

Mevsimlik Sıcaklık Normallerinin (1971-2000) Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yüksek Çözünürlüklü Veri Setinin Üretilmesi

Producing of high resolution data set of seasonal temperature normals (1971-2000) by using geographic information systems (GIS)

Mesut DEMİRCAN^{1*}, Necla TÜRKÖĞLU², İhsan ÇİÇEK²

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara

² A.Ü. DTCF Fakültesi Coğrafya Bölümü, Ankara

Öz: 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 1971-2000 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 228 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerleri, mekânsal dağılım, görselleştirilme ve enterpolasyonda kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık normalleri, 1971-2000 uzun dönem sıcaklık veri setinden elde edilmiştir. Yükseklik verileri, CBS ile sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. LR değeri 5°CKM^{-1} ($R^2=0.97$) olarak kullanılmıştır. 228 meteoroloji istasyonundan, 103 istasyonun sıcaklık verileri seçilerek ve çalışma sırasında kullanılmıştır. 125 istasyon doğrulama için ayrılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık (125 istasyon) gözlemleri ve tahmin edilen sıcaklık değerleri için maksimum minimum ve ortalama hatalar sırasıyla, 2.64, -3.17 ve -0.18°C ve ortalama karekök hatası (RMSE) 0,868 ve regresyon katsayısı (R^2) 0.94 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; 1971-2000) 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 228 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 1971-2000 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°CKm^{-1} ($R^2=0.97$). Temperature data from 103 stations have been selected from 228 meteorological stations and used during the study. 125 stations were retained for validation. For observations and predicted temperature values of yearly mean temperature (125 stations); maximum, minimum and mean errors are respectively, 2.64, -3.17 and -0.18°C and root-mean-square-error (RMSE) is 0,868 and regression coefficient (R^2) is 0.94.

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., vd., 2005; Eken, M., vd., 2008; Demircan, M., vd., 2013). Bir yerin iklimi, temel olarak enlemi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ve okyanusa olan mesafesi ile belirlenir (Şensoy, S., ve Demircan, M., 2010; Demircan, M., vd., 2013). İklimin standart ortalama süresi 30 yıl olmakla birlikte diğer süreler amaca bağlı olarak kullanılabilir. İklim uzun bir süre boyunca belirli bir bölgedeki sıcaklık, nem, atmosferik basınç, rüzgâr, yağış, atmosferik parçacık sayımı ve çok sayıda diğer meteorolojik elemanların istatistiklerini kapsar. İklim; belirli bir zaman aralığında, belirli bir yer için atmosferin kolektif durumu olarak da tanımlanmaktadır. Kolektif durum istatistik kümelerin bir kısmı temelinde sınıflandırılır. En yaygın istatistik ortalamadır. İklim tanımları atmosfer gözlemleri ile yapılır ve sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr vb. içeren hava parametrelerinin çeşitlerinin ortalamaları ve ekstremeleri ile tanımlanır.

