler için oturtulan teorik yarıvარიogram eğrisinin yaklaşık 0.10 yarıvარიans değerinden sonra düz bir çizgi şeklinde devam ettiği görülmektedir. Bu da alansal korelasyonun sonlandığını göstermektedir.

Çizelge 32. Bölge 3 için deneysel yarıvარიogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarıvარიans
1	5	25.0	0.05
2	40	52.8	0.06
3	59	81.7	0.07
4	77	116.2	0.09
5	75	151.0	0.09
6	79	182.1	0.10
7	93	213.0	0.10
8	83	248.1	0.14
9	85	279.6	0.10
10	73	315.6	0.10
11	34	340.1	0.09



Şekil 47. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

Not: Teorik yarıvariogramın elde edilmesinde “*Spherical model ve Fit Method 7* kullanılmıştır.

Çizelge 33 teorik yarıvariograma oturan Bölge 3 için yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri ve etki uzaklığı değerlerini göstermektedir. Buna göre, Bölge 3 için eşik değeri 0.07, etki uzaklığı, 246.1 km olarak tespit edilmiştir. Mekânda var olan yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait çiftler arası etkileşim bu etki uzaklığına kadar gerçekleşmektedir. Bu aralıktan sonra çiftler arası ilişki kalmamıştır.

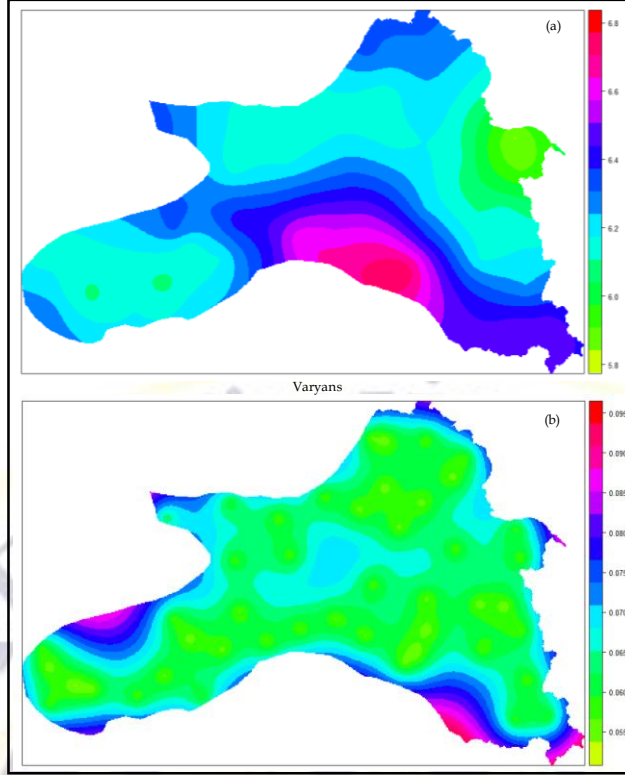
Çizelge 33. Bölge 3 teorik yarıvariogram sonuçları

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.04	0
Sph	0.07	246.1

Not: Nug, Nugget; Shp, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.14. Bölge 3 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Teorik yarıvariograma ait model parametreleri belirlendikten sonra Bölge 3 için istasyon olmayan yerlerin yıllık ortalama toplam yağış değerleri OK tahmin yöntemi kullanılarak hesap edilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 48’de gösterilmiştir.



Şekil 48. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

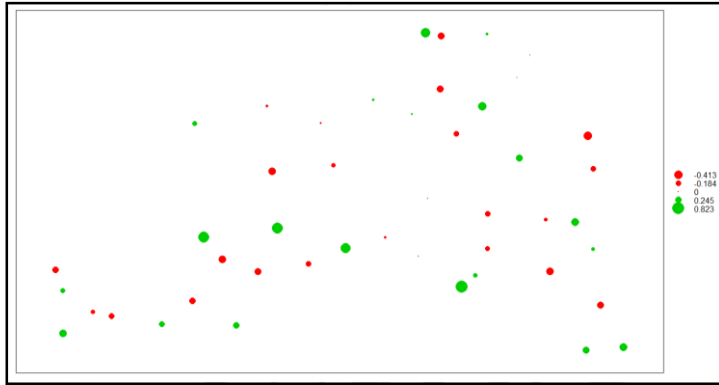
Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

4.10.15. Bölge 3 Yıllık Ortalama Yağış tahmini Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

Kriging analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yöntemle ait sonuç haritası Şekil 49'da gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait tahmin haritası incelendiğinde, Güneydoğu Toroslar ve uzantılarındaki yüksek kesimlerde yer alan istasyonlarda yağış değerlerinin düşük tahmin ettiği gözlenmektedir. Bu istasyonların yağış değerlerinin yüksek olmasının yanında, topografyanın hareketli olmasının da önemli bir etkisi vardır. Arapkir, Bingöl ve Tunceli gibi hem yüksek hem de güney bakılı istasyonlarda yıllık ortalama toplam yağış tahmin hatası düşük değerlerde gözlenirken, hemen yakınındaki vadi içlerinde, dulda da kalan Keban, Elazığ, Palu istasyonlarında yağış olduğundan daha yüksek değerlerde tahmin edilmiştir. Aynı durum Doğubeyazıt ve Iğdır istasyonları ile Ağrı ve Sarıkamış istasyonlarında da izlenmektedir. Ağrı ve Sarıkamış istasyonlarında gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinden daha düşük yıllık ortalama toplam yağış değerleri tahmin edilmiştir. Diğer taraftan, Dil ovasında yer alan Iğdır ve Doğubeyazıt istasyonlarında yüksek yıllık ortalama toplam yağış değerleri gözlemlenmektedir.

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 34'de verilmiştir. Çizelge 34'de uç değerlerde tahmin edilen değer ile gözlemlenen değer arasındaki fark ve 1. ve 3. çeyreklerdeki fark büyüktür. Şekil 50a logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış

değerlerine sahip yağış dağılışı haritasını, Şekil 50b varyans haritasını göstermektedir.

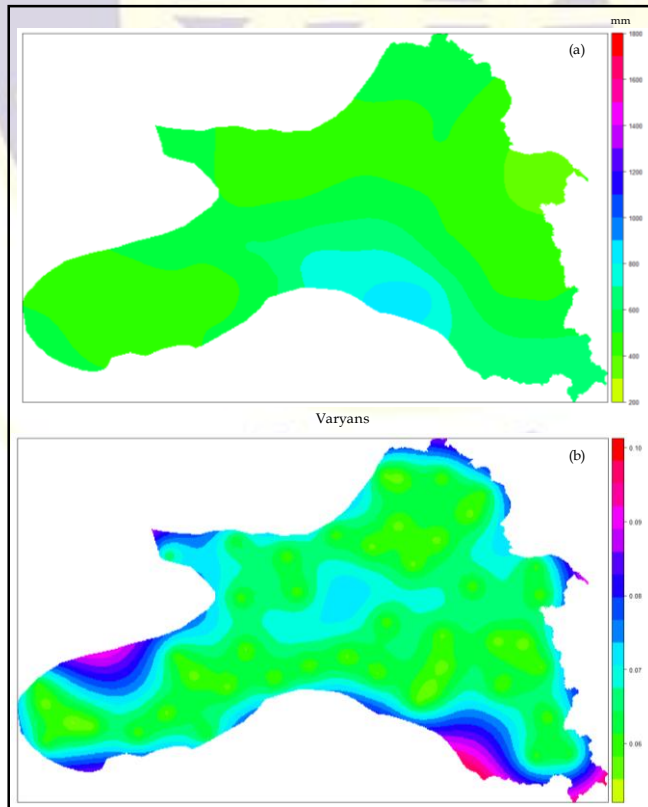


Şekil 49. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağış değışkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 34. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	393.2	261.7
Birinci Bölün	463.2	424.3
Ortanca	501.4	497.1
Ortalama	524.8	544.8
Üçüncü Bölün	561.8	607.9
Maksimum	769.8	1231.0



Şekil 50. (a) Logaritmik değeri tekrar orijinal değeriine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değeriine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

Şekil 50’de Bölge 3’de kalan istasyonların modellenmesi ile elde edilen yağış haritası incelendiğinde dağılışın topografya kontrolünde olduğu görülmektedir. 700 mm üzerinde yağış alan yerleri, Bingöl ve Bitlis çevresindeki dağlık alanlar oluşturmaktadır. Bu alan ülkemizin yüksek yağış alan üçüncü sahasıdır. Bu alana düşen yağışın büyük bir kısmının kar yağışı şeklinde olması Fırat ve Dicle Nehirlerinin debi ve rejimlerini belirlemekte önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, bu alanın Hint okyanusundan kaynaklanan Muson sistemine bağlı yaz rüzgârları ile orografik yağış alması bu alandaki yağışın yüksek olmasını sağlamaktadır. Benzer durum 600 ve 700 mm arasında yağış alan yöreler içinde geçerlidir. Hakkâri’den uzanan GD-KB yönlü yağış alanı, Bingöl dağlarına kadar ulaştıktan sonra güneydoğu Torosların kuzeydoğu-güneybatı yönüne dönmesi ile sonlanır. Bu durum Muson etkisinin bu alana kadar ulaştığını, batıda etkili olmadığını göstermektedir. Yörenin en az yağış alan yeri, 300 mm altındaki Dil mevkiisidir. Bu alanın kuzey ve güneyden gelecek nemli hava sistemlerinin yağış gölgesinde kalması ile ülkenin en kurak yerlerinden biri olmasına neden olmuştur. Uzun Yayla-Erzurum-Kars Platosu gibi alanlarda, yağış miktarı 400-600 mm arasında değişmektedir.

OK yönteminin performans sonuçları Çizelge 35’de gösterilmektedir. R^2 0.21 olmasına rağmen, ME değeri 0’a biraz yakın bir değerdedir. Bölge 3 yükselti farkının fazla olduğu ve topografyanın kısa mesafelerde hızlı değişim gösterdiği bir bölgedir. Yağış gibi meteorolojik parametrelerin kısa mesafede büyük farklılıklar göstermesine neden olduğundan bu gibi iklim değişkenlerinin tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Oysaki yüksek dağlık alanlarda yağın kar su potansiyelimiz için önemli bir girdidir. Bundan dolayı, bu alanlarda meteoroloji istasyonlarının sayısının artırılması ve yüksek alanlara sık istasyon ağının kurulması daha doğru tahmin haritaları elde edilmesini sağlayacaktır.

Çizelge 35. Bölge 3 OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 3)	-19.92	121.39	160.81	0.21

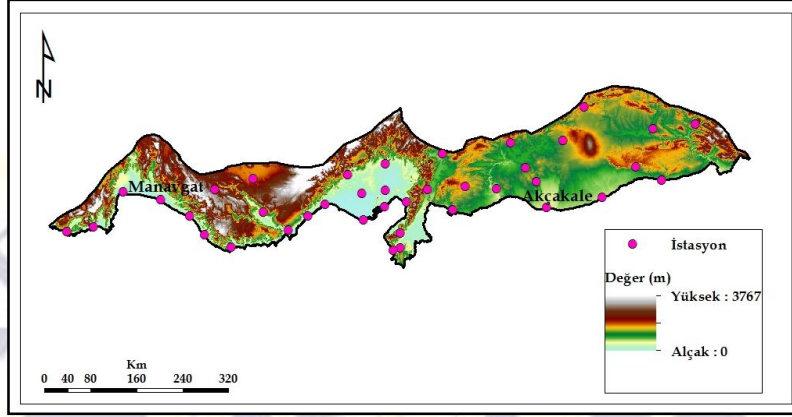
4.10.16. Bölge 4 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Bölge 4, Türkiye’nin güney (Akdeniz Bölgesi) ve güneydoğu (Güneydoğu Anadolu Bölgesi) kesimlerini içine almaktadır. Bölge 4’ün güney kesimlerinin büyük bir kısmı Train-Kretase aralığında tortulanmış çoğunlukla kireçtaşlarının Plioseneye kadar devam eden Alp-Himalaya kıvrımları ile orojenik ve epirojenik olarak yükselmesiyle oluşmuş Toros Dağları ve yüksek platolarla kaplıdır. Yörenin Pliyosen ve sonrasında yükselimi akarsu sistemlerinin gömülmesine neden olmuş bu nedenle kanyon vadilerle yarılmış engebeli ve dağlık bir görünüm kazanmıştır. Dağların kıyıya paralel uzanması, dalga aşındırmasının fazla olmasına ve kıyılarda falezlerin çokluğuna neden olmuştur. Güneydoğu kesimleri, güney alanlarına oranla alçak plato ve havzalardan oluşmaktadır. Güneydoğu Toroslar bölgenin güneydoğu kesiminde kalan kuzey kesimini bir yay şeklinde kuşatmaktadır. Güneydoğu Torosların eteklerinden Suriye sınırına doğru hafif bir eğimle inen Güneydoğu Anadolu düzlüklerinin kenarları, vadilerle yarılmış platolar halindedir. Orta bölümleri ise ova görünümündedir. Türkiye’nin büyük akarsularından olan Dicle ve Fırat, bölgenin bu kesiminden geçmektedir.

Bölge 4’de Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin hâkim iklim koşulları görülmektedir. Akdeniz Bölgesi’nin iklimi, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bu bölgede Akdeniz üzerinde modifiye olan gezici alçak basınçların etkisi ve bunun sıcak sektörünü oluşturan tropikal hava, nemlilik miktarı, güneş ışınlarının düşme açısı ve Toros Dağları’nın doğrultusu ve yükseltisi kış mevsiminin ılık geçmesine neden olmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin iklimi ise, karasal iklim ile Akdeniz iklimi tesiri altındadır. Özellikle bölgenin batısında, Akdeniz ikliminin genel özellikleri görülmektedir. Bölgede yaz aylarında etkili olan Basra Alçak Basıncı yaz sıcaklıklarının yüksek olmasına neden olur. Basra alçak basıncı uzun süren sıcak ve kurak yazlara sebep olur. Bunun başlıca nedeni, Alçak basınç merkezine doğru güneyden esen sıcak ve kavurucu rüzgârlardır. Batıdan doğuya gidildikçe ve alçak

yerlerden yükseklere çıkıldıkça Akdeniz ikliminin etkisi zayıflamakta, karasal iklimin etkisi artmaktadır. Kış ayları yağışlı ve Doğu Anadolu'daki kadar olmasa da soğuk geçmektedir.

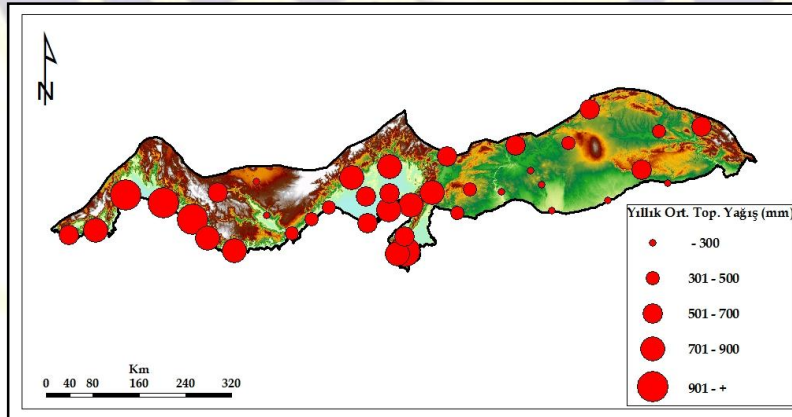
Bölge 4'ün en yağışlı alanlarını Manavgat çevresi oluşturmaktadır. İstasyonun 1975-2010 dönemine ait yıllık ortalama toplam yağış değeri 1128.4 mm'dir. Diğer taraftan bölgenin en az yağışlı alanını Akçakale çevresi oluşturmaktadır. Akçakale istasyonu 269.3 mm yıllık ortalama toplam yağış değerine sahiptir. Şekil 51, Bölge 4 sınırını ve bu bölgede yer alan istasyonların dağılımını göstermektedir.



Şekil 51. Bölge 4'deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.17. Bölge 4 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin Bölge 4 için coğrafi dağılışı haritası Şekil 52'de gösterilmektedir. Şekil 52 ve Çizelge 36'ya göre, yıllık ortalama toplam yağışın 300 mm'den az olduğu yerler bölgenin düşük yağışlı alanlarına, 900 mm'den yüksek olduğu yerler yüksek yağışlı alanlarına karşılık gelmektedir.



Şekil 52. Bölge 4 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 36. Bölge 4’de yağış frekans tablosu

(- 300)	(301-500)	(501-700)	(701-900)	(901-+)
Akçakale	Karaman	Siverek	Ceyhan	Samandağ
Ceylanpınar	Hilvan	Gaziantep	Kahramanmaraş	Anamur
	Birecik	Silifke	İskenderun	Dört Yol
	Mut	Alata	Kaş	Finike
	Nusaybin	Mersin	Ergani	Antalya
	Şanlıurfa	Mardin	Karataş	Antakya
	Batman	Hadim	İslahiye	Alanya
	Kilis	Adana	Yumurtalık	Manavgat
		Siirt	Kozan	
		Adıyaman	Gazipaşa	
			Karaisalı	

Bölge 4’teki Akdeniz kıyı kesimindeki yağış dağılışı incelendiğinde bu yağışların orografik uzanımlardan etkilendiği görülür. Orta Torosların Antalya-Anamur eksenini oluşturan kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı kesimleri yüksek yağış almaktadır. Güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı sahne Silifke-Mut-Erdemli gibi istasyonlar yağış duldasında kaldığı için düşük yağış almaktadır. Bunun benzerini Nur (Amanos) Dağları’nda da görmek mümkündür. Güneybatı yönlü rüzgârlara açık Samandağ istasyonunda yağış 900 mm’nin üzerindedir. Dağların yön değıştirmesiyle güneybatı yönlü rüzgârları az alan İskenderun’da yağış 900 mm’nin altındadır. Bölge 4’ün doğu kesimi, düşük yağışın geniş alan kapladığı yörelerden biridir. Bu yöredeki, Ceylanpınar, Akçakale 300 mm ile en az yağışlı kesimlerini oluşturur. Bunları kuzeyden çevreleyen Şanlıurfa, Birecik, Hilvan, Batman, Kilis gibi istasyonlarda yağış 300-500 mm arasındadır. Güneydoğu Torosların güney etekleri ise, bu yörenin en fazla yağış alan kesimidir.

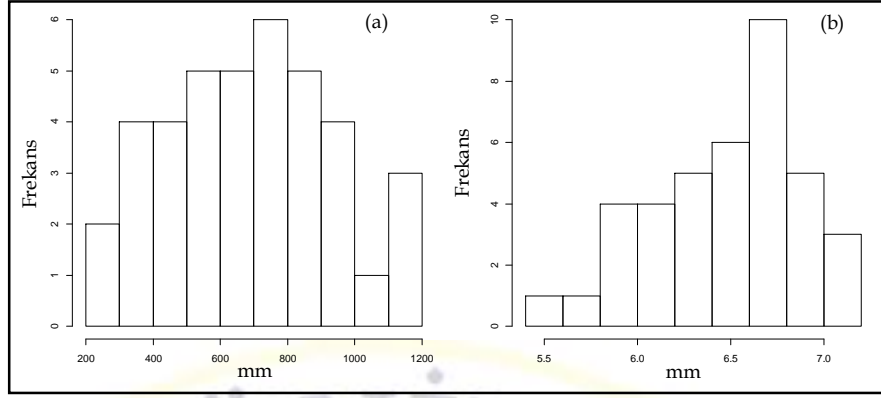
Çizelge 37 uzun süreli yağış gözlemi yapan 39 meteoroloji istasyonundan elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değışkeninin tanımlayıcı istatistik değeri göstermektedir. Buna göre, yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 1128.4 mm, minimum değeri 269.3 mm’dir. Ortalama değeri ise, 688.9 mm olarak hesap edilmiştir. Diğer yandan standart sapma değeri 240.8 mm’dir. Bölgede standart sapma, ortalama değerin 1/3’ünden fazladır. Bu durum, bölgedeki değışkenliğin büyük olduğunu göstermektedir. Bölgedeki yağış genişliğinin 859.1 mm yani ortalama yağış değeri büyük olması, yağış değışkenliğinin büyük olduğunu bir diğer göstergesidir.

Çizelge 37. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değeri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
688.9	240.8	269.3	696.2	1128.4	-

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum’un kısaltmasıdır.

Şekil 53a’daki histogram grafiği dikkate alındığında veri dağılımının normal dağılıma yakın olduğu görülür. Diğer bölgelerde olduğu gibi analizler logaritmik dönüşüm gerçekleştirilmiş veriye uygulanmıştır (Şekil 53b).



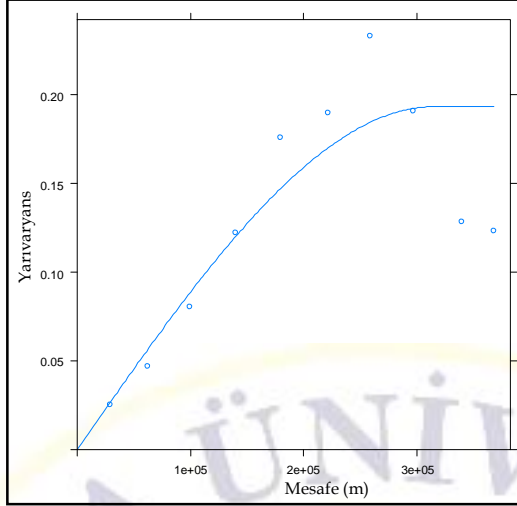
Şekil 53. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.18. Bölge 4 Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarıvariogramların Oluşturulması

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda Bölge 4 için işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 40 km ve sınıf sayısının 10 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 38). Bölge 4'ün deneysel yarıvariogram sonuçları incelendiğinde yarıvaryans değerleri 0.03'den başlayarak 0.23'e kadar düzenli bir artış göstermiştir. Ancak, 8. adım mesafesinden sonra yarıvaryans değerleri azalma göstermiştir. Bu durum, 8. adım mesafesinden sonra bölgede yıllık ortalama toplam yağış değerleri arasında mekânsal bir ilişkinin olmadığını ifade etmektedir. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait teorik yarıvariogram yapısı "Spherical" tip teorik yarıvariogram modeli olarak belirlenmiştir. Şekil 54 Spherical model ve Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan teorik yarıvariogram modelini göstermektedir.

Çizelge 38. Bölge 4 için deneysel yarıvariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarıvaryans
1	7	29.2	0.03
2	54	62.9	0.05
3	61	99.1	0.08
4	66	139.9	0.12
5	57	179.1	0.18
6	47	221.4	0.19
7	52	258.6	0.23
8	49	296.8	0.19
9	47	339.8	0.13
10	14	367.5	0.12



Şekil 54. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarıvარიogram modeli

Not: Teorik yarıvარიogramın elde edilmesinde “Spherical model ve Fit Method 7 kullanılmıştır.

