

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANARAK SICAKLIK HARİTALARININ ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNÜN ARTIRILMASI

Mesut Demircan¹, İlker ALAN¹, Serhat ŞENSOY¹

1- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, mdemircan@dmi.gov.tr, ialan@dmi.gov.tr, ssensoy@dmi.gov.tr

ÖZET

Meteorolojik ölçümler; gerek ölçüm maliyetlerinin yüksekliği, gerekse topografik şartların uygun olmaması sebebiyle her yerde yapılamamaktadır. Geniş ve dağlık coğrafyaya sahip ülkelerde çoğu zaman ölçüm istasyonları tüm ülkeyi kapsayamamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle 2000'li yıllardan bu yana iklim modelleri çıktıkları ile meteorolojik ölçümlerin haritalarının çözünürlüklerini artırmak için kullanılan bir araç olmuştur.

Bu çalışmada sıcaklık ve yükseklik verileri arasındaki ilişki kullanılarak sıcaklık ölçümü yapılmayan alanlar için sıcaklık verileri türetilmesi amaçlanmaktadır. Türetilen bu verilerin; sektörlerdeki analiz ve planlamalarındaki sıcaklık veri isteklerini karşılaması beklenmektedir.

Çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait 228 meteoroloji istasyonunun 1971-2000 uzun yıllar ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Yükseklik verileri CBS yardımı ile sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. Kullanılan lapse rate oranını belirlemek için öncelikle Uludağ ve çevre istasyonların sıcaklık verileri ile bir çalışma yapılmış olup 5°CKm^{-1} ve regresyon katsayısı (R^2) 0,97 bulunmuştur. CBS ile Türkiye'yi kaplayan $1 \times 1 \text{Km}$ grid noktaları oluşturulmuştur. Çalışmada seçilen 78 ve 103 istasyonun verisi kullanılmış olup, 150 ve 125 istasyon ise doğrulama için dışarıda bırakılmıştır. 150 istasyon için, gözlem ve türetilmiş değerlerinden hesaplanan en küçük kareler toplamının hatası (RMSE) 1.025 ve regresyon katsayısı (R^2) 0.93 bulunurken, 125 istasyonun için, gözlem ve türetilmiş değerlerinden hesaplanan en küçük kareler toplamının hatası (RMSE) 0.868 ve regresyon katsayısı (R^2) 0.94 olarak bulunmuştur. Yöntem ve türetilen sıcaklık değerleri; Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezinin (ECMWF) hazırlamış olduğu ERA40 tekrar analiz veri seti ve Küresel İklim Verileri'nin (WorldClim) ortalama sıcaklık haritası ile doğrulama için karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sıcaklık, İklim, Lapse Rate, Yükseklik, Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS).

ABSTRACT

INCREASING RESOLUTION OF TEMPERATURE MAPS BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Meteorological measurements cannot be done in every part of country both due to lack of appropriate topographical condition and high costs of measurement. In countries, with a large and mountainous geography, observation stations often cannot be covered all country. Geographical Information Systems (GIS) used to increase the resolution of the climate model output and meteorological measurements maps, particularly has been a tool since the 2000's.

In this study, it is intended to predict temperature data for the areas which has not got temperature measurement and for this purpose relationship between temperature and elevation data are used. It is expected to this predicted data can be meet demands of sectors for their analysis and planning.

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. There have been studied with temperature data of in and around Uludag stations to determine value of lapse rate. Lapse rate have been found average 5°CKm^{-1} with regression coefficient (R^2) 0.97. Grid points with dimension of $1 \times 1 \text{Km}$, have been formed by GIS which are covered Turkey. Temperature data from 78 and 103 stations have been used during the study. 125 and 150 stations were retained for validation. For observations and predicted temperature values of 150 stations, root-mean-square-error (RMSE) is 1,025 and regression coefficient (R^2) is 0.93. For observations and predicted temperature values of 125 stations, root-mean-square-error (RMSE) is 0,868 and regression coefficient (R^2) is 0.94. Method and predicted temperature values have been compared with ERA40 re-analysis data set from The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and mean temperature map from Global Climate Data (WorldClim) for verification.

