

Çok Yıllık Sıcaklık Verilerinin Zamansal Dağılımının Modellenmesi ve Geleceğe Yönelik Sıcaklık Olasılıklarının Belirlenmesi

Murat KILIÇ¹

Mustafa ÖZGÜREL²

Summary

Modelling of Temporal Trend of Long -Term Temperature Data and Estimating the Probability of Temperature for the Future

In this study, it is aimed to devise a model that analyses the temporal trend of long-term temperature data and allows the estimation of temperature for the future for a definite area. For this purpose, Markov Model principles were used and process was completed into six main level in devising and running the model. Then, the model was run for the years 2002, 2003, 2004 and 2005. The results from the model solution for the year 2002 were compared with the data observed in the same year. It is determined that all the results from the model solution were suitable with the data observed for the same year.

Key words: Probability, Markov Model, Average Temperature.

Giriş

Son yıllarda bilimde gözlenen gelişmeler, doğal çevrenin kontrolüne yönelik çalışmaları ön plana çıkarmıştır. Doğal koşullardan birisini oluşturan iklim faktörleri de gerek su kaynaklarının planlanması ve su yönetimi gerekse de tarımsal üretim amaçlı programların oluşturulmasında kısa ve uzun vadede büyük önem kazanmıştır.

Mevcut hidrolojik ve meteorolojik kayıtların kullanımı, taşkın kontrolü, kuraklık, küresel sıcaklık değişimleri ve gelecek 50-100 yıl için

¹ Araş. Gör. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bl., Bornova-İzmir
e-mail: murat.kilic@mailcity.com

² Prof. Dr. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bl., Bornova-İzmir

su kaynaklarının durumunu belirleme gibi çalışmalarda kabul görmekte ise de, iklim koşullarındaki düzensiz değişimler tam anlamıyla dikkate alınmamaktadır (Bayazıt, 1981; Diaz, 1983; Mckee ve ark. 1993). İklim elemanlarından birisi olan sıcaklığın, zaman boyutunda analizine ilişkin çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Spencer ve Christy (1990), uydu aracılığı ile elde edilen sıcaklık verilerini kullanarak, yeryüzündeki sıcaklık değişimlerini farklı atmosfer katmanlarının sıcaklıklarıyla karşılaştırmıştır. Bu ihtiyaç, gözlemlerle elde edilen verilerin analiz ve yorumunda yeni iklim simülasyon modellerinin kullanımıyla ortaya çıkmıştır. Özellikle birleştirilmiş iklim modellerinin, çok sayıda gözlemlerle elde edilen ve farklı eğilimlerin meydana geldiği iklim koşullarını simüle edemediği belirlenmiştir.

Farklı teknik ve araçlarla ölçülen sıcaklık kayıtlarının bir araya getirilmesiyle pek çok yeni konu gündeme gelmiştir. 1979' dan buyana 11 farklı uydunun sıcaklık ölçümlerinde kullanılmasıyla, dünya üzerinde belirli noktalarda yerel örnekleme zamanları oluşturulmuştur. Ancak, her farklı uydunun ölçüm sistemindeki kalibrasyon belirsizlikleri, farklı değerlerin alınmasına neden olmuştur. Sistemlerin kalibrasyonundaki bu hatalar, araştırmacıları sayısız analizlere yöneltmiştir (Christy ve ark. 2001; Mears ve Schabel, 2002; Wentz ve ark.2002). Yapılan çalışmalarla, sisteme özgü zaman serilerinin oluşturulmasında kullanılan tekniklerden kaynaklanan farkların giderilmesi ve birbiriyle tutarlı sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır (Lanzante ve ark. 2003 a; Lanzante ve ark.2003 b).

Brown ve ark. (2000), gözlenen sıcaklık verilerini kullanarak 1958 'den buyana her 10 yıllık periyotta yeryüzünde 0.2°C 'lik bir ısınma belirlemiştir. Lanzante ve ark. (2003), düzeltilmiş ve düzeltilmemiş uydu verilerine göre, yeryüzünde 10 'ar yıllık periyotlarda sırasıyla 0.15°C ve 0.0°C 'lik bir ısınma belirlemiştirlerdir. Gaffen ve ark. (2000) ise, 10 'ar yıllık periyotlarda 0.08°C 'lik bir ısınma değeri belirlemiştir. Ulaşılan farklı sonuçlar bu konuda daha kapsamlı analizlerin yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, belirli bir alanda gözlemlenen çok yıllık sıcaklık verisinin zaman boyutunda dağılımını analiz eden bir modelin kurulması ve geleceğe yönelik sıcaklık olasılıklarının da bu model yardımıyla tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, belirli bir alana ait meteoroloji istasyonunda gözlemlenen 32 yıllık sıcaklık verisinden yararlanılmıştır.