Çizelge 39 teorik yarıvარიogramı oturan Bölge 4 için yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri ve etki uzaklığı değerlerini göstermektedir. Buna göre, Bölge 4 için eşik değeri 0.19, etki uzaklığı 315.7 km olarak tespit edilmiştir. Bu etki uzaklığı incelenen bölgeler içerisindeki en büyük uzaklığa sahip bölgedir. Bu durumda bölge sınırının Türkiye'nin güneyini tümünden kuşatması ve doğu kesiminde topografyanın etkisinin az olmasının etkin olduğu düşünülebilir.

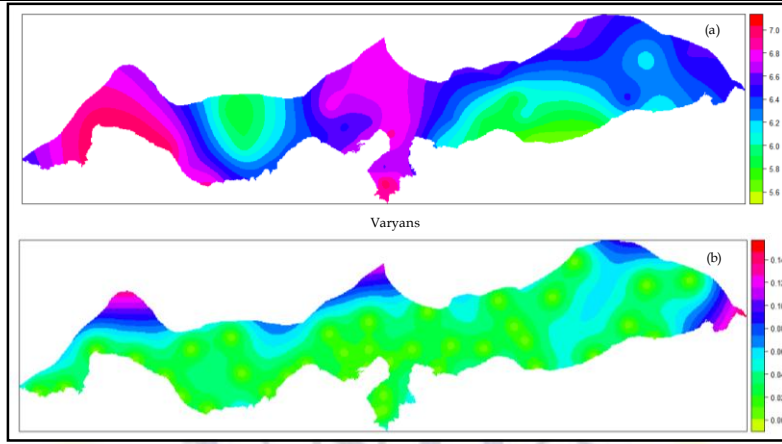
Çizelge 39. Bölge 4 teorik yarıvარიogram sonuçları

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.0	0
Sph	0.19	315.7

Not: Nug, Nugget; Shp, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.19. Bölge 4 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Gözlemi bulunmayan yerlerin noktasal değerleri OK tahmin yöntemi ile elde edilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 55’de gösterilmiştir. Varyans haritası incelendiğinde bölgenin büyük bir kısmı 0.04’den küçük varyans değerine sahiptir. Bölgenin bu değere sahip alanlarında sonuçların güvenilir olduğu ortadadır. Ancak, istasyon ağının azaldığı ve yükseltisinin etkin olduğu kenar kesimlerde bu varyans değeri yükselmektedir.

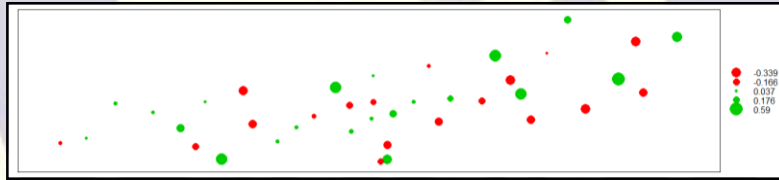


Şekil 55. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

4.10.20. Bölge 4 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

Kriging analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yöntemle ait sonuç haritası Şekil 56'da gösterilmektedir. Modelin Çapraz Geçerlilik yöntemiyle elde edilen hata haritası incelendiğinde, yağışın genellikle dar derin vadiler içinde, dulda da kalan istasyonlarda veya az yağışlı istasyonlarda yüksek tahmin sonuçları verdiği gözlemlenmektedir. Kıyıda ve düz kesimlerde kalan istasyonlarda düşük tahmin sonuçları bulunmaktadır. Ancak, kıyı kesimlerinde hata payları yüksekken, doğuya doğru gidildikçe hata oranı azalmaktadır.



Şekil 56. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

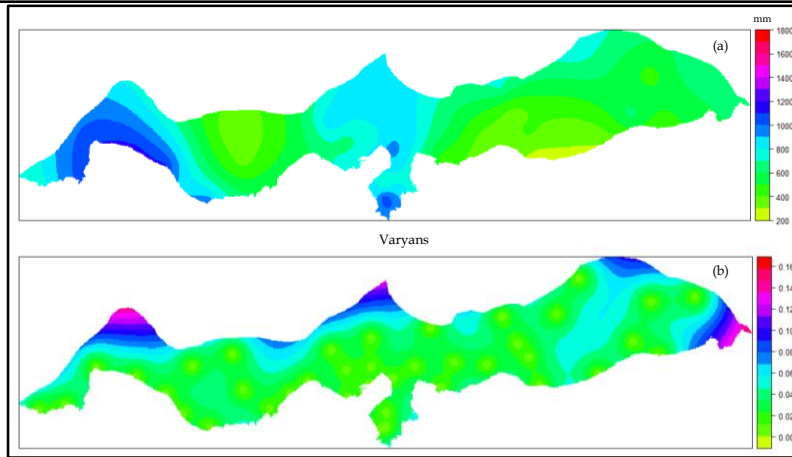
Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 40'da verilmiştir.

Çizelge 40. Bölge 4 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	304.1	268.3
Birinci Bölün	501.0	512.2
Ortanca	639.8	695.2
Ortalama	677.7	687.9
Üçüncü Bölün	812.5	849.0
Maksimum	1069.1	1127.4

Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası ve varyans haritası Şekil 57 (a, b)'de verilmiştir.



Şekil 57. Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası

Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yıllık ortalama toplam yağış dağılışı haritası incelendiğinde topografik etkinin bölgeyi 4 büyük parçaya ayırdığı görülmektedir. Bölgenin batı kesimlerinde genelde yağış getiren rüzgârlara dönük kısımların yağış değerleri yüksek, duldada kalan Taşeli Platosunda yağış değerleri düşüktür. Yağışa dönük Nur Dağ'ları ve uzantılarında yüksek yağış, karasallığın etkisindeki Güneydoğu Anadolu'da düşük yağış değerleri saptanmıştır. Alanya, Manavgat hattı ve Samandağ, Antakya yöresi ile yüksek Aladağlar'a uzanan alanlarda yağış değerleri yüksektir. Göksu Vadisi'nin içindeki Hadim ve Mut gibi istasyonlarda yağış değerleri düşüktür. Güneydoğu Anadolu'da yağış değerleri sınır bölgesinden, Doğu Toroslar'ın oluşturduğu yüksek kesimlere doğru artmaktadır.

OK yönteminin performans sonuçları Çizelge 41'de gösterilmektedir. R^2 0.63, ME değerleri 0'a yakın ve MAE değerleri kabul edilebilir değerde çıkmıştır. Yine aynı şekilde uç değerleri de hesaplamaya dâhil eden RMSE değeri de 148.49'dur. Bu değerler yağış gibi mekânsal dağılımın yüksek değişkenlik gösterdiği iklim değişkeni için güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

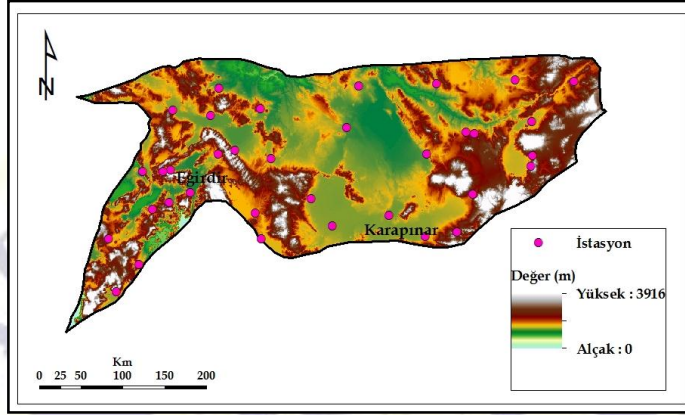
Çizelge 41. Bölge 4 OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 4)	-10.27	125.64	148.49	0.63

4.10.21. Bölge 5'de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Bölge 5, Türkiye'nin kısmen orta kesimini (Göller yöresi ve İç Batı Anadolu kısmını) oluşturmaktadır. Bu nedenle yöre karasal özellikte ama yükselti ve yer şekilleri bakımından farklı iki alandan meydana gelmektedir. Bölgenin batısı, Göller yöresini oluşturan çöküntü sahaları ve arasındaki dağlık alanlar ile Asıl Ege Bölümü ile İç Anadolu Bölgesi arasındaki yüksek eşik alanlarından oluşmaktadır. Doğu kesimi, Konya ve Tuz Gölü Kapalı Havza'ları ile Toros Dağları'nın kuzey eteklerini kapsamaktadır. Bu nedenle bölgede farklı yer şekilleri yaygındır. Batı kesiminde engebeler daha belirgindir. Çukur kesimler büyük göllerle işgal edilmiştir. Bölge kıyıya yakın olmasına rağmen, yükseltisi kıydan daha karasal bir iklim görülmesine neden olmaktadır. Batı kesimlerindeki Toros dağlarının oluşturduğu yükselti, güney hava sistemlerine kapalıdır. Güneyden gelen nemli hava sistemleri Toros Dağları'nın güney yamaçlarına yağış bırakır ve kuzey yamaçta hava kütlelerinde görülen adyabatik ısınma kuru ve sıcak bir karakter kazanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Konya, Karapınar alanları ülkenin en az yağışlı yörelerinden birini oluşturmaktadır.

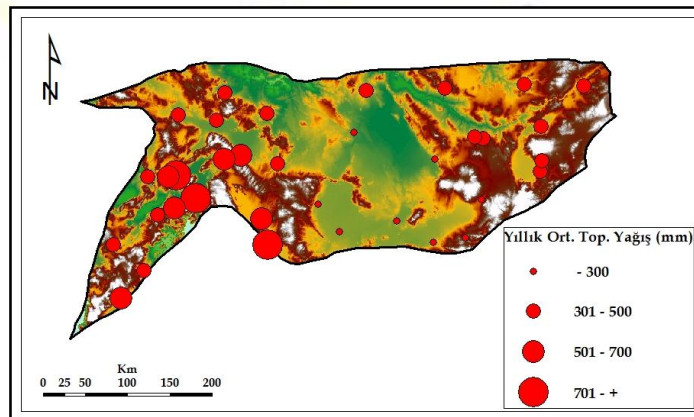
Bölgenin çevresi yüksek dağlarla çevrili olduğundan, denizlerin ılıman havası bölgeye sokulamamaktadır. Bundan dolayı, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı karasal iklim hâkimdir. Bölgenin karasal karakter göstermesi kış sıcaklık değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. İlkbahar, sağanak tarzında en fazla yağışları aldığı mevsimi oluşturmaktadır. En kurak mevsim yazdır. Tuz Gölü ve çevresi, bölgenin en az yağış alan yeridir. Bölge 5’de toplam 35 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bölge 5 sınırı ve bölgeye düşen meteoroloji istasyonların dağılımı Şekil 58’de verilmiştir. En düşük yıllık ortalama toplam yağış değeri 1004 m’de 288 mm ile Karapınar istasyonu, en yüksek yıllık ortalama toplam yağış değeri 920 m’de 822.1 mm ile Eğirdir istasyonudur.



Şekil 58. Bölge 5’deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.22. Bölge 5 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin Bölge 5 için coğrafi dağılışı haritası Şekil 59’da gösterilmektedir. Şekil 59 ve Çizelge 42’ye göre, yıllık ortalama toplam yağışın 300 mm’den düşük ve 700 mm’den yüksek olduğu alanlar bölgenin düşük ve yüksek yağışlı yerlerine karşılık gelmektedir. Buna göre, bölgenin batı kesimi ile doğu kesimi arasında yıllık ortalama toplam yağış dağılışı bakımından belirgin farklılıklar vardır. Batı kesimi bölgenin en yağışlı alanlarını oluşturmaktadır. Eğirdir (822 mm) ve Seydişehir (769 mm) istasyonları bölgenin yüksek yağışa sahip istasyonlarıdır. Tuz Gölü ve Konya Ovası ise bölgenin düşük yağışlı kesimini oluşturmaktadır. Bu kesimdeki Karapınar ve Ereğli istasyonları, Bölge 5’in düşük yağışlı alanlarına karşılık gelmektedir. Bunların yıllık ortalama toplam yağış değerleri sırasıyla 288 mm ve 299.8 mm’dir. Yükseltinin doğuya doğru artması ile yağış değerleri tekrar artmaktadır. Çizelge 46, Bölge 5’te yer alan istasyonların 301-500 mm arasındaki yağış grubunda toplandığını göstermektedir. 35 istasyonun 26’sı yıllık ortalama toplam yağış miktarı değerleriyle bu yağış sınıfı içerisinde yer almaktadır.



Şekil 59. Bölge 5 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 42. Bölge 5’de yağış frekans tablosu

(- 300)	(301-500)	(501-700)	(701-+)
Karapınar	Ulukışla	Tomarza	Yalvaç
Ereğli	Konya	Kayseri	Isparta
	Çumra	Emirdağ	Akşehir
	Cihanbeyli	Gemerek	Uluborlu
	Niğde	Nevşehir	Senirkent
	Aksaray	Afyon	
	Develi	Burdur	
	Boğazlıyan	Ilgın	
	Kırşehir	Dinar	
	Korkuteli	Yunak	
	Ürgüp	Tefenni	
	Kulu	Elmalı	
	Bolvadin	Beyşehir	

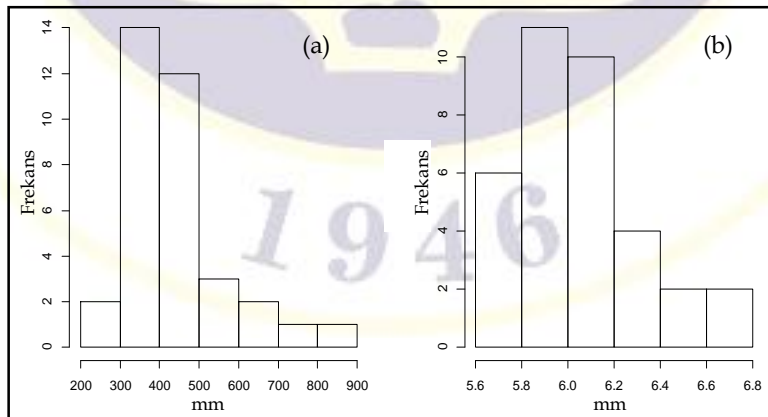
Çizelge 43 uzun süreli yağış gözlemi yapan 35 meteoroloji istasyondan elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin tanımlayıcı istatistik değerlerini göstermektedir. Buna göre, yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 822.1 mm, minimum değeri 288.0 mm’dir. Ortalama değer ise, 439.4 mm olarak hesap edilmiştir. Diğer yandan standart sapma değeri 122.1 mm’dir. Bölgede yıllık ortalama toplam yağışın 439.4 mm, standart sapmanın 122.1 mm olması yağış dağılışının heterojen olduğunu göstermektedir. Bölgedeki yağış genişliği, maksimum yağış ve minimum yağış oranları ile değerlendirildiğinde yıllık ortalama toplam yağış değerleri birbirine benzemektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin 300-500 mm arasında yoğunlaşması bu durumu ifade etmektedir.

Çizelge 43. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
439.4	122.1	288.0	404.5	822.1	-

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum’un kısaltmasıdır.

Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış verisinin histogram grafiğine (Şekil 60a) göre, logaritmik dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Logaritmik dönüşüm sonucuna ait grafik Şekil 60b’de gösterilmektedir. OK analizleri logaritmik dönüşümü sağlanmış veriye uygulanmıştır. Her iki frekans dağılımı da sağa çarpık durumdadır. Uygulanan logaritmik dönüşüm verideki çarpıklığı azaltmıştır.

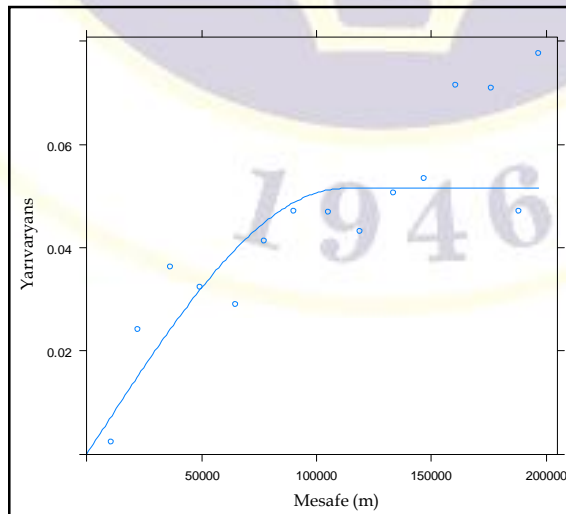
**Şekil 60.** Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.23. Bölge 5 Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarivariogramların Oluşturulması

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda Bölge 5 için işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 14 km ve sınıf sayısının 15 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 44). Bölge 5 için deneysel yarivariogram sonuçları incelendiğinde yarivaryans değeri 0.002'den başlayarak, 0.047 değerine kadar bir artış göstermiştir. 7. adım mesafesinden sonra değer sabitlenmiştir. 9. adım mesafesine kadar düşmüş ve yarivaryans değeri artma, azalma şeklinde devam ettiği gözlemlenmiştir. Buna göre, 7. adım mesafesinden sonra yıllık ortalama toplam yağış değerlerini gösteren gözlem çiftleri için bir etkileşimin kalmadığı söylenebilmektedir. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait teorik yarivariogram yapısı ise, "Spherical" tip teorik yarivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Spherical teorik yarivariogram modeli ve Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan model Şekil 61'de gösterilmektedir.

Çizelge 44. Bölge 5 için deneysel yarivariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarivaryans
1	3	10.7	0.002
2	3	22.4	0.024
3	11	36.5	0.036
4	18	49.5	0.032
5	20	64.7	0.029
6	27	77.3	0.041
7	24	90.2	0.047
8	26	105.3	0.047
9	31	119.1	0.043
10	23	133.6	0.051
11	25	146.9	0.054
12	32	160.7	0.072
13	17	176.0	0.071
14	19	187.9	0.047
15	9	196.9	0.078



Şekil 61. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarivariogram modeli

Not: Teorik yarivariogramın elde edilmesinde "Spherical model ve Fit Method 7 kullanılmıştır.

Teorik yarıvariograma oturan Bölge 5 için yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri 0.052, etki uzaklığı, 111.8 km olarak tespit edilmiştir (Çizelge 45).

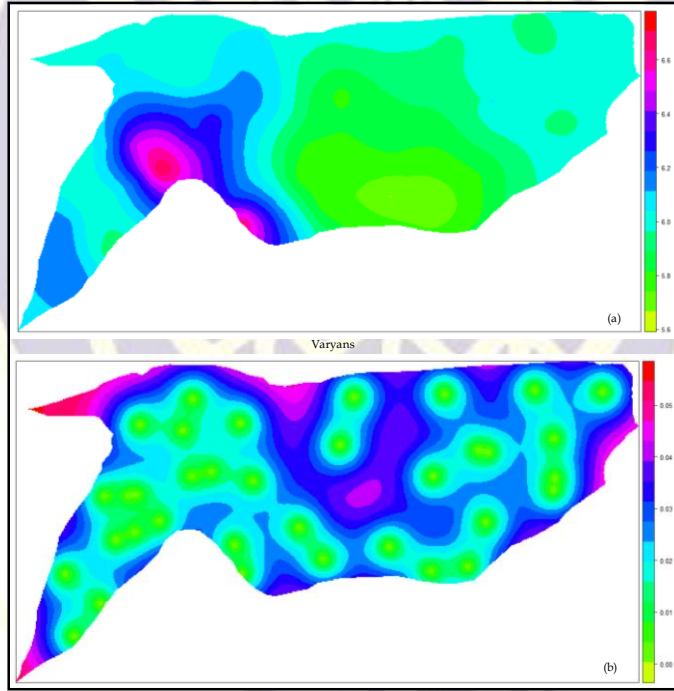
Çizelge 45. Bölge 5 teorik yarıvariogram sonuçları

Model	Eşik değer	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.00	0
Sph	0.052	111.8

Not: Nug, Nugget; Sph, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.24. Bölge 5 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Gözlemi bulunmayan yerlerin noktasal değerleri OK tahmin yöntemi ile elde edilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 62 (a, b)'da gösterilmiştir. OK analizi sonucu elde edilen varyans haritası incelendiğinde en yüksek varyans değeri 0.05 olarak izlenmektedir. Bu durum modelin doğru sonuçlar verdiğinin bir göstergesidir. Ancak, düşük varyans değerine sahip istasyonların küçük kümelenmeler oluşturması bölgenin topografyası ve Konya, Tuz Gölü çevresindeki istasyon ağının sık olmaması ile ilgilidir.

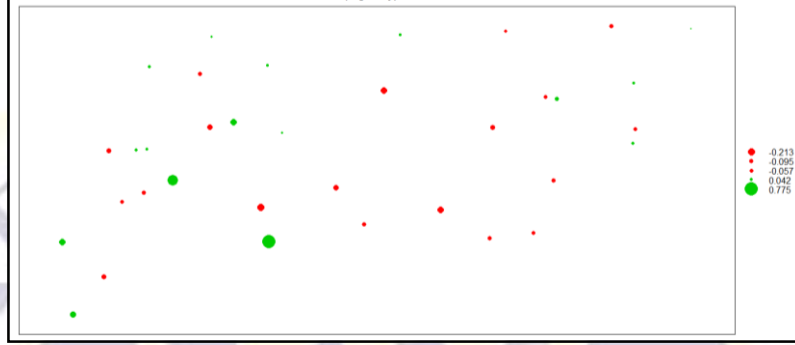


Şekil 62. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü gerçekleştirildikten sonra yapılmıştır.

4.10.25. Bölge 5 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

Kriging analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yönteme ait sonuç haritası Şekil 63'de gösterilmektedir. Çapraz Geçerlilik yöntemiyle elde edilen hata haritası değerlendirildiğinde Bölge 5'in diğer bölgeler içerisinde gözlemlenen değerlerle tahmin edilenler arasındaki farkın az olduğu izlenmektedir. Seydişehir ve Eğirdir istasyonlarında düşük tahmin vardır. Bu istasyonlar, bölge içerisindeki yüksek yağış değerine sahiptir. Bölgenin doğusunda gerçeğe yakın tahminler yapılmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 46'da verilmiştir.



