

İKİNCİL VERİLER KULLANILARAK TÜRKİYE ORTALAMA YILLIK YAĞIŞ DEĞERLERİNİN MEKÂNSAL DAĞILIMININ MODELLENMESİ

P. A. Bostan¹, Z. Akyürek²

¹ Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojiler Anabilimdalı, ODTÜ, İnönü Bulvarı 06531, Ankara, aslantas@metu.edu.tr

² İnşaat Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, İnönü Bulvarı 06531, Ankara, zakyurek@metu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada yağış ve ikincil veriler arasındaki mekânsal ilişki kullanılarak yağışın mekândaki dağılımının modellenmesi ve ikincil verilerin modelleme performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Yağışın mekânsal dağılımının belirlenmesinde, yükseklik ve bakı gibi coğrafi ve topoğrafik etmenlerin göz önünde bulundurulması çoğu zaman daha iyi sonuçlar vermektedir. Analizlerde Türkiye’de bulunan 225 klima istasyonunun 1970-2003 yıllarında ölçülmüş yağış değerleri kullanılmıştır. İkincil veriler CBS yardımı ile sayısal yükseklik modeli ve sayısal akarsu ağı katmanlarından elde edilmiştir. Modellemede “Co-kriging” ve Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR) yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan değişkenlerden akarsuya yakınlık, yükseklik ve bakı derecesi yağışın mekânsal dağılımında belirleyici faktörler olarak gözlenmiştir. Ölçülen ve model sonucunda tahmin edilen değerler arasında GWR yöntemi ile 0,826, Co-kriging ile 0,425 regrasyon katsayıları elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yağış, Mekânsal Modelleme, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

ABSTRACT

SPATIAL MODELLING OF THE MEAN ANNUAL PRECIPITATION OF TURKEY BY USING SECONDARY VARIABLES

The aims of this study are modeling of precipitation distribution by using spatial relationship between precipitation and secondary variables and defining effects of secondary variables’ on modeling performance of precipitation. Taking into account the effect of geographic and topographic factors such as height and aspect can usually give better results in defining the spatial distribution of precipitation. Precipitation observations measured at 225 climate stations over Türkiye between 1970-2003 years were used in the analyses. Co-kriging and Geographically Weighted Regression (GWR) methods were used in the analyses. Distance to nearest river, height and aspect were obtained as determining factors in defining precipitation distribution spatially. R² values between measured and predicted values were 0,826 for GWR and 0,425 for Co-kriging methods.

Keywords: Precipitation, Spatial Modeling, Geographic Information Sysytems.

1. GİRİŞ

Coğrafi değişkenler dünya üzerinde her noktada ölçülemezler bu nedenle bu tür veriler kullanan araştırmacılar çalışmalarının bir kısmında genelde enterpolasyon yöntemleri kullanırlar. Coğrafi veri belli bazı noktalarda ölçülür, ve tüm alana ait tahmin haritası mekânsal enterpolasyon yöntemleri ile elde edilir. Bu çalışmalara bir çok örnek verilebilir, bunlardan bazıları: toprak özellikleri, yeraltı suyu basıncı ve hava kalitesi analizleri olabilir (Heuvelink, 2006).

Coğrafi verinin mekânsal dağılımının elde edilmesinde sadece o veriye ait ölçülen değerlerden yararlanarak tahmin haritası elde edilebileceği gibi, veriyle mekânsal ilişkisi olan farklı verilerin kullanılması ve bu şekilde haritaların elde edilmesi mümkündür. Örneğin troposferde sıcaklığın yükseklik arttıkça lineer olarak azaldığı bilinen bir gerçektir (her 1000m ‘de 6,5 °C) (URL1), dolayısıyla bir alandaki sıcaklık dağılımını belirlerken yükseklik verisinin kullanılması daha doğru sonuçlar verecektir. Bu görüşe birçok benzer çalışmada rastlanmaktadır, öyle ki Brundson ve diğerleri (2001) tarafından İngiltere’de yapılan bir çalışmada yağış ve yükseklik arasındaki ilişki kullanılarak enterpolasyon yapılmış ve yükseklik ile yağış artışı kuzeybatıda 4,5mm/m, güneydoğuda ise sifıra yakın bulunmuştur.

Tappeiner ve diğerleri (2001) tarafından yapılan bir çalışmada Alp’lerde karla kaplı sürenin mekânsal deseni modellenmiştir. İkincil veri olarak yükseklik, eğim, bakı, potansiyel güneşlenme, 0 °C’nin altında sıcaklığa sahip gün sayısı ve bitkisel sınıflama haritası (ormanlık/ormanlık olmayan) kullanılmıştır. Mekânsal verilerin eklenmesi ile modelin doğruluğunun arttığı sonucuna varmışlardır.

