

# Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Sıcaklık Normallerinin Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi

Mesut DEMİRCAN<sup>1\*</sup>, Hüseyin ARABACI<sup>1</sup>, İlker ALAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, [mdemircan@mgm.gov.tr](mailto:mdemircan@mgm.gov.tr)

## ÖZET:

İklim belirli bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır. Klimatolojik normaller; birbirini takip eden 30 yıllık dönemler için hesaplanan klimatolojik verilerin ortalamalarıdır. İklim normallerinin kullanılması yapılacak küresel değerlendirmeler için standart bir altlık sağlaması ve iklim izleme çalışmaları için çok önemli bir araçtır. Türkiye için 1981-2010 ortalama sıcaklık normallerinin yüksek çözünürlüklü grid veri setini üretmek için CBS tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Yükseklik ve Lapse Rate (LR) değeri (yükseklik ile sıcaklık değişim oranı), 1km çözünürlükteki grid noktalarının sıcaklık tahmincileri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, Türkiye genelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 246 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerleri, mekânsal dağılım, görselleştirilme ve enterpolasyonda kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık normalleri, 1981-2010 uzun dönem sıcaklık veri setinden elde edilmiştir. Yükseklik verileri, CBS ile sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. LR değeri  $5^{\circ}\text{CKm}^{-1}$  ( $R^2=0.97$ ) olarak kullanılmıştır. 246 meteoroloji istasyonundan, 188 istasyonun sıcaklık verileri seçilerek ve çalışma sırasında kullanılmıştır. 58 istasyon doğrulama için ayrılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık (58 istasyon) gözlemleri ve tahmin edilen sıcaklık değerleri için maksimum minimum ve ortalama hatalar sırasıyla, 1.43, -1.61 ve  $0.06^{\circ}\text{C}$  ve ortalama karekök hatası (RMSE) 0,67 ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.96 olarak bulunmuştur.

## Anahtar Kelimeler

Sıcaklık, İklim, Lapse Rate, Yükseklik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

## ABSTRACT:

Climate is the average weather conditions experienced in a particular place over a long period. Climatological normals are averages for consecutive periods of 30 years which are calculated from climatological data. Using climate normals are very important tool to provide a standard base for preparing global assessment and climate monitoring studies. A GIS-based method for deriving high-resolution grid data set of mean temperature (Base Period; 1981-2010) is developed for Turkey. Height and lapse rate value (changing rate of temperature with height) are used as predictors of temperatures on 1km resolution of grid points. In this study, mean annual temperature values measured at 246 meteorological stations of Turkish State Meteorological Service over Turkey are used for visualization and interpolation to reveal spatial distribution of mean annual temperature values. Mean annual temperatures have been obtained from period of 1981-2010 long term temperature data sets. Elevation data have been obtained from digital elevation models (DEM) with the help of GIS. Lapse rate value have been used as  $5^{\circ}\text{CKm}^{-1}$  ( $R^2=0.97$ ). Temperature data from 188 stations have been selected from 246 meteorological stations and used during the study. 58 stations were retained for validation. For observations and predicted temperature values of yearly mean temperature (58 stations); maximum, minimum and mean errors are respectively, 1.43, -1.61 and  $0.06^{\circ}\text{C}$  and root-mean-square-error (RMSE) is 0,67 and regression coefficient ( $R^2$ ) is 0.96.

## Keywords

Temperature, Climate, Lapse Rate, Height, Geographical Information Systems (GIS)

## 1. Giriş

İklim oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır (Yalçın, G., ve ark., 2005 ve Eken, M., ve ark., 2008). Bir yerin iklimi, temel olarak enlemi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenir (Şensoy, S., ve Demircan, M., 2010). İklimin standart ortalama süresi 30 yıl olmakla birlikte diğer süreler amaca bağlı olarak kullanılabilir.