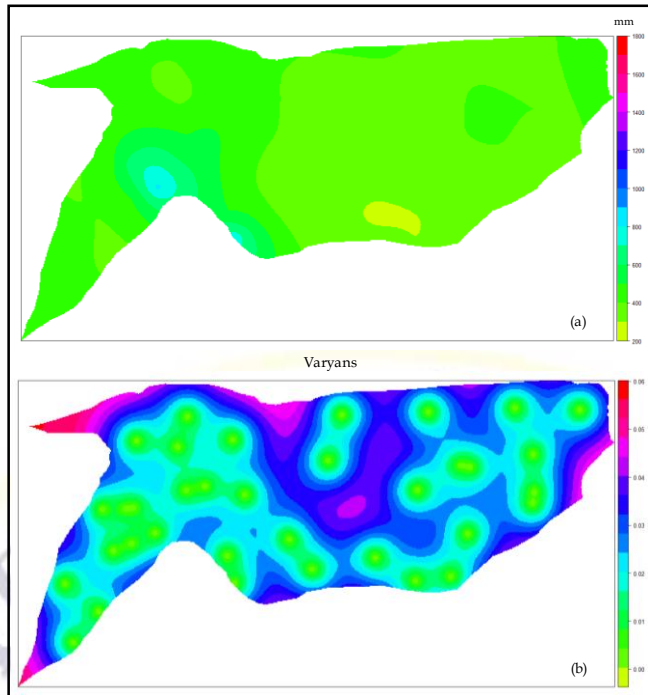
Şekil 63. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 46. Bölge 5 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	329.5	287.0
Birinci Bölün	385.0	376.6
Ortanca	405.1	403.5
Ortalama	434.7	438.4
Üçüncü Bölün	446.2	471.8
Maksimum	635.5	821.1

Şekil 64 (a, b) OK enterpolasyon sonuçlarının logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı ve varyans haritalarını göstermektedir. Tahmin haritası incelendiğinde bölgede yağış dağılışının homojen olduğu görülür. Karapınar çevresi bölgenin en az yağışlı bölümüdür. Batı Torosların kavıştığı Göller yöresi Bölge 5'in en fazla yağışlı alanlarını oluşturmaktadır. Ancak, karasallığın hâkim olması bölge genelinde yağışın 300-500 mm arasında kalmasına neden olmuştur. Bu değer Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış miktarından düşüktür.



Şekil 64. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

OK modelinin performans karşılaştırması Çizelge 47’de verilmiştir. Buna göre, R^2 değeri 0.48’dir. Diğer taraftan MAE ve RMSE değerlerinin yeterince düşük olması modelin kabul edilebilirliğini göstermektedir. Hatanın yanlılık derecesini belirlemek amaçlı kullanılan ME değerinin negatif olması tahmin edilen değerlerin, gözlemlenen değerlerin altında olduğunu ifade etmektedir. Aynı zamanda, ME değeri, 0’a yakın bir değerdedir.

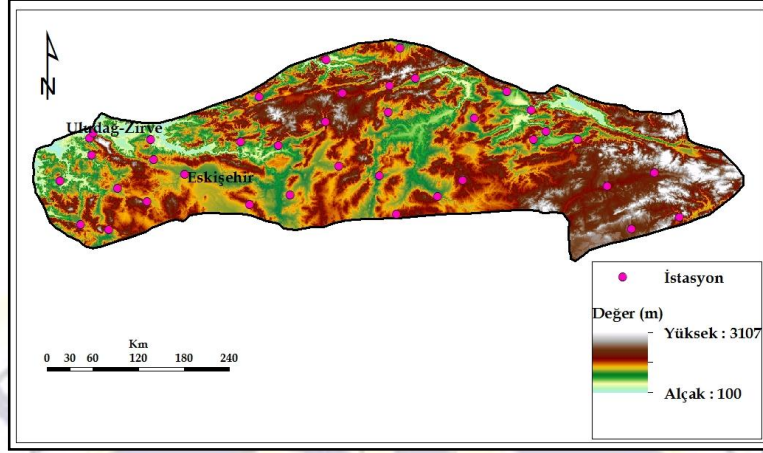
Çizelge 5. Bölge 5 OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 5)	-3.68	54.82	87.19	0.48

4.10.26. Bölge 6 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Mekânsal Dağılımı

Bölge 6, Batı ve Orta Karadeniz kıyı kesimini kuşatan Koroğlu-Işık Dağları sırasının güney kesimini, doğuda Sivas civarındaki yüksek dağlık alanları ve Tuz Gölü havzasının kuzeyi Haymana Platosu uzantısını oluşturan dalgalı düzlükleri kapsamaktadır. Bölge hemen hemen Bölge 5 ile benzer özellikler göstermektedir. Yeryüzü şekilleri bakımından kısmen sade ve çeşitlilik göstermeyen bir görünüme sahiptir. Bölgenin doğu kesiminde Doğu Anadolu Bölgesi’nin yer şekli koşulları dikkat çekmektedir. Bölgede 1000 m yükseltiye sahip düzlükler, çok sayıda platolar ve ovalar bulunmaktadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı yarı karasal iklim hâkimken, doğuya doğru gidildikçe yüksekliğin artmasına bağlı olarak karasallık etkisinin arttığı gözlemlenmektedir. Karadeniz Bölgesi’nin denizel koşullarının dağ sıraları nedeniyle iç kesimlere ulaşamaması yörede yarı karasal ve karasal iklim koşullarının hâkim olmasını sağlamıştır. Dağların bu güney yamaçlarında yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı bir iklim görülür. Genel olarak Bölge 6 ülkenin az yağış alan bölgelerindedir. İlkbahar, fazla yağışlı alan mevsimi oluşturmaktadır. Yağışlar bu mevsimde sağanak şeklinde izlenir. Denizden gelen nemli hava kütlesi nemini, dağların denize bakan yamaçlarında yağış halinde bırakırken, iç kesimlerde adyabatik ısınma hava kütlelerinin bağlı nem miktarlarını düşürerek kuru hale getirir. Bitki örtüsü bu alanlarda kuzeyde orman formasyonundan güneye doğru step formasyonuna doğru geçiş göstermektedir. Bölge 6’da toplam 38 meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bölge 6 sınırı ve bölgeye

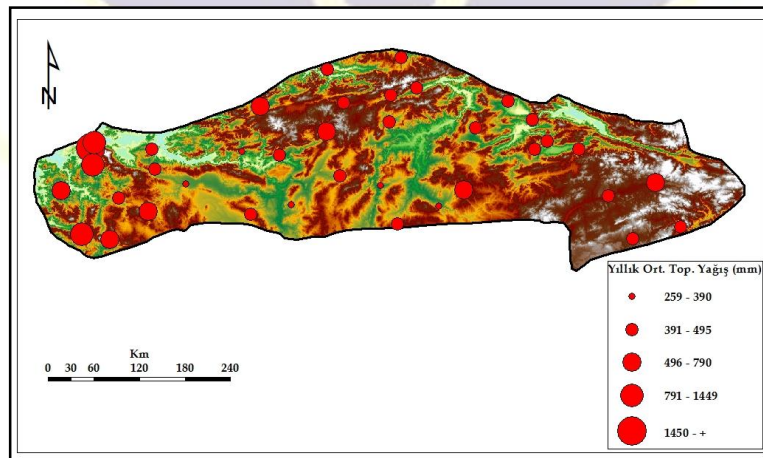
düşen meteoroloji istasyonlarının dağılımı Şekil 65’de gösterilmektedir. Buna göre, en düşük yıllık ortalama toplam yağış değerine sahip istasyon 802 m’de 259.6 mm ile Eskişehir istasyonudur. 1877 m’de bulunan Uludağ-Zirve istasyonu 1450.9 mm’lik yıllık ortalama toplam yağış değeri ile bölgenin en yüksek yıllık ortalama toplam yağış değerini gösteren istasyonunu oluşturmaktadır.



Şekil 65. Bölge 6’deki meteoroloji istasyonlarının dağılışı

4.10.27. Bölge 6 Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Gösterimi ve Araştırılması

1975-2010 yılları arası yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin coğrafi dağılışı haritası Bölge 6 için Şekil 66’da gösterilmektedir. Bölgenin Uludağ-Zirve istasyonu ve güneyinde Balıkesir-Kütahya arasında kalan yüksek dağlık kesimler yüksek yağışlı alanlarını oluştururken, en düşük yağış değerlerini Eskişehir ve Nallıhan istasyonunun bulunduğu yerler meydana getirmektedir (Şekil 66, Çizelge 48). Eskişehir istasyonu 259.6 mm yıllık ortalama toplam yağış değerine sahiptir. Bunun yanında bölgede ova tabanı ve vadi içlerinde kalan istasyonlar düşük yağış almaktadır. Bu alanları çevreleyen yüksek kesimler daha yüksek yağış almaktadır. İstasyonların yağış dağılışı incelendiğinde yükseltinin yağış dağılışında önemli bir faktör olduğu çok belirgindir. 100 m yükseklikte yer alan Bursa’da yağış 693.2 mm, 1877 mm yükseklikte bulunan Uludağ-Zirve istasyonu 1450.9 mm’dir. Bu durum sağlıklı modelleme için yüksek dağlık alanlardaki gözlemin önemini ortaya koymaktadır. Bölgede 38 istasyondan 26 tanesi, 391-495 mm arasında yağış değerine sahiptir (Çizelge 48).



Şekil 66. Bölge 6 1976-2010 yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin gösterimi

Çizelge 6. Bölge 6'de yağış frekans tablosu

(259-390)	(391-495)	(496-790)	(791-1449)	1450-+
Eskişehir	Nallıhan	Bilecik	Zara	Keleş
	Çiçekdağı	Tokat	Kütahya	Simav
	Polatlı	Sivas	Bolu	
	Kırıkkale	Çorum	Dursunbey	
	Divriği	Turhal	Gediz	
	Beypazarı	Zile	Kızılcahamam	
	Çerkez	Karabük	Yozgat	
	Ankara	Amasya	Bursa	
	Kangal	Kaman		
	Sivrihisar	Tavşanlı		
	Çankırı	Bozüyük		
	Ilgaz	Tosya		
	Merzifon	Kastamonu		

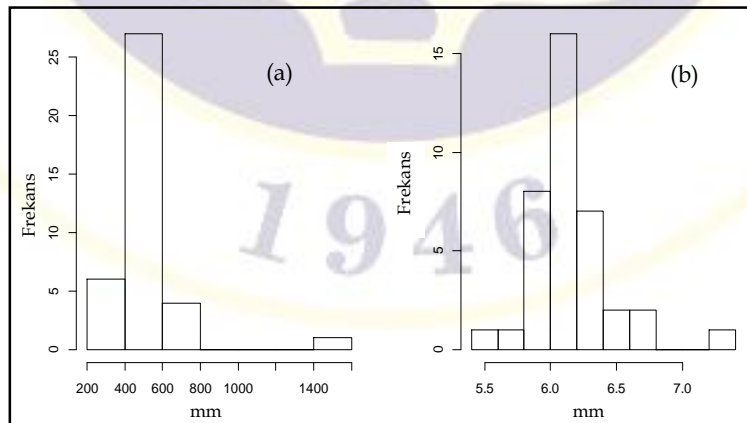
Uzun süreli yağış gözlemi yapan 38 meteoroloji istasyondan elde edilen yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları Çizelge 49'da verilmiştir. Bölge 6 için yıllık ortalama toplam yağışın maksimum değeri 1450.9 mm, minimum değeri 259.6 mm, arasında değişir. Yağış genişliği 1191.3 mm'dir. Bu değerlerin ortalama yağış değeri 500.4 mm'nin iki katından fazla olması, bölgedeki yağış değişkenliği ve yükselti farkının önemini vurgulamaktadır. Yağışın standart sapma değeri 191.2 mm'dir. Uludağ-Zirve istasyonunun bulunması yağış genişliğini arttırmakta, standart sapmanın büyümesine neden olmaktadır.

Çizelge49. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağış için tanımlayıcı istatistik değerleri (mm)

Ort.	Std. Sap.	Min.	Ortanca	Maks.	Mod
500.4	191.2	259.6	461.5	1450.9	450.2

Not: Ort, Ortalama; Std. Sap, Standart Sapma; Min, Minimum; Maks, Maksimum'un kısaltmasıdır.

Ortalama değerlerin ortanca değerden, ortanca değerinden mod değerinden büyük olması verinin sağa çarpık olduğunu ifade etmektedir. Bu durum Şekil 67a'da gözlemlenen frekans dağılımından anlaşılmaktadır. Bu nedenle bölgedeki yağış dağılımına, logaritmik dönüştürme işlemi uygulanmıştır. Logaritmik dönüşüm sonucuna ait grafik Şekil 67b'de gösterilmektedir. OK işlemleri logaritmik dönüşümü sağlamış veriye uygulanmıştır.



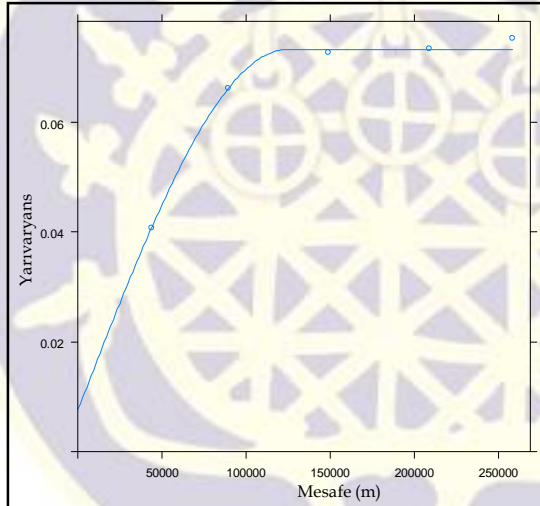
Şekil 67. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağışın (mm) histogramı, (a) veri sağa çarpık; (b) logaritmik dönüşüm yapılmış dağılım

4.10.28. Bölge 6 Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Deneysel ve Teorik Yarivariogramların Oluşturulması

İstasyonlar arasındaki adım mesafesi ve sınıf sayısı, incelenen yıllık ortalama toplam yağış değişkenini temsil edebilecek en uygun model bulununcaya kadar değişik aralık ve sayıda Bölge 6 için işleme alınmıştır. Yıllık ortalama toplam yağış değerlerine ait en uygun adım mesafesinin 60 km ve sınıf sayısının 5 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 50). Yarivaryans değeri 0.04-0.08 değerleri arasında değişmektedir. 3. adım mesafesinden sonra yarivaryans değeri sabittir. Bu adım mesafesinden sonra mekânsal etki azalmıştır. Bölge 3 yıllık ortalama toplam yağış değişkenine ait teorik yarivariogram yapısı, “*Spherical*” tip teorik yarivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Şekil 68 Spherical teorik yarivariogram modeli ile Fit Method 7 kullanılarak oluşturulan yarivariogram modelini göstermektedir.

Çizelge 50. Bölge 6 için deneysel yarivariogramın sonuçları

	Çift sayısı	Adım mesafesi (km)	Yarivaryans
1	31	43.6	0.04
2	95	89.5	0.07
3	95	149.1	0.07
4	91	208.8	0.07
5	60	258.7	0.08



Şekil 68. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağışın deneysel ve teorik yarivariogram modeli

Not: Teorik yarivariogramın elde edilmesinde “*Spherical model* ve *Fit Method 7* kullanılmıştır.

Çizelge 51 teorik yarivariograma oturan Bölge 6 için yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin eşik değeri ve etki uzaklığı değerlerini göstermektedir. Buna göre, Bölge 6 için eşik değeri 0.07, etki uzaklığı, 124.7 km’dir.

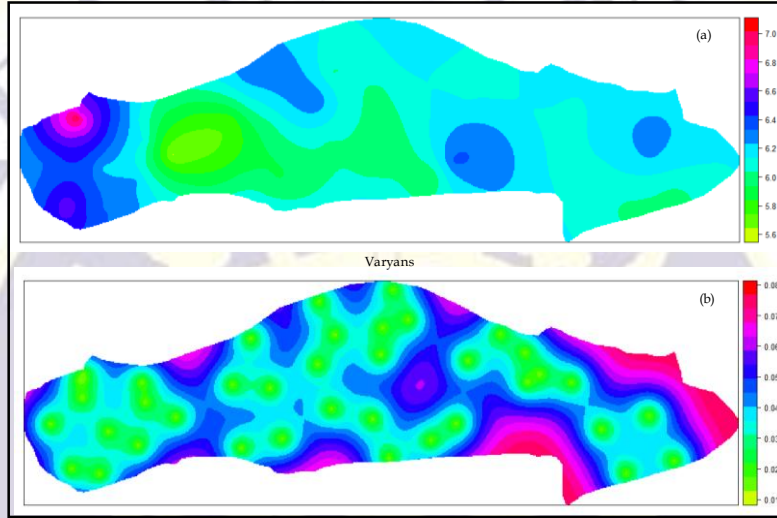
Çizelge 51. Bölge 6 teorik yarivariogram sonuçları

Model	Eşik değeri	Etki uzaklığı (km)
Nug	0.01	0
Sph	0.07	124.7

Not: Nug, Nugget; Sph, Spherical modellerinin kısaltmasıdır.

4.10.29. Bölge 6 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Bölge 6 için teorik yarıvariogram modeli belirlendikten sonra gözlemi bulunmayan yerlerin noktasal değerleri OK tahmin yöntemi ile elde edilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 69 (a, b)'da gösterilmiştir. Varyans haritasında varyans değerleri 0.01-0.08 arasında değişmektedir. Düşük varyans değerleri kapalı eğriler şeklindedir. Bu durum bölgedeki istasyonların vadi ve ova içerisinde olmaları ve aralarında eşikler bulunması ile ilişkilidir. Varyans değerleri yükseltiyle artmaktadır. Bölge doğusunda Orta Karadeniz Dağları'nın güney etekleri ve Sivas-Zara çevresindeki dağlık kesimlerinde bu durum belirgindir. Bu durum, istasyon sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek seviyede istasyon bulunan alanlarda varyans değerleri düşüktür. Uludağ-Zirve istasyonu güzel bir örnektir. Bursa ve Keleş istasyonları ve 1500 m'den daha yüksekte bulunan Uludağ-Zirve istasyonları sayesinde model iyi tahmin sonuçları vermiş ve varyans değerleri düşük çıkmıştır. Bu durum Türkiye gibi topografik bakımdan değişkenliğin yüksek olduğu alanlarda yüksek seviye ölçümlerinin önemini göstermektedir.

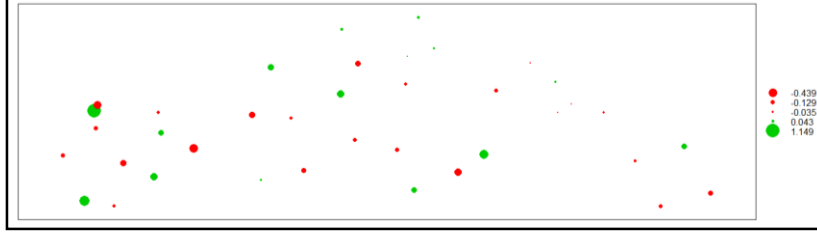


Şekil 69. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

4.10.30. Bölge 6 Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritalarının Doğruluğunun Test Edilmesi

OK analizi Çapraz Geçerlilik yöntemi kullanılarak test edilmiş olup, yönteme ait sonuç haritası Şekil 70'de gösterilmektedir. Çapraz Geçerlilik yöntemiyle elde edilen hata haritası incelendiğinde bölgenin doğusunda genelde daha az hata payları, batıda göreceli olarak daha fazla hata payları karşımıza çıkmaktadır. Doğudaki istasyonların tektonik hatlarla birbirine bağlı çöküntü ovaları içerisinde olması, batıda istasyonların genelde belirgin eşikler ile birbirine bağlı depresyonlarda bulunması bu durumla ilişkilidir. İç Anadolu Bölgesinin kuzey kesimi, Doğu Anadolu'ya geçişi oluşturan Divriği-Kangal-Sivas gibi istasyonlar daha yüksek tahmin hata değerlerine sahiptir.



Şekil 70. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

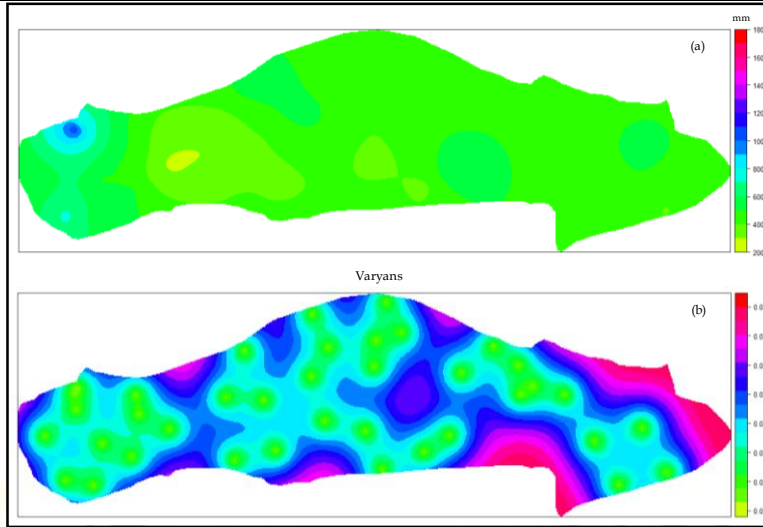
Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 52’de verilmiştir. Tahmin edilen ile gözlemlenen değerlerin ortancada birbirine yakın olduğu, bu değerden uzaklaştıkça gözlemlenen ile tahmin edilen değer arasındaki farkın büyüdüğü ve minimum ve maksimum değerlerin en fazla olduğu dikkat çekmektedir. Topografik etkilerle yağışın büyük değişiklik göstermesi ve denizellik-karasallık farkının belirgin olması bu alanlardaki hata paylarının yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 7. Bölge 6 yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	393.0	258.6
Birinci Bölün	433.3	402.2
Ortanca	457.8	460.4
Ortalama	496.3	499.4
Üçüncü Bölün	487.2	537.7
Maksimum	1126.4	1449.9

Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası Şekil 71a’da, varyans haritası Şekil 72b’de gösterilmektedir. Bölgenin modelleme sonucu elde edilen yağış haritası incelendiğinde bölgenin genelde 400-600 mm arasında yağış aldığı dikkat çekmektedir. Uludağ-Zirve en yüksek yağışlı, Eskişehir ve çevresinin en düşük yağışlı olduğu alanlar olarak izlenir. Eş yağış eğrilerinin dağılımı batı kesimlerde kuzey-güney, doğu kesimlerde doğu-batı uzanımlıdır. Bu durum batıdaki denizellik etkisinin içerilere sokulmasını ve topografya etkisini sağlamıştır. Doğuda tektonik hatların belirginliği eş yağış eğrilerini doğu-batı yönelime sahip olmasını etkilemiştir. Bölgenin genelde denizel etkilere kapalı olması yağış değerlerinin düşük ve benzeşik olmasına neden olmuştur.



