

Orta Karadeniz Bölgesi Toprak Sıcaklığının Zaman Serisi Analizi Yöntemi İle Modellenmesi

Filiz KARA^{1,*} 

Bilal CEMEK² 

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): filiz.kara@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655501

Öz

Bu çalışma Orta Karadeniz Bölgesinin illerine ait farklı katmanlarda (5, 10, 20, 50, 100 cm) ölçülen aylık ortalama toprak sıcaklık değerlerinin Box Jenkins (BJ) tekniği ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. 1969-2013 yıllarına ait aylık ortalama toprak sıcaklık değerleri analiz edilerek mevsimsellikten arındırılmış daha sonra, oluşan bu veri setlerine uygun modeller belirlenmiştir. 2013-2019 yılları arasındaki öngörüler elde edilmiştir. Samsun, Amasya ve Ordu ilinin her bir katmanı için uygun model Mevsimsel Otoregrasyon olarak belirlenmiştir. Bu istasyonlara ait belirleme katsayısı (R^2) değerleri 0.59-0.96 arasında, tahmin hatasının standart sapması (RMSE) değerleri 1.55-4.93 arasında ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri ise 1.24-4.28 değerleri arasında değişim göstermiştir. Tokat ve Çorum ilinin her bir katmanı için uygun model Mevsimsel Hareketli Ortalama olarak tespit edilmiştir. Bu istasyonlara ait belirleme katsayısı (R^2) değerleri 0.83-0.95 arasında, tahmin hatasının standart sapması (RMSE) değerleri 1.79-4.68 arasında ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri ise 0.03-3.91 değerleri arasında değişim göstermiştir. Çalışma sonucu zaman serisi modellerinin Orta Karadeniz Bölgesi illeri aylık ortalama toprak sıcaklık hesaplamalarında başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler : ARIMA modelleri, box jenkins tekniği, iklim, toprak sıcaklığı

Modeling of Soil Temperature in Central Black Sea Region by Time Series Analysis Method

Abstract

The aim of this study is to estimate the monthly average soil temperature measured in different layers (5, 10, 20, 50, 100 cm) of the Central Black Sea Region by Box Jenkins (BJ) technique. The monthly average soil temperature values of the years 1969-2013 were analyzed and seasonally adjusted and then the models suitable for these datasets were determined. The projections for 2013-2020 were obtained. The appropriate model for each layer of Samsun, Amasya and Ordu is determined as seasonal autoregression. The determination coefficient (R^2) values of these stations are between 0.59-0.96, the standard deviation (RMSE) of the estimation error is between 1.55-4.93 and the mean absolute error (MAE) values are 1.24-4.28 values have changed. The appropriate model for each layer of Tokat and Çorum was determined as Seasonal Moving Average. The coefficient of determination (R^2) of these stations is between 0.83-0.95 and the standard deviation (RMSE) of the estimation error is between 1.79-4.68 and the mean absolute error (MAE) is 0.03-3.91 values have changed. As a result of the study, it was seen that time series models yielded successful results in the monthly average soil temperature calculations in the Central Black Sea Region provinces.

Keywords: ARIMA models, box jenkins technique, climate, soil temperature

GİRİŞ

Toprak sıcaklığı toprak içerisinde bitkisel üretimi etkileyen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik faaliyeti etkilemektedir (Öztekin vd., 2008). Toprakta suyun bulunuşu, hareketi, buharlaşması ve hava kapasitesi, ayrışması olayları, mikrobiyolojik faaliyet, kök solunumu ve vejetatif faaliyet gibi olayların tümü toprak sıcaklığının etkisi altındadır (Özkan, 1985; Karaman vd., 2007). Toprak profilinde sıcaklık günlük, aylık veya yıllık olarak değişim göstermektedir. Bu değişim bir gün veya bir yıl olmak üzere zamanın periyodik fonksiyonları şeklindedir. Toprak yüzeyinde sıcaklık değişimi fazla olup, aşağı katmanlara doğru inildikçe azalmaktadır. Toprağın 35-100 cm derinliğinde ise sıcaklığın günlük değişimi pratik olarak sabit değerlere ulaşmaktadır (Ekberli vd., 2005)

Toprak sıcaklığının kaynağı atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarıdır. Güneşten kaynaklanan enerji girişlerinin karşısında enerji kayıpları yer alır, bu kayıplar uzun zaman aralıklarında ve geniş bölgelerde enerji girişiyle yaklaşık aynı büyüklüktedir. Bu durum, yer yüzeyinin sürekli güneşten gelen ışınlar maruz kalmasına rağmen bir bütün olarak bakıldığında yüzeydeki sıcaklığının kuvvetlice değişmemesinden de anlaşılabilir; böylece belirli yerler ve zaman aralıkları için ortalama toprak sıcaklıklarının belirtilmesi anlamlıdır (Schachtschabel, 1995).