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

1. GİRİŞ

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. Örneğin, çevre koruma planları yapılırken, binalardaki ısı yalıtımının planlanmasında, yüksek dağlardan geçen karayolu planlamalarında, ani don ya da sıcak dalgası nedeni ile zarar gören tarafların mahkemeye yansıyan anlaşmazlıklarında veya yakıt planlamalarında sıcaklık verileri talep edilmektedir.

Sıcaklık verilerinin olmadığı yerlerde, istenilen sıcaklık verisi lapse rate değeri kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Lapse rate, atmosferdeki adiyabatik ısınma ve soğuma oranları olarak tanımlanır ve sıcaklığın yükseklikle değişmesi olarak açıklanır. Kuru havanın adiyabatik lapse rate 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). Serbest atmosferde dikey lapse rate ortalaması, mevsimlere ve coğrafi durumlara göre değişiklikler olmakla birlikte, 6°Ckm⁻¹'dir (Agnew ve Palutikof, 2000).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle 2000'li yıllardan itibaren meteorolojik parametre haritaları ile iklim modelleri çıktılarının çözünürlüklerinin artırılması çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda topografyadan türetilen yükseklik, baki, düşü vb. ikincil verilerin iklim parametreleri ile ilişkilerine dayanılarak sıcaklık, yağış gibi parametrelerin alansal çözünürlükleri artırılmak istenmektedir.

Sıcaklık; enlem, yükseklik, güneşlenme, su kaynaklarına uzaklık, bitki örtüsü, baki, düşü ve benzeri etmenlere bağlı olarak değişen, bununla birlikte sürekliliği olan bir iklim parametresidir. 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. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Sıcaklık verileri, tüm Türkiye'yi kaplayan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün eş dönemli 228 istasyonun 1971-2000 yıllarının uzun yıllar ortalamaları hesaplanarak elde edilmiştir (Şekil 1).

İstasyonların yükseklik verileri vesayisal yükseklik modelinden (SYM) alınan yükseklik verileri kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 1: Yıllık ortalama sıcaklık gözlem değerleri.



Şekil 2: Türkiye Sayısal Yükselti (SRTM) Haritası

Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezinin (ECMWF) hazırlamış olduğu ERA40 veri seti (URL1) ve Küresel İklim Verileri (WorldClim) (URL2) ortalama sıcaklık raster haritası kullanılmıştır.

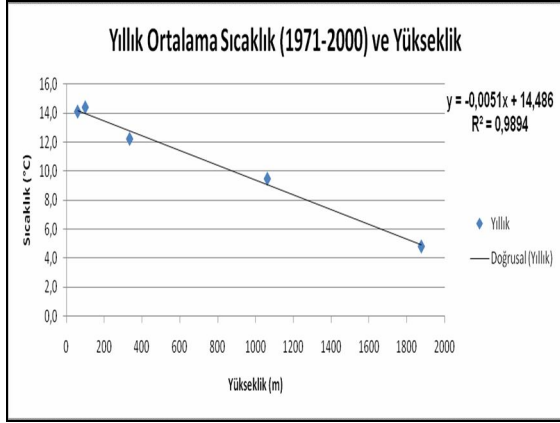
3. METODOLOJİ

Lapse rate oranının tespit edilmesi için Uludağ ve çevre istasyonlarının sıcaklık verileri kullanılmıştır. Sıcaklık verilerinin haritalarını üretmek için Arc/Info ArcGIS9.3 yazılımı kullanılmıştır. 1x1Km çözünürlüklü grid noktaları Haws Tool ile oluşturulmuştur. Grid noktalarının yükseklikleri, SYM'den Uzaysal Analiz (Spatial Analysis) aracı ile alınmıştır. Sıcaklık değerlerinin enterpolasyonu için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted - IDW) kullanılmıştır.