Daha sonra model sonuçları, gerçekte gözlemlenen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Materyal

Bu çalışmada, Bornova Meteoroloji İstasyonunda 1971-2002 yılları arasında gözlemlenen 32 yıllık sıcaklık verisinden yararlanılmıştır. Araştırma alanı Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer almakta olup, yazlar sıcak ve kurak kışlar ılık ve yağışlıdır.

1971-2001 yılları arasındaki periyotta Ocak ayından itibaren gözlemlenen aylık ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla; 8.1 °C, 8.5 °C, 10.7 °C, 15.0 °C, 20.3 °C, 25.4 °C, 27.9 °C, 27.2 °C, 22.7 °C, 17.9 °C, 12.8 °C ve 9.6 °C'dir. Bu verilere göre, Ocak ve Temmuz ayları arasında ortalama sıcaklık 8.1 °C'den başlayıp kademeli olarak artış göstermiş ve Temmuz ayında 27.9 °C ile pik değerine ulaşmıştır. Ağustos ile Aralık ayları arasındaki periyotta ise ortalama sıcaklık 27.2 °C'den 9.6 °C'ye kadar kademeli olarak düşmüştür. Temmuz ayı, araştırma alanında pik periyodun meydana geldiği dönemdir.

Bu çalışmada, model kurulurken 31 yıllık (1971-2001) periyot süresince gözlemlenen aylık ortalama sıcaklık verisinden yararlanılmıştır. 2002 yılı aylık ortalama sıcaklık değerleri ise, modelin söz konusu yıl için çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçların karşılaştırılması aşamasında kullanılmıştır.

Yöntem

Bu çalışmada, belirli bir alanda 31 yıllık periyot süresince (1971-2001) gözlemlenen aylık ortalama sıcaklık değerlerinin zaman boyutunda dağılımını analiz eden bir modelin kurulması ve buna göre geleceğe yönelik sıcaklık olasılıklarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Modelin kurulması ve çalıştırılmasında Markov Zinciri prensipleri (Budnick ve ark. 1977; Bayazit, 1981) esas alınmış ve işlemler altı temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar sırasıyla aşağıda sunulmuştur.

Birinci aşamada, belirli bir aya ait ortalama sıcaklığın, 31 yıllık (1971-2001) periyot süresince aldığı en büyük ve en küçük değerler belirlenmiştir. Daha sonra, bu iki değer arasındaki fark alınarak, söz konusu ay için sıcaklıkta meydana gelen en büyük değişim miktarı ortaya konmuştur. Bu işlem, 31 yıl (1971-2001) ve her bir yıldaki 12 ay için yürütülmüştür.

İkinci aşamada; belirli bir ay için çok yıllık periyotta meydana gelen en büyük sıcaklık farkı (sıcaklık değişim miktarı) kendi içerisinde gruplara ayrılmıştır. Burada amaç; model çözümüyle gerçekleşme olasılığı belirlenecek sıcaklık aralıklarını küçülterek hassasiyeti arttırmaktır. Tahminlemesi yapılacak sıcaklık aralıklarının küçültülmesi, gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değerlerinin daha hassas olarak ortaya konmasını sağlamıştır. Aylık ortalama sıcaklıkta meydana gelen en büyük fark, değişik aylarda artış gösterdikçe, sıcaklık değişim aralığını temsil eden grupların sayısı da arttırılmıştır.