Toprak sıcaklığının değişimi toprak rutubetinin değişimine ve toprakta su dengesinin oluşumuna önemli etki yapmaktadır. Toprakta suyun taşınım potansiyeli, toprak sıcaklığı ve rutubetinin bir fonksiyonudur. Gözenekli bir yapıya sahip olan toprakta suyun buharlaşarak taşınımı sıcaklık değişimi sonucunda oluşmaktadır. Toprak profilindeki su buharı geceleri alt katmanlardan daha soğuk olan üst katmanlara doğru hareket etmektedir. Toprak nemi ve sıcaklık değişimleri arasındaki nicel bağımlılık, topraklar arasında farklılık göstermektedir (Gerayzade, 1989).

Bölgedeki tarımsal üretimde ürün kalitesini ve verimliliği arttırmak, ürün kayıplarını en aza indirmek, bölgenin doğal yapısını korumak, tarımsal üretimde uygun ürün çeşidini belirlemek, bölgede olası iklim değişikliğinde bölge şartlarına uygun ağaç cinslerini belirlemek ve toprağın mevcut özelliklerini korumak ve geliştirmek için toprak sıcaklıklarının bilinmesi gerekir. Bölgenin değişik topografik yapısı içerisinde her noktada

sıcaklık ölçme imkânı olmadığından toprak sıcaklıklarının tahmin edilerek belirlenmesi önemlidir. Ayrıca, bölgede toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplarında net sonuçların ortaya çıkarılması açısından da büyük önem taşır (Bilgili vd., 2011).

1995 yılında IPCC'nin (ülkeler arası iklim değişikliği paneli) iklim modelleri ile yapılan projeksiyonlarına göre; 2030 yılına kadar Türkiye'nin büyük bir kısmının oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine gireceği, sıcaklıkların kışın 2 °C, yazın ise 2 °C ile 3 °C artacağı öngörülmektedir (Kadioğlu, 2009). Belirli bir problemi modellemek için uygun bir yöntem seçilmesi; modellenecek seri sayısı, gerekli doğruluk, modelleme girdileri, modelleri kullanma kolaylığı, sonuçları yorumlama kolaylığı gibi birçok faktöre bağlıdır (Mondal vd., 2006).

Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır. Bunlar doğrusal filtreleme modelleri olarak da bilinirler. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modelleri Yule (Yule, 1927) tarafından düşünülmüştür. Diğer bir model, hareketli ortalama (MA-Moving Average) ilk defa Slutsky (Slutsky, 1927) tarafından ortaya atılmıştır. AR ve MA modellerinin karışım olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA - AutoRegressive Moving Average) modelleri ilk defa Wold (Wold, 1954) tarafından geliştirilmiştir. AR, MA, ARMA modelleri en genel doğrusal, durağan Box Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA-AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli denilmektedir. Bu model Box Jenkins tekniği olarak da adlandırılır. Bu teknik derlenen kesikli zaman serilerinin ve dinamik sistemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Box Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modeli belirlemektir. Bu modelleme yardımıyla yolcu yoğunlukların dikkate alan dinamik çizelgeleme de yapılabilir (Yaman vd., 2001).

Zaman serileri analizinde kullanılan birçok yöntem vardır. Box-Jenkins yöntemi, doğrusal zaman serilerinin analizinde en bilinen ve en çok kullanılan metotlardan biridir. Doğrusal ve durağan süreçlerde ya da durağan olmayan fakat çeşitli

istatistiksel yöntemlerle durağanlaştırılabilen serilerde Box-Jenkins yöntemi başarıyla uygulanabilir. Ancak birçok zaman serisi doğrusal ilişkinin yanı sıra doğrusal olmayan ilişki de içermektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı olarak Orta Karadeniz Bölgesi belirlenmiş olup, bölge illerinin 5 farklı toprak katmanındaki (5, 10, 20, 50, 100 cm) toprak sıcaklık değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiştir.

