

MODELLENEN VE İSTASYONLARDA ÖLÇÜLEN TOPRAK NEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

M. Tuğrul Yılmaz^{1,2}, A. Ünal Şorman³, İbrahim Sönmez⁴

¹ US Department of Agriculture, Hydrology and Remote Sensing Lab., Beltsville, Maryland, USA

² Science Systems and Applications, Inc., Lanham, Maryland, USA

³ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankaya, Ankara (E)

⁴ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs, Samsun

tugrul.yilmaz@ars.usda.gov; sorman@metu.edu.tr; isonmez@omu.edu.tr;

Özet

Ülkemizde birçok meteoroloji gözlem istasyonunda uzun süredir toprak nemi ölçümü yapılmasına rağmen, bu gözlemlerin bağımsız ölçümler ile karşılaştırılması ile alakalı çalışmalar henüz gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada, NOAA hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen yüzey toprak nemi değerleri ile 144 yer istasyondan elde edilen toprak nemi ölçümleri karşılaştırılmıştır. Değişken bitki örtüsüne sahip olan geniş bir alanda yapılan karşılaştırmalarda toprak nemi ölçümleri arasında yüksek derecede lineer ilişki bulunmuştur. Elde edilen yüksek korelasyon şunda toprak nemi ölçümü yapılmayan alanların özellikle olası bir kuraklık zamanında kuraklığın boyutunun anlaşılması açısından son derece önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Nemi, Tarımsal Kuraklık, Hidrolojik Modeller

Abstract

Soil moisture observations are currently collected over many meteorological stations in Turkey. Despite the availability of these observations, to date these observations have not been compared to other independent estimates. In this study, observations obtained from 144 ground stations are compared with NOAA land surface model over areas with various land cover types. The high linear relation found between the model output and the site observation is promising for the estimation of the degree of the severity of a potential drought over areas that do not have ground station observations.

Key Words: Soil Moisture, Agricultural Drought, Land Surface Models

1. GİRİŞ

Toprak nemi parametresi, kendi içinde yüksek zamansal bağımlılığa sahip olması sebebiyle atmosferik olayların ve dolayısıyla iklimin üzerinde önemli etkileri vardır. Ayrıca

toprak yüzeyinden olan buharlaşma ve hissedilir ısı miktarları da enerji ve su döngülerini doğrudan etkileyen toprak nemine bağlıdır. Bu sebeplerden ötürü iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarda beklenen değişikliğin boyutunun anlaşılması açısından toprak neminin anlaşılması çok kritiktir [1]. Bunlara ilaveten kuvvetli rüzgarlardan veya yağış yetersizliğinden dolayı toprakta bitkinin ihtiyacı olan su miktarının karşılanamayacağı seviyelere ulaşmasıyla başlayan ve sosyo-ekonomik açıdan ülkelere büyük maliyetler getiren tarımsal kuraklığın izlenmesi ve risk analizinin yapılması büyüme sezonundaki toprak nemi anomalilerinin geniş ölçekli izlenmesi ve analizi ile mümkündür [2]. Benzer bir şekilde tarımsal verimlilik, karbon emisyonu, taşkın tahminlerinde yine toprak neminin çok büyük önemi vardır. Bu sebeplerden ötürü Dünya Meteoroloji Örgütü toprak nemini ‘gerekli iklim verileri’ listesine almıştır [3] ve suanda aktif olarak Avrupa ve Amerikada yürütülmekte olan iki toprak nemi uydu çalışması gerçekleştirilmektedir (Soil Moisture and Ocean Salinity [SMOS] ve Soil Moisture Active Passive [SMAP]).