Meteorolojik veriler, gözlem maliyetleri ve topografyadan kaynaklanan sorunlar nedeni ile her yerde ölçülemezler. Bununla birlikte birçok sektör tarafından yapılan çalışma, analiz ve projelerde ise bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Geniş ve dağınık coğrafyası olan ülkelerde, gözlem istasyonları genellikle tüm ülkeyi kapsayamaz (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Bu nedenle, farklı modeller topografyaya bağlı olarak, sıcaklık değişimlerini belirlemek ve sıcaklık verileri elde etmek için kullanılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle 2000'li yıllardan bu yana, iklim modeli çıktılarının ve meteorolojik ölçümlerin alansal dağılım çözünürlüğünü artırmak için kullanılan bir araç olmuştur. CBS programlarının Geo-istatistik ve Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR) araçları ile yapılan bazı model çalışmaları ile sıcaklık, yükseklik, eğim ve bakı verileri kullanılarak yapılmakta ve haritalar üretilmektedir. Ancak, bu modeller, istatistiksel olarak uygun olmasına rağmen, klimatolojik perspektif açısından topografyaya bağlı olarak sıcaklık dağılımını yansıtmamaktadır.

\* İletişim yazarı: Mesut Demircan, e-posta:demircanm@gmail.com

Sıcaklık; enlem, yükseklik, güneşlenme, su kaynaklarına uzaklık, bitki örtüsü, bakı, düşü ve benzeri etmenlere bağlı olarak değişen, bununla birlikte sürekliliği olan bir iklim parametresidir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Sıcaklığın değişimi enlem ve coğrafi etmenlere bağlı olarak yavaş değişim gösterir ve ani sıçramalar veya kesilmeler yapmaz. Özellikle ortalama sıcaklıklar, ortaya çıktıkları yerin özelliklerini içlerinde taşırlar. Ortalama sıcaklıkların değişimindeki en önemli etmenin yükseklik ve enlem olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

## 2. Yöntem

Lapse Rate (LR): Sıcaklık verilerinin olmadığı yerlerde, istenilen sıcaklık verisi Lapse Rate değeri kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). LR, atmosferdeki adyabatik ısınma ve soğuma oranları olarak tanımlanır ve sıcaklığın yükseklikle değişmesi olarak açıklanır. Kuru havanın adyabatik LR oranı yaklaşık 100 metrede 1°C'dir. Fakat bununla birlikte genel tanımlayıcı amaçlar için 100 metrede 0.5°C azaldığı da varsayılır (Fairbridge ve Oliver, 2005; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Serbest atmosferde dikey lapse rate ortalaması, mevsimlere ve coğrafi durumlara göre değişiklikler olmakla birlikte, 6°Ckm<sup>-1</sup>'dir (Agnew ve Palutikof, 2000; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011).

İstasyonların sıcaklık verileri yüksekliklerine bağlı olarak aşağıdaki formül aracılığıyla deniz seviyesine indirgenmiştir.

$$T_d = T_i + (h_i * 0.005) \quad (1)$$

$T_d$  = Deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık  
 $T_i$  = İstasyonun ortalama sıcaklığı  
 $h_i$  = İstasyonun yüksekliği

Deniz yüzeyine indirgenmiş sıcaklıklar 1x1Km çözünürlüklü yüksekliği belirli grid noktalarına çekilerek, (1) formülün tersten işletilmesi ile yani " $T_g = T_d - (h_g * 0.005)$ " şeklinde kullanılarak grid noktalarındaki sıcaklıklar elde edilmiştir.

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted – IDW): Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW) örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011).

Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer üreticisidir (enterpolatördür) öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir (Lloyd, 2007; Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011);

$$\hat{z}(x_o) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) \cdot d_{io}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{io}^{-r}} \quad (2)$$

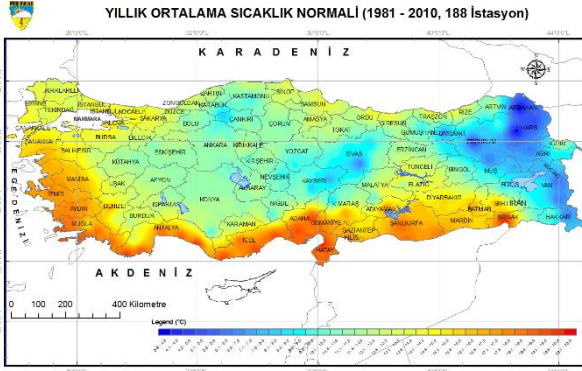
Tahminlerin yapıldığı  $x_o$  lokasyonu, komşu ölçümleri  $n$ 'nin bir fonksiyonudur ( $z(x_i)$  ve  $i=1,2,\dots,n$ );  $r$  gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üsttür ve  $d$  gözlem lokasyonu  $x_i$  ile tahmin lokasyonu  $x_o$ 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir.

## 3. Analizler

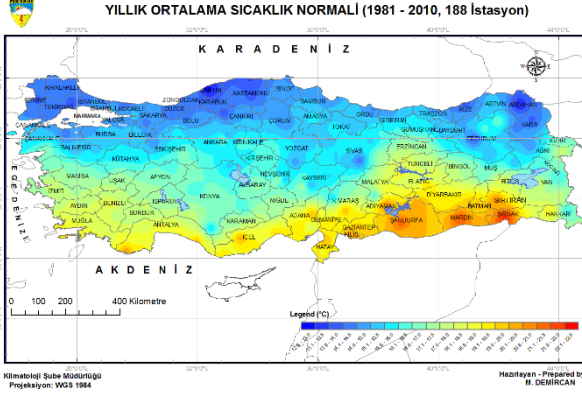
Uludağ ve çevresindeki istasyonların değişik zaman aralıklı sıcaklık verilerinin yükseklik ile değişim ilişkisine bakılarak kullanılacak LR oranı tespit edilmiştir (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). LR, regresyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.97 ile ortalama 5°Ckm<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Çalışmada LR için bu değer kullanılmıştır.

1981-2010 periyodunda sıcaklık verileri olan 246 meteoroloji istasyonunun uzun yıllar, yıllık ve mevsimlik ortalamaları hesaplanmıştır. 246 meteoroloji istasyonundan 188 istasyon modelleme için kullanılmış, haritalandırılmış (Şekil 1) ve seçilen 58 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. IDW yöntemi düzlemsel enterpolasyon yapmaktadır. Bu nedenden, seçilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklık değerleri, yükseklik farklılıklarını ortadan kaldırmak ve bir düzlem değerleri elde etmek için, önce (1) formülü yardımıyla deniz seviyesine indirilmiş ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle dağıtılmıştır (Şekil 2). Bu değerlerin haritalarının oluşturulması ve enterpolasyon için ArcGIS'in IDW aracı kullanılmıştır. Türkiye'yi kaplayan 1x1Km çözünürlükteki grid noktaları, ArcGIS içine ayrıca kurulan HAWHTS aracı yardımıyla oluşturulmuştur. Grid noktalarına (1x1Km çözünürlüklü), oluşturulan deniz seviyesi sıcaklık haritalarından sıcaklık değerleri, "ArcGIS - Spatial Analyst – Extraction aracı" yardımıyla alınarak (1) formülü tersine uygulanmış ve sıcaklıklar bu grid noktalarının yüksekliklerine taşınmış ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle

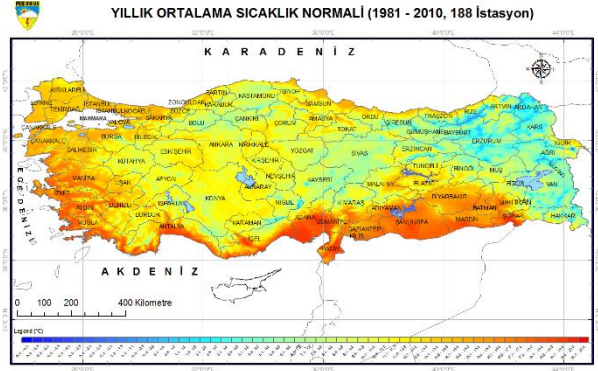
interpole edilmiştir (Şekil 3). Elde edilen bu haritalardan, doğrulama için ayrılmış istasyonlara modellenmiş sıcaklık verileri yukarıda bahsedilen şekilde alınarak, bu istasyonların gözlemlenmiş sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmış, farkları bulunmuş (Şekil 4), bu işlem yıllık ve mevsimler için tekrarlanmış sıcaklıklardaki yıllık değişimin görülebilmesi için aynı gösteri kullanılarak haritalanmıştır (Şekil 5). Ortalama Kareysel Hataları (RMSE) ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır.



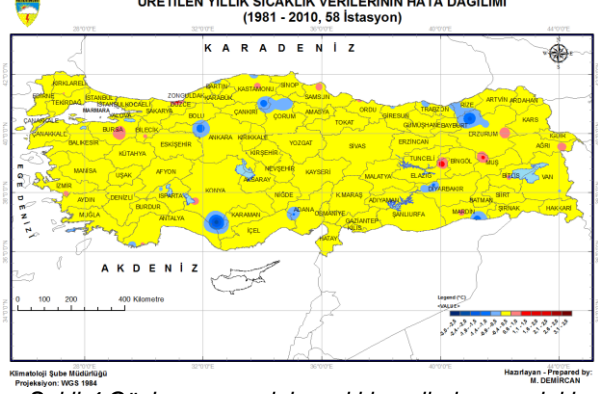
Şekil 1 Yıllık ortalama sıcaklık normalleri



Şekil 2 Deniz seviyesine indirgenmiş normaller



Şekil 3 Modellemiş normaller  
ÜRETİLEN YILLIK SICAKLIK VERİLERİNİN HATA DAĞILIMI  
(1981 - 2010, 58 İstasyon)



Şekil 4 Gözlem ve model sıcaklık verileri arasındaki hataların dağılımı

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada 246 meteoroloji istasyonunda ölçülen ortalama yıllık sıcaklık değerleri kullanılarak, sıcaklığın mekânsal dağılımı yükseklik verileri ve LR yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. LR  $5^{\circ}\text{CKm}^{-1}$  olarak kullanılmıştır.

246 meteoroloji istasyonundan 188 istasyon modelleme için kullanılmış ve seçilen 58 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. Çalışmadaki mekânsal dağılımlar için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği kullanılmıştır.

Modelleme sonucunda doğrulama istasyonlarında; sırasıyla ortalama, maksimum ve minimum hatalar yıllık için 0.06, 1.43 ve  $-1.61^{\circ}\text{C}$ , ortalama karesel hata (RMSE) 0.67 ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) ise 0.96'dır.

Bu tür çalışmaların hepsinin başarısı doğru ve sık veriye dayanır (Demircan, M., ve Arkadaşları, 2011). Ülkemizin özellikle dağlık kesimlerinde ve büyük nehir vadileri boyunca temel iklim elemanlarının gözlemlenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bunun üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde; kara – deniz ilişkisinin, dağların denizlerden gelerek iç kesimlere akan hava kütlelerine etkisinin ve mikro-iklim bölgelerinin tespitini kolaylaştıracağı ve doğruluğu artıracağı düşünülmektedir.

