

# Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği

S. ZENGİN KAZANCI <sup>1</sup>, E. TANIR KAYIKÇI <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, TRABZON.

## Özet

*Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesi'nde farklı konumsal özelliklere sahip olan 1981-2012 yıllarında 52 tane meteoroloji istasyonundan alınan günlük ortalama sıcaklık verilerine dayanarak 3 tane konumsal enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada, ilk olarak hem Orijinal Shepard Yöntemi ile ağırlıklandırma yapılarak Ters Ağırlıklı Mesafe Yöntemi (IDW-Inverse Distance Weighted) uygulandı. Basit ve Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi uygulanıp regresyon katsayıları belirlendi. Regresyon modelinin uygunluğunun ve regresyon katsayılarının anlamlılığının hipotez testleri ile testi yapıldı. Regresyon katsayılarının belirleyicilik katsayısı ile anlamlılığının testi ile de katsayıların veri grubunun temsil etme oranına bakıldı. Çalışma alanının Karadeniz sahili boyunca yayılması nedeniyle, meteoroloji istasyonları noktaları arasından seçilen enterpolasyon ve dayanak noktaları arasında enlem, boylam ve yükseklik farkları oluşmuştur. Bu nedenle, enterpolasyon tahminlerinin, farklı mevsimlere ait uygulamalarda nasıl değiştiği ve hem enterpolasyon noktasının hem de dayanak noktalarının konumlarındaki değişimden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla hata kriterleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Enterpolasyon tahmin hatalarının aylık minimum, maksimum değerleri, karesel ortalama hataları (KOH) ve mutlak hatalar ortalaması (MHO) gibi hata kriterlerine bakılarak yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldı.*

## Anahtar Sözcükler

Ters Mesafe Ağırlıklı Yöntem, Shepard Yöntemi, Basit Doğrusal Regresyon Yöntemi, Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi

## 1. Giriş

Harita mühendisliğinin uygulamaları sırasında çeşitli ölçmeler ve hesaplarla arazideki bir noktanın konumsal bilgileri elde edilir. Bu ölçümlerin planlanması ve gerçekleştirilmesi sırasında arazi koşulları ya da ölçüm maliyetinin önemli faktörler olduğu unutulmamalıdır. Örneğin, çok dağlık bir arazi koşulunda ölçüm yapabilmek her zaman pek mümkün olamamaktadır ya da maliyet önemlidir. Bu gibi durumlarda ölçümü yapılamayan noktalara ait bilgiler, arazideki bilinen noktalardan yararlanılarak tahmin edilir. Konumu bilinen iki nokta arasında kalan bilinmeyen noktanın konumunu belirlemek için yapılan bu tahminlere, enterpolasyon ya da ara değer kestirimi denir.

Konumsal enterpolasyon yöntemleri çevre, tarım, meteoroloji ve jeodezi gibi bir çok disiplinde kullanılmaktadır. Türkiye'de ve Dünya'da çeşitli alanlarda yapılan konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konusunda yapılmış bir çok çalışmaya rastlanılabilir. Ulusal ve uluslararası literatürde yapılan çalışmalarda pek çok konumsal enterpolasyon uygulamasına rastlanır(Doğru v.d., 2013; Demircan v.d., 2013; Akyürek v.d., 2013; Doğru v.d., 2011; Başayığıt v.d., 2008; Yang v.d., 2011; Luo ve He 2011; Mair ve Fares, 2011; Stahl vd., 2006; Wen-Yuan v.d., 2004; Hartkamp v.d., 1999; Cao v.d., 1999; Kurtzman ve Kadmon, 1999; Wang vd., 2014; Xu vd., 2014; Attore vd., 2007; ve Nalder ve Wein, 1998).

Meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, nem) konumsal enterpolasyon yöntemleri uygulamalarında yaygın olarak kullanılan verilerdendir. Bu verilerden yağış ele alınacak olursa, eğer, heyelan olması durumuna karşın risk haritaları oluşturulabilir ve afet durumunda hangi bölgelerin hızla boşaltılacağına karar verme analizinde idari birimlere yardımcı olur. Bu çalışmada da kullanılan sıcaklık verileri için kullanılan sıcaklık verileri için yapılacak konumsal enterpolasyon uygulamaları ile çeşitli sıcaklık haritaları elde edilebilir ve uzun dönemlere ait verilerle yapılacak analizlerle iklim değişimi konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlanabilir.

## 1.1.Yöntemler

### 1.1.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Yöntem (IDW-Inverse Distance Weighted)

Ters mesafe ağırlıklı yöntemi en çok kullanılan jeostatistiksel olmayan yöntemdir. IDW yöntemi sadece komşu noktalardan tahminler ürettiği için lokal bir ara değer kestirim yöntemidir. IDW yöntemi, noktaların birbirine olan mesafelerini ağırlık hesabında kullanarak, bilinmeyen noktaların tahminini gerçekleştirir. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Bu yöntemin kullanılan ağırlık formülüne göre farklı Shepard yöntemleri uygulanabilir (Shepard 1968; Lu ve Wong 2008; Franke ve Nielson 1980). Shepard yöntemi; orijinal shepard yöntemi, kuadratik, kübik ve geliştirilmiş Shepard yönteminin lineer varyasyonları şeklinde sınıflandırılabilir.

Shepard (1968) veri noktalarının değerlerinin ağırlıklı ortalamasına dayalı yüzey üreten bir enterpolasyon yöntemi ortaya koymuştur. Orijinal Shepard yönteminin veri noktalarına ilişkin ters mesafe fonksiyonu;

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $n$ , yüzeydeki dayanak nokta sayısını ve  $f$ , dayanak noktalarındaki bilinen veri değerlerini (sıcaklık, yükseklik, nem, yağış v.b.) gösterir.  $w_i$  ağırlıkları orijinal Shepard yöntemine göre,

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^p}} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $p$ , kullanıcı tarafından 0 ile 5 değişen sayılardan seçilen bir değer olup power function (gün fonksiyonu) olarak adlandırılır. Shepard yönteminin literatürde uygulamalarında  $p$  değeri genellikle 2 olarak alınmıştır.  $p=2$  olarak uygulanan Shepard Yöntemi, *Ters Kare Mesafesi (Inverse Square Distance, IDS)* olarak da adlandırılmaktadır.  $d_i$ , enterpolasyon noktasından dayanak noktasına olan mesafedir ve üç boyutlu konumlar için

$$d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır.