Günümüzde toprak neminin geniş ölçekli tahminleri birçok değişik metod kullanılarak yapılabilmektedir. Bunlardan biri olan yer istasyon ölçümleri ile elde edilen noktasal toprak nemi değerlerinin hücresel ölçekli değerlerle karşılaştırılması yöntemi temsil hataları içermektedir. Her ne kadar bu gözlemler mükemmel olmasa da değişik metodlar kullanılarak elde edilen nem değerleri içinde en kaliteli ve tutarlı olanıdır. Fakat geniş ölçekli bölgesel toprak nemi değerlerinin istasyon ölçümleri ile yapılması maliyet ve işletim giderleri göz önünde bulundurulduğunda pek pratik değildir. Öte yandan hidrolojik modeller ile operasyonel anlamda yüksek kaliteli geniş ölçekli toprak nemi tahminlerinin yapılması mümkündür. Modellerin zamansal ve konumsal olarak tutarlı bir şekilde tahmin ettiği toprak nemi değerleri tarımsal kuraklığın analizi için de çok kullanışlıdır. Bunlara ek olarak geçmiş atmosferik verilerin kullanılması ile geçmiş zaman dilimlerine ait toprak nemi değerlerinin elde edilebiliyor olması diğer toprak nemi ölçüm metodlarına göre hidrolojik modellerin önemli bir avantajını ortaya koymaktadır.

İklim ve kuraklık açısından çok önemli bir yere sahip olmasına rağmen ülkemizde toprak neminin analizi alanında şüana kadar çok sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır [4]. Bu konuda son zamanlarda yapılan Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından yapılan program değerlendirme toplantılarında dile getirilmiş ve yeni projeler ve çalışmalar önerilmeye başlanmıştır. Toprak neminin daha önceki zamanlarda beklenen araştırma ilgisini

görmeyişinin en önemli sebeplerinden birisi hidrolojik modellerden veya uzaktan algılama metodlarından elde edilen toprak nemi değerlerinin doğrulanabileceği yer gözlem verilerinin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından toprak nemi gözlemlerini içeren ölçüm şebekeleri işletilmesine rağmen, ölçüm aletlerinin düzenli bakım ve kalibrasyon çalışmalarındaki aksaklıklar en büyük handikap olarak önümüze çıkmaktadır.

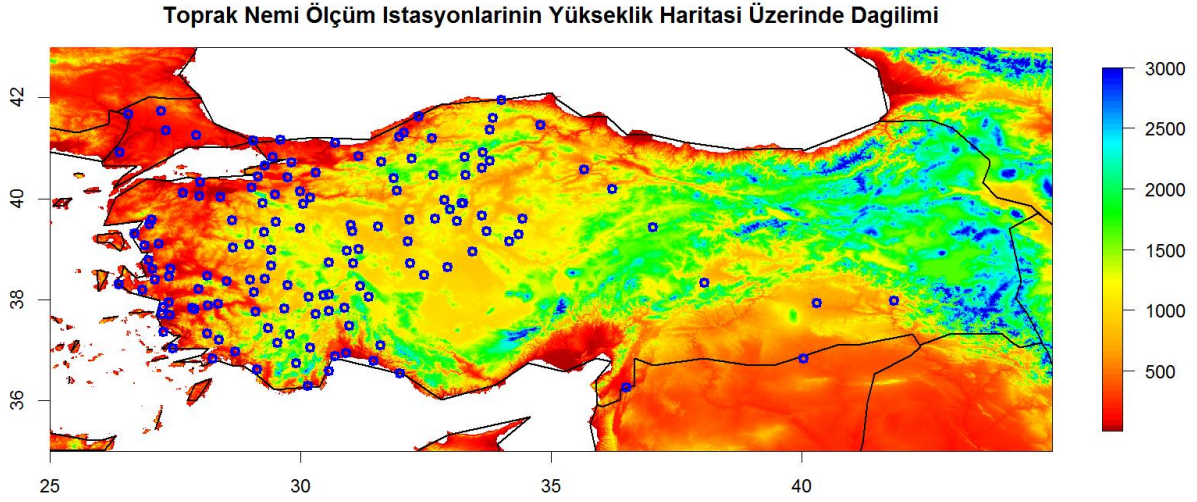
Bu çalışmada NCEP- Oregon State University Dept. of Atmospheric Sciences-Air Force - Hydrologic Research Lab - NWS (NOAH) modeli ile elde edilen toprak nemi değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü meteoroloji istasyonlarından elde edilen fakat kalibre edilmemiş toprak nemi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Metodlar bölümünde sıralanan sebeplerden ötürü, bu verilerin kalibre edilmemiş olsalar dahi hidrolojik modellerin doğrulanması çalışmalarında kullanılabilmesi gösterilmiştir.

2. ÇALIŞMADA KULLANILAN TORPAK NEMİ ÖLÇÜM METODLARI

Toprak nemi gözlemleri günümüzde yaygın olarak üç değişik metodla yapılmaktadır. Bunlar, yer istasyonlarında yapılan direk ölçümler, atmosferik verileri kullanan hidrolojik modeller ve uzaktan algılama ölçümleridir (pasif veya aktif mikrodalga gözlemlerine dayanan). Bu çalışmada ise, yer istasyonlarından elde edilen ölçümler ve NOAH hidrolojik modelinden elde edilen veriler göz önünde bulundurulmuştur.

2.1 İstasyon Toprak Nemi Ölçümü

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2002-2004 arasında kurulan Otomatik Hava Gözlem İstasyonlarının (AWOS) 175inde toprak nemi ölçümleri 10'ar dakikalık aralıklarla yapılmaktadır. Campbell Scientific CS615 Water Content Reflectometer (WCR) ile yapılan ölçümlerin kalibrasyonları bulunduğu toprak çeşidine ve elektriksel iletkenliklerine göre yapılmamaktadır. Öte yandan WCR ile yapılan ölçümler kendi içerisinde yüksek derecede tutarlılık göstermektedir. Bu çalışmada WCR sensörleri ile ölçüm yapan 144 istasyondan elde edilen toprak nemi değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonların yurt çapındaki yersel dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



Sekil 1. WCR ölçümü yapan 144 istasyon dağılımı. Yükseklikleri 3000 metrenin üzerindeki alanlar koyu mavi ile gösterilmiştir.

10 dakikalık nem ölçümleri, toprak yüzeyinden 20cm derinlikte yapılmaktadır. Sensörlerden alınan veriler hacim olarak toprak neminin oranını temsil etmektedir. Birçok istasyonda 2007 yılının ilk yarısına ait gözlem bulunmadığından, çalışmada 2008 sonrasındaki veriler kullanılmıştır. Genel itibariyle Türkiye'nin batı bölgesinde yer alan bu istasyonların konumları, buldukları coğrafya ve sahip oldukları sensörler hakkında ayrıntılı bilgi <http://dmi.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx> sitesinden ulaşılabilir.

2.2 NOAH YERYÜZÜ MODELİ

NOAH yeryüzü modeli diğer birçok hidrolojik model gibi atmosferik verileri (hava nem ve sıcaklığı, rüzgar, yağmur ve radyasyon) kullanarak toprakta bulunan su ve enerjinin zamansal değişimi tahmini yapmaktadır. Değişik toprak derinliğinde toprak nem ve sıcaklığının elde edilmesinin yanısıra, NOAH modeli yeryüzündeki buharlaşma, debi, ve hissedilebilir sıcaklık tahmini de yapabilmektedir. Bu tahminlerin elde edilmesinde atmosferik girdiler kadar toprak ve bitkisel parametrelere ait girdiler çok önemli rol oynamaktadır. NOAH modeli, The Weather Research and Forecasting (WRF) modelinin yeryüzü akımlarını elde etmek için operasyonel olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan 0.25° çözünürlükteki 0-10cm toprak nemi simülasyonları NASA Earth Sciences Division tarafından gerçekleştirilmiş olup Goddard Earth

Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC) tarafından dağıtımı yapılmaktadır. Karşılaştırmalarda 0.25° çözünürlükteki hücre değerleri kullanılmıştır ve herhangi bir alansal çözümleme yapılmamıştır. NOAH modeli hakkında ayrıntılı bilgi [5]'ün çalışmasında mevcuttur.