Şekil 71. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

Çizelge 53 OK modelinin performans değerlerini göstermektedir. Bölge 6 için R^2 değeri 0.22'dir. Bölgede bulunan istasyonların büyük kısmı 300-500 mm arasında yağış almaktadır. Yağış değerleri bakımından genelde bir homojenlik durumu söz konusudur. Modelin R^2 değerinin düşük çıkması büyük olasılıkla denizellik etkisi ile ilişkilidir. Batı kesimde denizellik daha yüksektir. Doğuya doğru gidildikçe karasallık etkisi artmaktadır. Batı kesim hem kuzeyden hem de batı ve güneybatıdan gelen sistemlere açıktır. Doğu kesim, kuzey ve güneyden gelen sistemlere kapalıdır. Bu durum karasal yağışların görülmesine neden olmaktadır.

Çizelge 8. Bölge 6 OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Bölge 6)	-3.09	101.69	173.97	0.22

4.10.31. Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Oluşturulan Lokal Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması

Türkiye'de meteoroloji istasyonu bulunmayan yerlerin yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin doğru tahminini sağlamak amacıyla, Türkiye'nin jeomorfolojik özellikleri ve her bir bölgeye asgari 35 ölçüm noktası düşecek şekilde düzenlenmiş 6 bölge sınırı oluşturulmuştur. Her bölge sınırı için farklı teorik yarıvariogramlar ve bu teorik yarıvariogramlar kullanılarak OK analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçta altı ayrı bölge için farklı teorik yarıvariogramlar kullanılarak gerçekleştirilen lokal OK analiz sonuçlarının performans karşılaştırılması Çizelge 54'de gösterilmektedir. Buna göre, ME değeri Bölge 1, Bölge 5, Bölge 6 için 0'a yakın bir değere, Bölge 2 için, en yüksek ME değerine sahiptir. RMSE değerleri, Bölge 1 ve Bölge 5'de küçük, Bölge 2'de en yüksek değerdedir. Diğer taraftan MAE değeri Bölge 2'de de en yüksek değere sahiptir. Bölgelere ait R^2 değerleri dikkate alındığında Bölge 3 ve Bölge 6 için düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bölge 3 yükselti farkının belirgin olduğu, yükseklikler arası hızlı değişimlerin gözlemlendiği bir alana denk gelmektedir. Diğer taraftan Bölge 6 yükselti farkının az olduğu ve yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin düşük olduğu bir bölgeyi oluşturmaktadır. Bölge 1, Bölge 2, Bölge 4 ve Bölge 5 için R^2 değerleri, modellerin alansal ilişkilerinin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 54. Lokal OK modellerinin performans karşılaştırılması

Bölge	Model	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
1	Exponential/Fit Method 7	-2.35	68.05	99.09	0.60
2	Spherical/Fit Method 7	-41.40	210.26	321.14	0.50
3	Spherical/Fit Method 7	-19.92	121.39	160.81	0.21
4	Spherical/Fit Method 7	-10.27	125.64	148.49	0.63
5	Spherical/Fit Method 7	-3.68	54.82	87.19	0.48
6	Spherical/Fit Method 7	-3.09	101.69	173.97	0.22

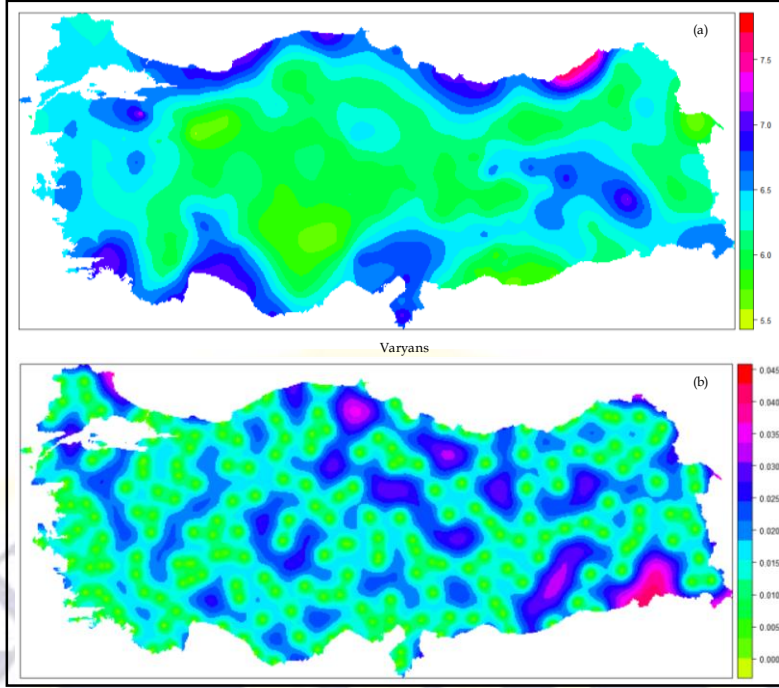
Su toplama havzalarına düşen yağış miktarlarının hesaplanmasında, altı bölge için oluşturulan tahmin haritalarından faydalanılmıştır.

4.11 Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Lokal Yarıvარიogram Modelleri Kullanılarak Global Kriging Yöntemiyle

Bu çalışmanın üçüncü bölümünü, her bölge sınırı ve istasyon değerlerine göre özel olarak oturtulmuş lokal alanda oluşturulan altı teorik yarıvარიogram modellerinden faydalanılarak, altı ayrı global tahmin haritasının elde edilmesi oluşturmaktadır. Bu bölümde amaç, lokal mekânsal özelliklerin global mekânı daha iyi karakterize edip edemeyeceğini tespit etmektir. Lokal teorik yarıvარიogram modellerinin global Kriging yöntemlerinde kullanılması bu çalışmanın önemli bir adımıdır. Daha önceden jeomorfolojik özelliklere ve Haas vd. (1990a)’ın çalışmasındaki kriterleri dikkate alınarak altı ayrı bölge için oluşturulan altı farklı lokal teorik yarıvარიogram modelleri tek tek kullanılarak global tahmin haritaları elde etmektir. Kriging sonuçlarından elde edilen altı ayrı tahmin haritaları birbirleri arasında karşılaştırılmıştır.

4.11.1. Bölge 1 Lokal Türkiye Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

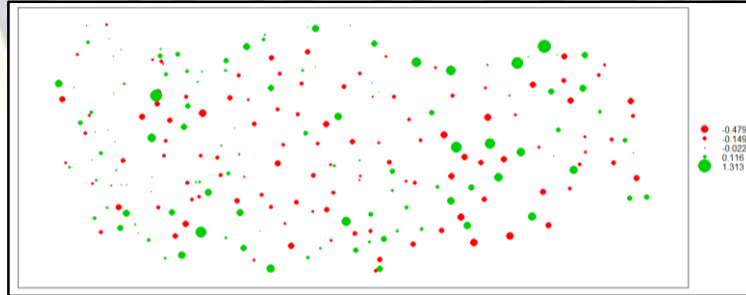
Bölge 1’ in teorik yarıvარიogram modeli kullanılarak Türkiye geneli istasyon bulunmayan yerlerin OK yöntemiyle yağış tahmini gerçekleştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle Bölge 1 için elde edilen teorik yarıvარიogram tüm Türkiye’nin mekânsal özelliklerini açıkladığı kabul edilmektedir. Bu şekilde elde edilen OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 72 (a, b)’da gösterilmektedir. Varyans değerleri 0.00-0.045 arasında değişmektedir. Düşük varyans değerlerine sahip alanlar kapalı eğriler şeklinde gözükmektedir. Düşük varyans değerine sahip alanların sonuçları güvenilirdir. En yüksek varyans değerine sahip Şırnak ili ve çevresinde, istasyon ağının seyrek olduğu izlenmektedir.



Şekil 72. Bölge 1 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Kriging analizi, Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Bu yöntemle ait sonuç haritası Şekil 73'de gösterilmektedir. Düşük tahmin değerleri, ülke genelinin kuzey ve güney kesimlerine denk gelmektedir. Batı kesimlerinde gözlenen 0'a yakın değerler daha doğru tahminlerin yapıldığını göstermektedir. Yüksek tahmin değerleri, ülkenin iç kesimleri ve kısmen de doğu kesimlerine denk gelmektedir.



Şekil 73. Bölge 1 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

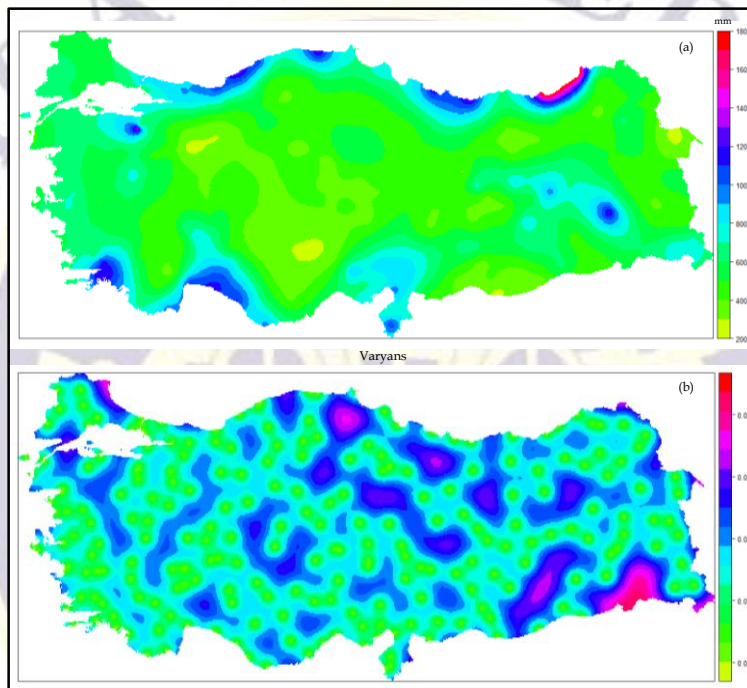
Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 55'dedir.

Çizelge 55. Bölge 1 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	299.7	258.6
Birinci Bölün	472.4	439.2
Ortanca	583.2	564.6
Ortalama	606.3	624.7
Üçüncü Bölün	681.6	727.9
Maksimum	2022.9	2249.9

Şekil 74a, OK analizi sonucu elde edilen tahmin haritasındaki logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesiyle elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritasını, Şekil 74b varyans haritasını göstermektedir.



Şekil 75. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

Bölge 1 teorik yarıvარიogram kullanılarak elde edilen global tahminin performans sonuçları Çizelge 56'da gösterilmektedir.

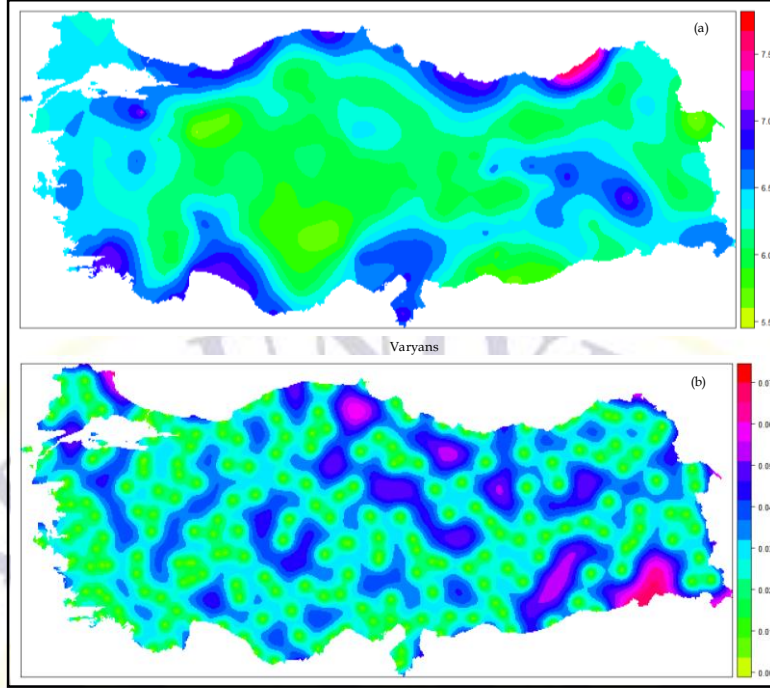
Çizelge 56. Bölge 1 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
OK (Model 1)	-18.4	122.2	194.7	0.55

4.11.2. Bölge 2 Lokal Yarıvარიogram Modeli ile Türkiye Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Bölge 2 teorik yarıvარიogram modeli kullanılarak Türkiye geneli gözlemi bulunmayan yerlerin OK yöntemiyle tahmini gerçekleştirilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 76 (a, b)'de gösterilmektedir. Varyans haritası incelendiğinde değerler 0.00-0.07 arasında

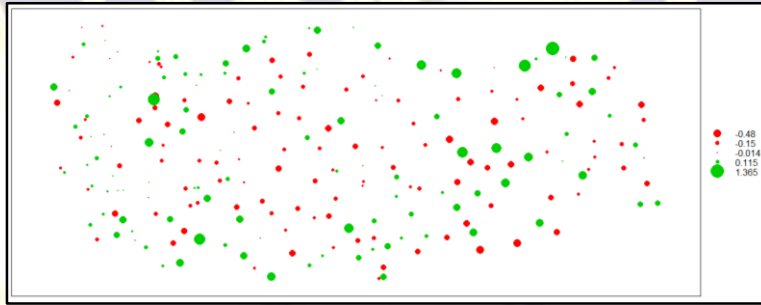
değişmektedir ve Bölge 2 teorik yarıvarioqram kullanılarak oluşturulan Türkiye yıllık ortalama toplam yağış tahmin varyans haritasına benzer sonuçlar göstermektedir.



Şekil 76. Bölge 2 lokal yarıvarioqram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Kriging analizi Çapraz Geçerlilik yöntemiyle test edilmiştir. Sonuç haritası Şekil 77'de gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 57'de verilmiştir. Buna göre ortalama gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında 20.5'lik bir tahmin farkı vardır.



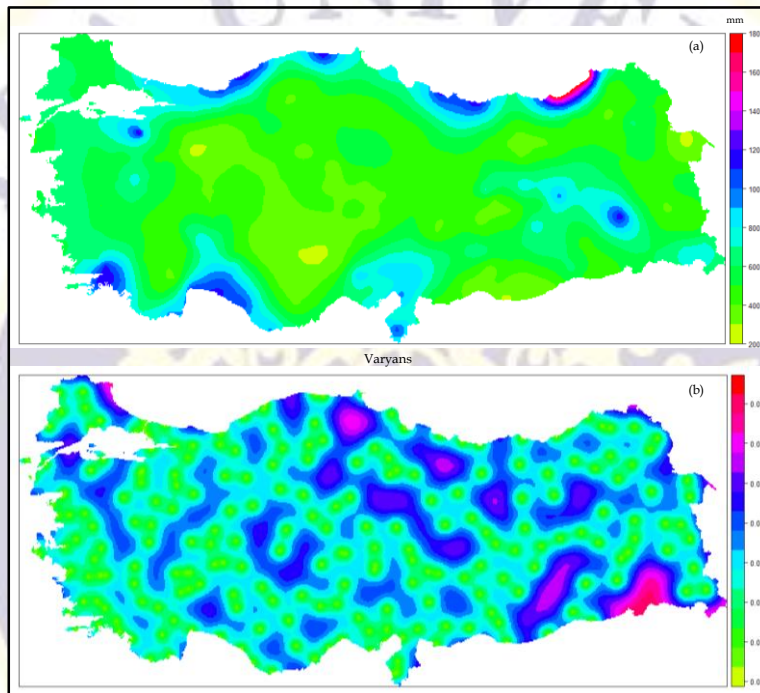
Şekil 77. Bölge 2 lokal yarıvarioqram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 57. Bölge 2 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	305.8	258.6
Birinci Bölün	477.3	439.2
Ortanca	583.4	564.6
Ortalama	604.2	624.7
Üçüncü Bölün	672.2	727.9
Maksimum	1945.6	2249.9

Logaritmik değerlerden tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası ve varyans haritası Şekil 78 (a, b)'de gösterilmektedir.



Şekil 78. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

Çizelge 58'de OK yönteminin performans sonuçları verilmiştir.

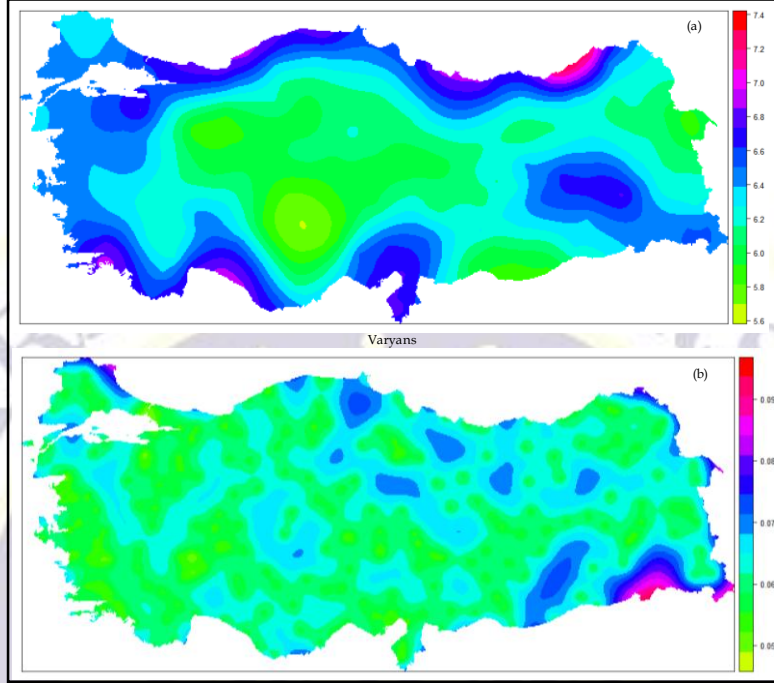
Çizelge 9. Bölge 2 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
OK (Model 2)	-20.52	123.11	196.22	0.55

4.11.3. Bölge 3 Lokal Yarıvარიogram Modeli ile Türkiye Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

Bölge 3 için oluşturulan teorik yarıvარიogram modeli global Kriging hesaplamalarında kullanılarak, Türkiye geneli gözlemi bulunmayan yerlerin tahmini gerçekleştirilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 79 (a, b)'de gösterilmektedir. Varyans değerleri 0.05-0.09 arasında değişmektedir. Düşük varyans değerine sahip alanlar Bölge 1 ve Bölge 2'deki gibi kapalı eğriler şeklinde olmayıp, daha büyük alanlara yayılmaktadır. Ayrıca yüksek varyans değerine sahip alan Şırnak ve çevresinde görülmekte ve diğer iki modelin aksine başka alanlarda izlenmemektedir. Bölge 1 ve Bölge

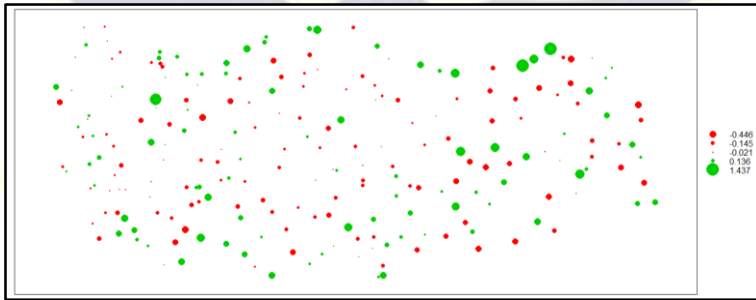
2 için oluşturulan modellere göre, varyans değerlerinin daha homojen olması 3. Bölge için oluşturulan modelde yüksek dağ sıraları ile depresyonların iç içe geçmesi ve modelin içinde doğrudan yükseklik verisi olmasa bile dolaylı olarak bunun modele katılması ile ilgilidir. Oysa Ege kıyı kesimi ve Marmara Bölgesi'ni içeren Bölge 1 ve sadece kıyıdağı istasyonlardan oluşan Bölge 2'ye ait modellerde istasyonların yükseklik dağılışı ile birbirine yakın olması varyans değerlerinde adalanmayı arttırmaktadır.



Şekil 79. Bölge 3 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Çapraz Geçerlilik yöntemiyle Kriging analizi test edilmiştir. Sonuç haritası Şekil 80'de gösterilmektedir. Bölge 1 ve 2'de yüksek tahmin değerlerinin Bölge 3'e göre daha yüksek olduğu, düşük tahmin değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 80. Bölge 3 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

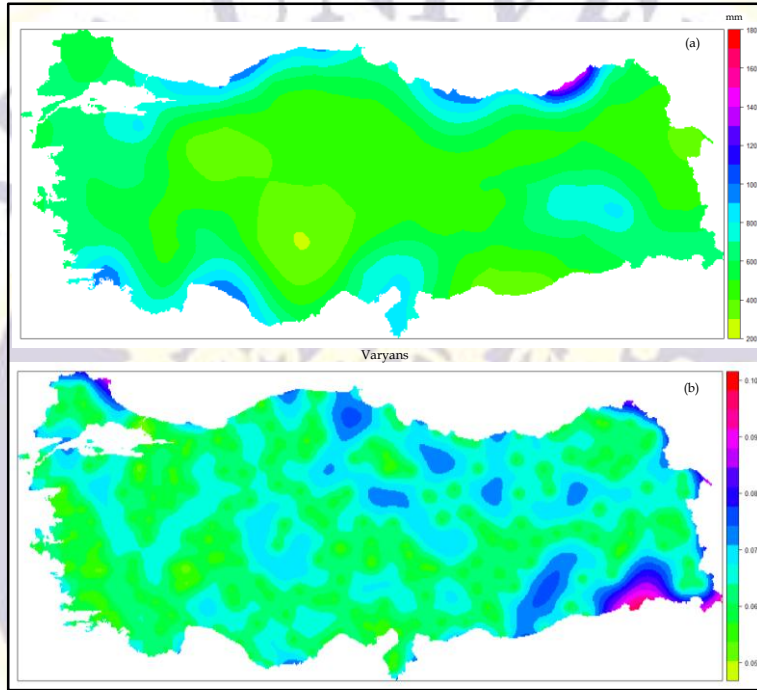
Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 59'da verilmiştir.

Çizelge 59. Bölge 3 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	307.2	258.6
Birinci Bölün	474.3	439.2
Ortanca	579.5	564.6
Ortalama	595.1	624.7
Üçüncü Bölün	693.5	727.9
Maksimum	1203.2	2249.9

Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası Şekil 80a'da, varyans haritası Şekil 80b'de verilmiştir.