Bu tür çalışmalarda kullanılan yükseklik veri setleri çok önemlidir. Yükseklik veri setleri oluşturulurken kullanılan yeniden örnekleme (resampling) teknikleri ile oluşturulan yeni grid hücrelerinde gerçek topografyaya ait yükseklik bilgileri kaybolabilmektedir. Çalışmadaki hata kaynaklarının birisi de meteoroloji istasyonlarının yüksekliği ile SYM'den alınan yükseklik farklarıdır. Çalışmada kullanılan 1km çözünürlüklü grid noktalarının yükseklik değerlerinin daha yüksek çözünürlüklü bir SYM'den alınması durumunda hata miktarlarının minimuma ineceği düşünülmektedir.

Çalışmada görülen diğer bir hata kaynağı ise istasyon koordinatlarının kullanılan Türkiye sınırları altlığının dışına düşüyor olmasıdır. Bu sorun özellikle deniz kıyısında ve Türkiye sınırlarında olan istasyonlarımızda görülmektedir.

Bu tip modelleme çalışmaları için Türkiye’de altlık harita sağlayıcı kurumların bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere yüksek çözünürlüklü altlıkları hazırlayarak kullanıcılara sağlamasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

İstasyonların mikro-klimatolojik özellik göstermesinin ise diğer bir hata kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma iklimin sıcaklık parametresinin CBS yardımıyla istatistikî olarak topografyaya bağlı dağıtımın kolay ve pratik bir yolunu sunmaktadır.

## 5. Kaynaklar

1. Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No : 2005 / 1, 2005, Ankara, Sayfa 4,
2. Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., ve Özhan, Ü., Klimatolojik Rasat El Kitabı, DMİ Yayınları, Yayın No: 2008/3, 2008, Ankara, Sayfa 1,
3. Sensoy, S., ve Demircan, M., Climatological Applications In Turkey, 2010, Ankara, Sayfa 1,
4. Guide to Climatological Practices Third Edition, WMO-No. 100, 2011, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Sayfa 4-16, 17,
5. Technical Regulations Volume I, General Meteorological Standards and Recommended Practices, Basic Documents No. 2, WMO - No. 49, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 1988, Sayfa XI
6. Arguez, A., ve Vose, R., S., The Definition of the Standard WMO Climate Normal The Key to Deriving Alternative Climate Normals, DOI: 10.1175/2010BAMS2955.1, 2011
7. GCOS – 158, Summary Report and Recommendations from the Seventeenth Session of the GCOS/WCRP Atmospheric Observation Panel for Climate (AOPC-XVII), WCRP 10/2012, 2012, Sayfa 5
8. Wright, W., WMO Technical Commission for Climatology, Open Panel of CCI Experts on Climate Data Management (OPACE-I), AOPC-XVII, Geneva 30 April - 3 May 2012,
9. Demircan, M., Basic Approach To Climate Monitoring Products And Climate Monitoring Products In WMO RA VI, Meeting of the Commission for Climatology (CCI) (OPACE 2) Task Team on National Climate Monitoring Products, Geneva, 2011,
10. Demircan, M., Alan, İ., ve Şensoy, S., Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara,
11. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., Increasing Resolution Of Temperature Maps By Using Geographic Information Systems (GIS) And Topography Information, 5th Atmospheric Science Symposium, 27-29 April 2011, İstanbul Technical University, İstanbul – Turkey, Sayfa 423,
12. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., Increasing Resolution of Temperature Maps by Using Geographic Information Systems and Topography Information, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS / 10th ECAM,
13. Li, L., ve Heap, A., D., 2008, A Review of Spatial Interpolation Methods
14. for Environmental Scientists, Geoscience Australia Record 2008/23, 2008, Australia, Sayfa 10
15. J.E.Oliver, R.W.Fairbridge at all, Encyclopedia of World Climate, 2005, Sayfa 448
16. M.D.Agnew, J.P.Palutikof, GIS-based construction of baseline climatologies for the Mediterranean using terrain variables, 2000
17. C.D.Loyd, Local Models for Spatial Analysis, 2007, Sayfa 98
18. Demircan, M., Türkoğlu, N., ve Çiçek, İ., Mevsimlik Sıcaklık Normallerinin (1971-2000) Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye