

DENİZ SUYU SICAKLIĞI DEĞİŞİMLERİNİN GÖSTERİMİNDE EN UYGUN ENTERPOLASYON YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ

S. Dalğın

İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Yüksek Lisans Programı, İstanbul, semihdalgin@gmail.com

ÖZET

Son yıllarda atmosferdeki sera gazlarının oranlarındaki artış açıkça gözler önüne serilmiştir. Sera gazları ayna görevi görerek Dünya'yı ısıtmaktadır. Atmosferdeki bu değişim deniz yüzeyi sıcaklıklarını da etkilemektedir. Küresel ısınmanın öncü haber vericilerinden biri olarak nitelendirilebilecek olan deniz suyu sıcaklık değişimlerinin tespit edilmesi, mevcut ekolojik yaşamın ve döngünün devamı için; ayrıca limanlar, deniz ulaşımı, ekonomi ve turizm gibi sektörler içinde önemlidir. Bu yüzden bu çalışmada, son yirmi altı yıldaki deniz yüzeyi sıcaklık değişimleri esas alınarak ileriye yönelik tahminlerde bulunulacak ve gösterim sırasında kullanılabilecek en iyi enterpolasyon yöntemi belirlenmeye çalışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Küresel Isınma, Zamansal Analiz, Bulanık Mantık, DYS, Enterpolasyon Yöntemleri

ABSTRACT

DETERMINING THE MOST APPROPRIATE INTERPOLATION METHODS ON IMPRESSIONS OF SEA SURFACE TEMPERATURE CHANGES

In recent years, the rate of increase in atmospheric greenhouse gases is clearly reveal. Greenhouse gases act as a mirror and this effect causes world's warming. Sea surface temperature is also affected by this situation. Determining sea surface temperature (SST) changes which is one of the forewarning of the global warming is important for ecological life, and also seaport, sea transportation, economy and tourism. For these reasons, in this research SST of the future will be estimated according to last 26 years and the most appropriate interpolation method will be tried to find.

Keywords: Global Warming, Time Series Analysis, Fuzzy Logic, SST, Interpolation Methods

1. GİRİŞ

Günümüzde Dünya'nın en önemli sorunlarından biri halini alan küresel ısınmanın, sanayii devrimi ile artan fabrikalardan ve fosil atık kullanımından kaynaklanığı aşikardır. Dünya nüfusunda görülen hızlı artış, yaşanan göçler sonucu artan şehirleşme, sanayii ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları, yanlış arazi kullanımı ile çevre ve atmosfer kirlenmekte, bunun doğal sonucu olarakta hava ısınmaktadır. Son 140 yılda sıcaklığın 0.7 ± 0.2 °C arttığı tespit edilmiştir. Sera gazlarının artması, ozon deliğinin genişlemesi sonucu artan sıcaklık, buzulların erimesine; ayrıca bu erime su yüksekliğinin artmasına yol açmaktadır. Uluslararası iklim değişimi çalışmaları (IPCC), deniz suyundaki bu yükselmenin 10 – 20 cm olduğunu ve gelecekte 40 – 60 cm daha yükselme yaşanacağını tahmin etmektedir. Bu yükselme birçok ülke için tehdit oluşturmaktadır. Artan deniz suyu yükseliği özellikle adaların olduğu bölgelerin ve Hollanda ve Bangladeş gibi ülkelerin sular altında kalmasına yol açacaktır. Günümüzde Venedik ve Bangladeş'in sular altında kalmasına daha sık rastlar olduk. Havanın ısınması sonucu suyun öz ısındaki artış, deniz sıcaklıklarının artmasına bu da öncelikle denizlerdeki ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Deniz suyundaki sıcaklık artışı okyanuslardaki canlıların ölmesine, göç yollarının, yaşam alanlarının değişimine ve değişen akıntı rejimlerinin görülmesine yol açmaktadır. Karayiplerde 1989 – 1990 yıllarında deniz suyu sıcaklığında görülen 2 °C artış, mercanların kitlesel ölümüne yol açmıştır. Mercanların ortadan kalkması denizlerdeki biyoçeşitliliğin yıkılmasının yanı sıra denizlerin karbondioksit emiliminin de azalmasına yol açmaktadır. Küresel ısınma sonucu yaşanan atmosferik ritim bozukluğu daha farklı akıntıların ve rüzgarların görülmesine yol açacaktır. Bu da kıyılardaki yaşamı, balıkçıları, deniz ulaşımı ve turizmi yakından etkileyecektir. Küresel ısınmanın anlaşılmasında deniz suyu sıcaklık değişimi bir belirteçtir. Bu değişimin gözler önüne serilmesi de bu bağlamda çok önemlidir. Fakat özellikle üç tarafı denizlerle çevrili olan 27 ilin denize kıyısı olduğu ülkemizde, bu sıcaklık değişimi belirleyebilecek istasyon sayısı çok azdır. Son on yılda Batı Akdeniz'de sıcaklık 0.2 °C artmış, Karadeniz akdenizleşmeye başlamıştır. Akdeniz'deki canlı sayısında yaklaşık 300 yeni tür görülmüştür (URL1). Deniz suyu sıcaklığı balık türlerinin üremesi ve ideal yaşam alanlarını belirlenmesinde etkindir ve genç dönemlerinde balıklar sıcaklık değişimine çok duyarlıdırlar. Bu sebepten eldeki mevcut veriler ile tüm denizlere ait sıcaklık değişimlerinin bulunabilmesi için enterpolasyon yöntemlerinin kullanılmasında yarar vardır. Sıcaklık değişiminde rol alan etkenlerin fazla oluşu, kullanılacak kimi algoritmaların bizi