İklim normalleri başlıca iki amaç için kullanılır. Normaller; yeni veya mevcut birçok anomali tabanlı iklim veri kümeleri (örneğin, küresel ortalama sıcaklık) için bir temel sağlamayı da içeren karşılaştırılabilir gözlemler için bir ölçüt olarak hizmet vermektedir (WMO No:100, 2011; Demircan, M., vd., 2013). Normaller ayrıca, yaygın olarak belirli bir konumda yaşanabilecek olması muhtemel koşulların bir tahmini olarak, açık veya örtülü olarak kullanılmaktadır. Teknik Düzenlemeler (WMO-No. 49; WMO No:100, 2011; Demircan, M., vd., 2013) altında, klimatolojik standart normaller; art arda birbirini takip eden 30 yıllık dönemler için hesaplanan klimatolojik verilerin ortalamalarıdır: 01 Ocak 1901'den 31 Aralık 1930'a kadar, 1 Ocak 1931'den 31 Aralık 1960'a kadar, vb. Normallerin beş önemli niteliği vardır; zamansal ortalamalardır, ağırlıksız ortalamalardır, ortalama dönemi otuz ardışık yıldır, geçmiş ve güncel verileri kullanan doğal filtrelerdir, on yılda bir yenilenirler (Arguez, A., ve Vose, R., S., 2011; Demircan, M., vd., 2013). İklim için Atmosferik Gözlem Paneli, bir tanesi en son dönemi temsil eden ve bir diğeri trend göstergesi için temel olmak üzere sabit kalan çift iklim normalini gerekli kabul eder (GCOS 158; Demircan, M., vd., 2013). Bununla beraber, birçok eğilim bilgilerinin şu anda 1961-1990 normaline göre sunulmasına bakılmaksızın, 1971-2000 döneminin sonrakiler için daha iyi bir dönem olduğunu dikkate almaktadır. Çifte standart nasıl işleyecek; 30/30 şekliyle iklim izleme yapılacak (nispeten istikrarlı, uzun vadeli ortalama olarak kalacak, güncel standart: 1961-1990), 30/10 şekliyle genel iklim hizmetleri için güncel normaller kullanılacak (Güncel standart: 1971-2000) (Wright, W., 2012; Demircan, M., vd., 2013). Dünya Meteoroloji Organizasyonu'nun VI. Bölgesindeki ülkeler incelendiğinde, 2011 yılında üç ülkenin standart dönem kullanmadığı, üç ülkenin 1961-1990 dönemini, dokuz ülkenin 1971-2000 dönemini, üç ülkenin hem 1961-1990, hem de 1971-2000 dönemini kullandığı görülmüştür (Demircan, M., 2011; Demircan, M., vd., 2013). Standart dönem kullanmayan ülkeler, bir takım sebepler nedeniyle bu dönemler için veri serileri olmadığından dolayı kullanamamaktadırlar. İklim normallerinin kullanılması yapılacak küresel değerlendirmeler için standart bir altlık sağlaması ve iklim izleme çalışmaları için çok önemli bir araçtır. 1971-2000 döneminin tamamlanmasıyla birlikte ülkeler bu dönemi normaller için kullanmaya başlamışlardır.

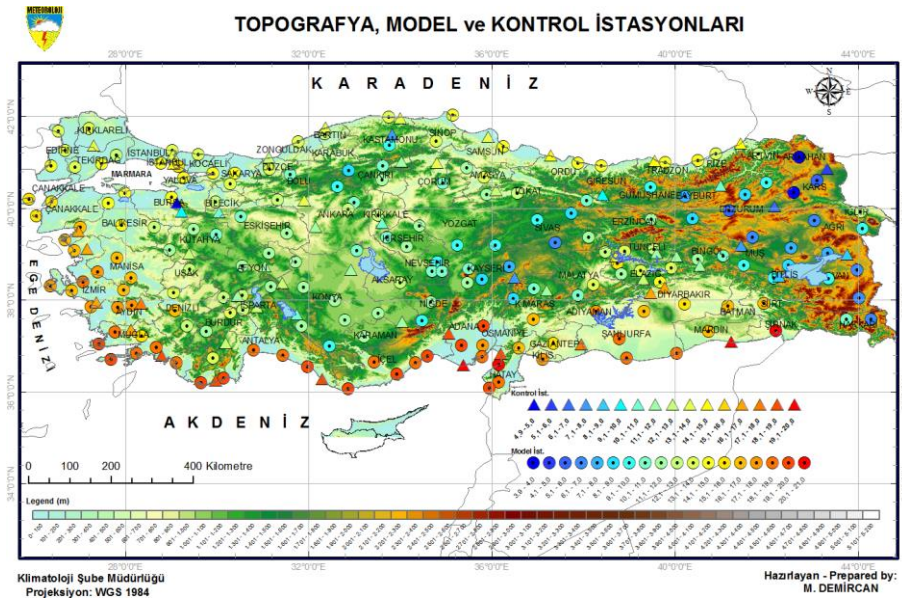
Meteorolojik veriler, gözlem maliyetleri ve topografyadan kaynaklanan sorunlar nedeni ile her yerde ölçülemezler. Bununla birlikte birçok sektör tarafından yapılan çalışma, analiz ve projelerde ise bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). Geniş ve dağlık coğrafyası olan ülkelerde, gözlem istasyonları genellikle tüm ülkeyi kapsayamaz (Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). 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 Jeo-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.

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., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). 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.

Bu çalışmada, mevcut sıcaklık ölçümleri kullanılarak, sıcaklık ölçümlerinin olmadığı alanlar için sıcaklık verilerinin tahmin edilmesi ve oluşturulan grid noktaları için sıcaklık verisi üretilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla sıcaklık ve yükseklik arasındaki ilişki kullanılabilir (Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). Lapse Rate (LR), sıcaklığın yükseklikle değişimi olarak tanımlanmaktadır. LR, havadaki nem miktarına bağlı olarak 0.5°C ila 1.0°C arasında değişmektedir.

Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 228 istasyonda yapılan ölçümlerden elde edilen mevsimlik ortalama sıcaklık verileri; mekânsal dağılımını ortaya çıkarmak, görselleştirme ve enterpolasyon için kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık verileri, 1971-2000 uzun yıllar sıcaklık veri setinden elde edilmiştir. Yükseklik verileri, Sayısal Yükseklik Modeli'nden (SYM) ArcGIS yardımıyla elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait (model ve kontrol için) kullanılan gözlem istasyonları ve SYM'den elde edilen yükseklik haritası.

2. Yöntem

Lapse Rate (LR): Sıcaklık verilerinin olmadığı yerlerde, istenilen sıcaklık verisi Lapse Rate değeri kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). 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., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). Serbest atmosferde dikey lapse rate ortalaması, mevsimlere ve coğrafi durumlara göre değişiklikler olmakla birlikte, 6°Ckm-1'dir (Agnew ve Palutikof, 2000; Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013).

LR, yükseklik/rakım ile ilgili olarak hava sıcaklığını tahmin etmek için geliştirilmiştir (Li, L., ve Heap, A., D., 2008; Demircan, M., vd., 2013). En yakın hava istasyonunun sıcaklık değeri ve hava sıcaklığı tahmin edilecek örneklenmemiş bir noktanın yükseklik farkı, bir bölge için hava sıcaklığı ve yükseklik arasındaki ilişkinin temeli üzerinde kullanılır. Aynı zamanda akıllı enterpolasyon denir (Willmott ve Matsuura; 1995 Vicente-Serrano ve ark, 2003; Li, L., ve Heap, A., D., 2008; Demircan, M., vd., 2013). Bu, LR'nin çalışma bölgesi boyunca sabit olduğu varsayımına dayanır (Collins ve Bolstad, 1996; Li, L., ve Heap, A., D., 2008; Demircan, M., vd., 2013). LR'nin çeşitli varyantları hava sıcaklığı için öne sürülmüştür (Stahl vd., 2006; Li, L., ve Heap, A., D., 2008; Demircan, M., vd.,

2013). Sadece yükseklik kullanılarak sıcaklık tahmini yapmanın sınırlılığı göz önüne alındığında, bu yöntem, bir daha ayrıntılı olarak ele alınmayacaktır.

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., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar.

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., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013);

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

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. Üsün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir.