3.1 Lapse Rate

Lapse rate, yükseklikle sıcaklığın azalmasıdır. İstasyonların sıcaklık verileri yüksekliklerine bağlı olarak aşağıdaki formül aracılığıyla deniz seviyesine indirgenmiştir.

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



Şekil3: Uludağ ve çevresindeki istasyonların sıcaklıklarının yükseklikle değişmesi

Tablo2: İstasyon sayısı ile veri periyoduna göre lapse rate ($^{\circ}\text{CKm}^{-1}$) ve R^2 sonuçları

Istasyon Sayısı	Periyodu	Lapse Rate	R^2
7	1966-1967	5	0,9714
8	1972-1975	5	0,9695
5	1971-2000	5	0,9894
8	1982-1985	5	0,9693
7	1985-1991	5	0,9615

Tablo3: Aylara göre lapse rate ($^{\circ}\text{CKm}^{-1}$) ve R^2 sonuçları (1971-2000)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lapse Rate	5	5	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5
R^2	0,977	0,996	0,998	0,994	0,991	0,990	0,979	0,976	0,977	0,980	0,978	0,973

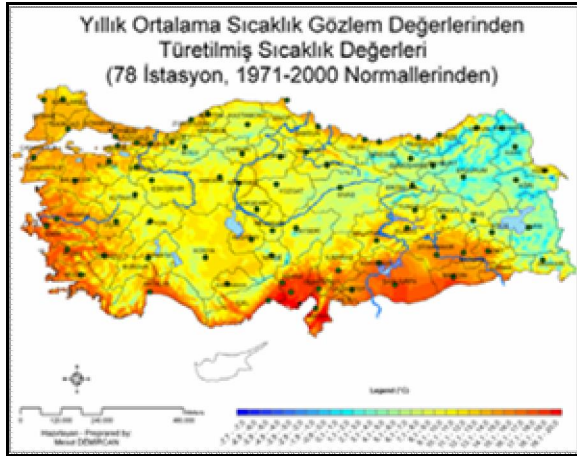
1971-2000 periyodunda sıcaklık verileri olan 228 meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalamaları hesaplanmıştır (Şekil4). 228 meteoroloji istasyonundan birinci grupta 78, ikinci grupta 103 ve üçüncü grupta 228 istasyonla çalışılmıştır. Birinci grup için 150 ve ikinci grup için 125 istasyon doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Seçilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklık değerleri önce (1) formülü yardımıyla deniz seviyesine indirilmiş ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle dağıtılmıştır (Şekil5). $1 \times 1 \text{Km}$ grid noktalarına, oluşturulan bu haritalardan sıcaklık değerleri alınarak (1) formülü tersine uygulanmış ve sıcaklıklar bu grid noktalarının yüksekliklerine taşınmış ve elde edilen değerler IDW yöntemiyle dağıtılmıştır (Şekil6). Elde edilen bu haritalardan, doğrulama için ayrılmış istasyonlara sıcaklık verileri alınarak, bu istasyonların sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmış, farkları bulunmuş (Şekil7) ve en küçük kareler toplamının hataları (RMSE) ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır (Tablo4, Şekil8).



Şekil4: 78 İstasyonun yıllık ortalama sıcaklıkları



Şekil5: 78 İstasyonun deniz seviyesine indirilmiş sıcaklıkları



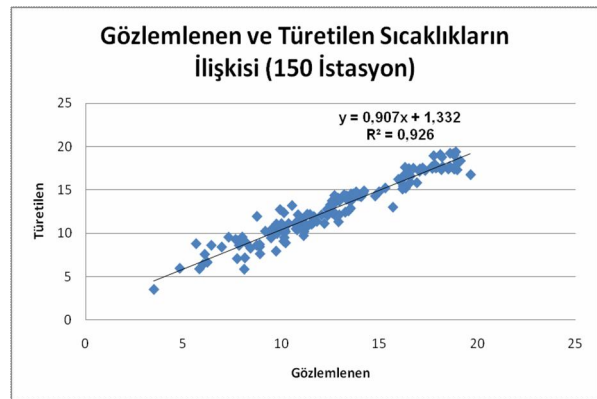
Şekil6: Türetilen sıcaklık değerleri dağılımı