yanlış bilgilendirmesine, yanlış sonuçları elde etmemize neden olacaktır. Bu yüzden en uygun enterpolasyon yönteminin bulunması, doğrulukların istatistiksel olarak karşılaştırılarak bulunmasında yarar vardır. Bu çalışmada, ilk olarak küresel ısınmanın etkileri gözler önüne serilecek, daha sonra denizlerdeki yüzey sıcaklık değişimlerinin etkileri anlatılmaya çalışılırken son 26 yıldaki artış tespit edilip gelecek yıllar için zaman serileri analizi ile artış tahmin edilmeye çalışılırken, tüm deniz yüzeyinin sıcaklığının tahmininde kullanılabilecek en uygun enterpolasyon yöntemi bulunmaya çalışılacaktır.

2. VERİ VE VERİ İŞLEME YÖNTEMLERİ

Küresel ısınmanın öncü habercisi olarak tanımlanan deniz yüzeyi sıcaklık değişiminin tespiti için NOAA “The Climate Diagnostics Center” tarafından 29.10.1981 - 28.12.1989 ve 31.12.1989 – 21.12.2008 tarihleri arasında toplanan deniz yüzeyi sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu veriler ile geleceğe yönelik tahminlerin yapılması; ayrıca kullanılabilecek en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Haftalık olarak toplanan bu veriler işlem kolaylığı sağlanabilmesi için aylık ortalamalar alınarak kullanılmıştır. netCDF formatında saklanan bu verilerin kullanılabilmesi için NOAA tarafından geliştirilen “CoastWatch Data Analysis Tool” yazılımı kullanılmıştır (URL2). 1 derecelik aralıklar ile toplanan bu verilerin zamansal analizinde çıkan zorlukları giderebilmek için tarafımızdan bir formül geliştirilmiştir (1),(2). Enterpolasyon ve zaman serileri analizlerinin algoritmalarının yazımında MATLAB ve görselleştirme aşamalarında ise AutoCAD ve ArcGIS yazılımlarından faydalanılmıştır.