Llyod (2005) tarafından yapılan bir çalışmada İngiltere’de 1999 yılı aylık yağış dağılımı farklı enterpolasyon yöntemleri ile haritalanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın amacı ikincil veri kullanan ve kullanmayan yöntemlerin sonuçlarını karşılaştırmaktır. Sonuçta Mart ayından Aralık ayına kadar tüm aylarda yükseklik ikincil verisini kullanan “Kriging with External Drift” yöntemi en yüksek doğruluk değerine sahiptir.

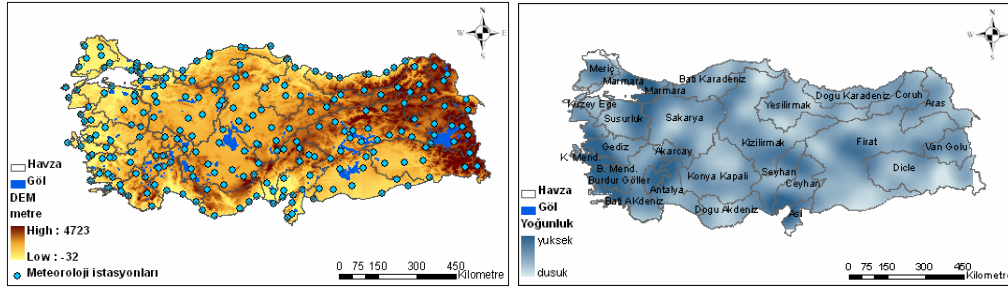
Propastin ve diğerleri (2006) tarafından yapılan bir çalışmada Kazakistan’da 1985-2001 yılları arasındaki bitki deseni ve yağış arasındaki mekânsal ilişki saptanmaya çalışılmıştır. “Ordinary Least Squares (OLS)” ve “Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR)” yöntemleri kullanılmıştır. Buldukları sonuçlara göre GWR yöntemi ile ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında daha yüksek regrasyon katsayıları elde edilmiştir, ayrıca yöntemin bitki örtüsü ve yağış arasındaki ilişkiyi bölgesel olarak incelemesi ve farklılıkları ortaya çıkarması da çalışmaya katkı sağlamıştır.

Carrera-Herna’ndez ve Gaskin (2007) tarafından yapılan bir çalışmada Meksika havzasında günlük yağış ve sıcaklığın mekânsal dağılımı incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, günlük değerler ile yükseklik arasında düşük korelasyon olsa bile ikincil verinin enterpolasyona eklenmesiyle daha doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada Co-kriging ve Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR) yöntemleri ile Türkiye’nin ortalama yıllık yağış değerlerinin mekânsal modellenmesi amaçlanmaktadır. Sayısal yükseklik modelinden elde edilen ikincil veriler ile yağış arasındaki mekânsal ilişki kullanılarak modelleme yapılmış ve modelin doğruluğu CBS ile elde edilen ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki doğrusal r^2 katsayıları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Çalışma alanı tüm Türkiye’yi kapsamaktadır (Şekil 1a). Çalışmada kullanılan veriler büyük klima istasyonlarının 1970-2003 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama değerlerinden oluşmaktadır ve Devlet Meteoroloji İşleri’nden elde edilmiştir. Analizler yıllık ortalama değerler üzerinden yapılmıştır. Toplam 225 istasyonun kullanılması uygun görülmüştür. İstasyonlar seçilirken istasyonların ortak dönemlere ait ve eksiksiz verilerinin olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 1: Çalışmada kullanılan klima istasyonlarının Türkiye’nin SYM üzerinde dağılımı (a) ve mekânsal yoğunluk haritası (b)

Analizlerde kullanılan meteoroloji istasyonlarının mekânsal yoğunluk haritası Şekil (1b)’de verilmektedir. Buna göre B. Menderes, K. Menderes, Marmara, Antalya, Asi, Ceyhan ve Fırat havzası barajlar bölgesinde istasyonlar yoğunluk göstermektedir.

Literatürde benzer konulu çalışmalarda model sonucunda bulunan çıktının doğruluğunu arttırmak için sayısal yükseklik modelinden elde edilen ikincil verilerin özellikle yağış ve sıcaklığın enterpolasyonunda sıkça kullanıldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada yağış değerlerinin modellenmesinde yardımcı veri olarak kullanılan katmanlar istasyon yüksekliği hariç sayısal yükseklik modelinden (SRTM3) ve 1/250000 ölçekli sayısal akarsu haritasından elde edilmiştir (Tablo 1).