Çizelge 1. Meteoroloji istasyonlarının kodları, konumları ve yükseklik değerleri

Table 1. Codes, locations and height values of meteorological stations

İl Adı	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
Samsun	17030	41° 34' K	36° 25' D	4
Tokat	17086	40° 33' K	36° 55' D	611
Amasya	17085	40° 66' K	35° 83' D	409
Çorum	17084	40° 54' K	34° 93' D	776
Ordu	17033	40° 98' K	37° 88' D	5

Çalışmada 1969-2013 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonlarının kod, enlem, boylam ve yükseklik değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Box Jenkins modeli

Box Jenkins yöntemi tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmin ve kontrolünde kullanılan istatistiksel öngörü yöntemlerinden biridir. Zamana bağlı olayların rassal karakterde olaylar, bu olaylarla ilgili zaman serilerinin ise stokastik süreç olduğu varsayımına dayanarak geliştirilmiş olan bu yöntemin uygulandığı zaman serisinin eşit aralıklı gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olduğu varsayılmaktadır. Ancak gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı olarak bir değişim olmaktadır. Durağan olmayan zaman serilerinde görülen bu değişim, genellikle trend, düzenli, düzensiz dalgalanmalar ve tesadüfi dalgalanmaların etkisiyle gerçekleşir. Durağan olmayan zaman serilerinin Box-Jenkins yöntemiyle öngörüsü için seri bazı dönüşüm yöntemleriyle durağan hale getirilmelidir.

Box-Jenkins Yöntemi ile öngörü dört aşamada gerçekleşmektedir.

1. Model Belirleme: Zaman serisine uygun Box Jenkins modeli bu aşamada belirlenir.

2. Parametre Tahmini: Model belirleme aşamasında belirlenen modele ilişkin parametrelerin tahmin edildiği aşamadır.

3. Uygunluğun Testi: Modelin veri setine uygunluğunun istatistiksel yöntemlerle test edildiği bu aşamada model uygun bulunursa son aşamaya geçilir, uygun bulunmazsa başka bir modelin belirlenmesi için ilk aşamaya dönülür.

4. Tahmin: Seçilen en uygun model tahmin için kullanılır.

Box-Jenkins Yöntemi ile tahmin edilen zaman serisi modelleri; Otoregresif (AR) Modeli, Hareketli Ortalama (MA) Modeli, Otoregresif-Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) Modelidir.

ARIMA modelleri, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellerdir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere "durağan olmayan doğrusal stokastik modeller" denir. Bu modeller d dereceden farkı alınmış serilere uygulanan, değişkenin t-dönemindeki değerinin belirli sayıdaki geri dönem değerleri ile aynı dönemdeki hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği AR ve değişkenin t-dönemindeki değerinin aynı dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edildiği MA modellerinin birer birleşimidir. Modellerin genel gösterimi ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada p ve q sırasıyla Otoregresif (AR) Modelin ve Hareketli Ortalama (MA) Modelinin derecesi, d ise fark alma derecesidir.

Genel ARIMA(p,d,q) modeli aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_p Z_{t-p} + \delta + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (1)$$

Burada $Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-p}$ d dereceden farkı alınmış gözlem değerlerini, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ d dereceden farkı alınmış gözlem değerleri için katsayıları, δ sabit değeri, $\alpha_t, \alpha_{t-1}, \dots, \alpha_{t-q}$ hata terimlerini ve $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimleri ile ilgili katsayıları göstermektedir (Kaynar ve Taştan, 2009).

Box Jenkins modeline yönelik modelleme tekniği

Olasılığa dayalı modellemede temel olarak dört ardışık fakat tekrarlı aşama vardır. Aynı şekilde