Şekil 80. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

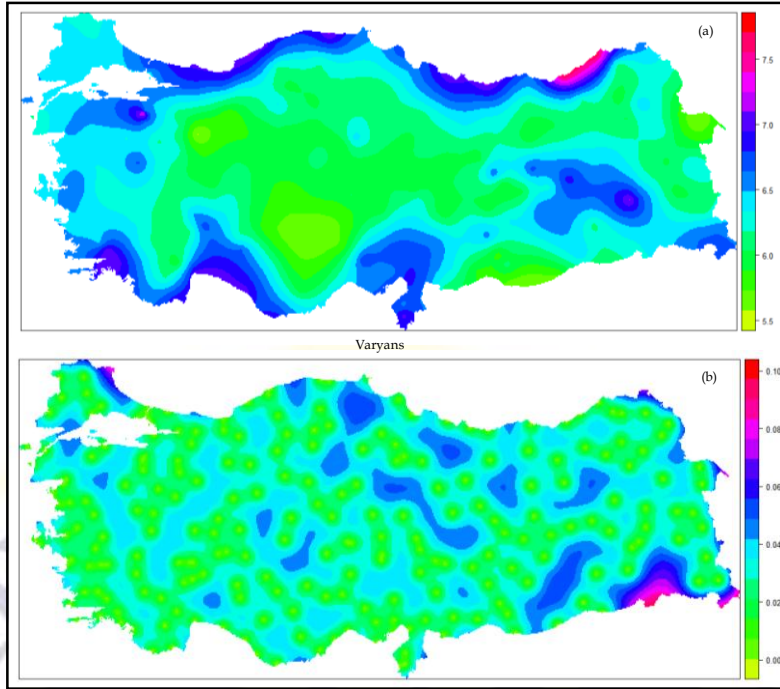
Çizelge 60'da OK yönteminin performans sonuçları verilmiştir.

Çizelge 10. Bölge 3 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
OK (Model 3)	-29.66	124.31	206.27	0.55

4.11.4. Bölge 4 Lokal Yarıvariogram Modeli ile Türkiye Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

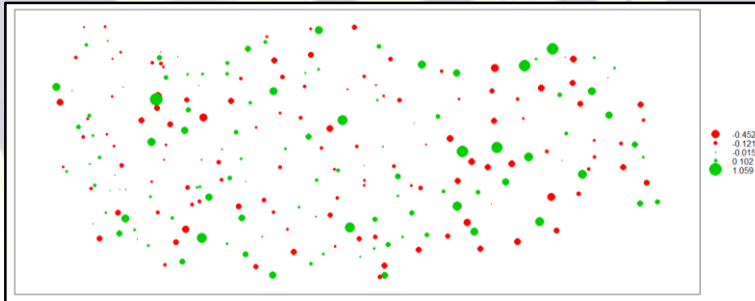
Bölge 4 model parametreleri kullanılarak Türkiye geneli gözlemi bulunmayan yerlerin OK yöntemiyle tahmini gerçekleştirilmiştir. OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 81'de gösterilmektedir. Varyans değerleri 0.00-0.10 arasındadır. Düşük varyans değerleri kapalı eğriler şeklinde olup, 0.02-0.04 arasında değişim göstermektedir.



Şekil 81. Bölge 4 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Çapraz Geçerlilik ile Kriging analizi test edilmiştir. Sonuç haritası Şekil 82’de gösterilmektedir. Hata değerlerinin çalışma sahasının genelinde 0 değerine yakın olduğu gözlemlenmektedir.



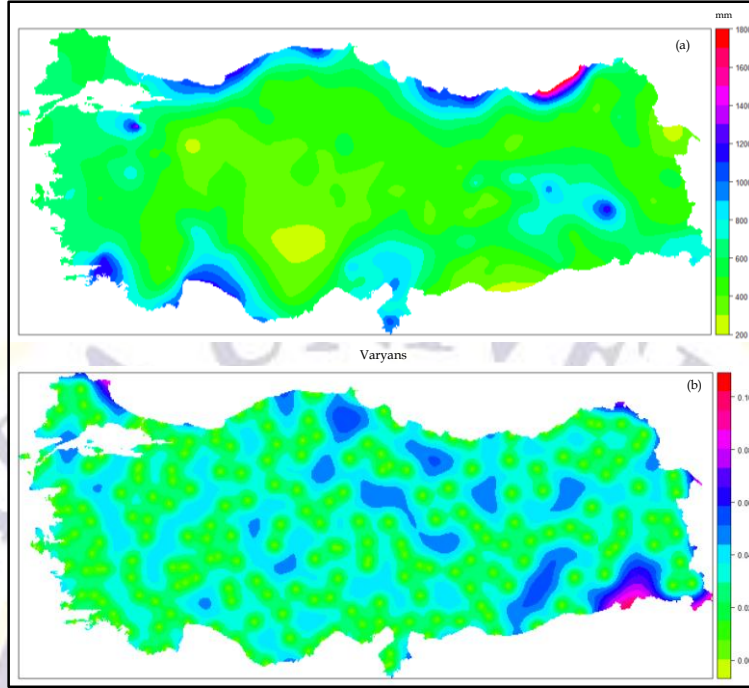
Şekil 82. Bölge 4 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 61. Bölge 4 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	268.9	258.6
Birinci Bölün	455.7	439.2
Ortanca	580.5	564.6
Ortalama	611.2	624.7
Üçüncü Bölün	700.7	727.9
Maksimum	1966.9	2249.9

Şekil 83a logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlere dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerine sahip yıllık ortalama toplam yağış dağılışı haritasını, Şekil 83b varyans haritasını göstermektedir.



Şekil 83. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

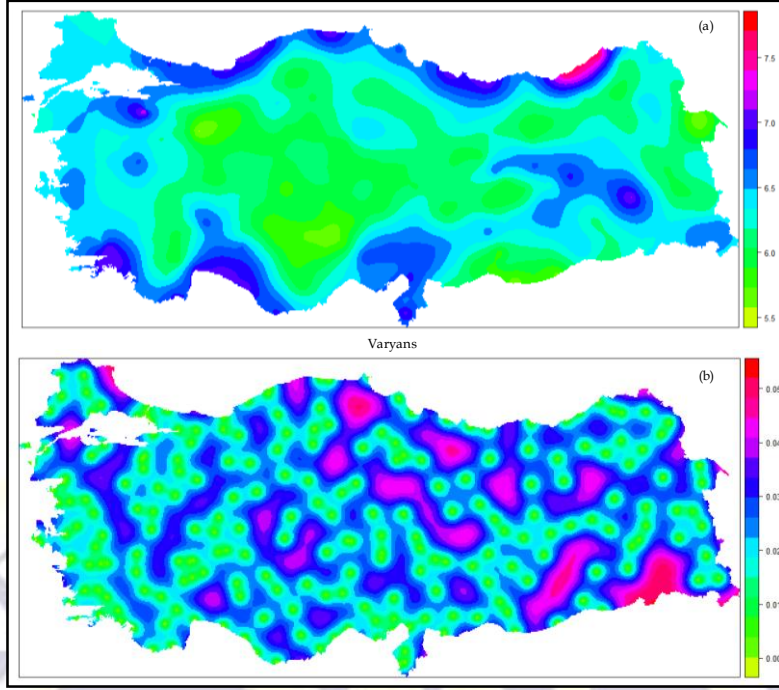
Çizelge 62’de OK yönteminin performans sonuçları verilmiştir. Bölge 4 lokal yarıvariogram modeli ile elde edilen Türkiye yıllık ortalama toplam yağış tahmin performans sonuçlarına göre diğer bölgelerin içinde en yüksek R^2 değerine sahiptir. Bu da gözlemlenen değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkın az olduğunu göstermektedir.

Çizelge 11. Bölge 4 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R^2
OK (Model 4)	-13.50	111.76	178.50	0.63

4.11.5. Bölge 5 Lokal Yarıvariogram ile Türkiye Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Haritası

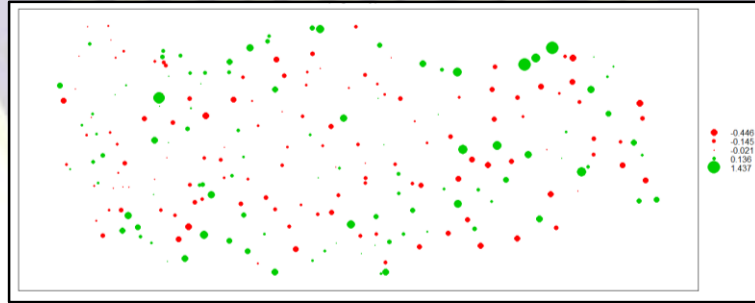
Bölge 5’e ait teorik yarıvariogram modeli kullanılarak global Kriging tahmin analizi yapılmış olup, analize ait OK tahmin ve varyans haritaları Şekil 84 (a, b)’de gösterilmektedir. Bölge 5’e ait varyans haritası incelendiğinde uç değerlerdeki yüksek varyans alanlarının daha çok olduğu görülmektedir. Kapalı eğriler şeklinde olan düşük varyans değerlerine sahip alanların etrafı göreceli olarak daha yüksek varyans değerine sahip alanlar ile çevrilidir.



Şekil 84. Bölge 5 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Kriging analizi, Çapraz Geçerlilik yöntemi ile test edilmiştir. Sonuç haritası Şekil 85’de gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 63’de verilmiştir. Buna göre, ortalama gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında 22.8’lik bir tahmin farkı vardır.



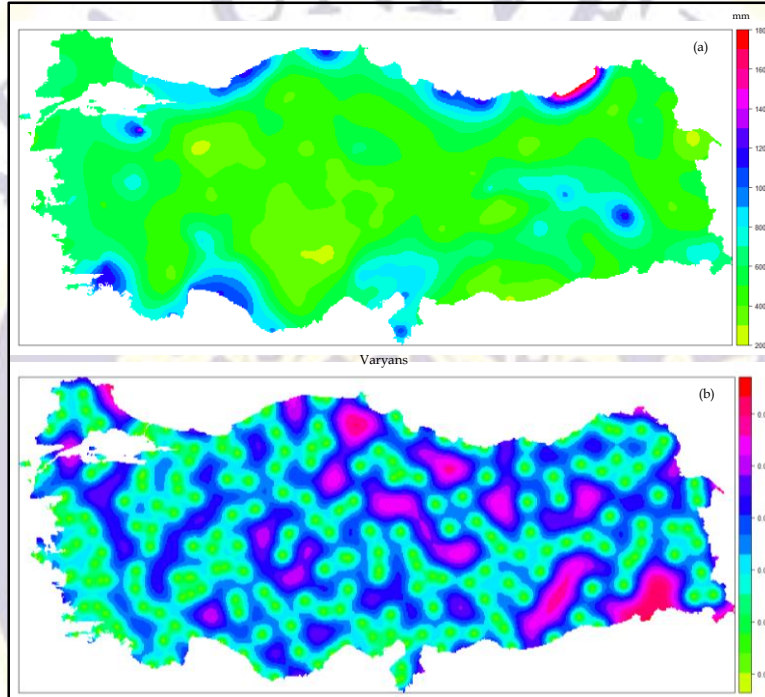
Şekil 85. Bölge 5 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 63. Bölge 5 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	309.3	258.6
Birinci Bölün	485.0	439.2
Ortanca	581.5	564.6
Ortalama	601.9	624.7
Üçüncü Bölün	652.3	727.9
Maksimum	1854.4	2249.9

Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası Şekil 86a'da, varyans haritası Şekil 86b'de gösterilmektedir.



Şekil 86. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılım haritası; (b) varyans haritası

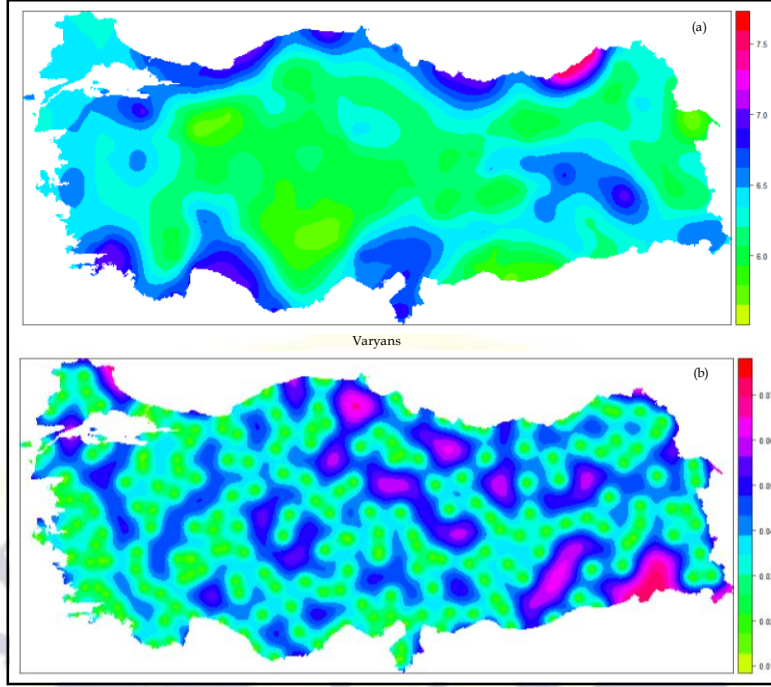
OK yönteminin performans sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 64'de verilmiştir.

Çizelge 64. Bölge 5 lokal yarıvარიogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
OK (Model 5)	-22.85	128.28	204.69	0.51

4.11.6. Bölge 6 Lokal Yarıvარიogram Modeli ile Türkiye Yıllık Toplam Yağış Tahmin Haritası

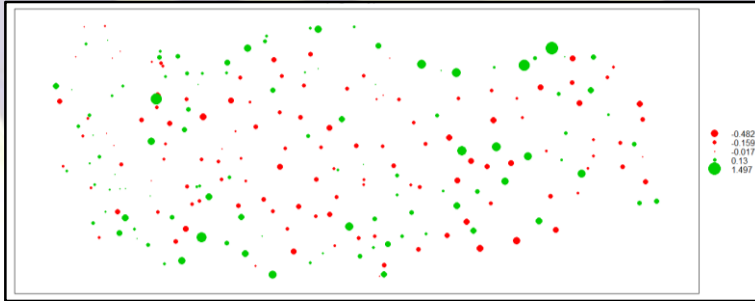
Bölge 6 teorik yarıvარიogram modeli kullanılarak Türkiye geneli gözlemi bulunmayan yerlerin OK yöntemiyle tahmini gerçekleştirilmiştir. Şekil 87 (a, b), OK tahmin ve varyans haritalarını göstermektedir. Bölge 6'ya ait varyans haritası incelendiğinde, Bölge 5 lokal yarıvარიogram modeli ile Türkiye yıllık ortalama toplam yağış varyans haritasına benzer sonuçlar vermektedir.



Şekil 87. Bölge 6 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve varyans haritaları

Not: Tahmin ve varyans haritaları OK yöntemiyle elde edilmiştir. Kriging tahmini, gözlemlenen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü uygulanmıştır.

Kriging analizi, Çapraz Geçerlilik ile test edilmiştir. Sonuç haritası Şekil 88’de gösterilmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için, gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 65’de verilmiştir.



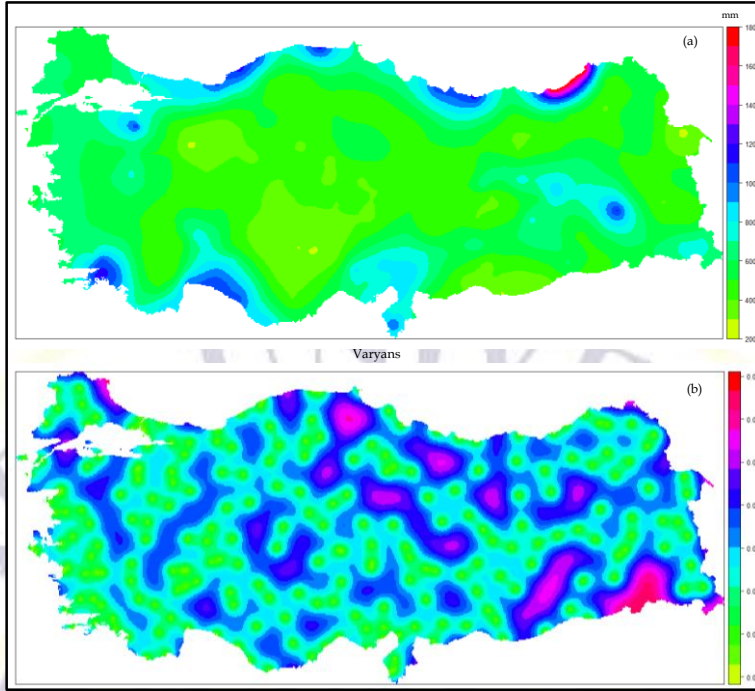
Şekil 88. Bölge 6 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış değişkeni için Çapraz Geçerlilik (One Leave Out) yöntemiyle elde edilen hata haritası

Not: Hata tahmin haritasında yeşil renkler, tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden düşük olduğunu (düşük tahmin); kırmızı renkler ise tahmin edilen değerlerin gözlemlenen değerlerden yüksek olduğunu (yüksek tahmin) göstermektedir.

Çizelge 65. Bölge 6 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Tahmin edilen	Gözlemlenen
Minimum	323.4	258.6
Birinci Bölün	483.4	439.2
Ortanca	582.4	564.6
Ortalama	599.5	624.7
Üçüncü Bölün	668.1	727.9
Maksimum	1738.6	2249.9

Şekil 89a, logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritasını, Şekil 89b varyans haritasını göstermektedir.



Şekil 89. (a) Logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilen gerçek yağış değerlerine sahip yağış dağılışı haritası; (b) varyans haritası

Çizelge 66 ise, OK yönteminin performans değerlerini göstermektedir.

Çizelge 66. Bölge 6 lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modelinin performans değerleri

	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
OK (Model 6)	-25.26	125.89	200.58	0.55

4.11.7. Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağış için Lokal Yarıvariogram Modelleri ile Oluşturulan Global Modellerin Karşılaştırılması

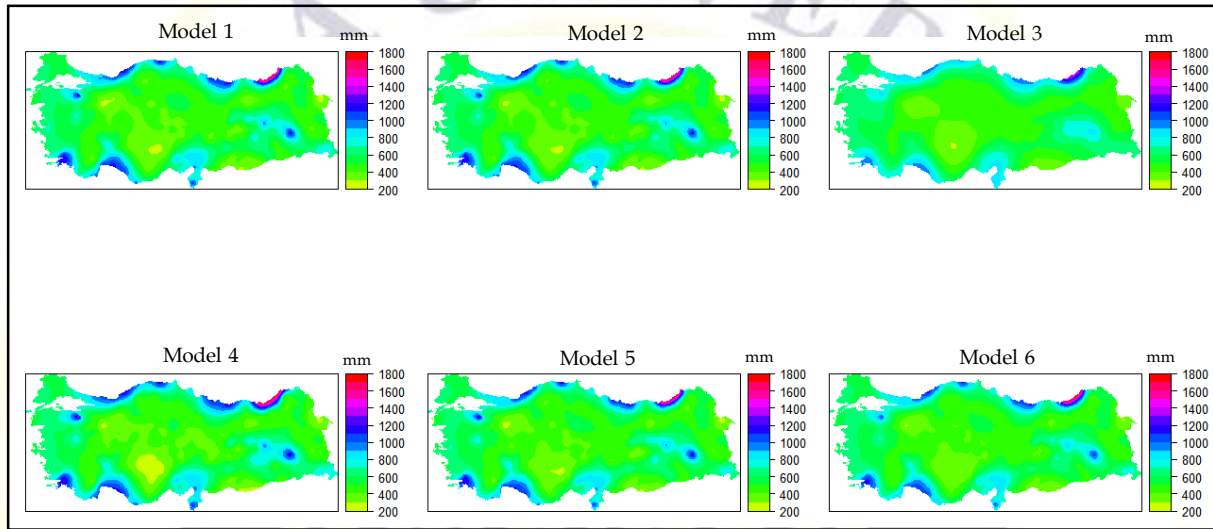
Bu çalışmanın üçüncü bölümünü, lokal mekânsal özelliklerin global mekânı daha iyi karakterize edip edemeyeceğini tespit etmek için, lokal alanda oluşturulan altı teorik yarıvariogram modellerinden, altı ayrı global Kriging analizi ile yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasının elde edilmesi oluşturmaktadır (Şekil 90). Bölgesel teorik yarıvariogram modellerinin tüm Türkiye’ye uyarlanması ile elde edilen haritalarda önemli varyans farklılıkları görülmektedir. Ancak, tüm modellerde Şırnak, Boyabat, İğne ada gibi alanlarda yüksek varyans değerlerine rastlanılmıştır. Bu da hata payının bu alanlarda yüksek olduğunu göstermektedir. Modellerin varyans değerleri karşılaştırıldığında topografik olarak engebenin fazla ve istasyonlar arasında yükseklik farkının olduğu modellerde istasyonların varyans değerleri daha alansal bir dağılışı göstermektedir. Yarılmanın az ve istasyonlar arasında yükseklik farkının az olduğu modellerde varyans değerlerinin alansal dağılıştan çok birbirinden bağımsız noktasal dağılışı izlediği görülmektedir. Bu durum, model duyarlılığını düşürmektedir.

Lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modellerinin performans değerleri karşılaştırılması Çizelge 67’de verilmektedir. Modellerin R² değerleri 0.50 değerinden yüksektir. Bu lokal Kriging yöntemlerinin tüm alanda kullanılabilmesi anlamına gelmektedir. Bölge 4’e ait teorik yarıvariogram modelinin global Kriging analizi sonucunda bu değer

0.63 olarak kaydedilmiştir. ME, MAE, RMSE değerleri de diğer modellerin performans sonuçlarından düşüktür. Bu durum modelin başarı performansının diğer model sonuçlarına göre yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 67. Lokal yarıvariogram modeli kullanılarak gerçekleştirilen Türkiye geneli OK modellerin performans değerleri

	Model	ME	MAE	RMSE (mm)	R ²
Model 1	Exponential/FitMethod 7	-18.40	122.20	194.70	0.55
Model 2	Spherical/Fit Method 7	-20.52	123.11	196.22	0.55
Model 3	Spherical/Fit Method 7	-29.66	124.31	206.27	0.55
Model 4	Spherical/Fit Method 7	-13.50	111.76	178.50	0.63
Model 5	Spherical/Fit Method 7	-22.85	128.28	204.69	0.51
Model 6	Spherical/Fit Method 7	-25.26	125.89	200.58	0.55



Şekil 90. Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış için lokal teorik yarıvariogram modelleri ile oluşturulan global modellerin karşılaştırılması

Not: OK tahmin modelleri logaritmik değerlerin tekrar orijinal değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Model 1, Exponential teorik yarıvariogram ve Fit Method 7; Model 2, Spherical teorik yarıvariogram, Fit Method 7; Model 3, Spherical teorik yarıvariogram, Fit Method 7; Model 4, Spherical teorik yarıvariogram, Fit Method 7; Model 5, Spherical teorik yarıvariogram, Fit Method 7; Model 6, Spherical teorik yarıvariogram, Fit Method 7 kullanılarak oluşturulmuştur.