İkincil Veri	Tanım
Yükseklik	Meteoroloji istasyonunun yüksekliği
Bakı	Her bir SYM hücrenin bakı sınıfı
Kıvrıklık	Her bir SYM hücrenin kıvrıklık derecesi
Pürüzlülük	SYM hücre yüksekliği eksi 5 km’lik gridin ortalama yüksekliği
Düşü	SYM hücre yüksekliği eksi 5 km’lik gridin minimum yüksekliği
Batı	Her bir SYM hücresi için en yakın batı sahile olan mesafe
Güney	Her bir SYM hücresi için en yakın güney sahile olan mesafe
Kuzey	Her bir SYM hücresi için en yakın kuzey sahile olan mesafe
Nehir	Her bir SYM hücresi için en yakın akarsuya olan mesafe

Tablo 1: Analizlerde kullanılan ikincil/yardımcı veriler

3. METODOLOJİ

Ortalama yıllık yağış değerlerinin modellenmesinde Co-kriging ve Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR) yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. Co-kriging

Co-kriging yöntemi “ordinary kriging” yönteminin bir uzantısıdır ve iki yada daha çok değişken arasındaki mekânsal korelasyonu göz önünde bulundurarak interpolasyon yapar. Eğer ikincil değişken $Z_v(x)$ hedef değişken $Z_u(x)$ ’den daha fazla noktada ölçülmüş ve ölçüm noktalarının dağılımı daha yoğun ise daha doğru tahmin haritaları elde edilmesine imkan sağlar. Hedef değişkenin ölçülmesi zor veya pahalı ise, co-kriging yöntemi bu değişkenin daha yoğun ölçülmesine gerek kalmadan ikincil verileri kullanarak doğruluğu artırılmış tahmin haritaları üretir (URL 2).

İkincil değişkenin “Z” hedef değişkeninin interpolasyonuna etkileri bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar:

- hedef ve ikincil değişken arasındaki korelasyon değeri,
- ikincil değişkenlerin mekânsal sürekliliği, ve
- hedef ve ikincil değişkenlerin örnekleme yoğunluğu ve mekânsal yapılanmasıdır (Simbahan et al.,2005).

3.2. Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon (GWR)

GWR mekânsal veriyi analiz eden, veri üzerinden geçirilen her bir coğrafi pencere için bölgesel regrasyon parametrelerini hesaplayan çok değişkenli bir yöntemdir (URL 3).

Basit doğrusal modeller genellikle Formül (1)’de verilen “ordinary least squares (OLS)” yöntemi ile çözülürler.

$$P = Co + C_1(H) + C_2(A) + e \quad (1)$$

- P = yağış (mm)
- Co = deniz seviyesinde ve düz alandaki yağış (mm)
- C_1 = yağışın yükseklik ile birlikte bağımsız artış hızı (mm/m)
- H = istasyon yüksekliği (m)
- C_2 = yağışın bakıya göre değişimi
- A = istasyon bakışı
- e = hata terimi

GWR uygulamasında aynı doğrusal modeli koruyarak Co , C_1 , C_2 parametrelerinin alan üzerinde farklı değerler almasına imkan sağlanır. (X, Y) kordinat değerlerini göz önünde bulundurarak Formül (1), Formül (2) şeklinde genişletilebilir.

$$P = Co(x,y) + C_1(x,y)(H) + C_2(x,y)(A) + e \quad (2)$$

Formül (2)’de görülen genişletilmiş model, katsayıların sürekli alan üzerinde farklı değerler almasına imkân tanır, böylece her biri tek, sabit bir değerden öte coğrafi alan üzerinde üç boyutlu yüzey olarak düşünülebilir (Brunsdon et al., 2001).

GWR analizinde kullanılan bant genişliği “b” çapraz doğrulama (CV) yöntemi ile bulunmuştur. Bu yöntem tahmin edilen ve ölçülen değerler arasındaki hataların karelerinin toplamının minimize edilmesiyle bant genişliğini belirler. Hataların karelerinin toplamı için çapraz doğrulama (CVSS) Formül (3)’de belirtilmiştir.

$$CVSS = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i(b)]^2 \quad (3)$$

y_i = ölçülen değer,

$\hat{y}_i$ = seçilen bant genişliği “b” için y_i ’nin aldığı değer.

CVSS ne kadar küçük bir değer alırsa model o kadar gerçeğe yaklaşır. En iyi model en küçük CVSS ile elde edilir (Propastin et al., 2006).

4. ANALİZLER

Meteoroloji istasyonlarının uzun yıllık yağış dağılımını modellemede Co-kriging ve GWR metodları uygulanmıştır. Her iki yöntemin doğruluğu çapraz doğrulama sonuçları karşılaştırılarak test edilmiştir.