mevsimsel ARIMA modelleme yaklaşımında bu dört aşama şunları kapsamaktadır: (i) $(p, d, q) \times (P, D, Q)_S$ şeklinde mevsimsel ARIMA yapısının belirlenmesi, (ii) model parametrelerinin tahmin edilmesi, (iii) model kalıntılarının tanısız kontrolü ve (iv) bilinen verilere dayalı olarak tahmin edilen değerlerin üretimi (Box vd., 1970; Brockwell vd., 2002). Ne var ki birden üçe kadar olan aşamalar temel olarak model kalibrasyon işlevleridir ve son aşama da oturmuş modelin yeterliliğinin kontrol edilmesine yöneliktir. İlk olarak gözlemlenen zaman serileri, gözlemlenen verilerin uygun şekilde farklılaştırılması yönteminin uygulanmasıyla sabit hale getirilmelidir. Bu sabit zaman serilerinden, sıklıkla ilgisiz verilerin dâhil edilmemesi şekilde bahsedilir. Belirleme aşamasında dönemsel, otokolerasyon işlevi (ACF) ve kısmi otokolerasyon işlevleri (PACF) gibi grafiksel yöntemler, mevsimselliği ve ön belirleme sırasını tespit etmek için yararlıdır. Mevsimsel ARIMA modelleme yaklaşımının belirleme aşaması, gözlemlenen verilerin geçici olarak ilgisiz zaman serilerindeki model şeklini belirlemek amacıyla bu işlevleri kullanır. Mevsimsel ARIMA model yapısının belirlenmesinden sonra model parametreleri, maksimum olasılık yöntemi ile tahmin edilir (Box vd., 1970).

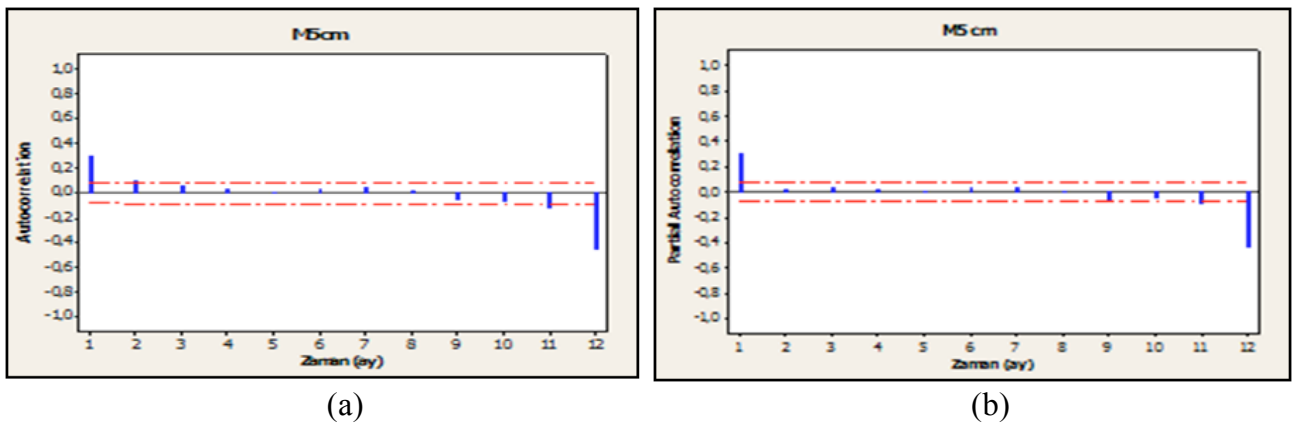
Daha sonra geliştirilen tüm modeller, hata parametreleri açısından karşılaştırılır. Sonrasında uygun model seçilir ve çalışma alanı içerisindeki her bir katman için toprak sıcaklığı değerleri tahmin işlemi gerçekleştirilir. Çalışmada MINITABV16 istatistik yazılım paketi kullanılarak Box Jenkins ARIMA modelinin analizi yapılmıştır.

Box Jenkins tekniğinin uygulanması

Box Jenkins tekniğinde uygun modelin belirlenmesinde ilk aşama olan geçici modelin saptanması için ACF grafiği ile PACF grafiği her ilin farklı katmanları için ayrı çizilmiştir.

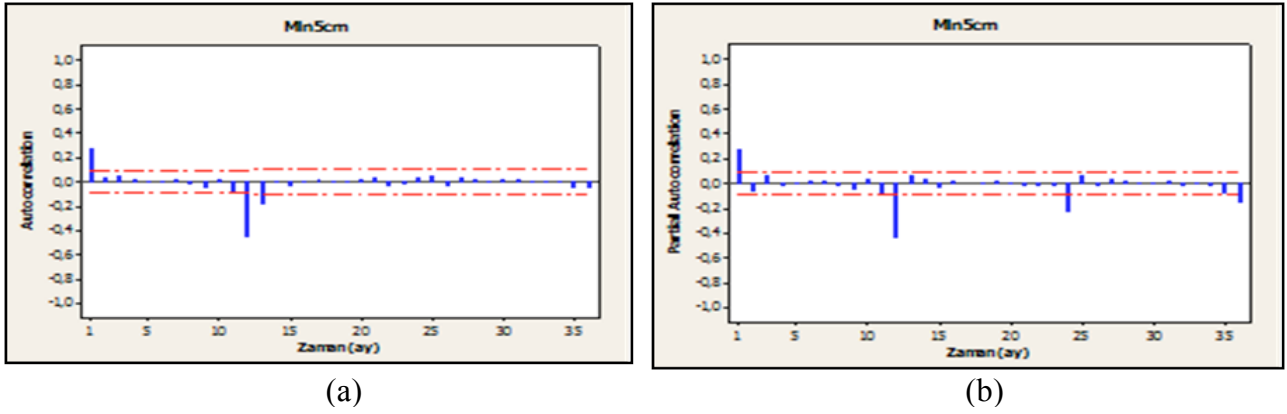
Samsun ili için 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF grafiğine bakıldığında serinin durağanlaştığı görüldüğünden seriye daha fazla fark işlemi uygulanmamıştır (Şekil1a). ACF grafiğindeki ilişki miktarları gecikme sayısı arttıkça yavaş azalmakta olup, PACF grafiğinde bu azalma hızlı bir şekilde olduğu için model olarak Otoregresyon Modeli olduğu saptanmaktadır. Ayrıca PACF grafiğinde birinci gecikmede kesin bir çıkış gözlenmektedir, bu durum da tipik bir Otoregresif süreç göstergesidir (Şekil1b). Dolayısıyla Şekil1'e göre seriye uygun model ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ olmaktadır. Samsun ilinin diğer toprak sıcaklığı katmanları (10, 20, 50 ve 100 cm) için BJ tekniği uygulanmış ve bu katmanlar içinde Otoregresyon Modeli ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ en iyi model olduğu tespit edilmiştir.

Tokat, Çorum, Amasya ve Ordu illerine ait ACF ve PACF grafikleri incelendiğinde sırasıyla zaman serisi için en iyi modeller Mevsimsel Hareketli Ortalama modeli ARIMA(0,1,1) (0,1,1)₁₂, Mevsimsel Hareketli Ortalama modeli ARIMA(0,1,1) (0,2,1)₁₂, Mevsimsel Otoregasyon modeli ARIMA(1,1,0) (1,2,0)₁₂ ve Mevsimsel Otoregasyon modeli ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ olduğu tespit edilmiştir (Şekil2-3-4-5). Ayrıca illere ait diğer toprak katmanları için yapılan BJ analizinde de aynı modeller en iyi sonucu vermiştir.



Şekil 1. Samsun ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 1. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values at 5 cm in Samsun province

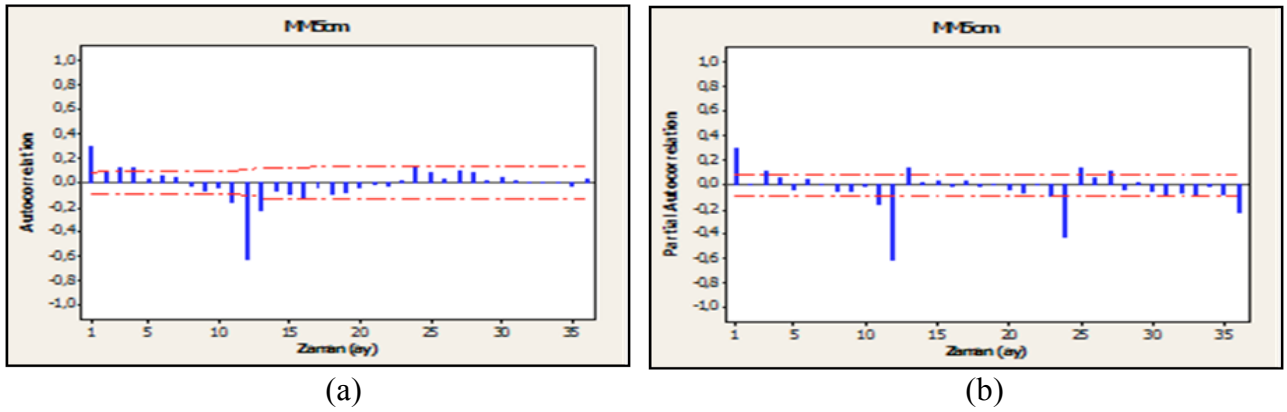


(a)

(b)

Şekil 2. Tokat ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 2. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values of 5 cm in Tokat province

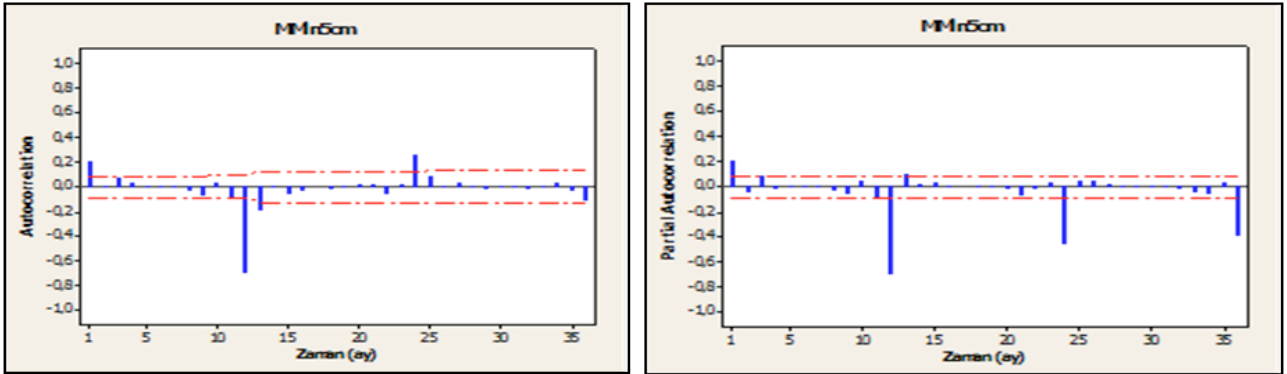


(a)

(b)

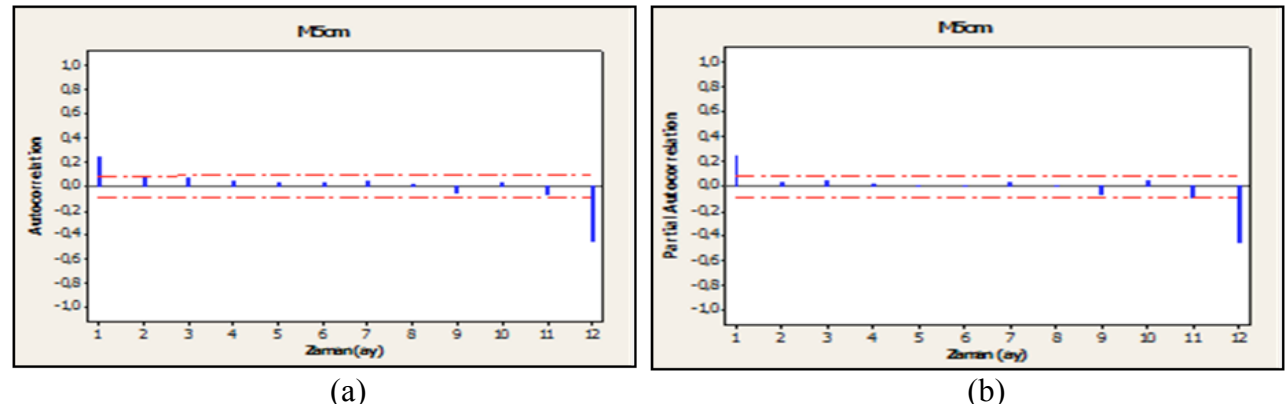
Şekil 3. Çorum ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 3. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values of 5 cm in Çorum province



Şekil 4. Amasya ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 4. ACF (a) and PACF (b) of soil temperature values of 5 cm in Amasya province



(a)

(b)

Şekil 5. Ordu ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 5. ACF (a) and PACF (b) of soil temperature values of 5 cm in Ordu province

Model parametrelerinin tahmini

Her modelin parametresi, MINITABv16 istatistik yazılımının ARIMA modülü ile tahmin edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur. Katsayılar anlamlı bir şekilde sıfırdan

Model parametrelerinin tahmini

Her modelin parametresi, MINITABv16 istatistik yazılımının ARIMA modülü ile tahmin edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur. Katsayılar anlamlı bir şekilde sıfırdan büyüktür ($|t\text{-değeri}| > 2.0$) ve sabitlik koşullarını karşılamaktadır. Tüm katsayılar için mutlak değerler de 1.0’dan anlamlı şekilde farklıdır.