Şekil7: Gerçek ve türetilmiş sıcaklık değerleri farkı

Tablo4: RMSE, R² ve hata değerleri

Çalışma İst. Sayısı	78	108	228
Doğrulama İst. Sayısı	150	125	0
RMSE	1,025	0,868	0,380
R ²	0,926	0,944	0,989
Ortalama Hata	-0,14	-0,18	0,04
Maksimum Hata	2,89	2,64	2,48
Minimum Hata	-3,20	-3,17	-0,99



Şekil8: Gözlemlenen ve türetilen sıcaklıkların ilişkisi

5. ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

ECMWF'nin ERA40 tekrar-analiz veri setinden 1971-2000 uzun yıllar ortalama sıcaklık veri seti oluşturulmuştur (URL1). Çalışma yönteminin doğrulanması için, kullanılan yöntem bu veri setine uygulanmış ve 228 istasyonun sıcaklık verileri ile karşılaştırılmıştır (Şekil9, 10, 11, 12). İstasyonların ortalama sıcaklıkları ile ERA40 veri setinden oluşturulan haritalardan istasyonlara alınan veriler arasındaki; ortalama, maksimum ve minimum hata sırasıyla -0,3, 3,1 ve -3,8°C, RMSE 1.114 ve R²'ise 0.9239 olarak hesaplanmıştır.



Şekil9: ERA40 Sıcaklık değerlerinin dağılımı



Şekil10: Deniz seviyesine indirgenmiş ERA40 değerleri

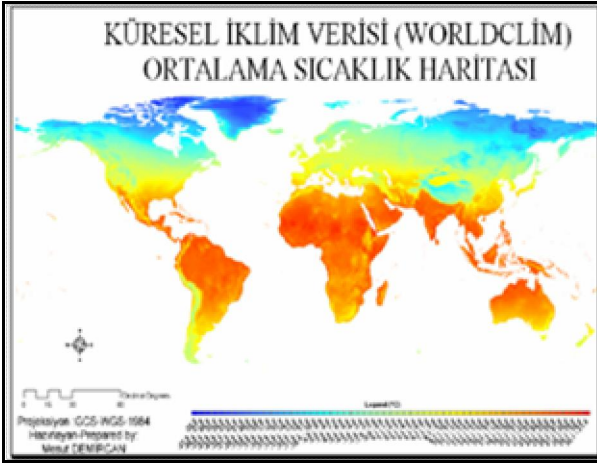


Şekil11: Meteoroloji istasyonlarına taşınan ERA40 değerlerinin dağılımı



Şekil12: Gözlemlenen ve taşınan sıcaklık değerleri farkları

Küresel İklim Verileri (WorldClim) sitesinden, 0.5x0.5 arc second (yaklaşık 1x1 Km) ölçeğindeki ve ANUSPLIN programı ile enlem, boylam ve yükseklik parametreleri kullanılarak enterpolasyon yöntemiyle hazırlanmış sıcaklık alınmıştır (Hijmans, Cameron, vd. 2005,URL2). Bu haritaların dönüşümleri yapıp verileri ile karşılaştırılma yapılmıştır (Şekil13, 14, 15). Türetilen sıcaklık verilerinin doğrulanması için,türetilen ortalama sıcaklıklar ile Küresel İklim Verileri haritalarından grid noktalarına alınan veriler karşılaştırılmıştır. Bu veriler arasında ortalama, maksimum ve minimum hata sırasıyla 0.5, 2.5 ve -1.9°C, RMSE 0.793 ve R² ise 0.972 olarak hesaplanmıştır.