4.1. Co-Kriging Uygulaması

Co-kriging yönteminde kullanılan yazılımın özelliğinden dolayı ikincil veriler 3'erlik gruplar halinde enterpolasyonda kullanılmışlardır. Sayısal yükseklik modeli ve bakı parametrelerinin yağışın tahmin edilmesinde belirleyici faktörler olduğu düşünülmüş ve kombinasyonların çoğunda kullanılmışlardır. Bu şekilde Tablo (2)'de görüleceği üzere yağışın tahmin edilmesinde kullanılacak 10 kombinasyon elde edilmiştir.

1) SYM-bakı-kıvrıklık
2) SYM-bakı-düşü
3) SYM- bakı-pürüzlülük
4) SYM- bakı - akarsu
5) SYM- bakı - güney
6) SYM- bakı -kuzey
7) SYM- bakı - batı
8) SYM-akarsu- kuzey
9) bakı-güney-batı
10) akarsu, bakı, kuzey

Tablo 2: Co-kriging'de kullanılan kombinasyonlar

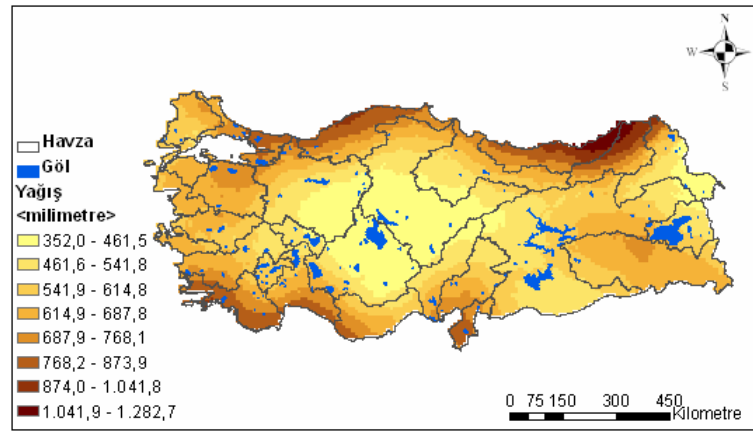
Enterpolasyon sonucu bulunan tahmin değerlerinin ölçüm yapılan yer ile aynı merkezde (yansız) olması istenen bir durumdur. Eğer tahmin edilen değerler yansız ise, ortalama tahmin hatası sıfıra yakın olmalıdır. Tablo (3)'de kullanılan kombinasyonların çapraz doğrulamada bulunan ortalama hataları görülmektedir. Kullanılan tüm kombinasyonların ortalama hatası düşüktür, 4. kombinasyon ise (sayısal yükseklik modeli, ölçüm istasyonunun bulunduğu yerin bakı derecesi ve istasyonunun en yakın akarsu'ya olan mesafesi) en düşük ortalama hataya (-0,0133) sahiptir.

Enterpolasyon analizinde düşünülmesi gereken bir başka nokta daha vardır; analiz sonucu elde edilen tahmin değerleri ölçüm değerlerine olabildiğince yakın olmalıdır. Eğer karesel ortalama hata (RMSE) değeri küçükse, daha başarılı tahmin değerleri elde edilmiş demektir (Ders notu). Tablo (3)'de enterpolasyon sonucu elde edilen yağış tahmin haritalarının RMSE değerleri belirtilmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde bütün kombinasyonların RMSE değerlerinin birbirine çok yakın ve hepsinin 1'den küçük olduğu görülmektedir.

	Ortalama hata	RMSE
1) SYM-bakı-kıvrıklık	-0,0154	0,9332
2) SYM-bakı-düşü	-0,0145	0,9331
3) SYM- bakı-pürüzlülük	-0,0155	0,9332
4) SYM- bakı - akarsu	-0,0133	0,9345
5) SYM- bakı - güney	-0,0191	0,9324
6) SYM- bakı -kuzey	-0,0158	0,9352
7) SYM- bakı - batı	-0,0210	0,9321
8) SYM-akarsu- kuzey	-0,0162	0,9363
9) bakı-güney-batı	-0,0198	0,9325
10) akarsu, bakı, kuzey	-0,0147	0,9338

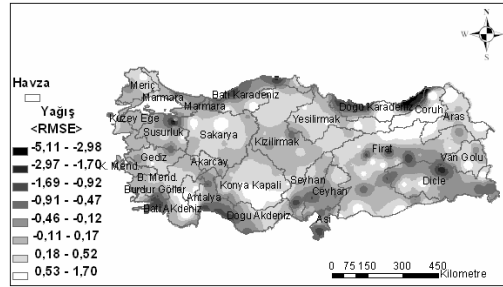
Tablo 3: Çapraz doğrulama sonucu bulunan hata değerleri

En düşük ortalama hataya sahip olan 4. kombinasyon ile elde edilen yıllık ortalama yağış tahmin haritası Şekil (2)'de belirtilmektedir. Buna göre Türkiye'nin kuzey ve güney kıyılarında yağışın daha yüksek olduğu görülmektedir (874-1282 mm). İç Anadolu bölgesinde ise en düşük yıllık ortalama yağış değerleri gözlenmektedir.