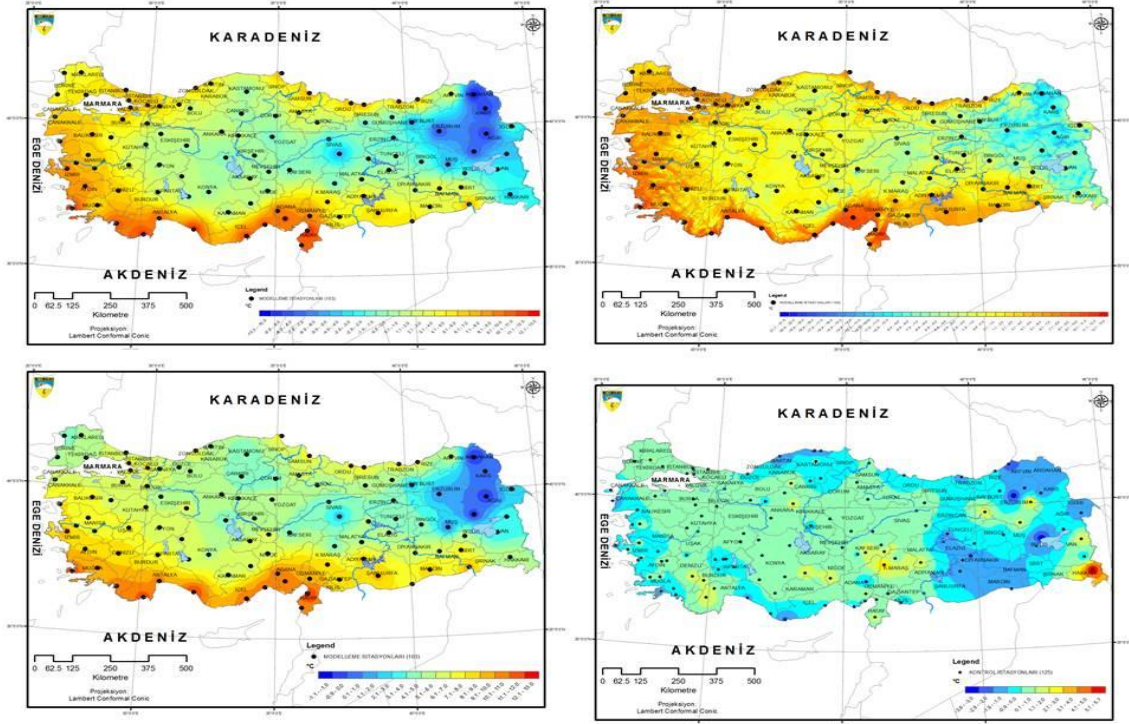
3. Bulgular

Uludağ ve çevresindeki istasyonların değişik zaman aralıklı sıcaklık verilerinin yükseklik ile değişim ilişkisine bakılarak kullanılacak LR oranı tespit edilmiştir (Demircan, M., vd., 2011; Demircan, M., vd., 2013). LR, regresyon katsayısı (R^2) 0.97 ile ortalama 5°CKm^{-1} olarak bulunmuştur. Çalışmada LR için bu değer kullanılmıştır.

1971-2000 periyodunda sıcaklık verileri olan 228 meteoroloji istasyonunun uzun yıllar, mevsimlik ortalamaları hesaplanmıştır. 228 meteoroloji istasyonundan 103 istasyon modelleme için kullanılmış, haritalandırılmış (Şekil 2,3,4,5) ve seçilen 125 istasyon doğrulama amaçlı olarak modelleme dışında bırakılmıştır. IDW yöntemi düzlemsel enterpolasyon yapmaktadır. Bu nedenden, seçilen istasyonların mevsimlik 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 2,3,4,5). 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 interpolate edilmiştir (Şekil 2,3,4,5). Elde edilen bu haritalardan, doğrulama için ayrılmış istasyonlara modellenmiş sıcaklık verileri yukarıda bahsedilen şekilde alınarak, bu istasyonların gözlemlenmiş sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmış, farkları bulunmuş ve bu işlem

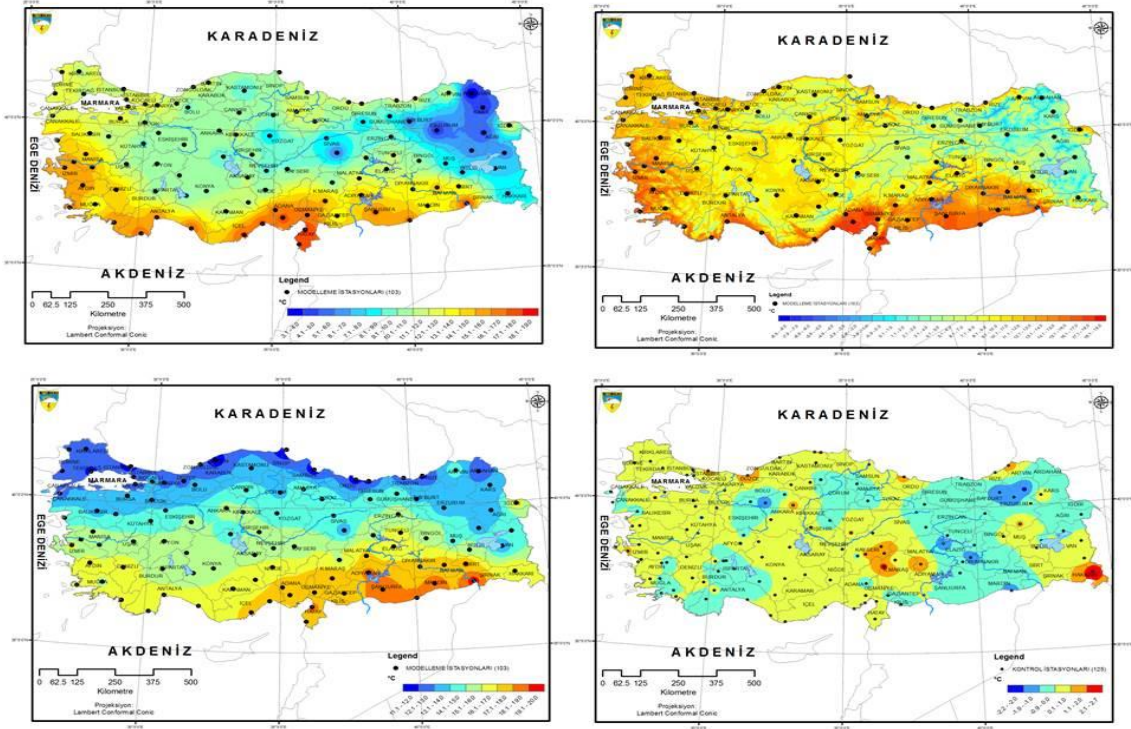
mevsimler için tekrarlanmış sıcaklıklardaki yıllık değişimin görülebilmesi için aynı gösteri kullanılarak haritalanmıştır (Şekil 2,3,4,5). Ortalama Kareysel Hataları (RMSE) ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 1, Şekil 6).

Ortalama sıcaklıklar deniz seviyesine indirildiğinde sıcaklıkların şekillenmesindeki en büyük etken olan enlem etkisi ortaya çıkar ve sıcaklıklar enlemlere paralel kuşaklar oluşturur. Kış mevsimi modelleme çalışmasında ortalama sıcaklıklar deniz seviyesine indirildiğinde bu kuşakların belirgin bir şekilde oluşmamıştır (Şekil 2). Kış döneminde bu kuşakların oluşmaması ortalama sıcaklıkların şekillenmesinde baskın karakteri yurdumuzu bu dönemde sıkça ziyaret eden siklonların oluşturduğunu düşündürmektedir. Kış ortalama sıcaklıklarının modellenmesinde maksimum hata 5.70°C ile Yüksekova'da, minimum hata -3.60°C ile Ahlat'ta görülmüştür. Modellemenin ortalama hatası 0.03°C ile R^2 'si 0.94 ve modellemenin ortalama karesel hatası (RMSE) 1.24'tür (Tablo 1). Maksimum hatanın bu kadar yüksek çıkması modelleme de kullanılan Hakkâri'deki istasyon ile Yüksekova'daki istasyonun bu mevsimde farklı etkilere maruz kalmasından meydana geldiği düşünülmektedir.



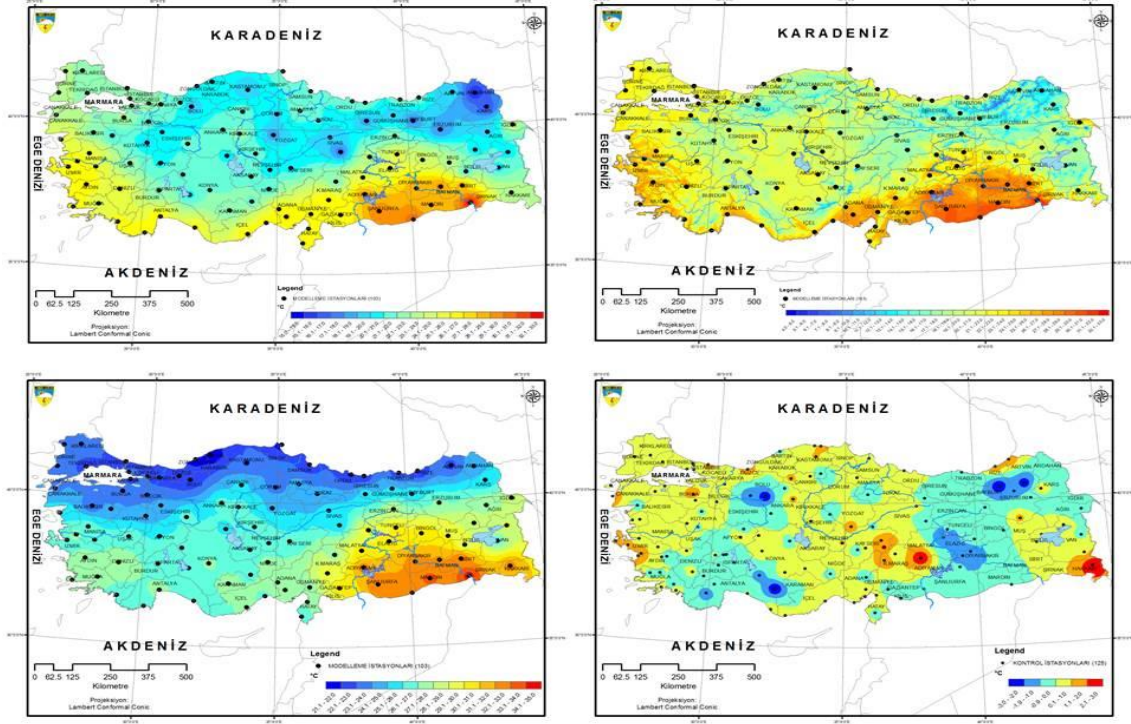
Şekil 2 Kış mevsimi ortalama sıcaklık normleri dağılımı (sol üst). Kış mevsimi deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık dağılımı (sol alt). Kış mevsimi modellenmiş sıcaklık dağılımı (Sağ üst). Kış mevsimi modelleme hata dağılımı (Sağ alt).

İlkbahar döneminde enlemlere paralel kuşakların olduğu görülmektedir (Şekil 3). İlkbahar ortalama sıcaklıklarının modellenmesinde maksimum hata 2.65°C ile Yüksekova'da, minimum hata -2.15°C ile Oltu'da görülmüştür. Modellemenin ortalama hatası 0.18°C ile R^2 'si 0.94 ve modellemenin ortalama karesel hatası (RMSE) 0.85'tir (Tablo 1). İlkbahar mevsiminin hatalarının azaldığı ve kış mevsimine göre daha iyi modellendiği görülmüştür.



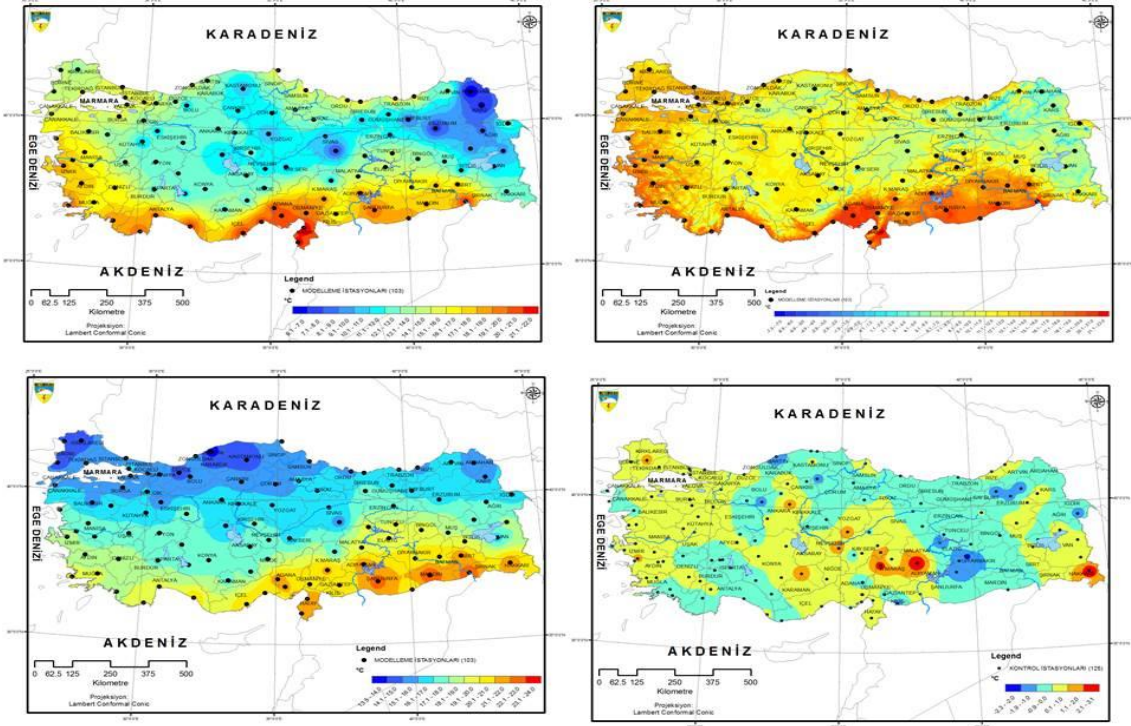
Şekil 3 İlkbahar mevsimi ortalama sıcaklık normalleri dağılımı (sol üst). İlkbahar mevsimi deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık dağılımı (sol alt). İlkbahar mevsimi modellenmiş sıcaklık dağılımı (Sağ üst). İlkbahar mevsimi modellenme hata dağılımı (Sağ alt).