Üçüncü aşamada; tüm aylar için oluşturulan sıcaklık değişim aralıklarının her birisi bir S_j sembolüyle gösterilmiştir. Burada j ; belirli bir ay için oluşturulan sıcaklık değişim aralığı gruplarının indis değerini, S ise; bu sıcaklık değişim aralıklarının oluşturduğu grupları temsil etmektedir. Örneğin; Ocak ayında çok yıllık periyotta sıcaklıkta meydana gelen en büyük fark esas alınarak bu değer iki gruba, dolayısıyla da iki farklı sıcaklık değişim aralığına ayrılabilir. Bu durumda, o ay için gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değerlerinin oluşturduğu gruplar S_1 ve S_2 ile gösterilecektir. Aynı şekilde, grup sayısı üç olduğunda S_1 , S_2 ve S_3 sembolleri kullanılacaktır.

Dördüncü aşamada; belirli bir ayın, 31 yıllık (1971-2001) periyot süresince aldığı tüm ortalama sıcaklık değerleri ilgili S_j sembolüyle gösterilmiştir. Böylece, gerçekte ölçülmüş olan her bir sıcaklık değerinin model parametresi olarak hangi değişim aralığında yer aldığı ortaya konmuştur. Daha sonra, bu veriler periyodik olarak (geçmişten günümüze doğru olacak şekilde) sıralanmıştır. Böylece, ölçülen sıcaklık değerlerinin aylık periyotlar halinde zaman boyutunda dağılımı belirlenmiştir. Tanımlanan bu işlemler 31 yıllık periyot ve her bir yıldaki 12 ay için sırasıyla yürütülmüştür.

Beşinci aşamada; önceki aşamalardan elde edilen veriler kullanılarak her bir ay için P (geçiş olasılıkları) matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra, her bir S_j durumunun o ayki periyotta gerçekleşme olasılığını gösteren V^0 (başlangıç olasılıkları) vektörünün bileşenleri elde edilmiştir. Belirli bir alanda belirli bir periyotta ölçülen sıcaklık değerleri, daha önceki periyotlarda gözlenmiş olan sıcaklık değerlerinden bağımsızdır. Bu nedenle model stasyoner bir özellik göstermektedir. Diğer bir deyişle, modeldeki sıcaklık parametresi bağımsız bir deyişkendir.

Altıncı aşamada; istenilen herhangi bir periyot için model çalıştırılarak gelecekte gerçekleşmesi beklenen sıcaklık olasılıkları belirlenmiştir. Bunun için Markov Zinciri prensiplerinden yararlanılmış ve aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır (Shamblin ve Stevens, 1974; Budnick ve ark. 1977).

$$V^n = V^{n-1} * P = V^0 * P^n$$

Eşitliklerde; n = model kurulurken dikkate alınan en son yıldan itibaren n yıl sonrası (adım sayısı), $V^n = n$. yıldaki (adımdaki) olasılık vektörü, $V^0 =$ başlangıç olasılıkları vektörü, P = geçiş olasılıkları matrisidir.

Örneğin; yukarıda verilen genel eşitlik, olasılık tahmini yapılacak ilk iki yılın belirli bir ayı için sırasıyla yazıldığında aşağıdaki şekle dönüşecektir.

$$V^1 = V^0 * P$$

$$V^2 = V^1 * P = V^0 * P^2$$

Bu eşitliklerde, modelin kurulmasında dikkate alınan en son yıl olan 2001' den bir sonraki yıl 2002'nin belirli bir ayı için olasılık vektörü V^1 ile ve en son yıldan iki yıl sonraki 2003'ün yine belirli bir ayı için olasılık vektörü de V^2 ile gösterilmiştir. Bu eşitliklerde, V vektörlerinin üzerindeki rakamlar (1,2,...n), modelde adım sayısını, yani sıcaklık tahminlemesi yapılacak yıl sayısını ifade etmektedir. Bu olasılık vektörlerinin her bir bileşeni, sırasıyla o yılın belirli bir ayı için gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değerlerinin meydana gelme olasılıklarını ifade etmektedir.

Bulgular ve Tartışma

Bornova Meteoroloji İstasyonunda gözlemlenen 31 yıllık (1971-2001) sıcaklık verisinden yararlanılarak, her bir ay için elde edilen V^0 (başlangıç olasılıkları) vektörünün bileşenleri Çizelge 1' de sunulmuştur.