4.11.8. Genel Değerlendirme

Çevresel analizlerde çevresel değişkenler önemli bir girdi bilgisini oluşturmaktadır. Bu nedenle çevresel çalışmalarda çevresel değişkenlerin mekânsal olarak modellenmesi oldukça önemlidir. Pek çok uygulamalı yer ve çevre biliminde doğal kaynakların başarılı bir şekilde yönetimi için ilgili ve detaylı çevresel değişkenlerin doğru olarak üretilmesi önkoşuldur. Çevresel değişkenlerin üretilmesinde kullanılan yöntemler tecrübeye dayalı ve istatistiksel yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tecrübeye dayalı yöntemler, kişilerin bilgi ve deneyimlerini kullanılır. Özellikle 1970’li yıllara kadar olan süreçte tecrübeye dayalı çevresel değişkenlerin üretilmesi yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak, 1970’li yıllardan sonra çevresel değişkenlerin belirlenmesinde istatistiksel yaklaşımlar tercih edilmiştir. İstatistiksel yöntemlere geçiş sürecinde etkili olan en önemli faktör bilgisayar teknolojisinin çalışma ortamlarındaki kullanım yaygınlığı olmuştur. Bununla birlikte GIS’de meydana gelen gelişmeler sonucunda da, istatistiksel yaklaşımlar GIS ile etkili bir biçimde uygulanabilir hale gelmiştir. GIS, istatistik metodlarla birleştiğinde, mekânsal verinin analiz edilmesini, görüntülenmesini ve yönetimini sağlayacak etkili bir dizi araç sağlamaktadır (Krivoruchko, vd., 2003; Anselin, 2003; Wong ve Lee, 2005). Bu sebeple, istatistik teknikleri ile GIS’in bir arada kullanımı karmaşık coğrafi problemlerin

çözümünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Jeostatistik ilk olarak madencilik araştırmalarında kullanılmış olsa da özellikle 1980'li yıllardan sonra hidroloji olmak üzere, yeraltı suları hidrolojisi, toprak bilimi, klimatoloji, ekoloji, çevre gibi farklı bilim alanlarında da sıkça kullanılmaya başlanmıştır. İklim değişikliği, yağış miktarı ve düzeninde belirgin ölçülerde sapmalara, bu çerçevede kuraklık ve seller ile fırtınalar gibi felaketlerin şiddetinin ve sıklığının artmasına, okyanuslarda tuzlanma ve asitlenmeye neden olmaktadır (Özkaya, 2013). Sera etkisiyle daha yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır. Bunun etkisi daha güçlü bir hidrolojik döngüye ve alışıla gelmeyen yağışların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (IPCC, 1995). İklim değişim modelleri, uzun sürelerde düşen daha az şiddetli yağışlar yerine, sıcak hava dalgaları sonucu oluşan şiddetli yağışların oluşma olasılığının artırdığını göstermektedir (Mc Farlane, vd., 1992; Johns, vd., 1997). Bu nedenle sera etkisinin sadece sıcaklıkları yükselteceği değil, yağış karakteristiklerini de önemli derecede etkileyeceği beklenmektedir (Sauerborn, vd., 1999). İklim değişiminin yağış özelliklerinde meydana getirdiği değişimler belirgindir. Türkiye'nin bulunduğu hassas konumundan ötürü doğal ve sosyal ortamda çeşitli olumsuzluklara neden olabilecektir. Türkiye'nin 1951-2004 tarihleri arasında, yıllık ortalama toplam yağış miktarı incelendiğinde; sonbahar ve kış dönemlerinde önemli değişiklikler bulunmaktadır. Kış aylarında, yağışların Türkiye'nin batı bölgelerinde son 50 yılda azaldığı, Orta Anadolu'nun kuzey bölgelerinde sonbahar aylarında arttığı gözlenmiştir. Karadeniz sahili boyunca yağışların artış gösterdiği, Ege ve Akdeniz sahilleri boyunca da düşüş gösterdiği izlenmiştir (Kömüşçü, vd., 2003). Orta Anadolu'daki yağışlarda çok az veya hiç değişiklik gözlemlenmemektedir. Diğer taraftan, sel ve taşkın olayları bakımından da Türkiye'nin özellikle kıyı bölgeleri ciddi bir meteoroloji afet olarak ortaya çıkmakta ve önemli derecede can ve mal kaybına neden olmaktadır (Ceylan ve Kömüşçü, 2007). Yüksek yağış miktarlarının kısa zaman aralıklarında düşmesi ile yüksek enerjili ve şiddetli kasırgalar ve bununla birlikte seller ve taşkınların şiddeti ve sıklığının artması öngörülmektedir (Karaca, vd., 2008). Bu sebeple, yağış ve etkileri özellikle araştırılması gereken en önemli iklim değişimi bileşenlerinden biridir. Yağış dağılışının en iyi şekilde belirlenmesi etkisi altında bıraktığı tüm etmenler açısından büyük önem arz etmektedir. Yağış özellikle karmaşık topografyaya sahip olan alanlarda çok kısa mesafelerde değişiklik göstermekte ve birçok faktörlerden etkilenmektedir. Gerçekte bu kadar değişkenlik gösteren yağış değişkeninin çok sık dağıtılmış meteoroloji istasyon ağları ile gözlemlenmesi gerekmektedir. Genel olarak gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere göre bu istasyon ağlarının daha yoğun olarak oluşturulduğu ortadadır. Ekonomik etken gelişmiş olan ülkelere buna imkân tanımaktayken, Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler de bu çok kolay değildir. Ancak, teknolojik gelişmeyle birlikte modelleme çalışmalarının gelişmesi sonucunda yağış gibi çok değişkenlik gösteren çevresel değişkenlerin hassas bir şekilde değerlendirilebilmesi kolay hale gelmiştir.

Bölgelerin topografik özellikleri, gözlem değeri alınan meteoroloji istasyon sayısı gibi faktörlere bağlı olarak değerlendirilen ve sonuçta önerilen teorik yarıvariogram modelleri farklılık göstermektedir. Bir bölge için uygun olan model diğer bir bölgedeki karakteristikleri doğru olarak modelleyememektedir. Bu nedenle global yarıvariogram modelleriyle yapılan tahminlerin yanında bölgesel farklılıklardan kaynaklanabilecek farklılıklar göz önünde bulundurularak lokal modellerin Kriging tahmininde kullanılması yağışın modellenmesinde daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayabilir (Haas, vd., 1990a, 1990b). Bu nedenle bu çalışmada, farklı yöntemlerle elde edilen global teorik yarıvariogram modelleri ile oluşturulan Kriging tahmin haritalarının yanı sıra, lokal karakteristikleri yansıtan altı ayrı bölge için altı farklı teorik yarıvariogramdan elde edilen lokal Kriging tahmin haritaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın diğer bir aşamasını ise, mekânın lokal karakteristiklerini belirleyen lokal teorik yarıvariogramların global Kriging tahminlerinde girdi olarak kullanılıp, global Kriging tahmin haritalarının oluşturulmasıdır. Buradaki amaç, bazı durumlarda lokal teorik yarıvariogramların global Kriging yöntemlerinde daha iyi tahmin sonuçları elde edilmesini sağlayacağı ihtimalidir (Haas, vd., 1990a, 1990b, 1995; Whelan, vd., 2002).

Çapraz Geçerlilik için Wilmott'un (1982) önerdiği şekilde tahmin edilen veri ile gerçek veri arasındaki hatayı gösteren istatistiksel hesaplamalardan yararlanılmıştır. R^2 değeri ile model performansı

arasındaki ilişkinin yeterli belirlenememesi nedeniyle çalışmada ME, MAE ve RMSE gibi diğer istatistiksel yöntemlerden de faydalanılmıştır. Gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerin ortalama farkı RMSE ve MAE ile diğer yöntemlere göre daha iyi model performans değerlendirme sağlamaktadır (Wilmott, 1982). Bu nedenle, çalışmada R^2 ve ME'nin yanı sıra, RMSE ve MAE değerleri de hesaplanmıştır. RMSE hesaplamalarında hata üzerine çok fazla ağırlık verilirken, MAE uç değerlere daha az hassastır. Enterpolasyon sonuçlarına göre MAE değerleri RMSE değerlerine göre daha düşüktür. Bu da MAE'un uç değerlerden az etkilenmesiyle açıklanabilir. Enterpolasyon sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel hesaplama araçlarının yanı sıra, Daly vd. (2002), sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesinin de göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle yağışın mekânsal dağılımıyla ilgili bilgiye dayalı yorumlar da yapılmıştır.

4.12. Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağış Tahmin Sonuçlarından Su Potansiyelinin Hesaplanması

Bir ülkenin su potansiyeli, bulunduğu yerin enlemine, boylamına, jeolojik, topografik yapısına ve bitki örtüsüne göre oluşmaktadır. Türkiye bu özellikler altında 26 hidrolojik su havzasına ayrılmış olup, yer altı ve yüzey suyu potansiyelinde önemli bir farklılık göstermektedir. Yağış, su potansiyelini etkileyen en önemli unsurdur. Türkiye'nin topografik yapısı, kısa mesafede yükseklik farklılıklarının bulunması, kıyılara paralel yüksek dağ sıralarının varlığı, gibi pek çok sebep hidrolojik su havzalarına düşen yağışı etkilemektedir. Bundan dolayı, su havzalarının su potansiyelleri farklılık göstermektedir. Bir ülkenin su varlığının gerçeğe yakın olarak hesaplanması, yıllık ortalama toplam yağış miktarının ve yağışın alansal dağılımının iyi bilinmesiyle mümkündür. Türkiye'de istasyon ağının özellikle dağlık alanlarda yetersiz olması, bu değerlerin hesaplanmasında en önemli sorunu oluşturmaktadır. Bu sebeple, doğru yağış dağılım haritalarının elde edilmesi önemlidir. Türkiye yakın gelecekte su sıkıntısı çeken ülke haline gelecektir. Bu duruma karşı önlem alabilmek, yağış miktarının tam olarak hesaplanmasıyla mümkündür. DSİ tarafından Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış değeri 643 mm ve toplam yağış miktarı 501 milyar m^3 olarak hesap edilmiştir. Global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası kullanılarak hesap edilen yağış ortalaması Türkiye genelinde 559.2 mm ve toplam yağış miktarı 433.9 milyar m^3 olarak çıkmıştır. Altı bölgenin lokal Kriging tahmin haritalarından faydalanılarak hesaplanan yağış ortalaması 582.1 mm ve toplam yağış miktarı 451.7 milyar m^3 olarak saptanmıştır. Bölge 4'ün teorik yarıvariogramı kullanılarak global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından Türkiye yağış ortalaması 559.2 mm ve yağış toplamı 433.9 milyar m^3 elde edilmiştir. Her üç modelden çıkan sonuçlar DSİ tarafından hesap edilen değerlerden düşüktür. Global Kriging yöntemiyle elde edilen Türkiye yağış toplamı her iki modelde de 501 milyar m^3 olan değerinden 67.1 milyar m^3 daha düşük tahminler yapmıştır. Lokal Kriging yöntemiyle oluşturulan modelde ise bu miktar 49.3 milyar m^3 'e düşmektedir. Her 3 modelde %13.4 ve 9.8 arasında az tahmin yapmıştır. Bu değer Türkiye gibi kullanılabilir su açısından sınırdaki bulunan bir ülke için oldukça önemlidir. Bu durum su potansiyelinin doğru olarak hesaplanmasında ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

OK tekniği kullanılarak elde edilen yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritaları ile 26 su hidrolojik havzanın yağış değerleri hesap edilmiştir. Çizelge 68, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından hesaplanan havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış değerlerini ve farklı yöntemler kullanılarak elde edilen tahmin haritalarından havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış değerlerini göstermektedir. Havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış miktarlarının karşılaştırılması Çizelge 69'de gösterilmektedir. Şekil 91, Çizelge 68 ve 69'a göre Nested (Hole&Matern) teorik yarıvariogram kullanılarak elde edilen yıllık ortalama toplam yağış tahmin ve Bölge 4 için oluşturulan lokal teorik yarıvariogram kullanılarak elde edilen global Kriging tahmin haritalarından hesaplanan su potansiyel değerleri DSİ'nin hesapları ile karşılaştırıldığında, daha düşük değerler tahmin ettiği görülmektedir. Bunlar sırasıyla 19 ve 20 su toplama havzası için düşük tahmin yapmıştır. Diğer taraftan, lokal Kriging analizleri sonucu elde edilen 6 bölgenin haritalarından hesap edilen su potansiyel değerlerinin, DSİ'nin hesaplarından daha yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir.

Üretilen modellerden elde edilen havza yağış ortalamaları ile DSİ'nin havza yağış ortalamaları kıyaslandığında genellikle plato sahalarından oluşan havzaların büyük bir kesimi ve iç bölgelerde kalan havzalarda yağış değerleri yüksek veya DSİ'nin değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Örneğin Kızılırmak, Yeşilirmak, Meriç-Ergene, Burdur, Van Gölü, Aras, Akarçay havzalarında yağış değerleri DSİ'nin değerlerinden yüksek, Konya gibi havzalarda yakındır. Bunun dışında Doğu ve Batı Karadeniz, Antalya, Doğu Akdeniz gibi yüksek dağ sıralarından kaynaklarını alan havzalarda yükselti etkisinin bulunduğu alanlarda yağış tahmin modelleri düşük çıkmıştır. Lokal Kriging analizleri sonucu elde edilen 6 bölgenin yağış tahmin haritalarından hesap edilen su potansiyel değerleri, diğer modellerden faydalanılarak hesap edilen değerlerden daha yüksektir ve DSİ'nin tahmin değerlerine yakındır.

Türkiye ve havzalar genelinde hesap edilen değerler üç modelde DSİ'nin değerlerine göre az tahmin yapmıştır. Bu durum özellikle dağlık havzalarda daha belirgindir. Global modellerde tahminin daha düşük olma olasılığı fazladır. Bölgesel modellerde yağış homojenliğinin daha fazla olması nedeniyle bu az tahmin daha düşük değerlerde görülmektedir.

Çizelge 68. Havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış miktarı

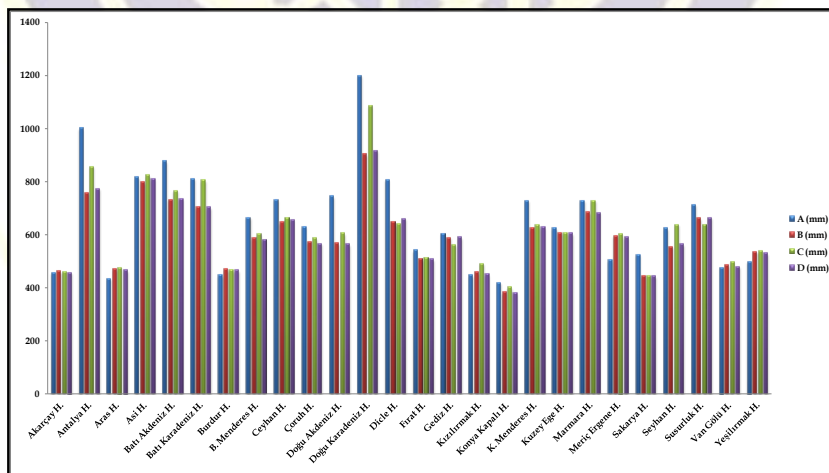
Havza Adı	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
Akarçay Havzası	455.8	462.3	460	455.7
Antalya Havzası	1000.4	757.4	855.9	771.1
Aras Havzası	432.4	469.9	473.4	464.8
Asi Havzası	815.6	796.9	823.9	810.6
Batı Akdeniz Havzası	875.8	731.8	766.4	734.1
Batı Karadeniz Havzası	811	702.7	805.5	702.1
Burdur Havzası	446.3	468.8	464.5	466.4
Büyük Menderes Havzası	664.3	586.3	602	579.9
Ceyhan Havzası	731.6	647.3	660.6	654.8
Çoruh Havzası	629.4	570.9	587.2	566.3
Doğu Akdeniz Havzası	745	567.5	604.3	563.7
Doğu Karadeniz Havzası	1198.2	903.9	1086.5	915.6
Dicle Havzası	807.2	647.6	637.6	660.1
Fırat Havzası	540.1	508.2	511.8	506.8
Gediz Havzası	603	588.5	561.8	590.8
Kızılırmak Havzası	446.1	456.9	491.3	450.5
Konya Kapalı Havzası	416.8	382.7	400.1	379.7
Küçük Menderes Havzası	727.4	624.3	634.2	628.7
Kuzey Ege Havzası	624.2	606.2	606.6	605.8
Marmara Havzası	728.7	683.4	728.8	682.6
Meriç Ergene Havzası	504	595.2	600.7	590.1
Sakarya Havzası	524.7	444.7	444.7	442
Seyhan Havzası	624	553.9	635.8	563.2
Susurluk Havzası	711.6	662.0	635.4	663.6
Van Gölü Havzası	474.3	483.4	496.1	478.8
Yeşilirmak Havzası	496.5	533.9	535.4	530.6

Not: Çizelgede A, DSİ tarafından hesaplanan yağış miktarını; B, global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını; C, lokal Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritalarından hesaplanan yağış miktarını; D, lokal teorik yarıvariogram kullanılarak global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını göstermektedir.

Çizelge 12.Havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış miktarlarının karşılaştırılması

Havza Adı	A-B (mm)	A-B (%)	A-C (mm)	A-C (%)	A-D (mm)	A-D (%)
Akarçay Havzası	6.5	1.4	4.2	0.9	-0.1	0.0
Antalya Havzası	-243	-32.1	-144.5	-16.9	-229.3	-29.7
Aras Havzası	37.5	8.0	41	8.7	32.4	7.0
Asi Havzası	-18.7	-2.3	8.3	1.0	-5	-0.6
Batı Akdeniz Havzası	-144	-19.7	-109.4	-14.3	-141.7	-19.3
Batı Karadeniz Havzası	-108.3	-15.4	4.5	-0.7	-108.9	-15.5
Burdur Havzası	22.3	4.8	18.2	3.9	20.1	4.3
Büyük Menderes Havzası	-78	-13.3	-62.3	-10.3	-84.4	-14.6
Ceyhan Havzası	-84.3	-13.0	-71	-10.7	-76.8	-11.7
Çoruh Havzası	-58.5	-10.2	-42.2	-7.2	-63.1	-11.1
Doğu Akdeniz Havzası	-177.5	-31.3	-140.7	-23.3	-181.3	-32.2
Doğu Karadeniz Havzası	-294.3	-32.6	-111.5	-10.3	-282.6	-30.9
Dicle Havzası	-159.6	-24.6	-169.6	-26.6	-147.1	-22.3
Fırat Havzası	-31.9	-6.3	-28.3	-5.5	-33.3	-6.6
Gediz Havzası	-14.3	-2.5	-41.2	-7.3	-12.2	-2.1
Kızılırmak Havzası	10.8	2.4	45.2	9.2	4.4	1.0
Konya Kapalı Havzası	-34.1	-8.9	-16.7	-4.2	-37.1	-9.8
Küçük Menderes Havzası	-103.1	-16.5	-93.2	-14.7	-98.7	-15.7
Kuzey Ege Havzası	-18	-3.0	-17.6	-2.9	-18.4	-3.0
Marmara Havzası	-45.3	-6.6	0.1	0.0	-46.1	-6.8
Meriç Ergene Havzası	91.2	15.3	96.7	16.1	86.1	14.6
Sakarya Havzası	-80	-18.0	-80	-18.0	-82.7	-18.7
Seyhan Havzası	-70.1	-12.7	11.8	1.9	-60.8	-10.8
Susurluk Havzası	-49.6	-7.5	-76.2	-12.0	-48	-7.2
Van Gölü Havzası	9.1	1.9	21.8	4.4	4.5	0.9
Yeşilırmak Havzası	37.4	7.0	38.9	7.3	34.1	6.4

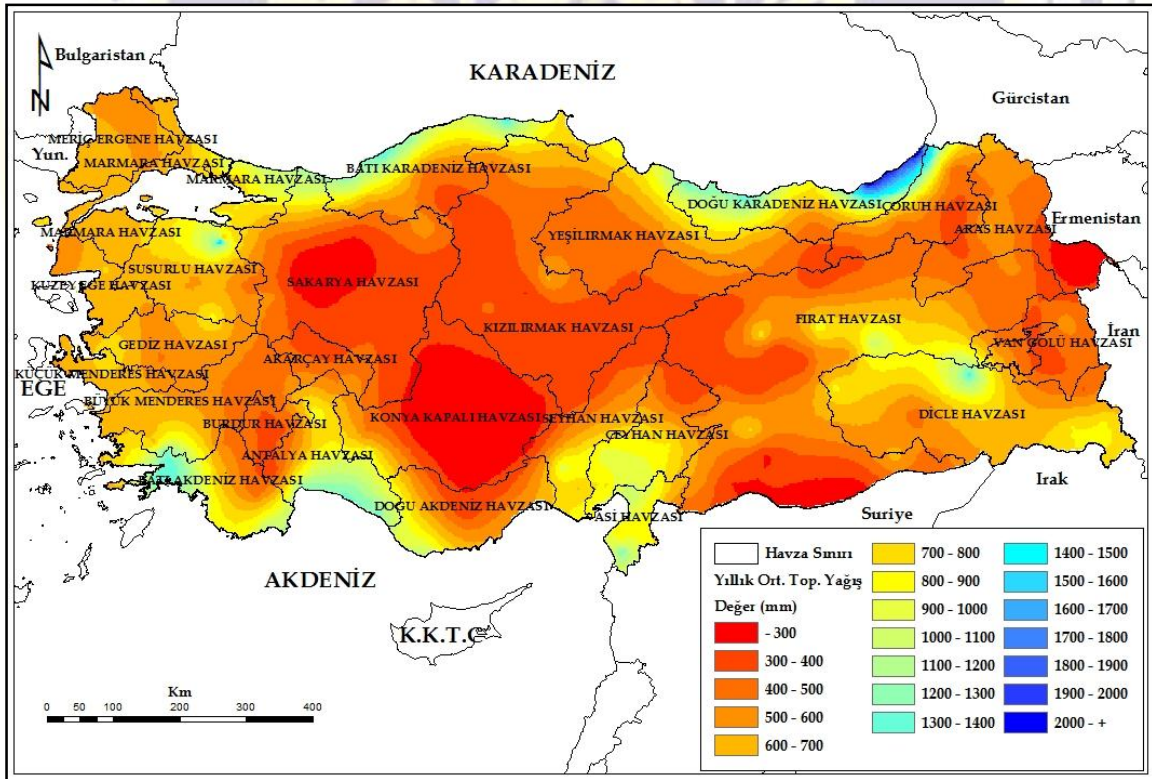
Not: Çizelgede A, DSİ tarafından hesaplanan yağış miktarını; B, global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını; C, lokal Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritalarından hesaplanan yağış miktarını; D, lokal teorik yarivariogram kullanılarak global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını göstermektedir. DSİ'den fazla olan değerler pozitif, az olan değerler negatif olarak belirtilmiştir.