Yaz döneminde enlemlere paralel kuşakların daha çok kuzeyde olduğu, güneyde ise ülkemize güneyden sokulan sıcak havanın (Karasal Tropik – cT) etkilediği ve bu kuşakları bozduğu görülmektedir (Şekil 4). Yaz ortalama sıcaklıklarının modellenmesinde maksimum hata 2.97°C ile Doğanşehir’de, minimum hata -2.96°C ile İspir’de görülmüştür. Modellemenin ortalama hatası 0.16°C ile R^2 ’si 0.89 ve modellenmenin ortalama karesel hatası (RMSE) 1.09’dur (Tablo 1). Yaz mevsiminin de hatalarının azaldığı ve kış mevsimine göre daha iyi modellendiği görülmüştür.



Şekil 4 Yaz mevsimi ortalama sıcaklık normalleri dağılımı (sol üst). Yaz mevsimi deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık dağılımı (sol alt). Yaz mevsimi modellenmiş sıcaklık dağılımı (Sağ üst). Yaz mevsimi modelleme hata dağılımı (Sağ alt).

Sonbahar döneminde enlemlere paralel kuşakların oluştuğu görülmektedir (Şekil 5). Sonbahar ortalama sıcaklıklarının modellenmesinde maksimum hata 3.09°C ile Doğanşehir’de, minimum hata -2.29°C ile İspir’de görülmüştür. Modellemenin ortalama hatası 0.07°C ile R^2 ’si 0.94 ve modellemenin ortalama karesel hatası (RMSE) 0.96’dır (Tablo 1). Sonbahar mevsiminin de hatalarının azaldığı ve kış mevsimine göre daha iyi modellendiği görülmüştür.