Çizelge 1. Her bir ay için elde edilen V^0 (başlangıç olasılıkları) vektörleri

Aylar	V^0	Aylar	V^0
Ocak	[0.48 0.52]	Temmuz	[0.77 0.23]
Şubat	[0.52 0.48]	Ağustos	[0.29 0.71]
Mart	[0.23 0.68 0.09]	Eylül	[0.03 0.39 0.58]
Nisan	[0.42 0.58]	Ekim	[0.61 0.39]
Mayıs	[0.26 0.74]	Kasım	[0.61 0.39]
Haziran	[0.74 0.26]	Aralık	[0.48 0.52]

Modelin bir diğ er bileş enini oluşt uran P (geç iş olasılıkları) matrisinin her bir ay için belirlenen değ erleri sırasıyla ař ađ ıda sunulmuş tur.

$$\begin{array}{l}
 P_{\text{Ocak}} = \begin{vmatrix} 0.60 & 0.40 \\ 0.40 & 0.60 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Mart}} = \begin{vmatrix} 0.29 & 0.71 & 0.00 \\ 0.19 & 0.67 & 0.14 \\ 0.50 & 0.50 & 0.00 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Mayıs}} = \begin{vmatrix} 0.50 & 0.50 \\ 0.18 & 0.82 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Temmuz}} = \begin{vmatrix} 0.88 & 0.12 \\ 0.33 & 0.67 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Eylül}} = \begin{vmatrix} 0.00 & 1.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.42 & 0.58 \\ 0.06 & 0.29 & 0.65 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Kasım}} = \begin{vmatrix} 0.72 & 0.28 \\ 0.50 & 0.50 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Şubat}} = \begin{vmatrix} 0.50 & 0.50 \\ 0.50 & 0.50 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Nisan}} = \begin{vmatrix} 0.46 & 0.54 \\ 0.35 & 0.65 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Haziran}} = \begin{vmatrix} 0.91 & 0.09 \\ 0.14 & 0.86 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Ağustos}} = \begin{vmatrix} 0.44 & 0.56 \\ 0.24 & 0.76 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Ekim}} = \begin{vmatrix} 0.63 & 0.37 \\ 0.55 & 0.45 \end{vmatrix} \\
 P_{\text{Aralık}} = \begin{vmatrix} 0.43 & 0.57 \\ 0.50 & 0.50 \end{vmatrix}
 \end{array}$$

Modelin 2002 yılı için ç alıştırılmasıyla elde edilen sonuçlar ař ađ ıda sunulmuş tur.

Ocak ayında ortalama sıcaklık değ erinin % 50 olasılıkla 4.5 °C ile 8.0 °C arasında ve % 50 olasılıkla da 8.1 °C ile 11.5 °C arasında olması beklenmektedir. Gerç ekte 2002 yılında Ocak ayının ortalama sıcaklığı 6.3 °C'dir. Bu değ er modele göre beklenen sıcaklık değ iř im aralığ ı sınırları iç erisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta Ocak ayının ortalama sıcaklığı 8.1 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ay için ortalama sıcaklık bu değ erin 1.8 °C altında kalmış tur.

Şubat ayında modele göre ortalama sıcaklığın % 50 olasılıkla 5.5 °C ile 8.5 °C arasında ve yine % 50 olasılıkla da 8.6 °C ile 12.0 °C arasında değerler alması beklenmektedir. Görüldüğü gibi, 2002 yılının hem Ocak hem de Şubat ayında beklenen sıcaklık değerleri eşit gerçekleşme olasılığına (% 50) sahip bulunmuştur. Gerçekte 2002 yılında Şubat ayının ortalama sıcaklık değeri 11.4 °C'dir. Bu değer, modele göre gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki periyotta Şubat ayının ortalama sıcaklık değeri 8.5 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ay için ortalama sıcaklık ise 11.4 °C ile çok yıllık ortalamanın 2.9 °C üzerine çıkmıştır.

Mart ayında, modele göre ortalama sıcaklığın % 24 olasılıkla 6.5 °C ile 9.5 °C arasında, % 66 olasılıkla 9.6 °C ile 12.6 °C arasında ve % 10 olasılıkla da 12.7 °C ile 15.5 °C arasında değerler alması beklenmektedir. 2002 yılında gerçekte Mart ayının ortalama sıcaklığı 12.3 °C'dir. Bu değer % 66 ile en yüksek gerçekleşme olasılığına sahip sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almıştır. 1971-2001 arasındaki 31 yıllık periyotta Mart ayının ortalama sıcaklığı 10.7 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ay için ortalama sıcaklık değeri 12.3 °C ile çok yıllık ortalamanın 1.6 °C üzerine çıkmıştır.