Çizelge 2. illerin mevsimsel ARIMA modelinin tahmini parametreleri değerleri

Table 2. Estimated parameters of seasonal ARIMA model of provinces

Samsun ARIMA (1,1,0) (1,1,0) ₁₂			
Model Parametreleri	Parametre Değeri	Standart Hata Katsayısı	t-değeri
AR	-0.344	0.037	-9.2
SAR	-0.465	0.035	-13.1
Sabit	-0.001	0.079	-0.02
Tokat ARIMA (0,1,1) (0,1,1) ₁₂			
AR	0.872	0.022	38.56
SAR	0.954	0.038	24.79
Sabit	0	0	0.13
Çorum ARIMA (0,1,1) (0,2,1) ₁₂			
AR	0.73	0.031	23.32
SAR	0.953	0.036	26.09
Sabit	-0.001	0.008	-0.15
Amasya ARIMA (1,1,0) (1,2,0) ₁₂			
AR	-0.397	0.041	-9.56
SAR	-0.847	0.024	-34.39
Sabit	-0.002	0.082	-0.03
Ordu ARIMA (1,1,0) (1,1,0) ₁₂			
AR	-0.406	0.04	-10.05
SAR	-0.66	0.034	-19.48
Sabit	0.006	0.124	0.05

BULGULAR VE TARTIŞMA

Box Jenkins tekniği bulguları

Oluşturulan modeller içerisinde R^2 , RMSE ve MAE kriterleri kullanılarak yapılan karşılaştırma sonucunda veri setine en uygun olan model; Samsun ilinin her bir katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon modeli (ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂), Tokat ilinin her katmanı için Mevsimsel Hareketli

Ortalama (ARIMA(0,1,1) (0,1,1)₁₂), Çorum ilinin her katmanı için Mevsimsel Hareketli Ortalama (ARIMA(0,1,1) (0,2,1)₁₂), Amasya ilinin her katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon (ARIMA(1,1,0) (1,2,0)₁₂), Ordu ilinin her katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon (ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂), modeli belirlenmiş ve zaman serisinin tahmini için kullanılmıştır. Çizelge 3’de seçilen en iyi modeller ve karşılaştırılması yapılan gerçek ve tahmini değerlerin RMSE, MAE ve R^2 değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3. Seçilen en iyi modellerin test ve validasyon değerleri için RMSE, MAE ve R^2 değerleri

Table 3. RMSE, MAE and R^2 values for test and validation values of selected best models

Derinlik (cm)	Samsun						
	RMSE		MAE		R^2		
	Test	Validasyon	Test	Validasyon	Test	Validasyon	
5	2.11	2.68	1.76	2.14	0.96	0.94	
10	4.89	2.33	4.12	1.90	0.87	0.95	
20	3.97	1.53	3.33	1.24	0.90	0.96	
50	3.98	1.75	3.40	1.42	0.89	0.96	
100	1.50	4.92	1.21	4.28	0.95	0.77	
Derinlik (cm)	Tokat						
	5	1.75	2.33	1.39	1.81	0.97	0.95
	10	1.68	3.95	1.35	3.12	0.97	0.93
	20	2.36	3.78	1.95	2.99	0.95	0.93
	50	1.42	2.67	1.13	2.11	0.97	0.95
	100	0.95	4.68	0.75	3.91	0.97	0.83
Derinlik (cm)	Çorum						
	5	4.06	3.00	3.25	2.16	0.90	0.90
	10	5.88	2.46	4.56	1.89	0.80	0.92
	20	3.53	3.13	1.83	0.03	0.87	0.89
	50	2.77	2.16	2.20	1.54	0.91	0.91
	100	3.79	1.79	2.89	1.39	0.81	0.90
Derinlik (cm)	Amasya						
	5	3.67	3.50	2.70	2.73	0.88	0.90
	10	5.82	4.93	4.01	3.84	0.71	0.83
	20	3.70	4.40	2.81	3.19	0.85	0.84
	50	3.31	3.87	2.49	2.88	0.82	0.82
	100	4.33	4.31	3.16	3.19	0.76	0.77
Derinlik (cm)	Ordu						
	5	1.64	3.49	1.26	2.84	0.96	0.92
	10	1.70	4.13	1.34	3.39	0.96	0.90
	20	1.75	4.82	1.44	3.78	0.96	0.78
	50	1.40	4.14	1.16	3.46	0.96	0.85
	100	2.40	4.05	2.05	2.81	0.91	0.59