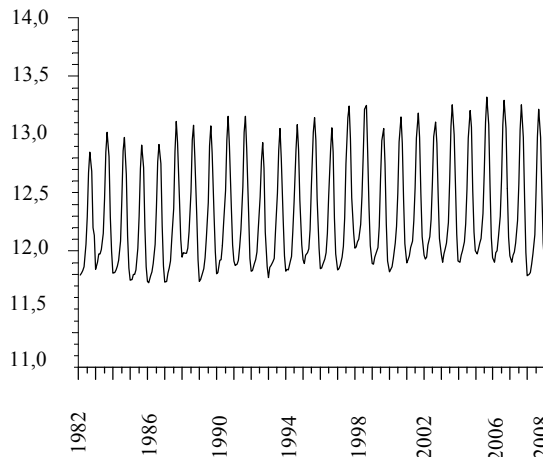
$$\Delta T = \frac{\Delta \text{nn} \sum \frac{|\varphi_1 \lambda_1|}{\sum \varphi_1 \lambda_1}}{\varphi_1 \lambda_1} \quad (1)$$

$$\Delta v = w_i \cdot T_i - w_{\text{ort}} \cdot T_{\text{ort}} \quad (2)$$

ΔT = Sıcaklık Değişimleri, T_i = i.noktanın sıcaklığı, w_i = i.noktanın ağırlığı
n= Nokta Sayısı, φ = Enlem, λ = Boylam

Bilindiği üzere Dünya’nın kağıt üzerine aktarımında matematiksel bir yüzeye sahip olmamasından kaynaklanan distorsiyon problemleri vardır. Kullanılan projeksiyon eşitlikleri alanda, uzunlukta ya da açısal deformasyonlardan en az birine en fazla ikisine çözüm sunmaktadır. Deniz Yüzeyi Sıcaklık (DYS) değişimlerinin gösteriminde her ne kadar alansal deformasyonun korunması istenmesi gerektiği düşünülse de, deniz akıntılarının gözlemlenebilmesi ve sıcaklık üzerindeki etkiler hakkında yorum yapabilmek için açı koruyan (konform) projeksiyonların kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu yüzden çalışmada Merkator projeksiyonunun kullanılması kararlaştırılmıştır (Grafarend, 2006). Yer ekonomisi sağlamak amacı ile yayında kullanılan yaygın olarak bilinen, rahatça bulunabilecek formüllere yayında yer verilmeyecektir. DYS değişimlerinin gösteriminde Ordinary Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Küresel ısınmanın DYS üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için işlem kolaylığı açısından sadece Ocak ve Temmuz ayları esas alınarak, 1982 – 2008 yılları arasındaki değişim incelenerek 2025 ve 2050 yıllarındaki DYS’ ler belirlenmeye çalışılmıştır. Kyoto protokolunun değişim hızında bir etkisinin olup olmadığını anlaşılabilemesi için 1997 yılı ayrıca incelenmeye katılmıştır. Zaman serileri analizinde veri yoğunluğundan kurtulmak için aylar esas alınarak işlem yapılmıştır (Şekil -1). Kullanılan yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemlerinden istenilen doğrulukta sonuç alınamadığından basit bir matematiksel regresyon yapılmıştır (3).



Şekil 1: 1982 – 2008 arasında ortalama DYS değişimleri

1 °C değişimin bile önemli olduğu deniz yüzeyi sıcaklık değişimlerinde kullanılan yöntem (3) ile ortalama ± 0.8 °C doğruluk elde edilmiştir (Tablo 1).

$$Y = X^{0.00176954} \cdot 9.68792 \cdot 10^{-5} \quad (3)$$

$n=27$, $r=0,847$ (n =veri sayısı, r =korelasyon katsayısı)

Tablo 1 : Uygulanan analizin yıllara göre doğrulukları (°C)

Yıl	Temmuz 1982	Temmuz 1988	Temmuz 1996	Temmuz 2000	Temmuz 2025	Temmuz 2050	Ortalama
Tmin	-2,04	-1,89	-2,07	-2,13	-2,3	-2,43	-2,14
Tmaks	33,59	31,24	34,13	35,06	38,33	40,10	35,41
Tort	13,18	12,26	13,40	13,76	15,04	15,73	13,90
Standart Sapma (s)	0,62	0,88	0,77	0,94	-	-	0,80

3. KULLANILAN ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİ

3.1 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi (IDW)