Nisan ayında modele göre beklenen aylık ortalama sıcaklık % 40 olasılıkla 11.0 °C ile 14.5 °C arasında ve % 60 olasılıkla da 14.6 °C ile 18.5 °C arasındadır. Söz konusu yıl için gerçekte Nisan ayının ortalama sıcaklığı 14.7 °C'dir. Bu değer, % 60 oranıyla en yüksek gerçekleşme olasılığına sahip sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde girmiştir. 1971-2001 yılları arasındaki periyotta Nisan ayının ortalama sıcaklığı 15.0 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ayın sıcaklık ortalaması ise 14.7 °C olup çok yıllık ortalamaya oldukça yakın bir değer almıştır.

Mayıs ayında modele göre ortalama sıcaklığın % 26 olasılıkla 17.5 °C ile 19.5 °C arasında ve % 74 olasılıkla da 19.6 °C ile 22.0 °C arasında değerler alması beklenmektedir. Gerçekte 2002 yılı için Mayıs ayının ortalama sıcaklık değeri 20.4 °C'dir. Bu değer % 74 ile en yüksek gerçekleşme olasılığına sahip sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almıştır. 31 yıllık periyotta (1971-2001) Mayıs ayının ortalama sıcaklık değeri 20.3 °C'dir. 2002 yılı için söz konusu ayın ortalama sıcaklığı 20.4 °C ile çok yıllık ortalamaya oldukça yakın bir değer almıştır.

Modele göre Haziran ayında gerçekleşmesi beklenen aylık ortalama sıcaklık değerlerinin % 68 olasılıkla 24.0 °C ile 25.7 °C arasında,

% 32 olasılıkla da 25.8 °C ile 27.5 °C arasında olması beklenmektedir. 2002 yılında gerçekte Haziran ayı ortalama sıcaklığı ise 26.5 °C'dir. Bu değer modele göre gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta Haziran ayının ortalama sıcaklığı 25.4 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ayın ortalama sıcaklığı ise 26.5 °C ile çok yıllık ortalamanın 1.1 °C üzerinde bir değer almıştır.

Temmuz ayında model çözümüne göre aylık ortalama sıcaklığın % 75 olasılıkla 26.0 °C ile 28.5 °C arasında ve % 25 olasılıkla da 28.6 °C ile 30.5 °C arasında değerler alması beklenmektedir. 2002 yılının Temmuz ayında ortalama sıcaklık gerçekte 28.8 °C'dir. Bu değer, model çözümüne göre gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almıştır. 31 yıllık periyot için Temmuz ayının ortalama sıcaklığı 27.9 °C'dir. 2002 yılında söz konusu ayın ortalama sıcaklığı ise 28.8 °C ile çok yıllık ortalamanın 0.9 °C üzerine çıkmıştır.

Model çözümüne göre Ağustos ayı ortalama sıcaklık değerinin % 30 olasılıkla 24.0 °C ile 26.5 °C arasında ve % 70 olasılıkla da 26.6 °C ile 29.0 °C arasında olması beklenmektedir. Gerçekte 2002 yılı için Ağustos ayının ortalama sıcaklığı 28.0 °C'dir. Bu değer, % 70 gerçekleşme olasılığı ile en yüksek değeri alan sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisine girmiştir. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta Ağustos ayının ortalama sıcaklığı 27.2 °C olup, 2002 yılı için söz konusu ayda ortalama sıcaklık değeri 28.0 °C ile çok yıllık ortalamanın 0.8 °C üzerine çıkmıştır.

Eylül ayında model çözümüne göre ortalama sıcaklığın % 4 olasılıkla 15.5 °C ile 19.0 °C arasında, % 36 olasılıkla 19.1 °C ile 22.6 °C arasında ve % 60 olasılıkla da 22.7 °C ile 26.0 °C arasında değerler alması beklenmektedir. Gerçekte 2002 yılı Eylül ayı ortalama sıcaklık değeri 22.4 °C'dir. Bu değer, model çözümüne göre söz konusu yıl için gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta Eylül ayının ortalama sıcaklığı 22.7 °C'dir. 2002 yılı için söz konusu ayın ortalama sıcaklığı da 22.4 °C ile çok yıllık ortalamaya oldukça yakın bir değer almıştır. Aradaki 0.3 °C'lik fark, 2002 yılının Eylül ayı ortalama sıcaklığını % 36'lık gerçekleşme olasılığı dilimi içerisine sokmuştur.