### 1.1.2. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Bir tek bağımsız değişken ( $x$ ) ile bağımlı değişkenin ( $y$ ) arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği regresyon modeli *basit doğrusal regresyon analizi* olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modelinde ( $x, y$ ) değişkenleri arasındaki ilişki

$$y = f(x) = a_0 + a_1 x + \epsilon \quad (4)$$

şeklinde tanımlanan doğrusal bir fonksiyonla ifade edilir. Burada  $a$  değeri ise  $x=0$  olduğunda bağımlı değişkenin ( $y$ ) alacağı değer ya da başka bir ifade ile dikey eksenin  $y$  ile kesiştiği yeri ifade ederken,  $a$  değeri regresyon katsayısı ya da doğrusal fonksiyonun eğimi olarak ifade edilir. Bağımlı değişkenin gerçek değeri ( $y$ ) ile modelden tahmin edilen değeri ( $\hat{y}$ ) arasındaki fark hatadır ( $\epsilon$ ).

### 1.1.3. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Tek bir bağımlı değişken ile iki veya daha fazla bağımsız değişkenin olduğu ve doğrusal bir fonksiyonla ifade edildiği regresyon modeli *çoklu doğrusal regresyon analizi* olarak tanımlanmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon modelinde *bağımlı değişken* ve *bağımsız değişkenler* arasındaki ilişki

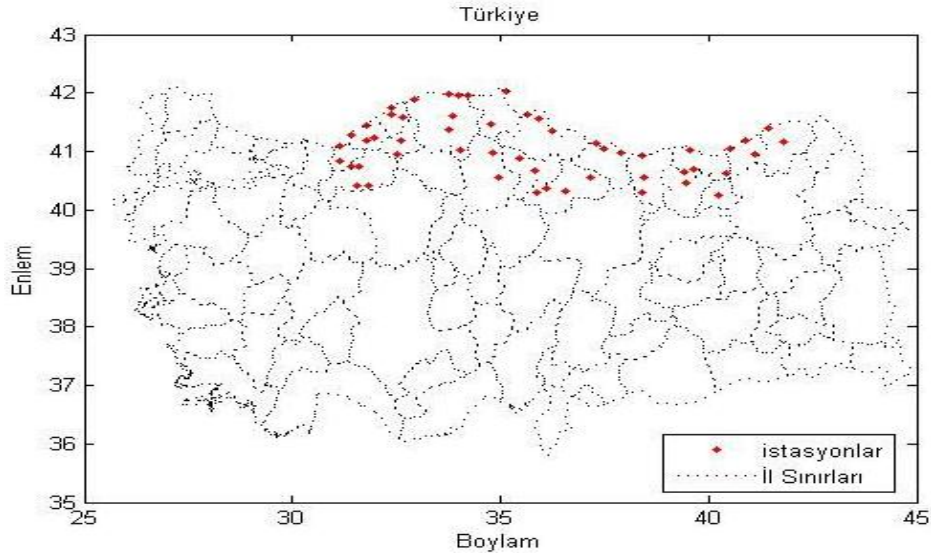
$$y = f(x) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{ik} X_k + \epsilon_i \quad (5)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  olmak üzere bağımlı-bağımsız değişken gruplarının sayısı,  $k$  ise  $i$ . bağımlı-bağımsızdeğişken grubundaki bağımsız değişkenlerin sayısıdır.  $y_i$   $i$ . gruptaki bağımlı değişken,  $x_{ij} \dots x_{ik}$   $i$ . gruptaki bağımsız değişkenler,  $a_0$  bağımsız değişkenler 0 olduğunda  $y_i$  bağımlı değişkenin alacağı değer,  $a_1 \dots, a_{ik}$  değeri ise regresyon katsayılarıdır.

## 1.2. Kullanılan Veriler

Meteoroloji istasyonlarında kaydedilen *günlük ortalama sıcaklık* verileri ve bu istasyonların konum bilgileri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü tarafından veri kullanım izni konusunda Meteoroloji Genel Müdürlüğüne yazılan resmi izin talebiyle 08.03.2013 tarihinde elde edilmiş ve bu çalışmada kullanılmıştır (Şekil 1). Çalışmada öncelikle, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1981-2012 yılları arasında Karadeniz bölgesinde'ki yaklaşık 32 yıllık 52 istasyona ait temin edilen "*günlük ortalama sıcaklık*" verileri ve bu istasyonların ED 50 (European Datum 50)

sistemindeki enlem, boylam ve yükseklik değerleri çalışmanın amacına uygun olacak şekilde MS Excel çalışma ortamı ve MATLAB ile yazılan program kodları yardımıyla düzenlenmiş ve yeni veri dosyaları oluşturulmuştur.



Şekil 1. Karadeniz Bölgesi Meteoroloji İstasyonlarının İllere Göre Dağılımı

## 2. Analiz ve Bulgular

IDW yönteminin uygulanmasında Orijinal Shepard ile üç farklı kriter üzerine irdelemeler yapılması amaçlanmıştır;

Güç parametresi seçimi,

Dayanak noktalarının sayısı ve enterpolasyon noktasına göre uzaklığı,

Dayanak noktalarının sayısı ve enterpolasyon noktasına uzaklığı,

Dayanak noktaları ile enterpolasyon noktası arasındaki yükseklik farkları.

Seçilen enterpolasyon noktası ve dayanak noktaları arası  $d_i$  mesafeleri (3) eşitliği yardımıyla belirlenmiştir. IDW yönteminin dayanak noktaları sayısı ve konumu açısından performansını test etmek amacıyla; optimum hangi  $d_i$  mesafesindeki ve enterpolasyon noktasına göre hangi yükseklik farkı aralığındaki dayanak noktalarının kullanılması üzerine çeşitli testler yapılmıştır. Bu amaçla *arama yarıçapı algoritmasında* öncelikle maximum 500 km  $d_i$  mesafesindeki dayanak noktaları arasından, enterpolasyon noktası ile  $\pm 400$ m ve  $\pm 550$ m yükseklik farkı aralığında olanları enterpolasyona katkı sağlayacak noktalar olarak belirlenmiş ve buna göre IDW uygulanmıştır. Bu işlem daha sonra maximum 700 km ve 1000 km'lik  $d_i$  mesafesi ve  $\pm 400$ m ve  $\pm 550$ m yükseklik farkı aralığı için tekrarlanmış ve ayrı ayrı IDW uygulanmıştır. Orijinal Shepard metodunda, güç parametresi tercihinin enterpolasyon sonuçlarının doğruluğuna etkisini test etmek amacıyla farklı güç parametreleri seçilerek (0.5, 1, 1.5, 2 ve 3), (2) eşitliğinde ağırlıklar hesaplanmıştır. Enterpolasyon ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin duyarlık ölçütleri maximum hata, minimum hata ve karesel ortalama hata olarak hesaplanmıştır (Davis 1987; Song and DePinto 1995). Duyarlık ölçütleri için her bir enterpolasyon noktasının 32 yıllık süreçte günlük hesaplanan yeni sıcaklık değeri ile aynı zaman noktasındaki ölçülen sıcaklığı  $T$  arasındaki fark olarak enterpolasyon hatası