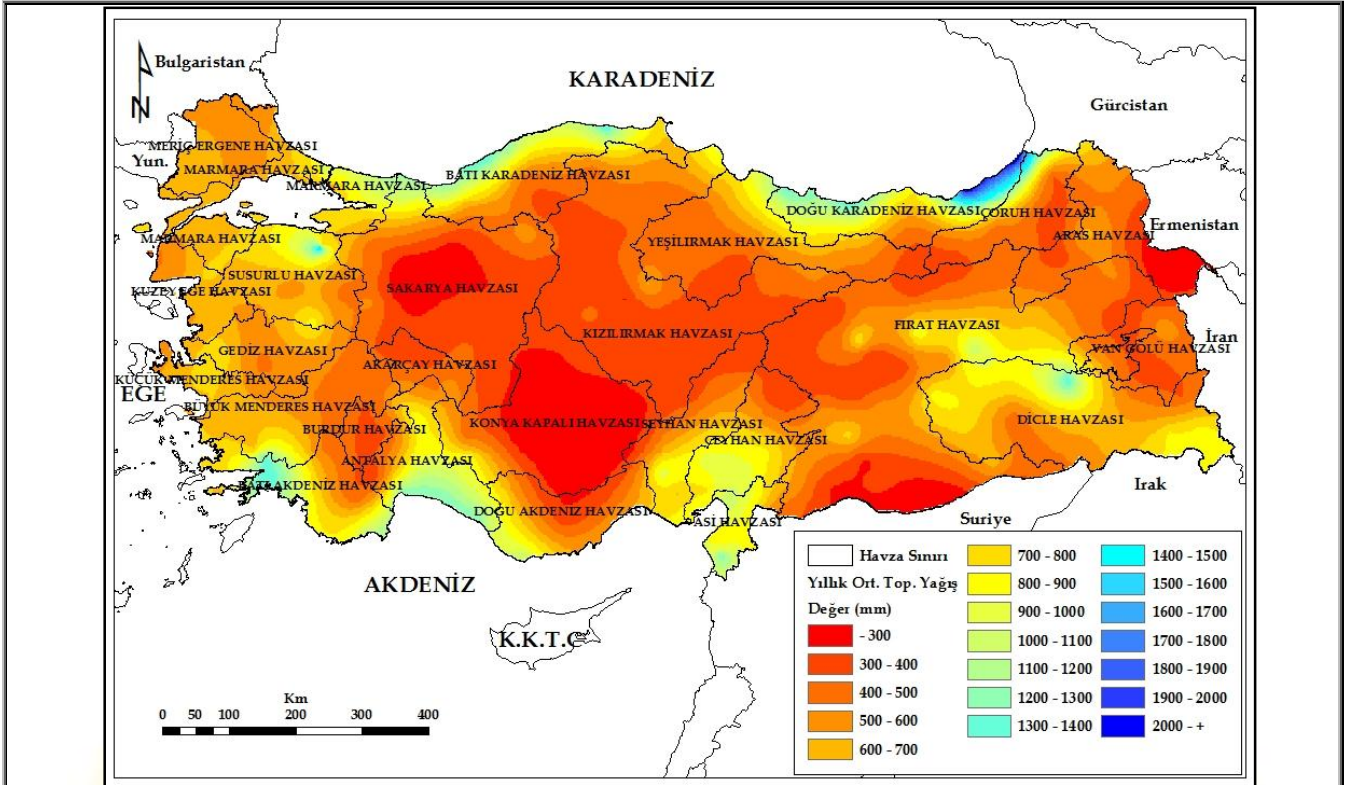
Şekil 91. Havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış miktarı (mm)

Not: Çizelgede A, DSİ tarafından hesaplanan yağış miktarını; B, global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını; C, lokal Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritalarından hesaplanan yağış miktarını; D, lokal teorik yarivariogram kullanılarak global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritasından hesaplanan yağış miktarını göstermektedir.

Şekil 92’de Nested (Hole&Mátern) teorik yarıvariogramı kullanılarak elde edilen yağış dağılışı haritası görülmektedir. Buna göre, Türkiye’de yağış dağılışı yükseklik değişimine hassas olduğu alansal korelasyon yaparken, buna ait bilgilerin doğruya yakın yansıtıldığı görülmektedir. Özellikle Bitlis-Bingöl çevresi, Simav Dağları ve Uludağ-Zirve alanları kapalı eş yağış eğrileri oluşturmaktadır. Bu durum modelin, yüksekliğe bağlı yağış dağılışına hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Kelkit ve Çoruh Nehirlerinin çukur alanlarındaki ve Göller yöresindeki yağış azlığının haritaya yansması yüksektir. Bu yöntem ile elde edilen harita yağış dağılışının alansal dağılışında önemli görsel sorunlar içermektedir. Yüksekliğin yağış dağılışı modellerine entegre edilmemesi nedeniyle ve Türkiye’de dağların denize bakan yamaçları ile yağış gölgesinde kalan yamaçlar arasında büyük yağış zıtlıkları görülmesi anormal eş yağış eğrisi ilişkilerine neden olmuştur. Karadeniz Dağları’nın kuzeye bakan yamaçlarını içeren Bölge 2 ile kabaca Doğu Anadolu Bölgesini kapsayan Bölge 3’ün sınır bölgesinde 1500 mm yağış alan kıyı kesimi ile 400 mm yağış alan kesim anormal dokunak oluşturmaktadır. Bu durumun benzerini Akdeniz ile İç Anadolu arasında da görmek mümkündür. Bunun nedeni 6 farklı modelin farklı yağış tahminlerini bir araya getirmesidir. Ancak topografyanın etkisinin azaldığı Batı Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Marmara Bölgesi gibi alanlarda yağış dağılışı diğer modellere uygundur. Bu nedenle farklı lokal hesaplamalardan daha doğru tahmin haritaları elde etmek için mutlaka yükseklik ve bakı faktörünün modele entegre edilmesi gerekmektedir. Bölge 4 için oluşturulan lokal teorik yarıvariogramın tüm Türkiye’ye uygulanması ile elde edilen yağış dağılışı haritası Şekil 93’de görülmektedir. Bu modelde de alansal korelasyon yüksektir. Güneybatı Anadolu’daki yüksek yağış ile Antalya körfezindeki asimetric yağış dağılışı, Bingöl-Bitlis çevresindeki yüksek yağış ile Elazığ, Kahramanmaraş gibi topografik olarak çevresinden alçak alanlardaki yağış azalışı teorik yarıvariogram modeli ile gözlenen arasındaki uyumu iyi yansıtmaktadır. Benzer durumu Doğu Karadeniz’de Trabzon’daki Fener (Yoroz) Burnu’nun batı ve doğusundaki yağış azalış ve artışı da doğrulamaktadır.



Şekil 92. Nested teorik yarıvariogram kullanılarak elde edilen Türkiye yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritası



Şekil 93. Bölge 4 için oluşturulan lokal teorik yarıvariogram kullanılarak Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağış tahmin modeli

V. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin topografik yapısı, kısa mesafede büyük yükseklik farklılıklarının bulunması, kıyılara paralel yüksek dağ sıralarının varlığı gibi pek çok neden, yağış dağılımının karmaşık bir yapı göstermesine neden olmaktadır. Meteoroloji gözlem ağının yatayda ve dikeyde yetersiz ve heterojen dağılımı yine yıllık ortalama toplam yağış dağılımının tam olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu gibi etmenler geleneksel yöntemlerle su potansiyelinin belirlenmesi ve planlanmasında sorunlara yol açabilmektedir. İklim değişikliği sonucunda yağışta görülecek değişimlere neden olan girdilerin temelini ülkenin yağış dağılımının doğru şekilde hesap edilmesi oluşturur. Böylece havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin hesap edilmesi ileriye dönük planlamalardaki tahminlerin daha gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Günümüze kadar Türkiye’de yağış dağılımı tam olarak ortaya çıkarılamamıştır. Bu durum klimatoloji ve hidroloji gibi çalışmalarda önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle geleneksel deterministik yöntemler yerine model temelli jeostatistik yöntemler kullanılarak, Türkiye’deki (1976-2010) yağış istasyon verilerinden elde edilen yıllık ortalama toplam yağış verileriyle yıllık ortalama toplam yağış paterni ortaya konulmuş ve en doğru yağış modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan yıllık ortalama toplam yağış değerleri, Türkiye geneline dağılmış 228 meteoroloji istasyonlarının aylık yağış değerlerinin ortalaması hesap edilerek elde edilmiştir. Öncelikle mekânsal verinin gösterimi daha sonra verinin araştırılması aşamaları gerçekleştirilmiştir. Türkiye geneli ve bölgeler için verinin histogram dağılımları değerlendirilmiştir. Her ne kadar Kriging yöntemleri verilerin normal dağılım göstermemesinden etkilenmese de bu çalışmada çarpık dağılım gösteren orijinal yağış değerlerinin logaritmik dönüşümü yapılmıştır. Tahmin analizleri logaritmik dönüşüm uygulanmış veri üzerinden yapılmıştır. Daha sonra, mekânsal modelin oluşturulması için mekânda bulunan bağımlılık kuralının (mekândaki özelliğin matematiksel bir fonksiyonla ifadesi) bulunması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bağımlılık kuralına göre çalışma sahası içinde gözlem yapılmamış noktaların tahmin edilmesi için global teorik yarıvariogramla global Kriging, lokal teorik yarıvariogramlarla lokal Kriging ve yine lokal teorik yarıvariogramlarla global Kriging analizleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarında elde

edilen tahmin modellerinin geri dönüşümü yapıldıktan sonra her biri için doğruluk testi yapılarak model performansları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sınırları içinde Türkiye'deki yağış modelleriyle ilgili olarak;

- Global teorik yarıvariogramla oluşturulan global Kriging tahmin haritaları içinden en iyi sonucu veren Nested (Hole&Matern) OK tahmin haritası, Bölge 4' ten elde edilen lokal teorik yarıvariogram ile oluşturulan global Kriging tahmin haritası ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, Bölge 4'ün (lokal) mekânsal karakteristiklerinin, tüm Türkiye'nin (global) özelliklerini yansıttığı söylenebilir.
- Bölge 4' ten elde edilen lokal teorik yarıvariogram ile oluşturulan global Kriging tahmin haritasına ait R^2 , RMSE, ME ve MAE sonuçları en iyi yağış modeli değerlerini vermiştir. Bu modeli global Kriging tahmin modelleri içerisinde Nested (Hole&Matern) teorik yarıvariogram sonucu oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin modeli takip etmektedir.
- Lokal Kriging tahmin haritaları incelendiğinde bazı yerlerde bölgelerin sınırlarındaki geçişlerin birbirine benzememesi bu çalışmada da öngörüldüğü şekilde mekânsal karakteristiklerin her zaman tek bir global teorik yarıvariogramla tam olarak açıklanamadığını göstermektedir. Bu durum özellikle yağışın yoğun olduğu Karadeniz Bölgesi'nden (Bölge 2), İç Anadolu (Bölge 6) ve Doğu Anadolu (Bölge 3) kuşağına geçişte görülmektedir. Benzer şekilde yağışın fazla olduğu Akdeniz, Ege gibi kıyı bölgelerinden diğer bölgelere geçişteki bölgesel tahmin farklılıkları daha hafif olarak gözlenmektedir.
- Lokal Kriging tahmin modellerinin performans sonuçları birbirleriyle karşılaştırıldığında sırasıyla Bölge 4, Bölge 1, Bölge 5, Bölge 2, Bölge 6 ve Bölge 3 başarılı sonuçlar verdiği gözlenmektedir. Bu sonuçlarda en büyük etkiyi topografik yapı oluşturmaktadır.

Global, lokal ve lokal teorik yarıvariogram kullanılarak oluşturulan global Kriging yöntemleri ile elde edilen yağış tahmin modellerinden Türkiye'nin 26 su toplama havzası için su potansiyelleri hesaplanmış ve elde edilen değerler, DSİ tarafından hesaplanan havzalara düşen yıllık ortalama toplam yağış değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Global ve lokal teorik yarıvariogram kullanılarak global Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık ortalama toplam yağış tahmin haritalarından hesaplanan su potansiyel değerleri sırasıyla 19 ve 20 su toplama havzasında, DSİ'lerinin değerlerinden düşük çıkmıştır. Bu durum lokal Kriging yöntemiyle elde edilen tahmin haritalarında değerlendirildiğinde yalnız 16 su toplama havzası için geçerli olmuştur. Geriye kalan diğer 10 su toplama havzasında su potansiyel miktarları yüksektir.
- Türkiye ve havzalar genelinde hesap edilen değerler üç modelde DSİ'nin değerlerine göre az tahmin sonuçları vermiştir. Bu durum özellikle dağlık havzalarda daha belirgin olarak izlenmektedir.

İklim değişiminde meydana gelen değişimlerle ilişkili olarak su kaynakları azalmaktadır. Su kaynaklarının devamlılığı açısından önem arz eden yağışların doğru olarak modellenmesi, su kaynaklarının geliştirilmesi, korunması ve kullanımının sürdürülebilir nitelikte yapılabilmesi için planlamaların gerçekleştirilebilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle doğru su potansiyel hesaplamalarının yapılması gerekmektedir.

Coğrafi bir mekânda meydana gelen çevresel olayların jeostatistik teknikleri yardımıyla araştırılması coğrafya çalışmalarında önemli bir konuyu oluşturmaktadır. Coğrafyacının olaylara mekânsal yaklaşımı, bu bilim dalını diğer bilim dallarından ayıran en büyük özelliğidir. Bu amaçla gözlemlerin yapıldığı yerin coğrafi konumu ve gözlemler arası mekânsal bağımlılığını dikkate alan yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Geleneksel istatistik yöntemleri ile yapılan analizlerde bir değişkenin varyans ve ortalaması hesaplanırken bu özellikler dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle çalışmanın en büyük önemini yıllık ortalama toplam yağış değişkeninin coğrafi konumunu ve gözlemler arası mekânsal bağımlılığını göz önünde bulundurması oluşturmaktadır. Bu araştırmada gerçekleştirilen

jeoistatistik analiz tekniklerinin coğrafya çalışmalarındaki önemi bu sayede vurgulanmıştır. Çalışmanın bir diğer önemli kısmını yağış değişkeninin en doğru şekilde modellenmesi ve bu sayede hesap edilecek su potansiyelleri çıktılarının doğru olarak hesaplanabilmesi oluşturmaktadır. Bu bağlamda yağışın etkisi altında kalan pek çok faktör için doğru girdi oluşturulmakta ve diğer bilim dallarında çalışan araştırmacılara referans olmaktadır. Örneğin, yağış su kaynaklarının devamlılığı açısından gerekli ve havza planlaması çalışmaları için önemli bir altlıktır. Diğer taraftan meteoroloji ve hidroloji çalışmalarında istasyon olmayan yerlerin yağış değerlerinin bilinmesi kuraklık ve sel gibi olayların tahmin edilebilmesi, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının bilinmesi gibi konularda da gereklilik arz etmekte ve doğru analizlerin gerçekleştirilebilmesine yardımcı olmaktadır. Bu yönüyle çalışmanın sadece coğrafyacı açısından değil diğer bilim dallarında çalışan araştırmacılar açısından da faydalanılabileceği düşünüldüğünden interdisipliner bir bakış açısı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye’de yağışın modellenmesinde lokal Kriging yöntemleri de dikkate alınarak, tüm mekânı daha doğru açıklayabilen modeller elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma yağışın mekânsal değişiminin araştırılması ve tahmininde önemli bir yaklaşım olan jeoistatistik yöntemlerini kullanarak yapılmış bir fiziki coğrafya araştırmasıdır.

VI. Geleceğe İlişkin Öngörülen Katkılar

Jeoistatistik teknikler kullanılarak gerçekleştirilen yağış modelleri sadece yağış değişkeni kullanılarak değil aynı zamanda yağışı etkileyen yükseklik, eğim, bakı, kıyıya uzaklık, arazi kullanımı, güneşlenme süresi, sıcaklık ve rüzgâr gibi daha pek çok faktöre bağlı olarak oluşturulabilmektedir. Bu çalışmanın kapsamında sadece yağış tahmin modelleri yıllık ortalama toplam yağış değişkeni kullanılarak hem global, hem de Türkiye’nin özellikle jeomorfolojik özellikleri dikkate alınarak ayrılmış 6 bölgeye göre incelenmiş ve en uygun teorik yarıvariogram modeller belirlenmeye çalışılmıştır. Oysaki yağış yukarıda belirtilen pek çok faktörün etkisi altında değişim göstermektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak araştırmalar için belli öneriler ileri sürülebilir.

- (1) Yağışı etkileyen diğer etmenler (yükseklik, eğim, bakı, kıyıya uzaklık, su buharı basıncı, basınç ve rüzgâr vb. gibi) göz önünde bulundurularak gerçekleştirilecek jeoistatistik yöntemlerin uygulanmasıdır.
- (2) Uzaktan algılama tabanlı görüntülerin analizlere yağışı etkileyen faktörlerin yanında yardımcı değişken olarak dâhil edilmesi model performans sonuçlarını daha da iyileştirebilir. Yüksek R^2 değerleri, düşük RMSE değerleri elde edilebilir.
- (3) Kriging yöntemleri yerine zamansal-mekânsal Kriging teknikleri kullanılarak, çalışmaya mekân boyutunun yanında zaman boyutunun da katılmasıyla araştırma farklı bir perspektiften değerlendirilebilir.
- (4) İleriye dönük yağış tahmin modelleri elde edilebilir. Böylece, Türkiye genelinde 26 su toplama havzası için geleceğe yönelik su potansiyel değerleri daha doğru hesap edilerek ileriye dönük stratejik planlar gerçekleştirilebilir.

VII. Sağlanan Altyapı Olanakları ile Varsa Gerçekleştirilen Projeler

Yoktur.

VIII. Sağlanan Altyapı Olanaklarının Varsa Bilim/Hizmet ve Eğitim Alanlarındaki Katkıları

“Ege Bölgesi’nde Yağışın Mekânsal Dağılımı” başlıklı makale Coğrafi Bilimler Dergisi’nde CBD 11(2) 101-120 basılmıştır.

Çalışma, yurtdışı kongre ve yurtdışı makale olarak da ayrıca gönderilecektir.

IX. Kaynaklar

- Abtew, W.; Obeysekera, J.; Shih, G. (1993) “Spatial analysis for monthly rainfall in South Florida”, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 29(2), 179-188.
- Anselin, L. (2003) “Spatial externalities, spatial multipliers, and spatial econometrics”, *International Regional Science Review*, 26(2), 153-166.
- Antonić, O.; Kušan, V.; Bakran-Petricioli, T.; Alegro, A.; Gottstein-Matočec, S.; Peterel, H.; Tkalčec, Z. (2005) “Mapping the habitats of the republic of Croatia (2000-2004), the project overview (in Croatian), *Drypis, Journal for Applied Ecology*, 1(1), 40.
- Apaydin, H.; Anli, A.S.; Ozturk, F. (2011) “Evaluation of topographical and geographical effects on some climate parameters in the Central Anatolia Region of Turkey”, *International Journal of Climatology*, 31, 1264-1279.
- Arnell, N.W.; Reynard, N.S. (1996) “The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain”, *Journal of Hydrology*, 183, 397-424.
- Ashraf, M.; Habib-ur-Rehman (1999) “Interactive effects of nitrate and long-term waterlogging on growth, water relations, and gaseous exchange properties of maize (*Zea mays* L.)”, *Plant Science*, 144, 35-43.
- Atkinson, P.M.; Lloyd, C.D. (1998) “Mapping precipitation in Switzerland with ordinary and indicator kriging”, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 65-76.
- Aydın, O.; Çiçek, İ. (2013) “Ege Bölgesi’nde yağışın mekânsal dağılımı”, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(2), 101-120.
- Bailey, T.C.; Gatrell, A.C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*, Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK.
- Barnsley, M.J. (2007) *Environmental Modeling*, CRC Press, USA.
- Beek, E.G.; Stein, A.; Janssen, L.L.F. (1992) “Spatial variability and interpolation of daily precipitation amount”, *Stochastic Hydrology and Hydraulics*, 6, 304-320.
- Berry, B.J.L.; Marble, D.F. (1968) *Spatial Analysis: A Reader in Statistical Geography*, Englewood Cliffs (N.J), Prentice Hall.
- Bhowmik, A.K.; Costa, A.C. (2012) “A geostatistical approach to the seasonal precipitation effect on boro rice production in Bangladesh”, *International Journal of Geosciences*, 3, 443-462.
- Bivand, R.S.; Pebesma, E.J.; Gómez-Rubio, V. (2008) *Applied Spatial Data Analysis with R (Use R)*, Springer, New York.