Şekil 2 : 4. kombinasyon ile elde edilen yağış tahmin haritası

Ayrıca 4. kombinasyonun hata dağılımı Şekil (3)'de verilmektedir. Olması gerekenin altında tahmin yapılan bölgeler koyu tonlarda, üstünde tahmin yapılan yerler ise açık tonlarda belirtilmiştir. Genel olarak tüm Türkiye genelinde ölçülen değerin üstünde tahminler yapılmıştır ancak hata değeri yüksek değildir (-0,11- 1,7). Doğu Karadeniz havzasında ise ölçülen yağış değerlerinin altında tahminler yapılmıştır (-5,11- -2,98).



Şekil 3 : 4. kombinasyonun hata dağılımı.

Enterpolasyon sonuçlarını değerlendirmede yalnızca RMSE değerlerini kullanmak yeterli değildir. Bunun yanında ölçüm istasyonlarının mekânsal yoğunluğu ve yerleri göz önünde bulundurulmalıdır (Carrera-Hernandez and Gaskin, 2007). Şekil (2)'de istasyonların yoğunluk haritası daha önceden belirtilmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde daha az yoğunlukta istasyon bulunması hata miktarının yüksek çıkmasının nedenlerinden birisi olarak sayılabilir.

Sonuçları değerlendirmede kullanılan bir diğer yöntem ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaçla her kombinasyon sonucu elde edilen iki değer arasındaki doğrusal r^2 katsayısı Tablo (4)'de verilmiştir. Sonuçlara göre 4. kombinasyon en yüksek r^2 katsayısına sahiptir. Bu kombinasyon aynı zamanda en düşük ortalama hata değerine de sahiptir. Co-kriging yöntemine göre ölçüm istasyonunun yüksekliği, bulunduğu yerin bakı derecesi ve en yakın akarsuya olan mesafesi yıllık ortalama yağış değerlerini tahmin etmede başarılı sonuçlar vermektedir.

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)
r^2	0,403	0,418	0,402	0,425	0,369	0,4	0,364	0,402	0,364	0,415

Tablo 4: Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki doğrusal r^2 katsayısı

4.2. Coğrafi Ağırlıklı Regrasyon Uygulaması

GWR uygulaması sonucu bir çok çıktı elde edilir. Ölçüm yapılan her nokta için kullanılan ikincil parametrenin tahmini, yine her birinin standart hatası, ölçülen ve tahmin edilen değerler, r^2 değeri, ve bazı istatistiksel sonuçlar GWR uygulamasının çıktıları arasındadır. Bu çalışmada yöntemlerin sonuçlarını değerlendirmede tahmin edilen değerler, r^2 değeri ve RMSE değerleri kullanılmıştır.

GWR uygulamasında 9 değişkenin hepsi tek seferde analiz edilmiştir. Tahmin edilen yıllık ortalama yağış değerlerinin ortalama hatası Tablo (5)'de belirtildiği gibi sıfıra oldukça yakındır (0,0036). Co-kriging sonucu elde edilen ortalama hata değerlerinin hepsinden daha küçük bir hata miktarı elde edilmiştir. Yine Tablo (5)'de GWR ile yağış modellemesinde elde edilen yağış tahminlerinin RMSE değeri belirtilmektedir. Bu değer (0,8717) co-kriging sonucu elde edilen RMSE değerlerinin hepsinden daha düşüktür.

Ortalama hata	RMSE
0,0036	0,8717

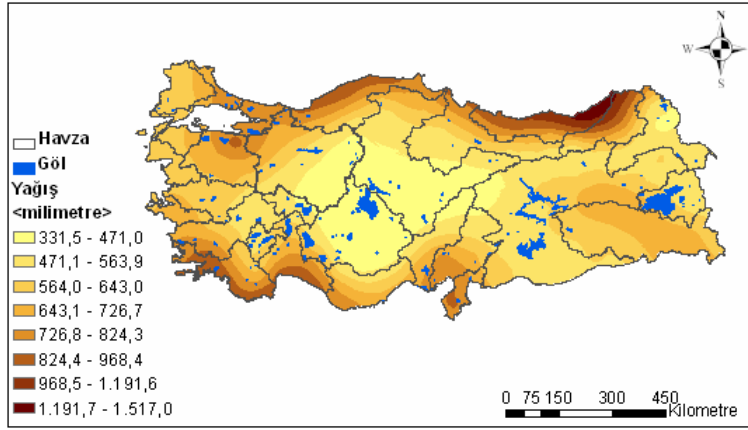
Tablo 5: GWR uygulaması sonucu bulunan hata değerleri

Çalışmada uygun bant genişliğinin belirlenmesinde farklı değerler denenmiştir. En uygun değer ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında en yüksek r^2 değerini veren CV yöntemi ile elde edildiği gözlenmiştir (Tablo 6).