Ağırlıklı ortalama yöntemi, çok basit bir algoritmaya sahip olması ve programlama tekniği açısından uygun olması nedeniyle tercih edilen ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Basit bir yöntem olarak gözükmekle birlikte, birçok uygulamada etkin sonuç vermektedir. Basit olarak, kestirim noktasındaki yüzey değeri, dayanak noktalarındaki yüzey değerlerinin ağırlıklandırılmış ortalamasının alınmasıyla hesaplanır. Kestirim noktalarına yakın olan dayanak noktalarının etkisi daha fazla, uzak noktaların etkisi ise daha azdır (4). (Açıkgöz, 2002, alıntılan Alkanalka, 2007)

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_i \cdot P_i}{s_i^c}}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (4)$$

$$P_i = \frac{1}{s_i^c} \quad (5)$$

s_i = Sıcaklığı aranan noktanın bilinen noktalara uzaklığı, T_j = Enterpolasyon yapılan noktanın sıcaklığı
 P_i = Noktaların ağırlıkları, c = derecesi – çalışmada 1,2,3 ve 4 denenmiştir.

3.2 Kriging Yöntemi

Kriging kestirim yöntemi geoistatistikte kullanılan ve bir çok alanda popülaritesini kanıtlamış bir yöntemdir. Bu tekniği ilk geliştiren D.G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendisinden adını almaktadır. Kriging yönteminin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanır. (Martensson, 2002, alıntılan Alkanalka, 2007). Kriging yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir ağırlık modeli kullanır (Alkanalka, 2007).

3.3 Yarıçapsal Tabanlı Fonksiyon Yöntemi

“Radial Basis Function” olarak bilinen “Yarıçapsal Tabanlı Fonksiyon” veya “Bir Merkezden Her Yöne Yayılan Yöntem” de denilen enterpolasyon yöntemlerinden multiquadric yöntem çalışmada kullanılmıştır. Ancak veri yükü yüzünden matris tersi almada yaşanan zorluklar nedeniyle veriler uygun şekilde dörde bölünmüş; daha sonra işleme tabii tutulmuştur.

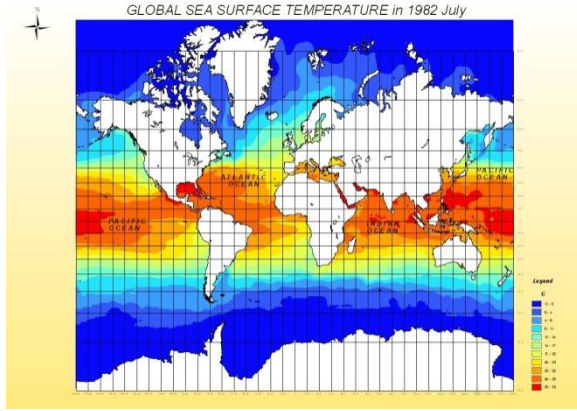
3.4 Bulanık Mantık

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem ise “Fuzzy Logic” olarak bilinen bulanık mantık yöntemidir. Bulanık mantık, 1961 yılında Lütü Askerzade'nin yayınladığı bir makalenin sonucu oluşmuş bir mantık yapısıdır. Bulanık mantığın temeli bulanık küme ve alt kümelerine dayanır. Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde varlık küme ile olan üyelik ilişkisi bakımından kümenin elemanı olduğunda "1", kümenin elemanı olmadığı zaman "0" değerini alır. Bulanık mantık klasik küme gösteriminin genişletilmesidir. Bulanık varlık kümesinde her bir varlığın üyelik derecesi vardır. Varlıkların üyelik derecesi, (0, 1) aralığında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonu $M(x)$ ile gösterilir (URL3). Bu çalışmada üyelik fonksiyonu olarak gauss eğrileri normal dağılımdaki verilerle çok iyi uyum sağladığından kullanılmıştır. Diğer yöntemlerle doğruluklar karşılaştırıldığında en uygun sonucun gauss eğrileri ile alındığı görülmüştür.