SONUÇLAR

Bu çalışma, Orta Karadeniz Bölgesine ait 5, 10, 20, 50 ve 100 cm'deki aylık ortalama toprak sıcaklıklarını tahmin etmek için ARIMA yöntemi kullanılmıştır. ARIMA modeli ile tahmin edilen toprak sıcaklığı değerleri, 2014 ve 2015 yıllarına ait ölçülen aylık ortalama toprak sıcaklığı değerleri ile karşılaştırıldığında; Samsun ilinin 5 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde ARIMA ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0.97, Tokat ili için R^2 değeri 0.93, Çorum ili için R^2 değeri 0.94 ve Amasya ili için R^2 değeri 0.92 ve Ordu ili için R^2 değeri 0.95 olup Şekil 5'de sapma grafikleri verilmiştir.

Bölgenin tarımsal üretimini geliştirmek ve meteorolojik verilerini ortaya çıkarmak için toprak sıcaklıklarının belirlenmesi oldukça önemli bir çalışmadır. Farklı noktalarda inşa edilecek yapıların ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplamalarında, toprak teması yapı elemanlarının izolasyon kalınlıklarının tespitinde de toprak sıcaklıklarının belirlenmesi gereklidir. Ayrıca bölgede toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında, proje hesaplamalarında da toprak sıcaklığı değerlerinin önemi büyüktür. Bölgenin değişik topografik yapısı içerisinde her noktada sıcaklık ölçme imkanı da bulunmamaktadır. Geliştirilen bu model ile ölçüm yapılmayan bir hedef noktanın farklı derinliklerdeki ortalama toprak sıcaklığı, sadece topografik bilgiler kullanarak hızlı ve az hata ile tahmin edilebilir. Bu yöntem, Türkiye'nin diğer bölgelerindeki meteoroloji istasyonları için de tahmin modeli oluşturularak uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Bilgili M (2011). The use of artificial neural networks for forecasting the monthly mean soil temperatures in Adana, Turkey, Turk J Agric For 35 (2011) 83-93, Tübitak.

Box GEP, Jenkins GM (1970). Time Series analysis, forecasting, and control. Oakland, CA: Holden-Day.

Brockwell P J, Davis R A (2002). An introduction to time series and forecasting, Springer, DOI: 10.1007/978-1-4757-2526-1.

Ekberli İ, Gülser Ç, Özdemir N (2005). Toprakların termofiziksel özellikleri ve ısısal yayılım katsayısının değerlendirilmesi, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20 (2):85-91.

Gerayzade AP (1989). Toprak Bitki Atmosfer Sisteminde Enerji Döngüsü, Baku, Elm, s.158.

Karaman MŞ, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Zengin M (2007). Sürdürülebilir toprak verimliliği, Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No:1.

Kaynar O, Taştan S (2009). Zaman serisi analizinde mlp yapay sinir ağları ve arima modelinin karşılaştırılması, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:33, Temmuz-Aralık, ss. 161-172.

Mondal MS, Wasimi SA (2006). Generating and forecasting monthly flows of the Ganges River With PAR Model, Journal of Hydrology, 323(1-4), 41-56.

Özkan Al (1985). Toprak fiziği, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:946, Ders Kitabı: 270.

Öztekin T, Öztekin S, Oğuz İ (2008). Koşullarında saatlik toprak sıcaklıklarının periyodik sinüs dalga eşitliği ile tahmini, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 55-60.

Schachtschabel P, Blume H P, Brümmer G, Hartge K H, Schwertmann U (1995). Toprak bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:16.

Slutsky E (1927). The Summation of random causes as the source of cyclic processes, problems of economic conditions, 3, 1; English trans ,In Econometrica, 5, 105.

Wold HO (1954). A study in the analysis of stationary time series, Almqvist and Wicksell, Uppsala.

Yaman K, Sarucan A, Atak M, Aktürk N (2001). Görüntü işleme yöntemiyle hızlı raylı ulaşım sisteminde yolcu yoğunluğunun Box-Jenkins yaklaşımı ile modellenmesi, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 22. Ulusal Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 78, 4-6 Temmuz.

Yule GU (1927). On a method of investigating periodicities in disturbed series with special reference to Wölfer's Sunspot Numbers, Phil. Trans., A226, 267.