Bant genişliği	R^2
200	0,91291
100	0,91295
50	0,91305
10	0,91620
5	0,92596
2,13796 (CV)	0,95104

Tablo 6: Farklı bant genişliği kullanımı ve r^2 değerleri arasındaki ilişki

Ortalama yıllık yağış değerlerinin tahmin haritası Şekil (4)'de görülmektedir. Doğu ve Batı Karadeniz ve Batı Akdeniz bölgeleri ortalamaya yıllık yağış miktarı en yüksek bölgelerimizdir (820-1517 mm). İç Anadolu bölgesi ise tüm Türkiye'de en az yağış alan bölgedir (331-471 mm).

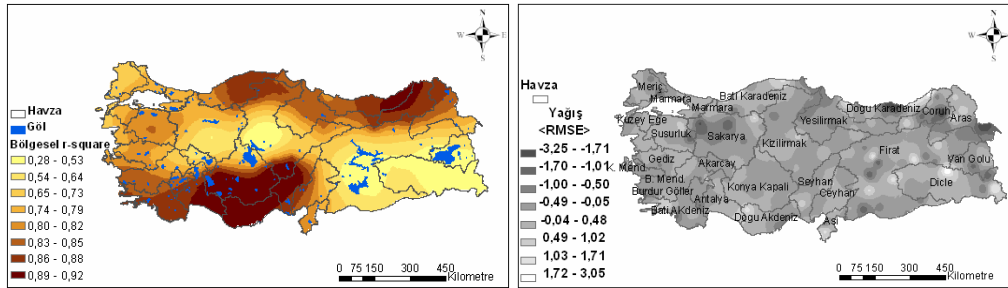


Şekil 4: GWR ile elde edilen yağış tahmin haritası

Her ölçüm yapılan istasyon için bulunan r^2 değerlerinin “kriging” operasyonu ile enterpolasyonu yapılmıştır. Tablo (7)'de ortalama ve karesel ortalama hata değerleri verilmiştir. Hata değerlerinden anlaşılacağı gibi r^2 değerinin bölgesel farklılıklarını ifade eden çıktı güvenilir sonuçlar vermektedir (Şekil 5a).

Ortalama hata	RMSE
0,0043	0,4754

Tablo 7: r^2 enterpolasyonunun çapraz doğrulama sonucu bulunan hata değerleri



Şekil 5a: Bölgesel r^2 haritası

Şekil 5b: RMSE dağılımı

Yüksek r^2 değerleri (0,86-0,92) Doğu ve Batı Karadeniz'de ve Akdeniz bölgelerinde gözlenmektedir (Şekil 5a). Bu demektir ki, kullanılan ikincil değişkenlerin bu bölgelerde yağışa etkisi daha fazladır. İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da ise kullanılan parametrelerin ortalama yıllık yağışın mekânsal dağılımının modellenmesinde etkileri düşüktür (0,28-0,53). Tüm Türkiye genelinde ortalama r^2 değeri 0,826 olarak elde edilmiştir, bu da

göstermektedir ki, GWR analizi ile ortalama yıllık yağış değerlerinin modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Ölçüm istasyonlarının her biri için bulunan RMSE değerlerinin “kriging” işlemi ile enterpolasyonu yapılmıştır. Değerinin altında ve üstünde yağış tahmini yapılan bölgeleri görmek bu şekilde mümkün olmuştur. Normal değerinin altında yağış tahmini yapılan bölgeler Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Sakarya havzasında gözlenmektedir (RMSE= -3,25- -1,71), değerinin üstünde tahmin yapılan bölgeler ise Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gözlenmektedir (RMSE= 1,72-3,05). Elde edilen çıktı verisi Şekil (5b)’da verilmiştir.

Co-kriging analizinde olduğu gibi yetersiz sayıda ve düzensiz dağılıma sahip meteoroloji istasyonunun analizlerde kullanılması değerinin altında ve üstünde yağış tahminlerinin yapılmasına neden olarak gösterilebilir.