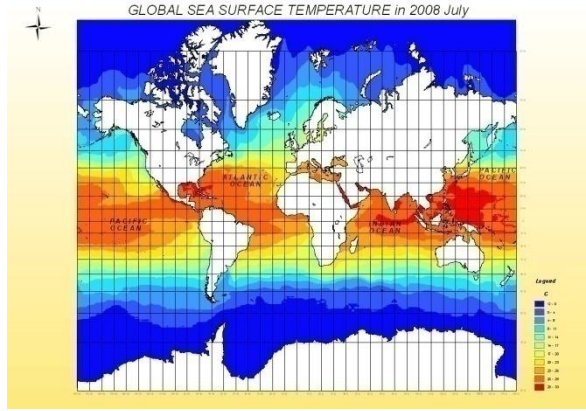
4. UYGULAMA SONUÇLARI

NOAA verilerinin kriging yöntemi ile enterpolasyonu ile elde edilen sonuçlar Şekil – 2, 3’ te gösterilmiştir. 1982, 1997 ve 2008 yılları arasındaki değişim hızları hesaplandığında, 1982 ve 1997 yılları arasında artış hızının $0.030^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$; 1997 ve 2008 yılları arasında ki artış hızının ise $0.014^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ olduğu gözlemlenmiştir (Şekil – 4,5). Bu da bize Kyoto protokolünden sonra hayata geçirilen politikaların ısınmayı önlemede yardımcı olabileceği fikrini uyandırmıştır (Dalğın, 2009).

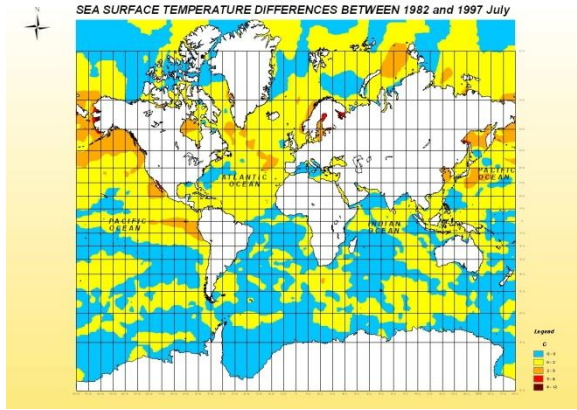
Zaman serileri analizi ile elde edilen sonuçlar Şekil – 6 ve 7 de gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde bazı noktalarda aşırı artışlar görünmekte, bu artış ve azalışların nedeni olarak bölge etrafında gözlemlenen doğal ve doğal olmayan olayların etken olduğu görülmektedir. Şekil – 8 incelendiğinde bu bölgedeki artışın nedeninin bu bölgedeki volkanların faaliyeti ve akabinde takip eden senelerde azalışının (Şekil – 5) ise bu volkanların pasif olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Dalğın, 2009).



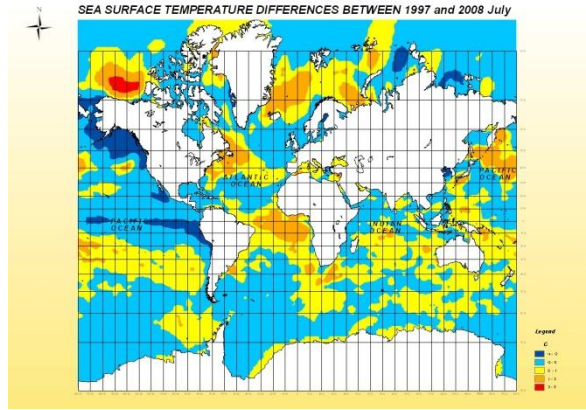
Şekil 2: 1982 Temmuz ayında DYS değerleri



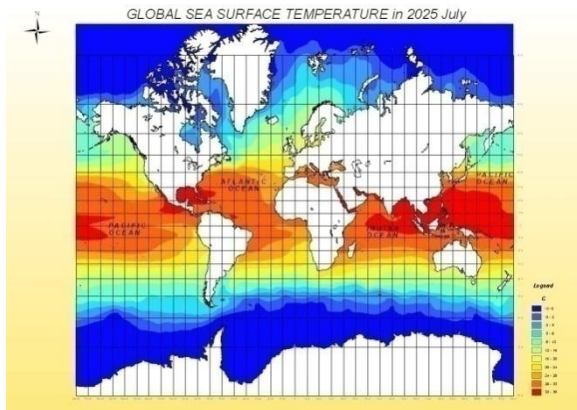
Şekil 3: 2008 Temmuz ayında DYS değerleri