$$e_i = T_p - T_{p(i)} \quad (j=1,2,3,\dots,365*32 \text{ (~11686 gün)}) \quad (6)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Buradan her bir istasyon için aylık ölçekte maximum hata ( $\max(e_i)$ ) ve minimum hata ( $\min(e_i)$ ) hesaplanır. Karesel ortalama hata;

$$KOH = \sqrt{\frac{[e_i^2]}{n-1}} \quad (7)$$

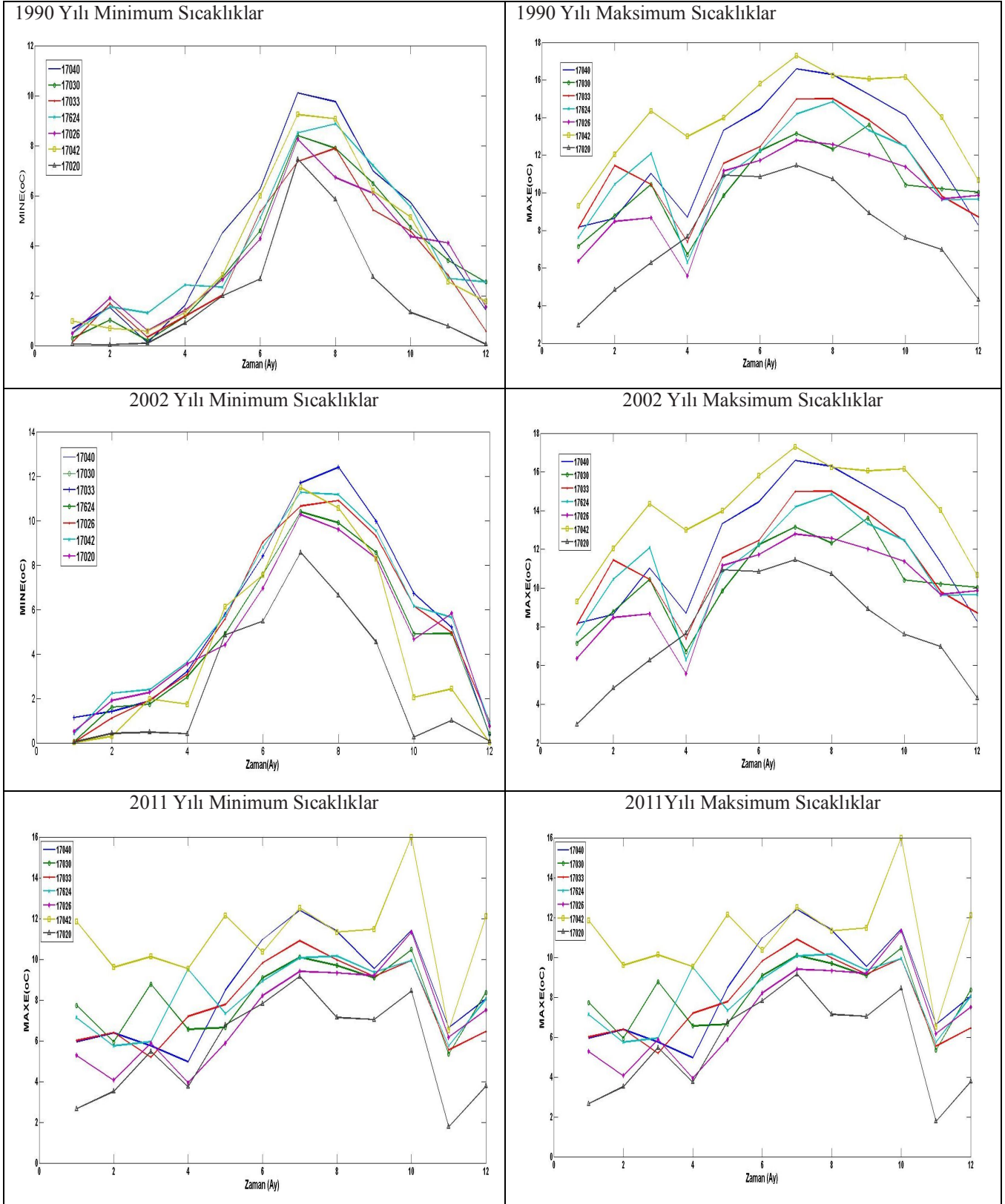
eşitliğinden hesaplanır. Burada Karadeniz Bölgesi kıyı, orta ve yüksek olmak üzere 3 bölümde incelenmiş olup kıyı kesiminden 7 tane istasyonun karesel ortalama hataları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Zengin Kazancı, 2014) (Tablo 1).

