

RADYOSONDA VE GNSS İLE ELDE EDİLEN YOĞUŞABİLİR SU BUHARI MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

G. GÜRBÜZ¹, Ç. MEKİK¹, İ. DENİZ¹, S. ROZSA²

¹ Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Zonguldak, gokhanngurbuz@gmail.com

² Budapest University of Technology and Economics, Department of Geodesy and Surveying, Budapest, Hungary

Özet

Yer-tabanlı GNSS alıcıları taşınabilir, ekonomik ve hava koşullarından etkilenmeden ölçüm yapabildiği için hava tahmini için önem taşıyan yoğuşabilir su buharı miktarı (PW) ve toplam zenit gecikmesi (ZTD) belirlemede kullanılan değerli bir yöntemdir. GNSS alıcıları, radyosondalar gibi nem profili çıkartamaz fakat radyosondalar ile günde iki ölçüm yapılırken, GNSS'in avantajı otomatik olarak ve sürekli gözlem yapılabilmesidir. Bu sebeple GNSS sinyalleri ile yoğuşabilir su buharı miktarı belirlenmesinde kullanılan troposferik gecikme modelleme yöntemleri sürekli geliştirilmektedir. Troposferik modellerde olduğu gibi GMF (Global izdüşüm fonksiyonu) ve VMF1 (Vienna izdüşüm fonksiyonu) gibi izdüşüm fonksiyonlarında da atmosferik parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde en yüksek doğruluğa sahip troposferik model bu iki izdüşüm fonksiyonu ile hesaplanabilmektedir. GMF ve VMF1 izdüşüm fonksiyonlarının yanısıra Niell izdüşüm fonksiyonunda akademik çalışmalarda sık sık kullanılmaktadır. Geçmiş çalışmalarda radyosonda analiz algoritmasına dayanan ve radyosonda verisini kullanarak yüzey sıcaklığı, ağırlıklı ortalama sıcaklık ve yoğuşabilir su buharı miktarını hesaplayan bir Tm modeli geliştirildi (Deniz ve Mekik, 2013). Bu çalışmada ise radyosonda profillerinden, yer-tabanlı GNSS alıcıları kullanılarak elde edilen verilerin Niell izdüşüm fonksiyonu kullanılarak BERNESE v5.0 yazılımından, GPT (global basınç ve sıcaklık) ampirik modelini kullanarak GAMIT/GLOBK yazılımından ve Bevis vd., (1992) tarafından geliştirilen Tm modelinin kullanılmasıyla hesaplanan değerlerin, radyosonda analiz algoritmasının doğruluğunu ve güvenilirliğini gözlemlemek ve geliştirmek için, radyosonda analiz algoritmasından elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Radyosonda analiz algoritması, yoğuşabilir su buharı miktarı, izdüşüm fonksiyonu, Bernese v5.0

COMPARISON OF PRECIPITABLE WATER VAPOR VALUES RETRIEVED FROM RADIOSONDE AND DERIVED FROM GNSS

Abstract

Ground-based GNSS receivers are an attractive source of total zenith delay (ZTD) and precipitable water vapor (PW) data for weather prediction since they are portable, economic and provide measurements that are not affected by weather conditions. They cannot provide a humidity profile as radiosondes can, however they have the advantage of producing automated continuous data as opposed to operational radiosondes usually providing two measurements in a day. Therefore, tropospheric delay modeling methods for estimating precipitable water vapor using GNSS signals are being developed frequently. As with tropospheric models, mapping functions also need atmospheric parameters such as GMF (Global mapping function) and VMF1 (Vienna mapping function). Today the tropospheric model with the highest accuracy can be computed with these two models. Apart from GMF and VMF1, Niell mapping function is also being often used in academic studies. In previous studies, a regional Tm model based on a radiosonde analysis

Radyosonda ve GNSS ile elde edilen yoğuşabilir su buharı miktarlarının karşılaştırılması

algorithm (Deniz ve Mekik, 2013) has been developed, and computes the surface temperature, weighted mean temperature and precipitable water vapor using radiosonde data. In this study, PW values obtained from radiosonde profiles and the ones derived from ground-based GNSS data processed both with BERNESE v5.0 using Niell mapping function and GAMIT/GLOBK using empirical model GPT (Global Pressure and Temperature) and Tm model developed by Bevis et al., (1992) are compared with the values computed from radiosonde analysis algorithm to improve the accuracy and reliability of the algorithm.

Keywords: Radiosonde analysis algorithm, precipitable water, mapping function, Bernese v5.0

Yöntem

Ankara ve İstanbul radyosonda istasyonlarında, GPS verilerinden doğru ve güvenilir toplam zenit gecikmesi değerlerinin elde edilmesi için, bu istasyonlar ile birlikte değerlendirilecek GPS ağına tasarımı önemlidir. Bu ağı ITRF, IGS, EUREF gibi yüksek dereceli sürekli istasyonları içerecek biçimde bir GPS ağı tasarlanması amaçlanmıştır. Bernese ve GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı ile verilerin değerlendirilmesinde aşağıdaki ürünler öncelikli kullanılmıştır:

- IGS istasyonlarının gözlem verileri <http://sopac.ucsd.edu/> sitesinden yüklenmiştir.
- İyonosfer verileri ve yörünge verileri <http://www.bernese.unibe.ch/> ve <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/product/> sitelerinden yüklenmiştir.