3. TOPRAK NEMİNİN ANALİZİ

Analizler Şekil 1de konumları gösterilen 144 istasyon noktalarında gerçekleştirmiştir. Model verileri ile istasyon koordinatlarının uzaysal eşleştirilmesi için, istasyon ile istasyona en yakın olan model hücresi kullanılmıştır. Saatlik toprak nemi değerlerinin ortalaması alınarak haftalık değerler elde edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmadaki tüm analiz haftalık değerler üzerinden yapılmıştır.

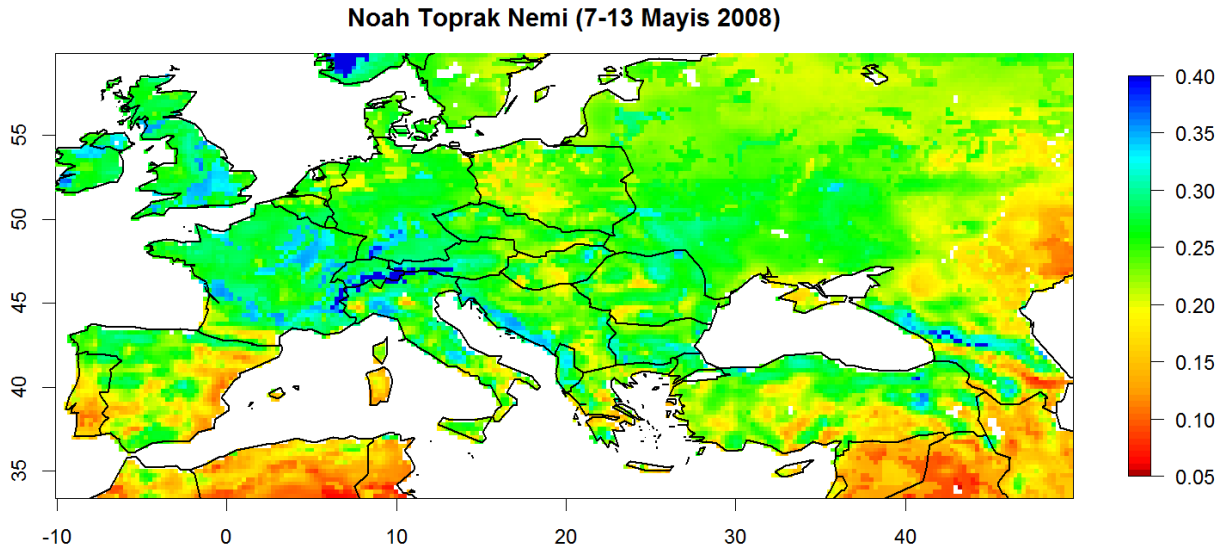
Toprak nemi ölçümleri ve model simülasyonları sistematik farklılıklar göstermektedir [6-9]. Özellikle aynı atmosferik verilerle çalıştırılan modellerden elde edilen nemlilik değerleri farklılıkları modellerin çalıştırılmasında kullanılan toprak kalınlık ve çeşit farklılıkları ile açıklanamayacak kadar fazladır [10]. Öte yandan iklimsel farklılıklar giderildiğinde ise modeller birbirleri ile daha tutarlı toprak nemi değerleri vermektedir [10]. Bu sebeplerden ötürü modellerden elde edilen toprak nemi değerlerinin bir başka değerler ile karşılaştırılmasından önce birbirlerinin iklim sinyal varyansları göz önünde bulundurularak lineer bir şekilde eşleştirilmelidir [8-9]. Bunlara ilave olarak toprak neminin ortalama değerlerinden sapma derecesi (anomali değerleri) ile tarımsal kuraklığın şiddeti arasında doğrusal bir ilişki vardır [2]. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda elde edilen toprak nemi değerlerinin normalleştirilmesi lineer karşılaştırmalar açısından son derece uygundur. Normalleştirme işlemi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$TN_n = \frac{(TN - \mu_{TN})}{\sigma_{TN}} \quad (1)$$