Tablo 1. Orijinal Shepard Yöntemi ile Kıyı kesiminin aylık ortalama sıcaklık değerlerinin karesel ortalama hataları

Gruplama Kriterleri			Aylık Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Hata kriterleri ( <sup>0</sup> C)						
			maks(KOH)			min(KOH)			
			17040	17030	17033	17624	17026	17042	17020
0.5	700	±400	0.7014	0.4308	0.5098	0.4494	0.4070	0.7071	0.4385
			2.6741	4.0493	3.4323	3.7003	4.0722	4.8597	5.3294
			0.6798	0.4021	0.5031	0.3780	0.4244	0.6600	0.4472
			2.8281	4.6476	3.3319	3.8474	4.7621	4.6571	5.4180
			0.6035	0.3848	0.4667	0.3668	0.4447	0.5860	0.3908
			3.0300	5.3474	3.2654	3.9151	5.3949	4.4248	5.7547
1	700	±400	0.5834	0.3822	0.4048	0.3914	0.4799	0.5211	0.3929
			3.2265	6.0871	3.6943	3.9451	5.8641	4.2422	6.1539
			0.6042	0.4143	0.3137	0.4069	0.5159	0.3996	0.2736
			3.7467	7.4358	4.5999	4.0168	6.1963	4.1252	6.6460
			0.6712	0.4308	0.5098	0.4494	0.4034	0.7148	0.4165
			3.5065	4.0464	3.4292	3.7003	4.0711	4.2230	5.4882
1.5	700	±400	0.6047	0.4021	0.5031	0.3780	0.4194	0.5769	0.4318
			3.4523	4.6439	3.3274	3.8474	4.7609	3.9023	5.5342
			0.6084	0.3848	0.4667	0.3668	0.4447	0.4790	0.3473
			3.4590	5.3455	3.2629	3.9151	5.3941	4.0550	5.8272
			0.6111	0.3822	0.4137	0.3914	0.4799	0.4055	0.4008
			3.5165	6.0862	3.6845	3.9451	5.8637	4.0948	6.1926
2	700	±400	0.6065	0.4143	0.3137	0.4069	0.5259	0.3066	0.2907
			4.0394	7.4353	4.5579	4.0168	6.1963	4.4517	6.6550
			0.7740	0.4009	0.6649	0.4500	0.5615	0.7630	0.6017
			3.3556	3.4537	2.9069	2.9170	3.3051	5.2837	4.4152
			0.7965	0.3956	0.6452	0.4756	0.5114	0.7419	0.5001
			3.7469	3.9264	3.3894	3.5937	3.3287	5.4918	4.4619
1.5	500	±550	0.8459	0.3774	0.6543	0.5343	0.5250	0.7372	0.4751
			4.1240	4.5702	3.8964	4.1669	3.9936	5.7146	4.6428
			0.9072	0.3889	0.6986	0.5856	0.5730	0.7548	0.5720
			4.3824	5.0003	4.3039	4.5468	4.9207	5.9137	5.0991
			0.9882	0.4841	0.8147	0.5911	0.6059	0.8181	0.5108
			4.5930	7.2413	6.7440	5.6054	8.0862	6.1723	6.4921
0.5	700	±550	0.7361	0.4034	0.6014	0.4407	0.5246	0.7546	0.4901
			2.9019	3.6430	3.0442	3.2631	3.3317	5.0572	4.8191
			0.7425	0.3995	0.6205	0.4705	0.5114	0.7187	0.4424
			3.5401	4.3036	3.2395	3.5005	4.1034	5.3460	4.8414
			0.8192	0.3778	0.6362	0.5060	0.5238	0.7172	0.4804
			4.0613	5.1396	3.8382	4.1377	4.9281	5.6610	5.0193
1	700	±550	0.9002	0.3903	0.6156	0.4419	0.5732	0.7460	0.5531
			4.3677	6.0586	4.5426	4.5388	5.6744	5.8964	5.6541
			0.7415	0.4705	0.4787	0.4073	0.6063	0.8161	0.3331
			6.9086	7.7458	7.0922	5.9481	8.4381	6.1709	5.7918
			0.6731	0.3967	0.5991	0.4407	0.4658	0.7224	0.4549
			2.8955	3.5604	2.9551	3.2631	3.2628	4.6279	4.9126
1.5	1000	±550	0.6647	0.3793	0.6198	0.4705	0.5114	0.6876	0.4448
			3.4060	4.1797	3.2381	3.5005	4.0041	5.0788	4.8801
			0.7654	0.3619	0.6359	0.5060	0.5237	0.6845	0.4931
			4.0195	5.0100	3.8382	4.1377	4.8369	5.5685	5.1296
			0.8399	0.3890	0.5568	0.4419	0.5729	0.6105	0.5040
			5.0191	5.9495	4.6362	4.5388	5.6081	5.8672	5.5475
3	1000	±550	0.7287	0.4582	0.4396	0.4073	0.6063	0.4073	0.2908
			7.8855	7.6838	7.1369	5.9481	8.5492	8.1402	5.6196

Kıyı bölgesinde tüm yıllara ait verileri bulunan 17040, 17030, 17033, 17624, 17026, 17042 ve 17020 istasyonlarının Tablo 1 ile gösterilen gruplama kriterlerinden ilk sütunda ifade edilen 0.5, 1, 1.5, 2 ve 3 güç parametresini ikinci sütunda yer alan 500, 700 ve 1000 ile ifade edilen değerler de enterpolasyon yapılacak alana düşecek nokta sayısını belirlemek için kullanılan arama yarıçapının kilometre cinsinden ifadesini ve üçüncü sütunda yer alan ±400 ve ±550 ile gösterilen ise enterpolasyon noktası ve dayanak noktası arasındaki yükseklik farkının metre cinsinden ifadesidir. En düşük KOH değerinin 1000km arama yarıçapı, ±550m yükseklik farkı ve 0.5 güç parametresi ile olduğu görülmektedir. Şekil 2 ile bu kriterlere sahip olan kıyı bölgesindeki istasyonların 1990, 2002 ve 2011 yıllarına ait aylık ortalama minimum ve

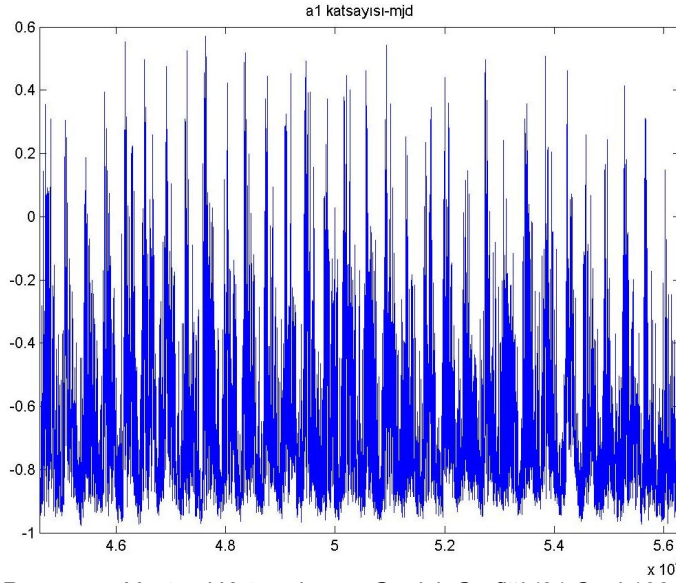
maksimum sıcaklıkları gösterilmiştir. Karadeniz Bölgesi'ndeki diğer tüm kıyı, orta ve yüksek gruplara düşen tüm istasyonlara ait verilere Kazancı (2014)'te ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiştir.