Şekil13: Küresel iklim verileri ortalama sıcaklıklar



Şekil15: Küresel iklim verileri ile türetilen sıcaklıkların farkı



Şekil14:Küresel iklim verilerinden 1x1Km gridlere alınan sıcaklıkların dağılımı

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada 228 meteoroloji istasyonunda ölçülen ortalama yıllık sıcaklık değerleri kullanılarak, sıcaklığın mekânsal dağılımı yükseklik verileri ve lapse rate yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

Lapse rate değerinin belirlenebilmesi için Uludağ ve çevresindeki istasyonların sıcaklıkları ve yükseklikleri arasındaki ilişkiye bakılmıştır ve lapse rate ortalama 5°CKm^{-1} ve R^2 ise ortalama 0.97 olarak bulunmuştur.

228 meteoroloji istasyonundan birinci grupta 78, ikinci grupta 103 ve üçüncü grupta 228 istasyonla çalışılmıştır. Birinci grup için 150 ve ikinci grup için 125 istasyon doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Çalışmadaki mekânsal dağıtımlar için Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği kullanılmıştır.

Birinci grup doğrulama istasyonlarında; sırasıyla ortalama, maksimum ve minimum hatalar -0.14 , 2.89 ve -3.20°C , en küçük kareler toplamının hatası (RMSE) 1.025 ve regresyon katsayısı (R^2) ise 0.926 olarak hesaplanmıştır. İkinci grup doğrulama istasyonlarında; sırasıyla ortalama, maksimum ve minimum hatalar -0.18 , 2.64 ve -3.17°C , en küçük kareler toplamının hatası (RMSE) 0.868 ve regresyon katsayısı (R^2) ise 0.944 olarak hesaplanmıştır. Üçüncü grupta istasyonların kendi verileri ile yapılan doğrulamada; sırasıyla ortalama, maksimum ve minimum hatalar 0.04 , 2.48 ve -0.99°C , en küçük kareler toplamının hatası (RMSE) 0.380 ve regresyon katsayısı (R^2) ise 0.989 olarak hesaplanmıştır.

Birinci grup ile yapılan çalışmada; Gökşun, Yüksekova, Elbistan, Sarız, Afşin, Kangal'da ortalama sıcaklıklarından -2.2 ila -3.2°C düşük ve Cizre, Ergani, Tortum'da ise 2.2 ila 2.9°C yüksek çıkmıştır. İstasyon sayısının daha fazla olduğu ikinci grup ile çalışıldığında; Yüksekova, Gökşun, Doğanşehir'de ortalama sıcaklıklarından -2.2 ila -3.2°C düşük ve Cizre, Ergani, Tortum'da ise 2.4 ila 2.6°C yüksek çıkmıştır. Üçüncü grupta ise farklar -0.99 ila 1.24°C arasında değişirken sadece Van'da ortalama sıcaklığından 2.48°C daha yüksek çıkmıştır. Çalışmada istasyon sayısı artırıldığında sonuçların daha iyiye gittiği gözlemlenmiştir.

Bu tür çalışmaların hepsinin başarısı doğru ve sık veriye dayanır. 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 yüksek çözünürlüklü (örneğin $1/25000$ ölçekli) bir SYM'den alınması durumunda hata miktarlarının minimuma ineceği düşünülmektedir.

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

KAYNAKLAR:

- 1- Fairbridge R.W., Oliver J.E.,2005, Encyclopedia of World Climate, Springer, 448p.
- 2- Agnew M.D., Palutikof J.P.,2000, GIS-based construction of baseline climatologies for the Mediterranean using terrain variables, Climate Research, Vol. 14: 115–127p.
- 3-URL1,Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezinin (ECMWF);
<http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html>
- 4- URL2,Global Climate Data; <http://www.worldclim.org/>
- 5-Kol Ç., Kıpççı S.,2008, ESRİ ArcGIS Spatial Analiz, İşlemler Grubu Eğitim Yayınları, Ankara, 72p.
- 6- Arslanoğlu M., Özçelik M.,2005, Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara
- 7- Loyd C.D.,2007, Local Models for Spatial Analysis, CRC Press, 21–22p.
- 8- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005,Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978