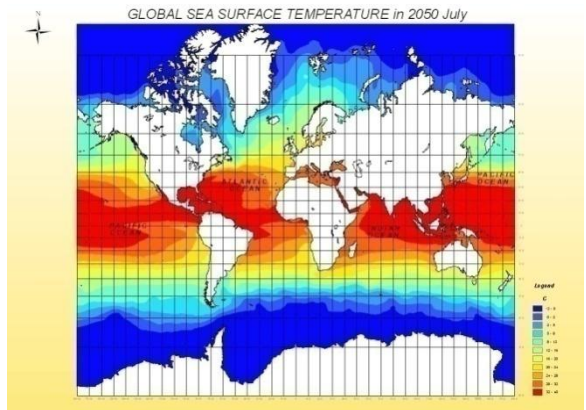
Şekil 4: 1982 - 1997 yılları arası DYS değişimleri



Şekil 5: 1997 - 2008 yılları arası DYS değişimleri



Şekil 6: 2025 Temmuz ayında DYS değerleri

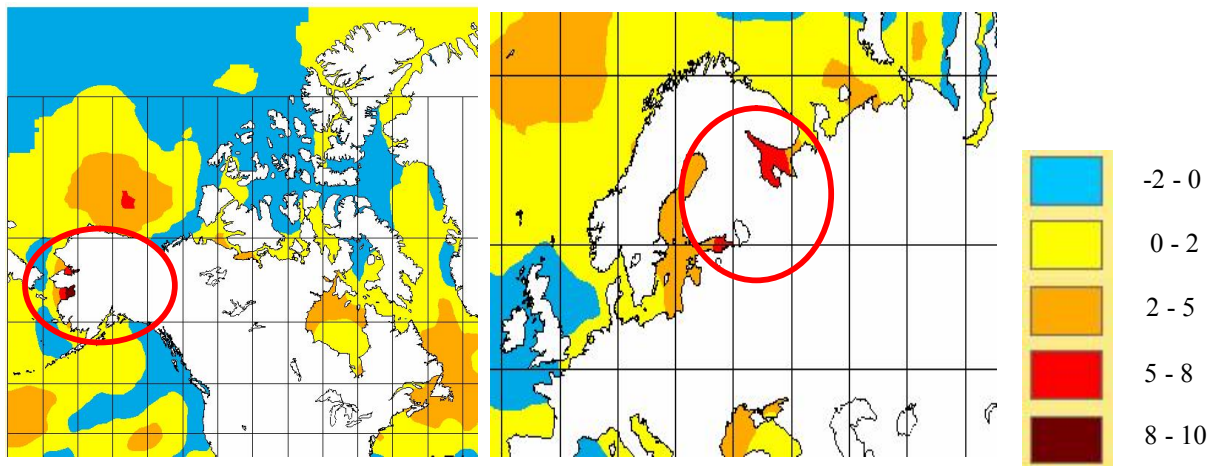


Şekil 7: 2050 Temmuz ayında DYS değerleri

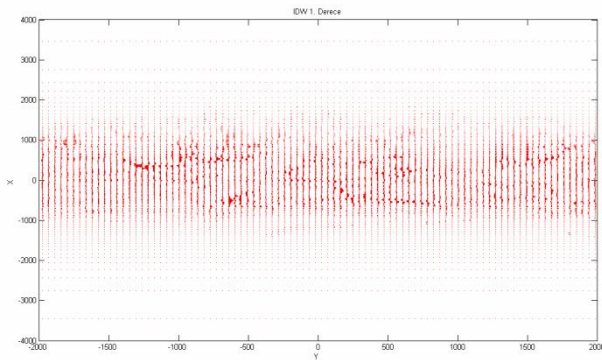
Verilerin enterpole edilmesinde en uygun sonuçların test edilebilmesi için veri grubu (32400 nokta) test ve kontrol verileri olmak üzere iki gruba ayrıldı. Test verileri yardımı ile kontrol verileri sıcaklık değerleri elde edildi. Sonuçlar Tablo – 2’ de gösterilmiştir. Bulanık mantıkta veri aralığı dışına çıkan yaklaşık 500 verinin silinmesine rağmen sonuçlar iyi görünmemektedir. Ancak Şekil – 9,10,11,12 incelendiğinde IDW’ ye göre bulanık mantığın sınırlar içinde kaldığı takdirde daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir.