- Boer, E.P.J.; Beurs de, K.M.; Hartkamp, A.D. (2001) "Kriging and thin plate splines for mapping climate variables", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3(2), 146-154.
- Bostan, P.A.; Akyürek, S.Z. (2007) "İkinci veriler kullanılarak Türkiye ortalama yıllık yağış değerlerinin mekânsal dağılımının modellenmesi", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim-02 Kasım 2007, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Bostan, P.A.; Heuvelink, G.B.M.; Akyurek, S.Z. (2012) "Comparison of regression and kriging techniques for mapping the average annual precipitation of Turkey", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 115-126.
- Carrera-Hernandez, J.J.; Gaskin, S.J. (2007) "Spatio temporal analysis of dairly precipitation and temperature in the Basin of Mexico", *Journal of Hydrology*, 336, 231-249.
- Caruso, C.; Quarta, F. (1998) "Interpolation methods comparison", *Computers and Mathematics with Applications*, 35(12), 109-126.
- Ceylan, A.; Kömüşçü, A.Ü. (2007) "Meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar ve mevsimsel dağılımları", *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK*, 11-13 Nisan 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Changnon, S.A.; Hewings, G.J.D. (2001) "Losses from weather extremes in the United States", *Natural Hazards Review*, 2(3), 113.
- Chua, S.H.; Bras, R.L. (1982) "Optimal estimators of mean areal precipitation in regions of orographic influence", *Journal of Hydrology*, 57(1-2), 23-48.
- Chun, Y.; Griffith, D.A. (2013) *Spatial Statistics & Geostatistics*, SAGE Publications Ltd., London.
- Clark, M.P.; Slater, A.G. (2006) "Probabilistic quantitative precipitation estimation in complex terrain", *Journal of Hydrometeorology*, 7(1), 3-22.
- Cliff, A.D.; Ord, J.K. (1973) *Spatial Autocorrelation*, Pion Ltd, London, UK.
- Cliff, A.D.; Ord, J.K. (1981) *Spatial Process: Models and Applications*, Pion Ltd, London, UK.
- Coppock, J.I., Rhind, D.W. (1991) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, Harlow, Longman.
- Cressie, N. (1993) *Statistics for Spatial Data (Revised Edition)*, John Wiley & Sons, New York.
- Çetin, M.; Tülücü, K. (1998) "Doğu Akdeniz Bölgesi'nde aylık yağışların yersel değişimlerinin jeostatistik yöntemle incelenmesi", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22, 279-288.
- Çiçek, İ. (2001a) "Türkiye'de mevsimlere göre yağış şiddetleri ve sıklıkları", *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 8, 1-27.
- Çiçek, İ. (2001b) "Türkiye'de günlük yağış şiddetleri ve sıklıkları", *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 8, 27-49.
- Daly, C.; Gibson, W.P.; Taylor, G.H.; Johnson, G.L.; Pasteris, P. (2002) "A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate", *Climate Resarch*, 22(2), 99-113.

- Darkot, B.; Tuncel, M. (1988) *Ege Bölgesi Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Yayınları/Coğrafya Enstitüsü Yayınları, 2.Baskı, İstanbul
- Demir, İ.; Kılıç, G.; Çoşkun, M. (2008) “Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler”, *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008,Ankara.
- Dingman, S.L.; Seely-Reynolds, D.M.; Reynolds III, R.C. (1988) “Application of kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence”, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 24(2), 329-339.
- Diodato, N. (2005) “The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain”, *International Journal of Climatology*, 25, 351-363.
- Di Piazza, A.; Conti, F.L.; Noto, L.V.; Viola, F.; La Loggia, G. (2011) “Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13, 396-408.
- Dore, M.H.I. (2005) “Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know?”, *Environment International*, 31, 1167–1181.
- Dönmez, Y. (1990) *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.
- Erbekçi, E. (2006) *Türkiye’de Yağış Olasılığının Zamansal ve Alansal Değişimleri*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Erinç, S. (1996) *Klimatoloji ve Metodları*, Alfa Basım ve Dağıtım, İstanbul.
- Erlat, E. (1999) “El nino, la nina ve güneyli salınım”, *Ege Coğrafya Dergisi*, 10, 195-217.
- Fotheringham, A.; Brunson, C.; Charlton, M. (2000) *Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis*, SAGE, London.
- Gambolati, G.; Volpi, G. (1979) “A conceptual deterministic analysis of the kriging technique in hydrology”, *Water Resources Research*, 15(3), 625-629.
- Giorgi, F.; Whetton, P.H.; Jones, R.G.; Christensen, J.H.; Mearns, L.O.; Hewitson, B.; vonStorch, H.; Francisco, R.; Jack, C. (2001) “Emerging patterns of simulated regional climatic changes for the 21st century due to anthropogenic forcings”, *Geophysical Research Letters*, 28(17), 3317-3320.
- Gemmer, M.; Becker, S.; Jiang, T. (2004) “Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002”, *Theoretical and Applied Climatology*, 77, 39–45.
- Goovaerts, P. (1997) *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, UK.
- Goovaerts, P. (2000) “Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall”, *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.
- Goudenhoofd, E.; Delobbe, L. (2009) “Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates”, *Hydrology and Earth System Sciences*, 13, 195-203.

- Haas, T.C. (1990a) "Kriging and automated variogram modeling within a moving window", *Atmospheric Environment, Part A, General Topics*, 24(7), 1759-1769.
- Haas, T.C. (1990b) "Lognormal and moving window methods of estimating acid deposition", *Journal of the American Statistical Association*, 85, 950-963.
- Haas, T.C. (1995) "Local prediction of a spatial-temporal process with an application to wet sulfate deposition", *Journal of the American Statistical Association*, 90, 1189-1199.
- Haining, R. (1993) *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, UK.
- Handcock, M.S.; Stein, M.L. (1993) "A bayesian analysis of kriging", *Technometrics*, 35(4), 403-410.
- Hansen, H.S. (1997) "Avenue-a powerful environment for developing spatial data analysis tools", *12th ESRI European User Conference*, 29 Eylül-1 Ekim 1997, Copenhagen, Denmark.
- Harris, P.; Brunsdon, C.; Fotheringham, A.S. (2011) "Links, comparisons and extensions of the geographically weighted regression model when used as a spatial predictor", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25, 123-138.
- Hengl, T. (2009) *A Practical Guide to Geostatistical Mapping*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Hernandez-Stefanoni, J.L.; Ponce-Hernandez, R. (2006) "Mapping the spatial variability of plant diversity in a tropical forest: comparison of spatial interpolation methods", *Environmental Monitoring and Assessment*, 117, 307-334.
- Hession, S.L.; Moore, N. (2011) "A spatial regression analysis of the influence of topography on monthly rainfall in East Africa", *International Journal of Climatology*, 31(10), 1440-1456.
- Hofierka, J.; Parajka, J.; Mitasova, H.; Mitas L. (2002) "Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension", *Transactions in GIS*, 6(2), 135-150.
- Hohn, M.E. (1999) *Geostatistics and Petroleum Geology*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Holawe, F.; Dutter, R. (1999) "Geostatistical study of precipitation series in Austria: time and space", *Journal of Hydrology*, 219, 70-82.
- Hulme, M., Osborn, T.J., Johns, T.C., (1998) "Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with HadCM2 simulations", *Geophysical Research Letters*, 25(17), 3379-3382.
- Hutchinson, M.F. (1998) "Interpolation of rainfall data with thin plate smoothing splines-part II: analysis of topographic dependence", *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 152-167.
- IPCC (1995) Draft Summary Makes Headlines, Global Environment Change Report, 1-3.
- IPCC (2007) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, In Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, 3379-3382.

- Isaaks, E.; Srivastava, R. (1989) *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York.
- İlker, A.; Terzi, Ö. (2012) *Akdeniz Bölgesi'nde Yağışın Alansal Dağılımı*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitim Anabilim Dalı, Isparta.
- İrdem, C. (2005) *Türkiye'de Yağışların Şiddet Bakımından Alansal ve Zamansal Değişkenliği*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Jagannathan, P.; Arlery, R.; Ten, K.H.; Zavarina, M. (1967) "A note on climatological normals", *World Meteorological Organization, Technical Note 84*, WMO, Geneva.
- Johansson, B.; Chen, D. (2003) "The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modelling", *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.
- Johns, T. C.; Carnell, R.E.; Crossley, J.F.; Gregory, J.M.; Mitchell, J.F.B.; Senior, C.A.; Tett, S.F.B.; Wood, R.A. (1997) "The second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: model description, spinup and validation", *Climate Dynamics*, 13, 103-134.
- Johnston, K.; Ver Huef, J.M.; Krivoruchko, K.; Lucas, N. (2001) *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, ESRI Press, Redlands, CA, USA.
- Kadioğlu, M. (1997) "Şehirleşmenin Marmara Bölgesi'ndeki yağışlara etkisi", *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Su ve Çevre Sempozyumu*, 2-5 Haziran 1997, İstanbul.
- Kadioğlu, M. (2001) *Bildiğimiz Havaların Sonu*, Güncel Yayıncılık, İstanbul.
- Kalkhan, M.A. (2011) *Spatial Statistics: GeoSpatial Information Modelling and Thematic Mapping*, CRC Press, USA.
- Karaca, A.; Öztürk, H.S.; Bayramin, İ.; Erpul, G.; Suiçmez, B.K. (2008) "Küresel ısınma ve ülkemiz tarımına etkileri", *Türktarım, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, 179, 24-29.
- Kieffer Weisse, A.; Bois, P.H. (2002) "A comparison of methods for mapping statistical characteristics of heavy rainfall in the French Alps: the use of dairly information", *Hydrological Sciences Journal*, 47(5), 739-752.
- Koç, T. (2001) *Kuzeybatı Anadolu'da İklim ve Ortam: Sinoptik, İstatistik ve Uygulama Boyutlarıyla*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Koç, T.; İrdem, C. (2007) "Türkiye'de yağışların şiddet bakımından zamansal ve alansal değişkenliği", *Türk Coğrafya Dergisi*, 49, 1-42.
- Koçman, A. (1993a) *Ege Ovaları'nın İklimi*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Koçman, A. (1993b) *Türkiye İklimi*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir.
- Koçman, A.; Işık, S.; Mutluer, M. (1996) "Ege Ova'larında yağış değişkenliği ve kuraklık sorunu", *Ege Coğrafya Dergisi*, 8, 25-36.

- Kömüüşü, A.Ü.; Dorum, A.; Ceylan, A. (2003) “Yağış şiddeti ve tekerrür sürelerine göre sel ve taşkın riski analizi”, *III. Atmosfer Bilimi Sempozyumu*, 19-21 Mart 2003, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kravchenko, A.; Zhang, R.; Tung, Y.K. (1996) “Estimation of mean annual precipitation in Wyoming using geostatistical analysis”, *Proceedings of American Geophysical Union 16th Annual Hydrology Days*, April 15-18, Fort Collins, Colorado.
- Krivoruchko, K.; Gotway, C.; Zhigimont, A. (2003) “Statistical tools for regional data analysis using GIS”, *GIS'03 Proceedings of the 11th Association for Computing Machinery (ACM) International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, 7 Kasım 2003, USA.
- Kunkel, K.E. (2003) “North American trends in extreme precipitation”, *Natural Hazards*, 29, 291–305.
- Kutiel, H.; Türkeş, M. (2005) “New evidence about the role of the North Sea-Caspian Pattern (NCP) on the temperature and precipitation regimes in Continental Central Turkey”, *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87, 501-513.
- Kyriakidis, P.C.; Kim, J.; Miller, N.L. (2001) “Geostatistical mapping of precipitation from rain gauge data using atmospheric and terrain characteristics”, *Journal of Applied Meteorology*, 40, 1855-1877.
- Latimer, A.M.; Wu, S.; Gelfand, A.E.; Silander, Jr., J.A. (2004) “Building statistical models to analyze species distributions”, *Ecological Applications*, 16(1), 33-50.
- Leung, L.R.; Wigmosta, M.S. (1999) “Potential climate change impacts on mountain watersheds in the Pacific Northwest”, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 35(6), 1463-1471.
- Li, L.; Hao, Z.C.; Wang, J.H.; Wang, Z.H.; Yu, Z.B. (2008) “Impact of future climate change on runoff in the head region of the Yellow River”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 13(5), 347-354.
- Lloyd, C.D. (2005) “Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain”, *Journal of Hydrology*, 308, 128-150.
- Lloyd, C.D. (2010) “Nonstationary models for exploring and mapping monthly precipitation in the United Kingdom”, *International Journal of Climatology*, 30(3), 390-405.
- Ly, S.; Charles, C.; Degré, A. (2011) “Geostatistical interpolation of daily rainfall at catchment scale: the use of several variogram models in the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium”, *Hydrology Earth System Sciences*, 15, 2259-2274.
- Manabe, S.; Wetherald, R.T. (1967) “Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity”, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 24, 241–259.
- Martínez-Cob, A. (1996) “Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and precipitation in mountainous terrain”, *Journal of Hydrology*, 174(1-2), 19-35.
- Marquínez, J.; Lastra, J.; García, P. (2003) Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis”, *Journal of Hydrology*, 270 (1-2), 1-11.
- McCarthy, J.J. (2001) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.

- McFarlane, N.A.; Boer, G.J.; Blanchet, J.P.; Lazare, M. (1992) “The Canadian climate centre second-generation general circulation model and its equilibrium climate”, *Journal of Climate*, 5, 1013-1044.
- Moral, F.J. (2010) “Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation”, *International Journal of Climatology*, 30(4), 620-631.
- Myers, D. (1982) “Matrix formulation of co-kriging”, *Mathematical Geology*, 14(3), 249-257.
- Olea, R.A. (1982) *Optimization of the High Plains Aquifer Observation Network, Kansas*, Kansas Geological Survey, Groundwater Series, 7, Kansas.
- Olea, R.A. (1994) Fundamentals of semivariogram estimation, modeling, and usage: In Yarus, J.M.; Chambers, R.L. (eds), *Stochastic Modelling and Geostatistics: Principles, Methods, and Case Studies*, The American Association of Petroleum Geologists, Computer Applications in Geology, 3, 27-35.
- Özkaya, S.Y. (2013) “İklim değişikliği ve etik prensipler”, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar*, 46, 123-132.
- Öztürk, D.; Batuk, F. (2010) “Meteorolojik verilerin CBS ve çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleriyle konumsal enterpolasyonu”, *DMI, 1. Meteoroloji Sempozyumu*, Ankara.
- Pardo-Igúzquiza, E.; Dowd, P.A.; Grimes, D.I.F. (2005) “An automatic moving window approach for mapping meteorological data”, *International Journal of Climatology*, 25(5), 665-678.
- Paustian, K.; Six, J.; Elliott, E.T.; Hunt, H.W. (2000) “Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils”, *Biogeochemistry*, 48, 147-163.
- Pebesma, E.J.; Wesseling, C.G. (1998) “Gstat, a program for geostatistical modelling, prediction and simulation”, *Computers & Geosciences*, 24(1), 17-31.
- Pebesma, E.J. (2004) “Multivariable geostatistics in S: the gstat package”, *Computer & Geosciences*, 30, 683-691.
- Pfister, L.; Kwadijk, J.; Musy, A.; Bronstert, A.; Hoffmann, L. (2004) “Climate change, land use change and runoff prediction in the Rhine-Meuse basins”, *River Research and Applications*, 20, 229-241.
- Phillips, D.L.; Dolph, J.; Marks, D. (1992) “A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain”, *Agricultural and Forest Meteorology*, 58(1-2), 119-141.
- Pielke Jr, R.A.; Downton, M.W. (2000) “Precipitation and damaging floods: trends in the United States, 1932-97”, *Journal of Climate*, 13(20), 3625-3637.
- Raval, A.; Ramanathan, V. (1989) “Observational determination of the greenhouse effect”, *Nature*, 342, 758-761.
- Reilly, J.; Tubiello, F.; McCarl, B.; Abler, D.; Darwin, R.; Fuglie, K.; Hollinger, S.; Izaurralde, C.; Jagtap, S.; Jones, J.; Mearns, L.; Ojima, D.; Paul, E.; Paustian, K.; Riha, S.; Rosenberg, N.; Rosenzweig, C. (2003) “US agriculture and climate change: new results”, *Climatic Change*, 57(1), 43-67.
- Ripley, B. D. (1981) *Spatial Statistics*, John Wiley & Sons. Inc., New York.

- Rockström, J.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Hoff, H.; Rost, S.; Gerten, D. (2009) "Future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change", *Water Resources Research*, 45(7).
- Rodhe, H. (1990) "A comparison of the contributions of various gases to the greenhouse effect", *Science*, 248(4960), 1217-1219.
- Rosenzweig, C.; Tubiello, F.N.; Goldberg, R.; Mills, E.; Bloomfield, J. (2002) "Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change", *Global Environmental Change*, 12(3), 197-202.
- Sarış, F. (2006) *Türkiye'de Yağış Yoğunluğunun Alansal ve Zamansal Değişkenliği*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Sauerborn, P.; Klein, A.; Botschek, J.; Skowronek, A. (1999) "Future rainfall erosivity derived from large-scale climate models—methods and scenarios for a humid region", *Geoderma*, 93(3-4), 269-276.
- Schuurman, N. (2004) *GIS: A Short Introduction*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Stein, M.L. (1999) *Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging*, Springer-Verlag, New York.
- Strzepek, K.M.; Yates, D.N. (1997) "Climate change impacts on the hydrologic resources of Europe: a simplified continental scale analysis", *Climatic Change*, 36, 79-92.
- Şen, Ö.L.; Kindap, T.; Bozyurt, D. (2008) "Küresel Isınma ve Türkiye, İyimser Senaryo", *Yeşil Atlas*, 11, 80-89.
- Sharples, J.; Hutchinson, M.F.; Jellett, D.R. (2005) "On the horizontal scale of elevation dependence of Australian monthly precipitation", *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 44 (12), 1850-1865.
- Symeonakis, E.; Bonifacio, R.; Drake, N. (2009) "A comparison of rainfall estimation techniques for sub-Saharan Africa", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(1), 15-26.
- Tabios III, G.Q.; Salas, J.D. (1985) "A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation", *JAWRA Journal of the American Resources Association*, 21(3), 365-380.
- Tatlı, H.; Dalfes, N.; Menteş, S. (2004) "A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey", *International Journal of Climatology*, 54, 161-188.
- Tobin, C.; Nicotina, L.; Parlange, M.B.; Berne, A.; Rinaldo, A. (2011) "Improved interpolation of meteorological forcings for hydrologic applications in a Swiss Alpine region", *Journal of Hydrology*, 401(1-2), 77-89.
- Tobler, W.R. (1970) "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region", *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Tümertekin, E.; Özgüç, N. (2004) *Beşeri Coğrafya İnsan Kültür Mekân*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Türkeş, M. (1995) "Türkiye'de yıllık ve mevsimlik yağış verilerindeki eğilimler ve dalgalanmalar", *Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği (TUJJB) ve Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Kongreleri Bildiri Kitabı*, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

- Türkeş, M. (1996) "Spatial and temporal patterns analyses of rainfall variations in Turkey", *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş, M. (1998a) "İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye’de çölleşmeye eğilimli alanlar", *DMI/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş, M. (1998b) "Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations of Turkey", *International Journal of Climatology*, 18, 649-680.
- Türkeş, M. (1998c) "Karadeniz yağışları", *TÜBİTAK, Bilim ve Teknik*, 364, 58-59.
- Türkeş, M. (1999) "Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
- Türkeş, M. (2000) "El nino-güneyli salınım ekstremeleri ve Türkiye’deki yağış anomalileri ile ilişkileri", *TMMOB Çevre Bilim ve Teknoloji*, 1, 1-13.
- Türkeş, M.; Sümer, U.M.; Kılıç, G. (2002) "Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights", *Climate Research*, 21, 59-81.
- Türkeş, M. (2003) "Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey", In Bolle, H.J. (ed.), *Mediterranean Climate-Variability and Trends, Regional Climate Studies*, Springer Verlag, Heidelberg, 181-213.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2003) "Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000", *International Journal of Climatology*, 23, 1771-1796.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2005) "Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001", *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2006) "Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey", *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 29, 117-135.
- Türkeş, M.; Koç, T.; Sarış, F. (2007) "Türkiye’nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlenmesi", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57-73.
- Türkeş, M. (2010) *Klimatoloji ve Meteoroloji*, Kriter Yayınları, İstanbul.
- UN, (2013) *World Population Policies*, United Nations Publication, New York.
- Walter, C.; McBratney, A.B.; Douaoui, A.; Minasny, B.; (2001) "Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif Valley, Algeria, using local ordinary kriging with local variograms versus whole-area variogram", *Australian Journal of Soil Research*, 39(2), 259-272.
- Webster, R. (1985) "Quantitative spatial analysis of soil in the field", *Advances in Soil Science*, 3, 1-70.
- Whelan, B.M.; McBratney, A.B.; Minasny, B. (2002) "Vesper 1.5- Spatial prediction software for precision agriculture", In Robert, P.C.; Rust&W.E. Larson (eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture, ASA/CSSA/SSSA*, Madison, Wisconsin, 315-329.

- Wilmott, C.J. (1982) “Some comments on the evaluation of model performance”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63(11), 1309-1313.
- Wong, D.W.S.; Lee, J. (2005) *Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView and ArcGIS*, John Wiley&Sons, Inc Hoboken, NJ.
- Wotling, G.; Bouvier, Ch.; Danloux, J.; Fritsch, J.M. (2000) “Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment”, *Journal of Hydrology*, 233(1-4), 86-101.
- Vicente-Serrano, S.M.; Saz-Sánchez, M.A.; Cuadrat, J.M. (2003) “Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature”, *Climate Research*, 24(2), 161-180.
- Yin, Z.Y.; Zhang, X.; Liu, X.; Colella, M.; Chen, X. (2008) “An assessment of the biases of satellite rainfall estimates over the Tibetan plateau and correction methods based on topographic analysis”, *Journal of Hydrometeorology*, 9(3), 301-326.
- Zhang, X.; Srinivasan, R. (2009) “GIS-based spatial precipitation estimation: a comparison of geostatistical approaches 1”, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45(4), 894-906.
- Zhou, F.; Guo, H.C.; Ho, Y.S.; Wu, C.Z. (2007) “Scientometric analysis of geostatistics using multivariate methods”, *Scientometrics*, 73(3), 265-279.

X. Ekler

a. Mali Bilanço ve Açıklamaları

Bütçe Kodu	06.1	
Açıklama	Mamul Mal Alımları	Toplam
Önceki Yıldan Devir	12.312,00	12.312,00
Başlangıç Ödeneği	0,00	0,00
Eklenecek Ödenek	5.000,00	5.000,00
Düşülen Ödenek	0,00	0,00
Net Ödenek	17.312,00	17.312,00
Harcanan	0,00	15.800,00
Bloke Edilen (Avans)	0,00	0,00
Bloke Edilen (Diğer)	0,00	0,00
Kalan	1.512,00	1.512,00

b. Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

İlerideki projelerde yapılacak jeostatistik analizlerinde faydalanılacaktır.

c. Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar (varsa Kesim III'de yer almayan analiz ayrıntıları)

Yoktur.

- d. Sunumlar (bildiriler ve teknik raporlar) **(Altyapı Projeleri için uygulanmaz)**
Yoktur.
- e. Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler **(Altyapı Projeleri için uygulanmaz)**
Yoktur.

NOT: Verilen sonuç raporu bir (1) nüsha olarak ciltsiz şekilde verilecek, sonuç raporu Komisyon onayından sonra ciltlenerek bir kopyasının yer aldığı CD ile birlikte sunulacaktır. Sonuç raporunda proje sonuçlarını içeren, ISI' nın SCI veya SSCI veya AHCI dizinleri kapsamında ve diğer uluslar arası dizinlerce taranan hakemli dergilerde yayınlanmış makaleler, III. Materyal ve Yöntem ve IV. Analiz ve Bulgular bölümleri yerine kabul edilir.