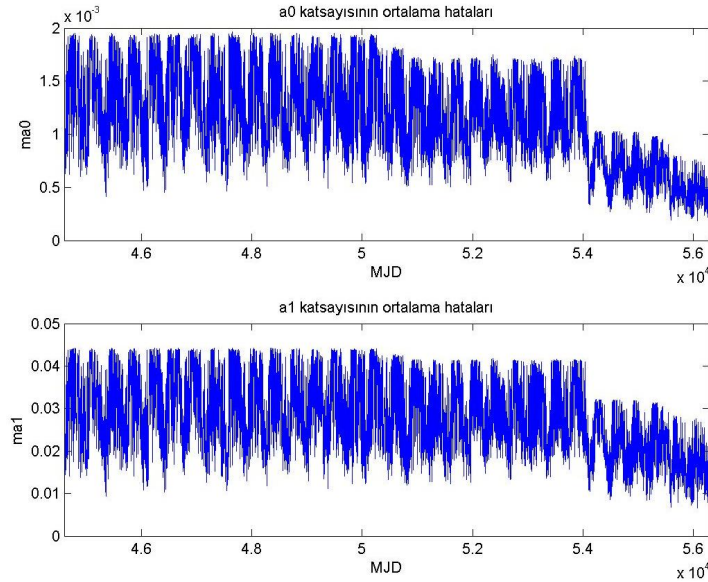
Şekil 2. Kıyı bölgesi IDW yönteminin 1990-2002-2011 yıllarına ait aylık ortalama minimum ve maksimum sıcaklıkları

Çalışmada, sıcaklığın;yükseklik bağımsız değişkenine bağlı olarak bir bağımlı değişken alınması ile oluşturulan Basit Doğrusal Regresyon Modeli'nden elde edilen sonuçlar üzerinden bulguların irdelemesi de yapılmıştır. Basit doğrusal regresyon yönteminde, günlük verilerden regresyon katsayıları hesaplanırken çalışma bölgesindeki 52 istasyon noktaları modele dahil edilmiştir.

EKK ilkesine göre dengelemeli olarak elde edilen  $a_0$  ve  $a_1$  regresyon katsayıları ile oluşturulan basit doğrusal regresyon modelinde  $a_0$  ve  $a_1$  katsayılarının kestirimine ilişkin dengelemenin ortalama hatasının soncul değeri ( $\sigma$  posteriori) katsayıları  $a_0$  ve  $a_1$  katsayılarının ortalama hataları'nın zaman değiştirilmiş jülyen günü (MJD)'ne göre değişimleri Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmektedir.

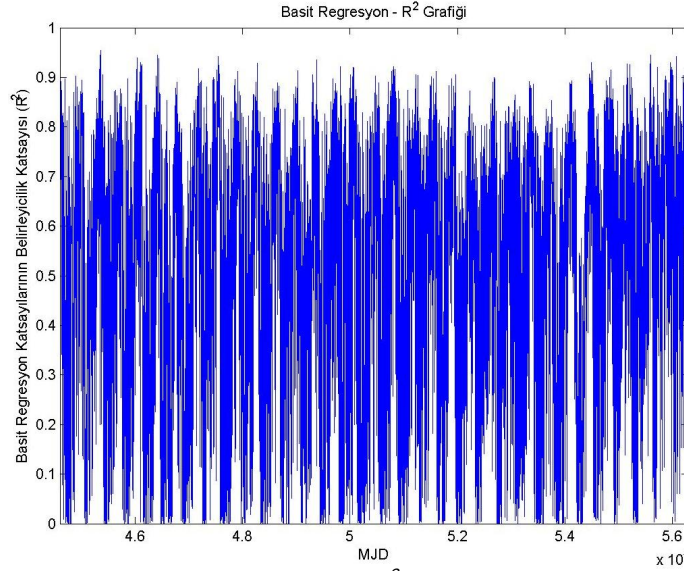


Şekil 3. Basit Regresyon Yöntemi Katsayılarının Günlük Grafiği (01 Ocak 1981 - 31 Aralık 2012)



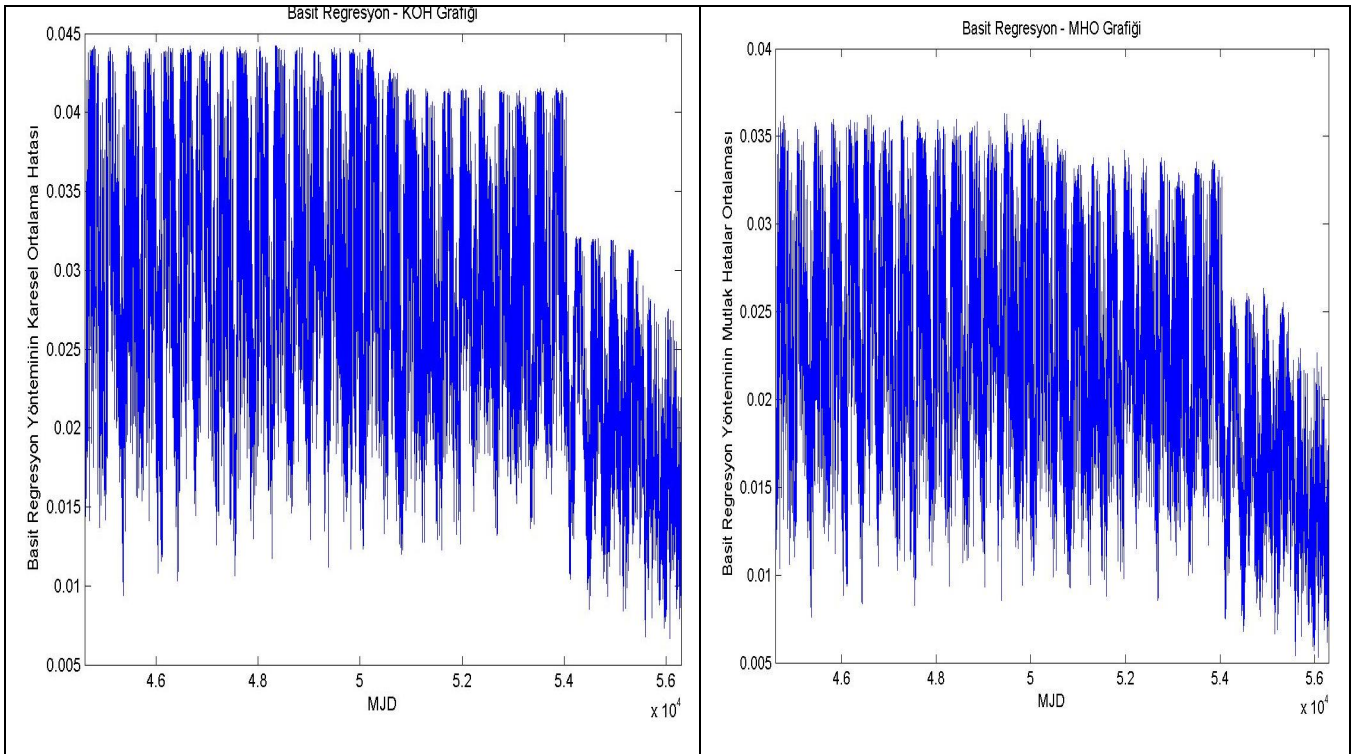
Şekil 4. Basit Regresyon Yöntemi a1 - Katsayılarının Günlük Ortalama Hata Grafiği (01 Ocak 1981 - 31 Aralık 2012)