Tablo 2 : Enterpolasyon Yöntemlerinin Doğruluk Sonuçları (°C)

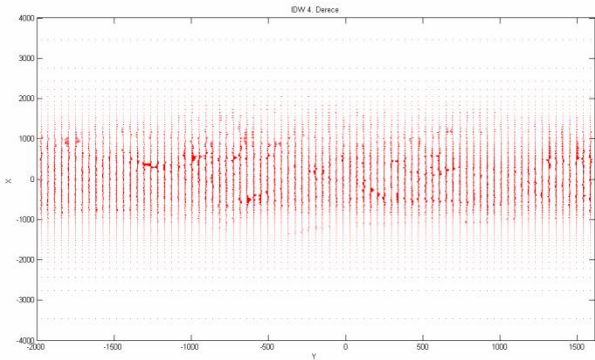
Enterpolasyon Yöntemi	1. derece IDW	Kriging	3. derece IDW	4. derece IDW	Multiquadritic	Bulanık Mantık
Tmin	-2	-2	-2	-2	-2.01	-5.11
Tmaks	31.46	31.84	32.19	32.41	32.77	31.73
Standart Sapma (s)	0.42	0.36	0.31	0.29	0.15	1.41



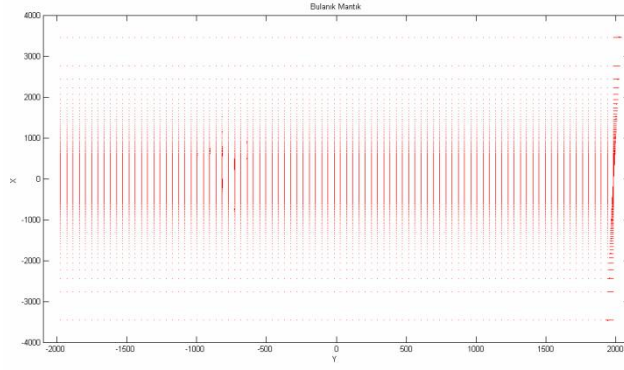
Şekil 8: DYS’ de aşırı artışların gözlemlendiği bölgeler



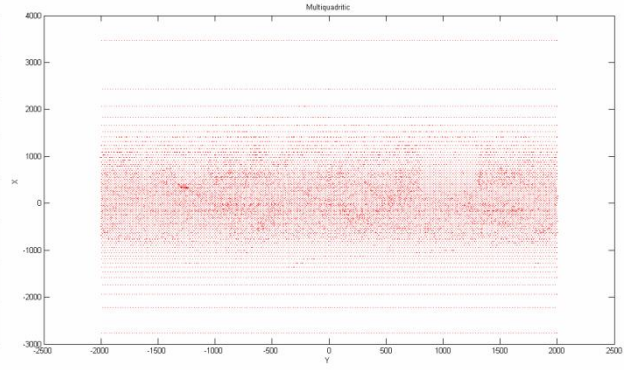
Şekil 9: 1. Dereceden IDW hata vektörleri