Model çözümüne göre Ekim ayında ortalama sıcaklığın % 60 olasılıkla 15.0 °C ile 18.0 °C arasında ve % 40 olasılıkla da 18.1 °C ile 21.5 °C arasında değerler alması beklenmektedir. 2002 yılı Ekim ayında

gerçekte ortalama sıcaklık değeri 17.7 °C'dir. Bu değer model çözümüne göre % 60 ile en yüksek gerçekleşme olasılığına sahip sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta Ekim ayı ortalama sıcaklık değeri 17.9 °C'dir. 2002 yılı için söz konusu ayın ortalama sıcaklığı 17.7 °C ile çok yıllık ortalamaya oldukça yakın bir değer almıştır.

Model çözümüne göre Kasım ayında ortalama sıcaklığın % 63 olasılıkla 10.0 °C ile 13.0 °C arasında, % 37 olasılıkla da 13.1 °C ile 16.0 °C arasında değerler alması beklenmektedir. Gerçekte 2002 yılı Kasım ayının ortalama sıcaklığı 13.1 °C'dir. Bu değer, model çözümüne göre gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 31 yıllık periyotta Kasım ayının ortalama sıcaklık değeri 12.8 °C'dir. 2002 yılı için söz konusu ayda ortalama sıcaklık 13.1 °C ile, çok yıllık ortalamanın 0.3 °C üzerine çıkmıştır. Bu fark, 2002 yılı Kasım ayında gerçekleşen ortalama sıcaklığı % 37'lik olasılık dilimi içerisine sokmuştur.

Aralık ayında model çözümüne göre ortalama sıcaklığın % 47 olasılıkla 6.0 °C ile 9.5 °C arasında ve % 53 olasılıkla da 9.6 °C ile 13.0 °C arasında değerler alması beklenmektedir. 2002 yılında söz konusu ayın ortalama sıcaklığı 7.9 °C'dir. Bu değer, model çözümüne göre gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değişim aralığı sınırları içerisinde yer almaktadır. 1971-2001 yılları arasındaki 31 yıllık periyotta söz konusu ayın ortalama sıcaklığı 9.6 °C'dir. 2002 yılı için bu aydaki sıcaklık ortalaması ise 7.9 °C ile çok yıllık ortalamanın 1.7 °C altında kalmıştır. Bu fark, 2002 yılında söz konusu ayda gerçekleşen ortalama sıcaklığın % 47 olasılık dilimi içerisinde yer almasına neden olmuştur.

Kurulan modelin, 2002 yılının her bir ayı için çalıştırılmasıyla elde edilen tüm sonuçlar, gerçekte o yıl gözlemlenen sıcaklık değerleriyle örtüşmüştür. Diğer bir deyişle, 2002 yılı aylık ortalama sıcaklık değerlerinin tamamı, model çözümüne göre gerçekleşmesi beklenen değerler içerisinde yer almıştır.

Model aynı şekilde 2003, 2004 ve 2005 yılları için sırasıyla çalıştırıldığında Çizelge 2'de sunulan sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 2. 2003, 2004 ve 2005 yılları için, model çözümüne göre gerçekleşmesi beklenen aylık ortalama sıcaklık değerleri ve bunların meydana gelme olasılıkları