4.2.1. İkincil Değişkenlerin Sonuca Etkisi

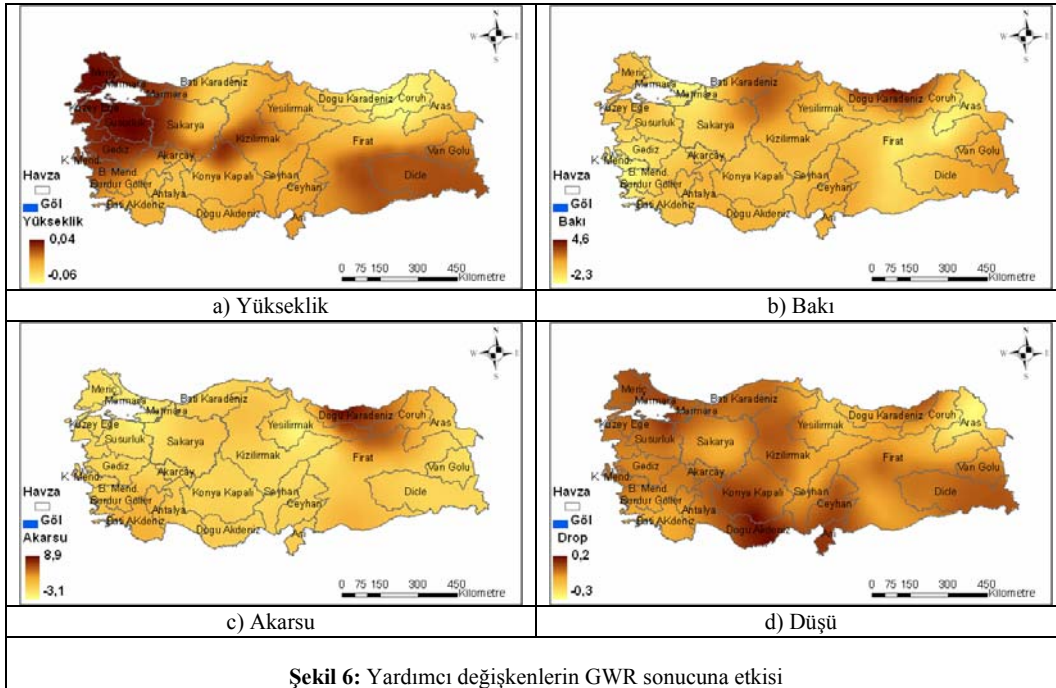
GWR analizinde kullanılan yardımcı değişkenlerden etkileri en önemli olanların yükseklik, bakı sınıfı, akarsuya olan mesafe ve düşü olduğu belirlenmiştir ve bu değişkenlerin enterpolasyon sonucuna etkileri Şekil (6)’da belirtilmiştir.

Şekil (6a)’da yükseklik verisinin yağışın dağılımı üzerinde etkileri belirtilmiştir. Marmara ve Ege bölgesinin bir bölümünde, Konya, Kızılırmak ve Fırat havzalarının bir kısmında ve Dicle havzasında yüksekliğin yağış üzerine etkisi pozitifdir. Bunun anlamını açıklamak gerekirse eğer, bu bölgelerde yükseklik arttıkça yağışın da arttığı düşünülebilir. Diğer bölgelerde yüksekliğin yağışa etkisi daha düşüktür.

Şekil (6b)’de bakı verisinin yağış üzerinde etkileri ifade edilmektedir. Doğu ve Batı Karadeniz havzalarında bakı yönünün yağış üzerinde pozitif ve diğer bölgelere göre daha yüksek etkisi olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde bakı yönü genellikle kuzey ve kuzeybatı yönlerindedir.

Şekil (6c)’de akarsuya yakın olmanın yağış üzerinde etkileri görülmektedir. Özellikle Doğu Karadeniz havzasında akarsular daha fazla yoğunluk göstermektedir. Doğu Karadeniz havzasında ve Yeşilirmak, Çoruh ve Fırat havzalarının bir bölümünde akarsuya yakın olmanın yağış üzerinde pozitif etkisi vardır.

Şekil (6d)’de her bir SYM hücresinden 5 km’lik gridin minimum yüksekliği çıkartılarak elde edilmiş verinin yağış üzerine etkileri görülmektedir. Aras havzası hariç Türkiye’nin genelinde bu parametrenin etkisi pozitifdir.



Şekil 6: Yardımcı değişkenlerin GWR sonucuna etkisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada 225 meteoroloji istasyonunda ölçülen ortalama yıllık yağış değerleri kullanılarak, yağışın mekânsal dağılımı ikincil veriler yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan ikincil veriler sayısal yükseklik modelinden ve sayısal akarsu ağından elde edilmişlerdir. Analizlerde co-kriging ve GWR yöntemleri kullanılmıştır ve değerlendirme çapraz doğrulama sonucu elde edilen hata değerlerine göre yapılmıştır. Ayrıca ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki doğrusal r^2 katsayıları da göz önünde bulundurulmuştur.