Şekil 10: 4. Dereceden IDW hata vektörleri



Şekil 11: Bulanık Mantık hata vektörleri



Şekil 12: Multiquadritik hata vektörleri

5. SONUÇLAR VE İLERİKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar şunlardır:

- Veri boyutundaki fazlalık nedeniyle ileriye dönük tahminde yapılan sadeleştirme doğruluğu düşürmüştür. Doğruluğun artırılabilmesi için ileriki çalışmalarda kullanılan sadeleştirme yönteminin değiştirilmesi, yapılan analizde bir takım değişikliklere gidilmesi ve zaman serileri analizinde kullanılan yöntemler yerine dalgacık (wavelet) yönteminin kullanılması düşünülmektedir.
- Fark haritaları incelendiğinde Kuzey yarımküredeki sıcaklık artışının Güney yarımküreye oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu farkın Kuzey yarımküredeki aşırı sanayileşme ve şehirleşmeden kaynaklandığı söylenebilir.
- 1982 – 1997 ve 1997 – 2008 yılları arasındaki sıcaklık artış hızları incelendiğinde Kyoto protokolunun olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir.
- Şekil – 1 incelendiğinde DYS’nın zamansal artış ve azalışlara sahip olduğu ve bu salınımın nedeni olarak dünyanın orbitindeki konumu, gelgitler, deniz akıntıları, volkanlar vb. etkenler gösterilebilir.
- Tüm sonuçlar karşılaştırıldığında (Şekil – 9,10,11,12, Tablo - 2) en iyi enterpolasyon yönteminin radyal bazlı fonksiyonlardan multiquadritik olduğu görülmektedir. Ama bu yöntemin diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında ağır bir hesap yükü vardır. Elimizdeki veriler 16200 noktadan oluşmaktadır. 16200 e 16200’lük matrisin tersinin alınmasındaki zorluklar bizi verilerin belirli bir kural gözetilerek dörde bölünmesine itmiştir.
- Şekil 11 incelenirse, bulanık mantıktan elde edilen sonuçların iyi olduğu; ama bazı sınır bölgelerinde büyük hatalar verdiği görülmektedir. Sınırlar dışına çıkıldığında gözlemlenen bu yüksek hatalar, bu yöntemin kısmi olarak uygulanması gerekliliğini gözler önüne sermiştir.
- IDW sonuçları incelendiğinde, doğruluğun en fazla olduğu derecenin dördüncü derece olduğu görülmektedir.
- Tüm enterpolasyon yöntemleri incelendiğinde, bulanık mantıktaki hatalar ve multiquadritik yöntemdeki hesap yükü nedeniyle incelenen yöntemler arasında en uygun yöntemin 4. dereceden IDW olduğu söylenebilir. Ancak küçük çaplı çalışmalarda radyal bazlı yöntemlerin kullanılması gerekliliği açıktır. Tarafımızdan iki boyutlu dalgacık yöntemi ile elde edilen yüzeylerde doğrulukların iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Son yıllarda da bu yöntemlerin farklı uygulamalarda kullanıldığı görülmektedir. İlerleyen çalışmalarda bu yöntemin enterpolasyon yöntemleri ile birlikte karşılaştırılması düşünülmektedir.

2025 ve 2050 yıllarındaki DYS haritaları incelendiğinde sıcaklığın böyle gitmesi halinde insanları ve diğer canlıları büyük sorunlar beklemektedir. Bu yüzden önlemlerin biran önce alınmaya başlamasında yarar vardır. Öncelikle karar vericilerin üzerlerine düşen görevleri en iyi şekilde yerine getirmeleri gerekirken, insanların çevreye daha duyarlı olması gerekmektedir. DYS’deki artışın gözler önüne serilebilmesi ve insanların dikkatlerinin çekilebilmesi için haritalar en uygun araçlardır. Bu sebeple küresel ısınmanın etkilerinin ve risklerinin insanlara aktarılmasında mutlaka bu haritalardan faydanılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazar desteklerinden dolayı TÜBİTAK kurumuna teşekkür etmeyi bir borç bilir.

KAYNAKLAR

Alkanalka, E. ve Bayram, B., 2007. *Kestirim Yöntemlerinin Sayısal Yükseklik Modeli Üzerindeki Uygulamaları*. 11. Harita Genel Kurultayı. 2 – 6 Nisan, Ankara. Türkiye.

Dalğın, S. ve Özerdem, E., 2009. The World Sea Surface Temperature Changes in 21st Century. ICA symposium on Cartography for Central and Eastern Europe. 16 – 17 Şubat.

Grafarend, E. W. ve Krumm, F. W., 2006. Map Projections. Germany: Springer – Verlag Berlin Heidelberg

URL 1: <http://www.tudav.org/new/index.php>

URL 2: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.noaa.oisst.v2.html>

URL 3: <http://www.wikipedia.com>