Basit regresyon yönteminin katsayılarının belirleyicilik katsayısı grafiğinin günlük değişimi çizdirilmiştir. Buna göre uygulanan regresyon modelinin kış sıcaklıklarındaki 0.9 belirleyicilik katsayısı ile verileri % 90 oranında temsil etmektedir. Yaz aylarında ise bu oran 0.1'lere inmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Basit Regresyon Yöntemi Günlük R<sup>2</sup> Grafığı (01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)

Basit regresyon yöntemi ile elde edilen sonuçların KOH ve MHO duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış ve grafikleri sırasıyla Şekil 6. ile gösterilmiştir. Bu iki grafikte de son yıllarda daha fazla veri olmasından dolayı hata oranlarında azalma olduğu görülmüştür.

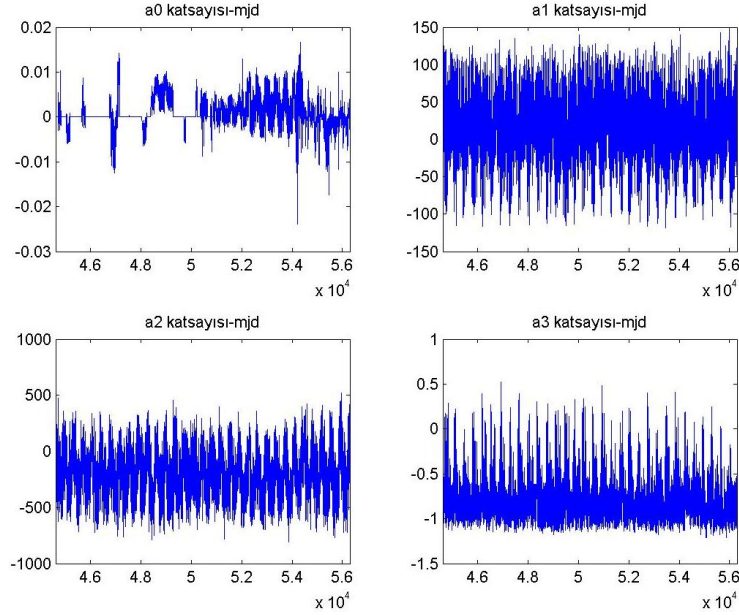


Şekil 6. Basit Regresyon Yöntemi KOH ve MHO Günlük Grafığı(01 Ocak 1981- 31 Aralık 2012)

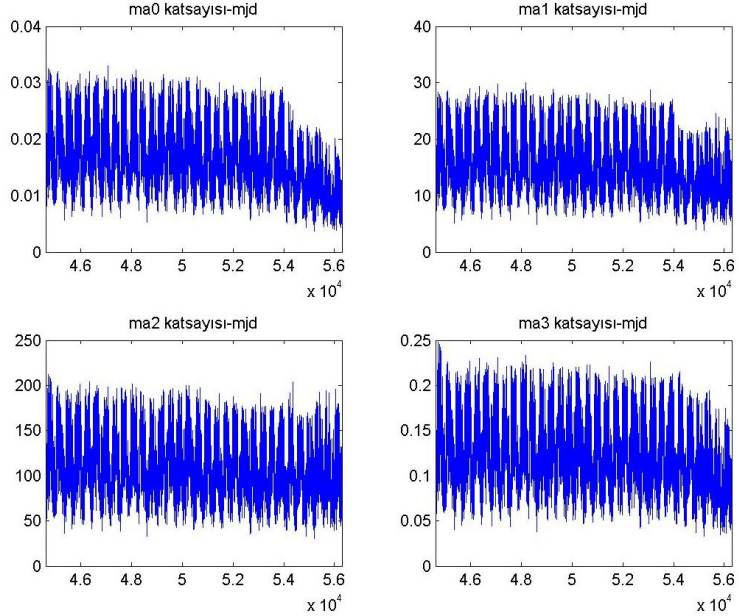
Çoklu doğrusal regresyon yönteminde, günlük verilerden regresyon katsayıları hesaplanırken çalışma bölgesindeki 52 istasyon noktaları modele dahil edilmiştir.

EKK ilkesine göre dengelemeli olarak elde edilen  $a_0 - a_7$  regresyon katsayıları ile oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modelinde  $a_0 - a_7$  katsayılarının kestirimine ilişkin dengelemenin ortalama hatasının soncul değeri ( $a$  posteriori)  $m$  hesaplanır.  $a_0$  katsayısı için -0.03 ila 0.02 arasında, boylamın katsayısı olan  $a_1$  -100 ila 150 arasında, enlemin katsayısı olan  $a_2$  -1000 ila 500 ve yüksekliğin katsayısı olan  $a_3$  ise -1 ila 0.5 arasında değişen değerler almaktadır.

Burada enlemden gelen katsayı değeri en büyük değerdir. Bunun sebebi ise Karadeniz Bölgesi'nde dağlar denize paralel bir biçimde uzanmasından dolayı iç kesimlerde az enlem farkına rağmen yükseklik farkında ani artışlar olmasıdır. Böylece, katsayıların günlük değişiminde bir fonksiyonu halindedir (Şekil 7). Şekil 8 ile de bunlara ait ortalama hataların günlük dağılım grafiği gösterilmektedir.



Şekil 7. Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayılar Günlük Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)



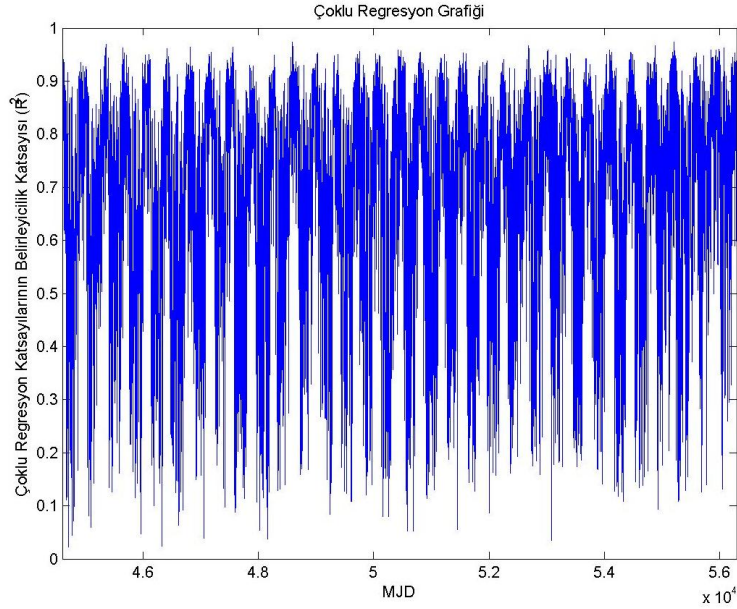
Şekil 8. Çoklu Regresyon Yöntemi Katsayıların Günlük Ortalama Hata Grafiği (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

Çoklu regresyon modelinde sıcaklıktaki toplam değişimin yüzde kaçının enlem, boylam ve yükseklik değişimi

tarafından açıklanabildiğinin bir ölçütü olarak <sup>2</sup> belirleyicilik katsayıları hesaplanmıştır. Çoklu regresyon modelinde kış

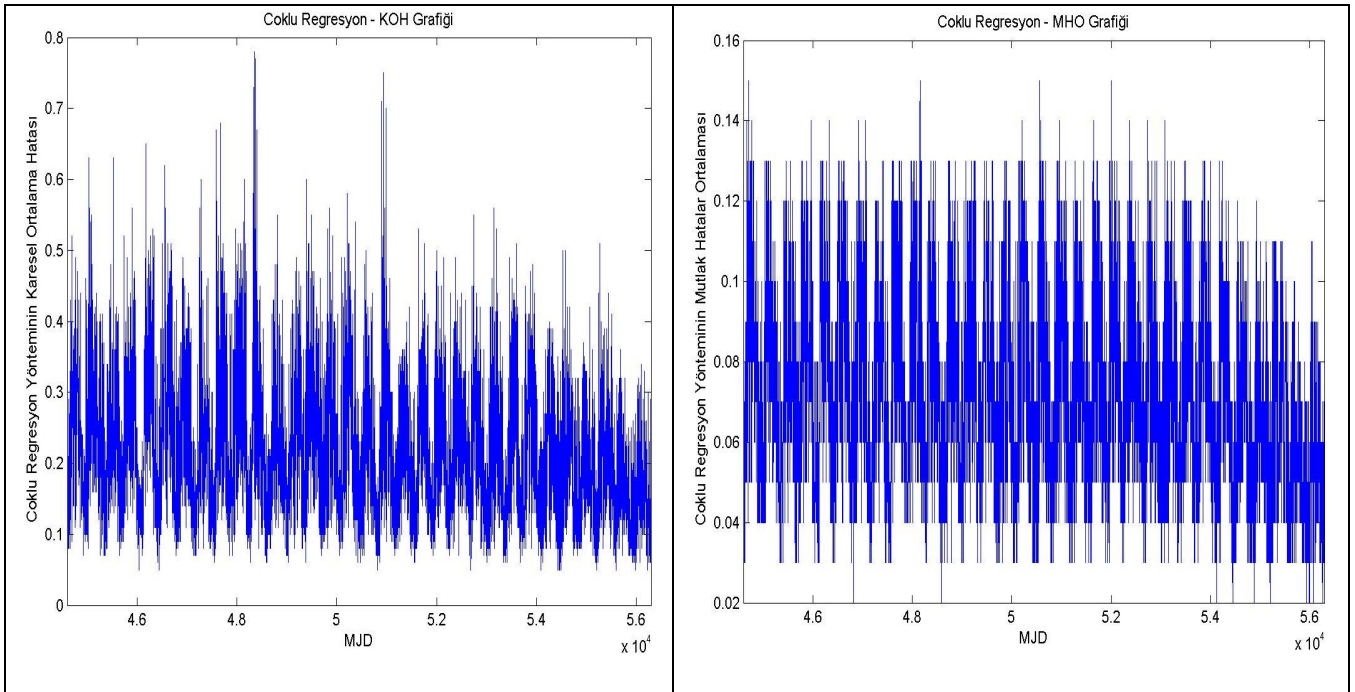
sıcaklıklarındaki 0.9 civarındaki belirleyicilik katsayısı ile modelin verileri % 90 oranında temsil ettiği görülmektedir. Bu oran yaz aylarında 0.1'lere inmektedir (Şekil 9). Bunun sebebi kış aylarındaki sıcaklık farklarının yükseklikle birlikte daha az değiştirmiş olması ile açıklanabilir.





Şekil 9. Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük  $R^2$  Grafığı (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

KOH ve MHO duyarlık ölçütü olarak hesaplanmış ve grafikleri sırasıyla Şekil 10. ile gösterilmiştir. Bu iki grafikte de son yıllarda daha fazla veri olmasından dolayı hata oranlarında azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 10. Çoklu Regresyon Yöntemi Günlük KOH ve MHO Grafığı (01 Ocak 1981-31 Aralık 2012)

### 3. Sonuçlar

Kıyı bölgesindeki 1990, 2002 ve 2011 yıllarında elde edilen maksimum ve minimum enterpolasyon hatalarına göre bir değerlendirme yapıldığında güç parametresi  $p=0.5$ , arama yarıçapı 1000km ve yükseklik farkı  $\pm 550m$  şeklindeki parametre seçiminin en iyi sonuçlar en düşük enterpolasyon hatası ile 17020 nolu istasyonda elde edilirken en kötü sonuçlar ise daha büyük enterpolasyon hataları ile 17040 nolu istasyonda elde edilmiştir. Burada en iyi sonuçların elde edildiği istasyonun deniz seviyesine göre 33 m yükseklikte ve en kötü sonuçların elde edildiği istasyonun ise 3 m yükselikte olduğu göz önüne alınır; kıyı bölgesinde enterpolasyon hatası ise istasyon yüksekliği arasında ters orantının olduğu görülür. Bunu yanısıra enterpolasyon hatası kıyı bölgesinde mevsimlik değişim göstermiş olup ve en büyük hatalar yaz aylarında meydana gelmiştir. Kullanılan 3 yöntem birbiri ile kıyaslanırsa;

Minimum tahmin hatalarına göre yöntemler doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından kıyaslandığında; çoklu doğrusal regresyon modeli > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu  
Maximum tahmin hatalarına göre yöntemler doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından kıyaslandığında; çoklu doğrusal regresyon modeli > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu  
Kış aylarında doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından yöntemler kıyaslandığında; alçak noktalarda çoklu doğrusal regresyon modeli > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu  
Yaz aylarında doğru enterpolasyon tahmini sağlaması açısından yöntemler kıyaslandığında; yüksek noktalarda çoklu doğrusal regresyon modeli > basit doğrusal regresyon modeli > IDW-Orijinal Shepard metodu, olduğu sonuçları elde edilir.

## Teşekkür

Karadeniz Bölgesi meteoroloji istasyonları günlük ortalama sıcaklık verilerinin temin edilmesini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Veri İşlem Dairesi Başkanlığına ve veri temini sırasında desteklerini esirgemeyen sayın harita yüksek mühendisi Mesut DEMİRCAN' a teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Akyürek,Ö., Arslan,O., ve Karademir, (2013). A., *So2 ve Pm10 Hava Kirliliği Parametrelerinin Cbs ile Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Attorre F, Alfo M, De Sanctis M, Francesconi F, Bruno F., (2007). *Comparison of interpolation methods for mapping climatic and bioclimatic variables at regional scale*. Int. J. Climatol. 27: 1825–1843.
- Başayığıt, L., Şenol, H. ve Müjdecı, M., (2008). *Isparta İli Meyve Yetiştirme Potansiyeli Yüksek Alanların Bazı Toprak Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Haritalanması*, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,3(2): 1-10.
- Cao, W., Hu, J., Yu, X., (2009). *A study on temperature interpolation based on GIS, Geoinformatics*, 2009 17th International Conference on, , 1 – 5.
- Davis BM, (1987). *Uses and abuses of Cross-validation in geostatistics*. Math. Geol., 19(3): 241-248.
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A. ve Ekici, M. (2013). *İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri Ve Uzamsal Dağılımları*, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK, İstanbul.
- Doğru, A.Ö., Keskin, M., Özdoğu, K., İliev, N.,Uluğtekin, N.N., Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç. ve Sözen, S., (2011). *Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi ve Sunulması için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Antalya.
- Doğru, A., Okçu, D., Özener, H. ve Solum, Ş., (2013). *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle İklim Karakteri Üzerine Çalışmalar*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Franke, R., and Neilson, G. (1980). *Smooth interpolation of large sets of scattered data*. International Journal of Numerical Methods in Engineering 15, 1691–1704.
- Hartkamp, A., D., Beurs, K., D., Stein, A. ve White, J., W., (1999). *Interpolation Techniques for Climate Variables*, Geographic Information Systems Series 99-01.
- Kurtzman, D., ve Kadmon, R., (1999)*Mapping of Temperature Variables in Israel: A Comparison of Different Interpolation Methods*, Climate Research,33 – 43.
- Lu GY, Wong DW., (2008). *An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique*, Comput. Geosci., Volume 34, Issue 9: 1044–1055.Yang, G, Zhang, J., Yang, Y. ve You, Z., (2011). *Comparison of Interpolation Methods for typical Meteorological Factors Based on GIS – A case study in Jitai Basin ,China*, Geoinformatics, 19th International Conference on, 1 - 5.
- Luo, H. ve He, X.,(2011). *An Improved Inverse Distance Weighted Interpolation Method for InSAR Tropospheric Delay Error Corrections*,International Conference on Information Science and Technology, 480 - 482.
- Mair, A., ve Fares, A., (2011) *Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island*, Journal of Hydrologic Engineering, 371 – 383.
- Nalder, I. A., ve Ross, R. W., (1998) *Spatial Interpolation of Climatic Normals: Test of a New Method in the Canadian Boreal Forest*, Agricultural and Forest Meteorology 92, 211-225.
- Shepard, D., (1968). *A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data*. Proceedings of the 1968 ACM National Conference. pp. 517–524.
- Stahl, K., Moore, R.D., Floyer, J.A., Asplin, M.G ve McKendry I.G. (2006). *Comparison of Approaches for Spatial Interpolation of Daily Air Temperature in a Large Region with Complex Topography and Highly Variable Station Density*, Agricultural and Forest Meteorology,224 – 236.
- Song J, DePinto JV. 1995. *A GIS-based Data Query System*. Presented at the International Association for Great Lakes Research (IAGLR) Conference, Windsor, Ontario.
- Wang S, Huang GH, Lin QG, Li Z, Zhangand H, Fan YR. (2014). *Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada*, Int. J. Climatol. 34: 3745–3751.
- Xu W, Zou Y, Zhang G, Linderman M. (2014). *A comparison among spatial interpolation techniques for Daily rainfall data in Sichuan Province, China*, Int. J. Climatol. (2014), DOI: 10.1002/joc.4180.
- Zengin Kazancı, S., (2014). *Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.