Yıllar		Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2003	S ₁	4.5-8.0 (% 50)	5.5-8.5 (% 50)	6.5-9.5 (% 25)	11.0-14.5 (% 39)	17.5-19.5 (% 26)	24.0-25.7 (% 66)	26.0-28.5 (% 74)	24.0-26.5 (% 30)	15.5-19.0 (% 3)	15.0-18.0 (% 60)	10.0-13.0 (% 64)	6.0-9.5 (% 47)
	S ₂	8.1-11.5 (% 50)	8.6-12.0 (% 50)	9.6-12.6 (% 66)	14.6-18.5 (% 61)	19.6-22.0 (% 74)	25.8-27.5 (% 34)	28.6-30.5 (% 26)	26.6-29.0 (% 70)	19.1-22.6 (% 37)	18.1-21.5 (% 40)	13.1-16.0 (% 36)	9.6-13.0 (% 53)
	S ₃	-	-	12.7-15.5 (% 9)	-	-	-	-	-	22.7-26.0 (% 60)	-	-	-
2004	S ₁	4.5-8.0 (% 50)	5.5-8.5 (% 50)	6.5-9.5 (% 24)	11.0-14.5 (% 39)	17.5-19.5 (% 26)	24.0-25.7 (% 65)	26.0-28.5 (% 74)	24.0-26.5 (% 30)	15.5-19.0 (% 4)	15.0-18.0 (% 60)	10.0-13.0 (% 64)	6.0-9.5 (% 47)
	S ₂	8.1-11.5 (% 50)	8.6-12.0 (% 50)	9.6-12.6 (% 67)	14.6-18.5 (% 61)	19.6-22.0 (% 74)	25.8-27.5 (% 35)	28.6-30.5 (% 26)	26.6-29.0 (% 70)	19.1-22.6 (% 36)	18.1-21.5 (% 40)	13.1-16.0 (% 36)	9.6-13.0 (% 53)
	S ₃	-	-	12.7-15.5 (% 9)	-	-	-	-	-	22.7-26.0 (% 60)	-	-	-
2005	S ₁	4.5-8.0 (% 50)	5.5-8.5 (% 50)	6.5-9.5 (% 24)	11.0-14.5 (% 39)	17.5-19.5 (% 26)	24.0-25.7 (% 65)	26.0-28.5 (% 74)	24.0-26.5 (% 30)	15.5-19.0 (% 4)	15.0-18.0 (% 60)	10.0-13.0 (% 64)	6.0-9.5 (% 47)
	S ₂	8.1-11.5 (% 50)	8.6-12.0 (% 50)	9.6-12.6 (% 67)	14.6-18.5 (% 61)	19.6-22.0 (% 74)	25.8-27.5 (% 35)	28.6-30.5 (% 26)	26.6-29.0 (% 70)	19.1-22.6 (% 36)	18.1-21.5 (% 40)	13.1-16.0 (% 36)	9.6-13.0 (% 53)
	S ₃	-	-	12.7-15.5 (% 9)	-	-	-	-	-	22.7-26.0 (% 60)	-	-	-

Çizelge 2' nin ikinci sütununda S_1 , S_2 ve S_3 simgeleriyle gösterilen değerler, belirli bir yıl için gerçekleşmesi beklenen aylık ortalama sıcaklık değerlerini ve bunların altında parantez içinde yazılmış “%” değerleri de bu sıcaklıkların meydana gelme olasılıklarını göstermektedir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi, Ocak ayı için 2003, 2004 ve 2005 yıllarında gerçekleşmesi beklenen ortalama sıcaklıklar, % 50 meydana gelme olasılığı ile birbirine eşit bulunmuştur. Belirli bir ay için farklı yıllarda gerçekleşmesi beklenen ortalama sıcaklıkların meydana gelme olasılıklarının aynı kalması, model çözümünde bir denge durumuna ulaşıldığını göstermektedir. Aynı durum Şubat ayı için de geçerlidir. Bu ayda gerçekleşmesi beklenen sıcaklık değerleri eşit olasılıklı (% 50) ve yıllara göre değişmeyen değerler almıştır.

Mart ve Eylül aylarında model çözümüne göre üç farklı sıcaklık değişim aralığı meydana gelmiştir. Mart ayında, 2003'de % 66 ve 2004 ve 2005' de de % 67 gerçekleşme olasılığı ile en yüksek değeri alan sıcaklık 9.6°C ile 12.6°C arasında bulunmuştur. Eylül ayında ise, 2003, 2004 ve 2005 yıllarında % 60 gerçekleşme olasılığı ile en yüksek değeri alan aylık ortalama sıcaklık 22.7°C ile 26.0°C arasında bulunmuştur. Yıllara göre gerçekleşme olasılığı değişmeyen bu çözüm sonucu, modelde bir denge durumunun meydana geldiğini göstermektedir.