Bu formülde TN ham toprak nemi değerlerini, TN_n normalleştirilmiş değerleri, μ_{TN} ve σ_{TN} ise toprak nemi ortalama ve standard sapmasını temsil etmektedir. Bu normalleştirme yöntemi kalibre edilmemiş istasyon verileri ile kalibre edilmiş değerlerinin arasındaki lineer farklılıkların giderilmesi için kullanılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Ham NOAH TN değerleri kullanılarak 7-13 Mayıs 2008 tarihi için elde edilen haftalık ortalama toprak nemi haritası Şekil 2’de gösterilmektedir. Erimiş kar sularının da muhtemelen etkilediği Orta Avrupa ıslak bir dönemden geçerken 35° Kuzey enleminin güneyinde kalan alanlar kurak bir dönemden geçmektedir. Her ne kadar bu tarihler arasında Türkiye’deki toprak nemi değerleri ıslak bir dönemi göstermekte olsa da, 2008 yılının 7-13 Mayıs haftası 2009-2011 yıllarına göre en kurak olanıdır (2008 yılı için toprak nemi değerleri 0.23 iken 2009-2011 arası için 0.27, 0.26 ve 0.28’dir). Bu değerler Türkiye’yi 2008 bahar aylarında etkisine alan kurak koşullar ile de örtüşmektedir.

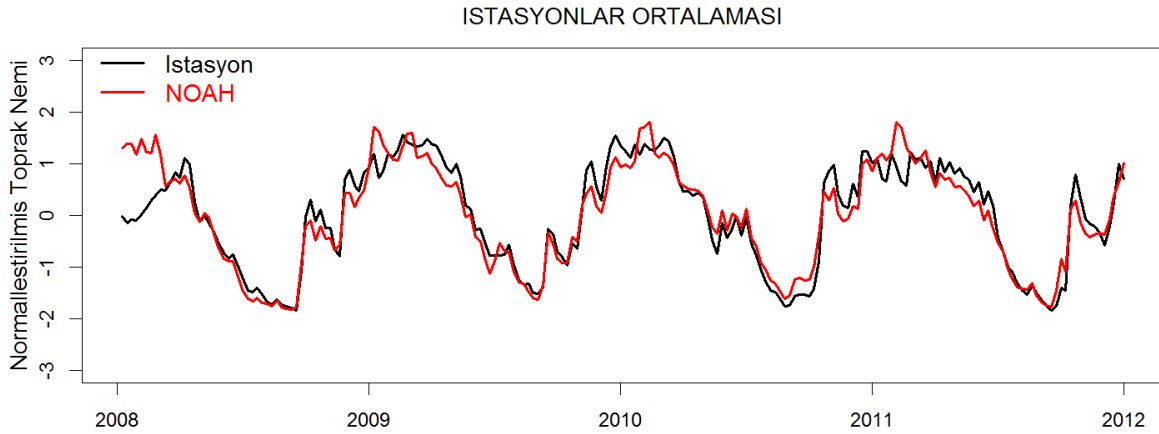


Şekil 2. NOAH toprak neminin 7-13 Mayıs 2008 arasındaki ortalaması. Değerler hacimsel olarak toprak neminin oranını göstermektedir.

NOAH modelinden ve tüm istasyonlardan elde edilen TN_n değerlerinin ortalamasıyla elde edilen (formül 1) zamansal değişim Şekil 3’de gösterilmektedir. Aralık-Mart ayları arasında gerçekleşen toprak nemi yüksek değerleri 2008 yılı mart ayından sonra istasyon ve model arasında yüksek bir tutarlılık göstermeye başlamıştır. Öte yandan 2008 yılı kış aylarındaki model simülasyonları 2009-2011 yıllarına benzer değerler gösterirken istasyonlarda ortalamanın altında toprak nemi değerleri gözlenmemiştir. Bu farklı değerlerin elde edilmesinin sebebi modele girdi olarak kullanılan yağmur verilerinin istasyonlara düşen yağıştan daha fazla gerçekleşmesinden veya 2007 yılı sonunda ölçüme başlayan sensörlerin ölçümlerinin bir kısmının tutarlı

olmayışından dolayı olabilir. Bu noktaların model ve istasyon yağmur verilerinin karşılaştırılması ve istasyon verilerinin detaylı incelenmesi ile açıklığa kavuşturulması gereklidir, fakat bu karşılaştırmalar bu çalışmada henüz gerçekleştirilmemiştir.

2008 yılı gözardı edildiğinde haftalık model ve istasyon değerleri arasındaki korelasyonlar 144 istasyon için hesaplanıp ortalaması alındığında 0.67'lik bir korelasyon elde edilmektedir. Bu korelasyon [11] tarafından bildirilen A.B.D. üzerindeki istasyon ölçümü ve NOAH modeli arasındaki bulunan korelasyonlar (sırasıyla Batı, Orta ve Doğu A.B.D. için 0.61, 0.66 ve 0.64) ile yakın değerdedir. Öte yandan tüm istasyonların toprak nemi ortalaması alınarak elde edilen Şekil 3'deki zaman serilerinin korelasyonu ise 0.93'dür. Bu yüksek korelasyon değerleri istasyon ve model temelli toprak nemi değerlerinin arasında çok yüksek lineer bir ilişki olduğunu da göstermektedir. Toprak çeşidine bağlı kalibrasyonların toprak nemini lineer bir şekilde etkileyeceği farzedilirse, yapılan normalleştirme sonucu kalibre edilmiş ve edilmemiş toprak nemi değerlerinin birbirlerine çok yakın sonuçlar vermesi mümkündür. Bu sonuç istasyonlardan elde edilen normalleştirilmiş toprak nemi değerlerinin kalibrasyonu olmadan da lineer ilişkilere dayalı birçok model çalışmalarında kullanılabilceği anlamına gelebilir.



Şekil 3. İstasyonlardan ve NOAH modelinden elde edilen normalleştirilmiş toprak nemi. Değerler 5 yıllık zaman serisinin ortalama değerlerinden olan standart sapmasını göstermektedir (R=0.67)

Teşekkür toprak nemi değerlerinin bu çalışmada kullanılmasını sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne yazarlar teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

1. Dirmeyer, P. A. (2006). The hydrologic feedback pathway for landclimate coupling. *Journal of Hydrometeorology*, 7(5), 857–867.
2. Anderson, M.C., Hain, C., Wardlow, B., Pimstein, A., Mecikalski, J.R., Kustas, W.P. (2011). Evaluation of drought indices based on thermal remote sensing of evapotranspiration over the continental United States. *J. Clim.* 24, 2025–2044.
3. World Meteorological Organization ve ark. (2010). Implementation plan for the global observing system for climate in support of the UNFCCC.
4. Sorman, A. U., and Yilmaz, M. (2012). Soil Moisture Mapping Using Active Microwave for a Semi-Distributed Hydrologic Model: Case study in Turkey. *International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:12 No:05*, 15-22.
5. Ek, M. B., Mitchell, K. E., Lin, Y., Rogers, E., Grummann, P., Koren, V., Gayno, G., and Tarpley, J. D. (2003). Implementation of NOAA land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational Mesoscale Eta Model. *J. Geophys. Res.*, 108, 8851.
6. Koster, R. D., and ark., 2004: Regions of strong coupling between soil moisture and precipitation. *Science*, 305, 1138–1140.
7. Jackson, T. J., ve ark. (2010). Validation of advanced microwave scanning radiometer soil moisture products, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 48(12), 4256–4272.
8. Reichle, R. H., and Koster, R. D. (2004). Bias reduction in short records of satellite soil moisture. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L19501.
9. Yilmaz, M. T. and Crow, W. T. (2013). The Optimality of Potential Rescaling Approaches in Land Data Assimilation. *Journal of Hydrometeorology*, doi:10.1175/JHM-D-12-052.1
10. Koster, R. D., Guo, Z., Yang, R., Dirmeyer, P. A., Mitchell, K., and Puma, M. J. (2009). On the nature of soil moisture in land surface models, *J. Clim.*, 22, 4322–4335.
11. Li, B. and Rodell, M. (2013). Spatial variability and its scale dependency of observed and modeled soil moisture over different climate regions, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1177-1188.