Co-kriging yöntemi iki yada daha çok değişken arasındaki mekânsal korelasyonu göz önünde bulundurarak enterpolasyon yapar. Co-kriging yöntemini uygulamak için ikincil veriler 3'er lik gruplar haline getirilmiş ve 10 tane kombinasyon elde edilmiştir. Yükseklik ve bakı derecesinin yağışın dağılımı üzerinde daha etkin olduğu düşünülmüş ve kombinasyonların çoğunda kullanılmıştır. Oluşturulan kombinasyonlarla farklı tahmin haritaları elde edilmiş ve değerlendirmeleri ortalama hata ve karesel ortalama hata miktarlarına göre yapılmıştır. Sonuçlara göre kullanılan yardımcı değişkenlerden yükseklik, bakı derecesi, akarsuya olan mesafe ve düşü derecesi ortalama hata ve doğrusal r^2 değerlerine göre yağış modellemesinde daha iyi sonuçlar vermiştir.

GWR yöntemi ise doğrusal regresyon modelindeki mekânsal durağansızlık durumunu inceler (Brundson et al., 2000). Elde edilen çıktılardan tahmin değerleri, bölgesel r^2 değerleri ve RMSE değerleri sonuçları incelemede kullanılmıştır. Bu çıktılar "kriging" yöntemi ile enterpole edilmiş ve çapraz doğrulama sonuçları değerlendirilmiştir. Ortalama ve karesel ortalama hataları oldukça düşüktür. Türkiye genelinde r^2 değerinin ortalama 0,826 olarak elde edilmesi kullanılan değişkenlerin yağışın modellenmesinde etkili olduklarını göstermektedir. Ayrıca r^2 değerinin bölgeden bölgeye farklılıklar göstermesi, ikincil değişkenlerin kullanımının da farklı bölgelerde farklı yararlar sağladığını göstermektedir.

Yağışın dağılımı üzerinde etken oldukları düşünülen değişkenlerin regresyon katsayıları "kriging" analizi ile haritalanmıştır (Şekil 7). Bu sayede bu değişkenlerin yağış üzerine pozitif yada negatif etkili olduğu bölgeler görülebilmektedir. Genel olarak GWR yöntemi hata değerlerine ve ölçülen ile tahmin edilen değerler arasındaki r^2 katsayılarına göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

İlerideki çalışmalarda sinoptik istasyonlarının kullanılması istasyon sayısının yetersiz olduğu bölgelerde çalışmanın doğruluğunu arttırabilir, ayrıca yağış üzerinde etkili olabilecek farklı veri kaynaklarının eklenmesi çalışmaya katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Brundson, C., Fotheringham, S., Charlton, M., 2000, Geographically Weighted Regression as a Statistical Model.

Brundson, C., McClatchey, J., Unwin, D.J., 2001, Spatial Variations in the Average Rainfall–Altitude Relationship in Great Britain: An Approach Using Geographically Weighted Regression, International Journal of Climatology, volume 21, issue 4, page: 455–466.

Carrera-Hernandez, J.J, Gaskin, S.J., 2007, Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the Basin of Mexico, Journal of Hydrology, volume 336, issue 3-4, p: 231-249.

Heuvelink, G.B.M., 2006, Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 5-7 July, Lisbon, Portugal.

Lloyd, C.D, 2005, Assessing the Effect of Integrating Elevation Data into the Estimation of Monthly Precipitation in Great Britain, Journal of Hydrology, volume 308, issue 1-4, p: 128–150.

Propastin, P., Muratova, N., Kappas, M., 2006, Reducing uncertainty in analysis of relationship between vegetation patterns and precipitation, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 5-7 July, Lisbon, Portugal.

Simbahan, G.C., Dobermann, A., Goovaerts, P., Ping, J., Haddix, M.L, 2005, Fine-resolution mapping of soil organic carbon based on multivariate secondary data, Geoderma, volume 132, issue 3-4, p: 471-489.

Tappeiner U., Tappeiner G., Aschenwald J., Tasser E., Ostendorf B., 2001, GIS-based modeling of spatial pattern of snow cover duration in an alpine area, Ecological Modeling, volume 138, issue 1-3, p: 265–275.

URL 1, Meteoroloji Ders Kitabı, <http://www.ans.dhmi.gov.tr/TR/ATCTR/dok/metdrsktb.pdf>, 28 Eylül 2007.

URL 2, Gamma Design software, Geostatistics for the Environmental Sciences, Cokriging in GS, <http://www.gammasdesign.com/OverviewCokriging.html>, 19 Eylül 2007.

URL 3, Geocomputation 99, Spatially Assessing Model Error Using Geographically Weighted Regression, http://www.geocomputation.org/1999/086/gc_086.htm, 19 Eylül 2007.