Çizelge 2' de görüldüğü gibi, Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında 2003, 2004 ve 2005 yıllarında gerçekleşmesi beklenen aylık ortalama sıcaklık değerlerinin meydana gelme olasılıkları sabit kalmıştır. Bu durum model çözümünde söz konusu aylar için de bir dengeye ulaşıldığını göstermektedir. Haziran ayında ise, 2003 yılında % 66 gerçekleşme olasılığı ile en yüksek değeri alan sıcaklık aralığı (24.0°C - 25.7°C), 2004 ve 2005 yıllarında % 1 oranında azalma göstererek, % 65 olasılığa düşmüştür. Söz konusu bu ay için beklenen sıcaklıkların gerçekleşme olasılıklarının 2004 ve 2005 yıllarında sabit kalması, model çözümünde söz konusu ay için de bir denge durumuna ulaşıldığını göstermektedir.

Özet

Bu çalışmada, belirli bir alanda gözlemlenen çok yıllık sıcaklık verisinin zaman boyutunda dağılımını analiz eden ve buna göre geleceğe yönelik sıcaklık olasılıklarının tahmin edilmesine olanak sağlayan bir modelin kurulması amaçlanmıştır. Bunun için,

Markov Zinciri prensiplerinden yararlanılmış ve işlemler altı temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Kurulan model, 2002, 2003, 2004 ve 2005 yılları için çalıştırılmıştır. Model çözümüne göre 2002 yılı için elde edilen sonuçlar, sözkonusu yılda gerçekte gözlemlenen sıcaklık verileriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre model çözümünün, 2002 yılının her bir ayı için ulaştığı sonuçların tamamı, gerçekte o yıl gözlemlenen sıcaklık değerleriyle örtüşmüş ve model çözümüne göre beklenenin dışında hiçbir sıcaklık değeri gerçekte meydana gelmemiştir.

Anahtar sözcükler: Olasılık, Markov Zinciri, Ortalama Sıcaklık.

Kaynaklar

- Bayazit, M., 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik ve Su Kuvvetleri Kürsüsü, İTÜ Kütüphanesi, sayı: 1197, 224 s.
- Brown, S.J., D.E. Parker, C.K. Folland, and I. Madacam, 2000. Decadal variability in the lower tropospheric lapse rate. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 997-1000.
- Budnick, F.S., R. Mojena, and T.E. Vollmann, 1977. Principles of Operations Research for Management, Richard D. Irwin Inc., 582-589 pp.
- Christy, J.R., D.E. Parker, S.J. Brown, I. Macadam, M. Stendel, and W.B. Norris, 2001. Differential trends in tropical sea surface and atmospheric temperatures. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 183-186.
- Diaz, H.F., 1983. Some aspects of major dry and wet periods in the contiguous united states, 1895-1981, *J. Climate Appl. Meteor.*, 22, 3-16.
- Gaffen, D.J., M.A. Sargent, R.E. Habermann, and J.R. Lanzante, 2000. Sensitivity of tropospheric and stratospheric temperature trends to radiosonde data quality. *Journal of Climate*, 13, 1776-1796.
- Lanzante, J.R., S.A. Klein, and D.J. Seidel, 2003. Temporal homogenisation of monthly radiosonde temperature data. part I: methodology. *Journal of Climate*, in press.
- Lanzante, J.R., S.A. Klein, and D.J. Seidel, 2003. Temporal homogenization of monthly radiosonde temperature data. part II: Trends, sensitivities and MSU comparison. *Journal of Climate*, in press.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp.179-184
- Mears, C. and M.C. Schabel, , 2002. A reanalysis of the MSU channel 2 tropospheric temperature record. In *Review Journal of Climate*.
- Shamblin, J.E. and Jr. Stevens, 1974. *Operations Research; A Fundamental Approach*, McGraw-Hill, 53-83 pp.
- Spencer, R.W. and J.R. Christy, 1990. Precise monitoring of global temperature trends from satellites. *Science*, 247, 1558-1562.
- U.S. Climate Change Science Program, 2002. Strategic Plan for the Climate Change Science Program, 1717 Pennsylvania Ave., NW. Suite 250.
- Wentz, F.W., M. Schabel, C. Mears, and D. Seidel, 2002. Lower Tropospheric Air Temperature Derived from a Blended Analysis of MSU, SSM/T1, SSM/I, NCEP/NCAR Reanalysis and Reynolds SST. Remote Sensing Systems Technical Report 082702, Santa Rosa, CA, 25 pp.