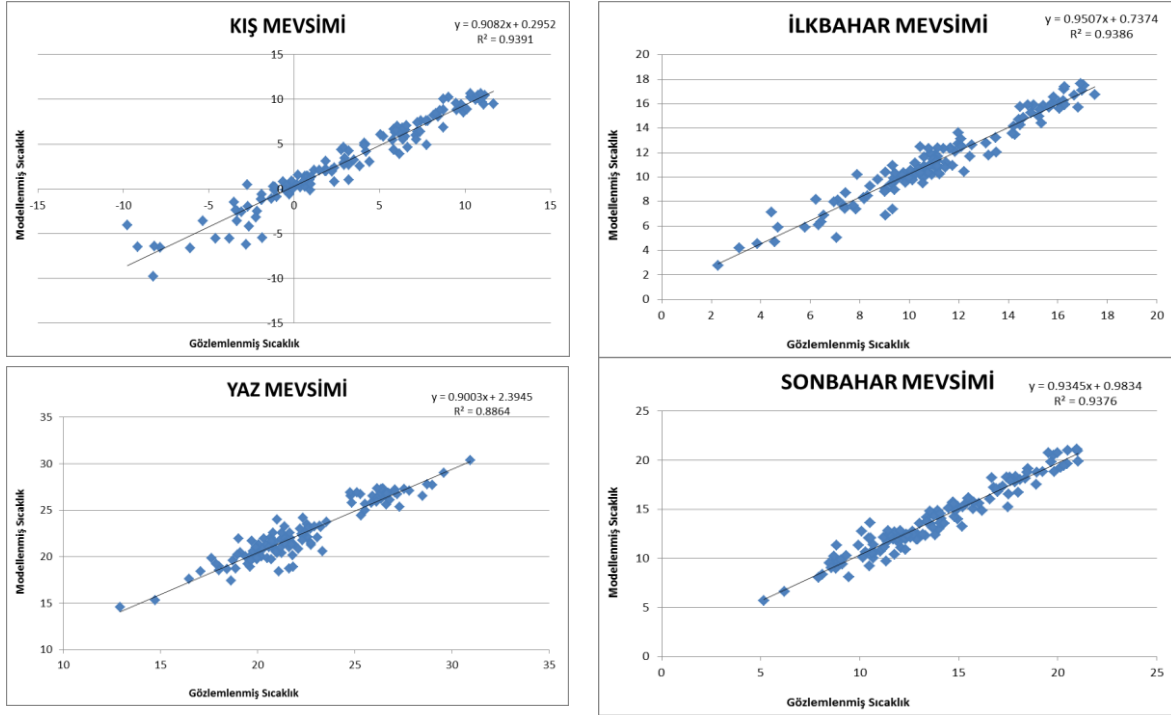


Şekil 5 Sonbahar mevsimi ortalama sıcaklık normalleri dağılımı (sol üst). Sonbahar mevsimi deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık dağılımı (sol alt). Sonbahar mevsimi modellenmiş sıcaklık dağılımı (Sağ üst). Sonbahar mevsimi modelleme hata dağılımı (Sağ alt).

Sonuçlara bakıldığında bahar mevsimleri ortalama sıcaklıklarının, kış ve yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarına göre daha iyi modellendiği görülmüştür (Tablo 1). Bu durumun gerek kış gerek yaz mevsiminde Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri ve sistemlerinin bu mevsimlerde daha kuvvetli ve baskın karakter oluşturması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 1 RMSE, R² ve hata değerleri

1971-2000 Ortalama Sıcaklık Normalleri	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Maksimum Hata	5.70	2.65	2.97	3.09
Minimum Hata	-3.60	-2.15	-2.96	-2.29
Ortalama Hata	0.03	0.18	0.16	0.07
Ortalama Karesel Hata (RMSE)	1.24	0.85	1.09	0.90
R ²	0.94	0.94	0.89	0.94



Şekil 6 Göllem sıcaklık ve model sıcaklık verilerinin ilişkisi

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu tür çalışmaların hepsinin başarısı doğru ve sık veriye dayanır (Demircan, M., vd., 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 artıracığı 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.

CBS ile modellemelerde kullanılan jeo-istatistik ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemleri ile çalışmalar yapılarak yöntemlerin karşılaştırılması ve 1971-2000 sıcaklık normalleri atlas çalışmasında kullanılması planlanmaktadır.

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

Referanslar

1. Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., Klimatoloji – I, DMİ Yayınları, Yayın No:2005 / 1, 2005, Ankara, Sayfa 4, <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/klimatoloji1.pdf>
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, <http://www.rtc.dmi.gov.tr/FILES/KURS/336/DOCS/Climatological%20Applications.pdf>
4. Guide to Climatological Practices Third Edition, WMO-No. 100, 2011, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Sayfa 4-16, 17, www.wmo.int/pages/prog/wcp/documents/Guide2.pdf
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 http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_49_en-v1_1988.pdf
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, <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2010BAMS2955.1>
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 <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-158.pdf>
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, http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/apocXVII/presentations/6.1_CCI_Wright.pdf
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, http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/opace2_tt_ncmp/Climate_Monitoring_Product_Europe.pdf
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, http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/bfa3a35a87198f7_ek.pdf
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, http://siga.uubf.itu.edu.tr/atmosfer/files/conferences/1/ATMOS2011_Proceedings.pdf
12. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., “Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information”, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS / 10th ECAM, <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2011/EMS2011-182.pdf> http://presentations.copernicus.org/EMS2011-182_presentation.pdf
13. Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S., And Ekici, M., “İklim normalleri ve 1981-2010 sıcaklık normallerinin coğrafi bilgi sistemleri ile topografya kullanarak yüksek çözünürlüklü grid veri setinin üretilmesi”, 6. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, 24-26 Nisan 2013, İTÜ, İstanbul – Türkiye. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/cbs-topografya.pdf>
14. Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., “İklim normalleri: üç sıcaklık normalinin ilişkileri ve uzamsal dağılımları”, III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-normalleri.pdf>
15. Li, L., ve Heap, A., D., 2008, A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists, Geoscience Australia Record 2008/23, 2008, Australia, Sayfa 10 http://www.ga.gov.au/image_cache/GA12526.pdf
16. J.E.Oliver, R.W.Fairbridge at all, Encyclopedia of World Climate, 2005, Sayfa 448
17. M.D.Agnew, J.P.Palutikof, GIS-based construction of baseline climatologies for the Mediterranean using terrain variables, 2000 <http://www.int-res.com/articles/cr/14/c014p115.pdf>
18. C.D.Loyd, Local Models for Spatial Analysis, 2007, Sayfa 98