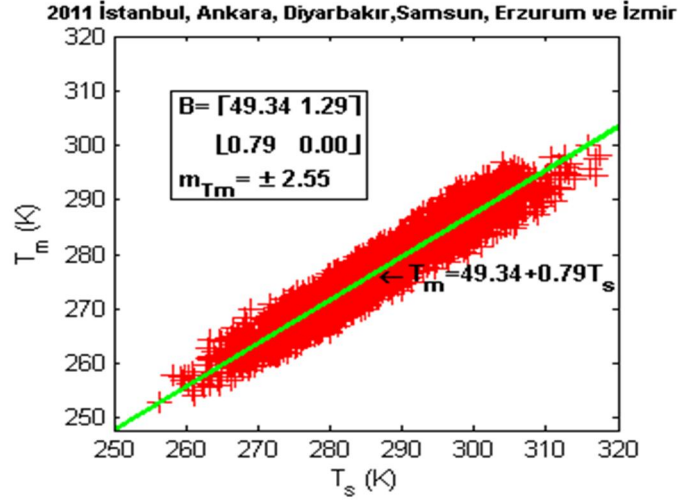
Tablo 1. Değerlendirmede kullanılan parametreler ve modeller

Değerlendirme parametreleri	Değerlendirme stratejileri
Giriş verileri	Günlük
Ağ yapısı	Obs-Max
Uydu yükseklik açısı	10°
Uydu verisi ölçme aralığı	30 saniye
Yörüngeler	IGS final yörünge (SP3)
İstasyon koordinatları	ITRF 2008 referans ağı
Anten faz merkezi kayıklıkları	PHAS_COD.I08, SATELLIT.I08
İyonosfer	İyonosferden bağımsız lineer kombinasyonu L3
Sinyal belirsizlikleri	Kuazi-iyonosfer bağımsız (QIF) stratejisi
Gradyent kestirimi	Tilting (24 saat aralıklı)
Öncül model	Saastamoinen modeli ile kuru Niell izdüşüm fonksiyonu
İzdüşüm fonksiyonu	Islak Niell izdüşüm fonksiyonu (1 saat aralıklı)
ZPD kesirimleri	1 saat aralıklarla

Sonuç ve Öneriler

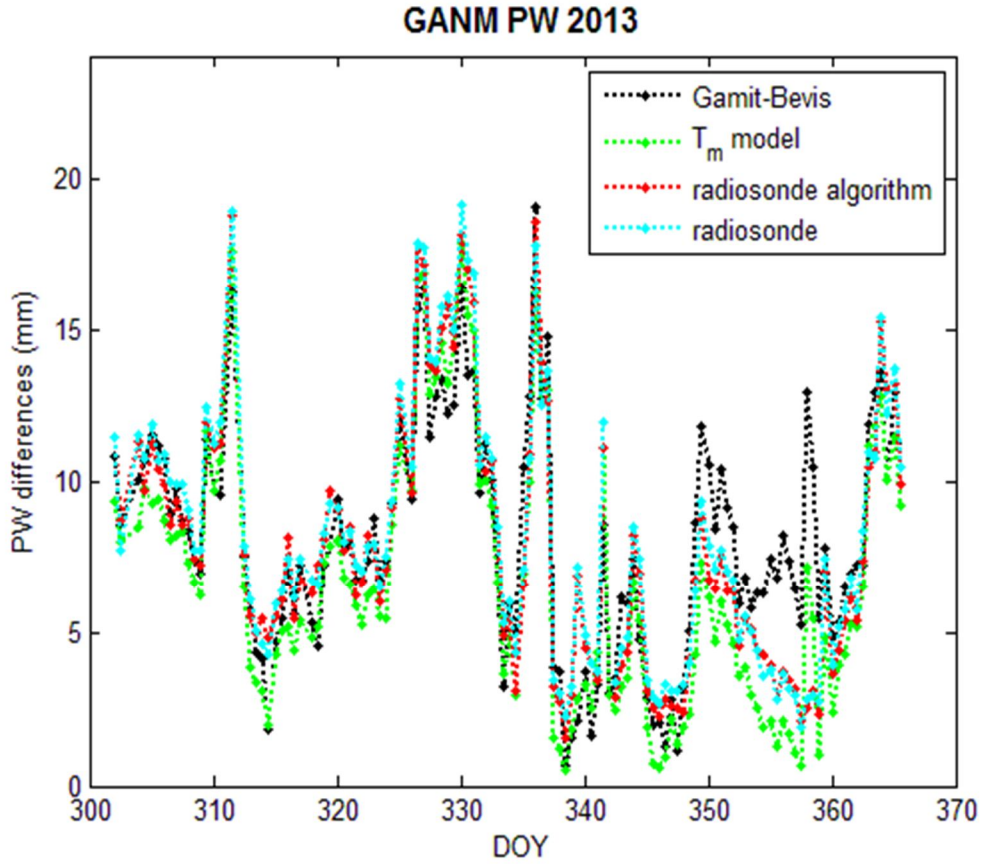
Proje kapsamında 6 radyosonda istasyonuna ait 3000 radyosonda verisinin değerlendirmesi sonucunda ortalama ± 2.29 K karesel ortalama hata ile ağırlıklı ortalama sıcaklık elde edilmiştir (Şekil 1). Bu verilerden de yararlanılarak 2013 senesine ait (Şekil 2) 60 ve 2014 senesine ait (Şekil 3) 60 günlük değerlendirme sonucunda radyosonda analiz algoritması ile elde edilen değerlerin gerçek radyosonda değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Radyosonda ve GNSS ile elde edilen yoğuşabilir su buharı miktarlarının karşılaştırılması

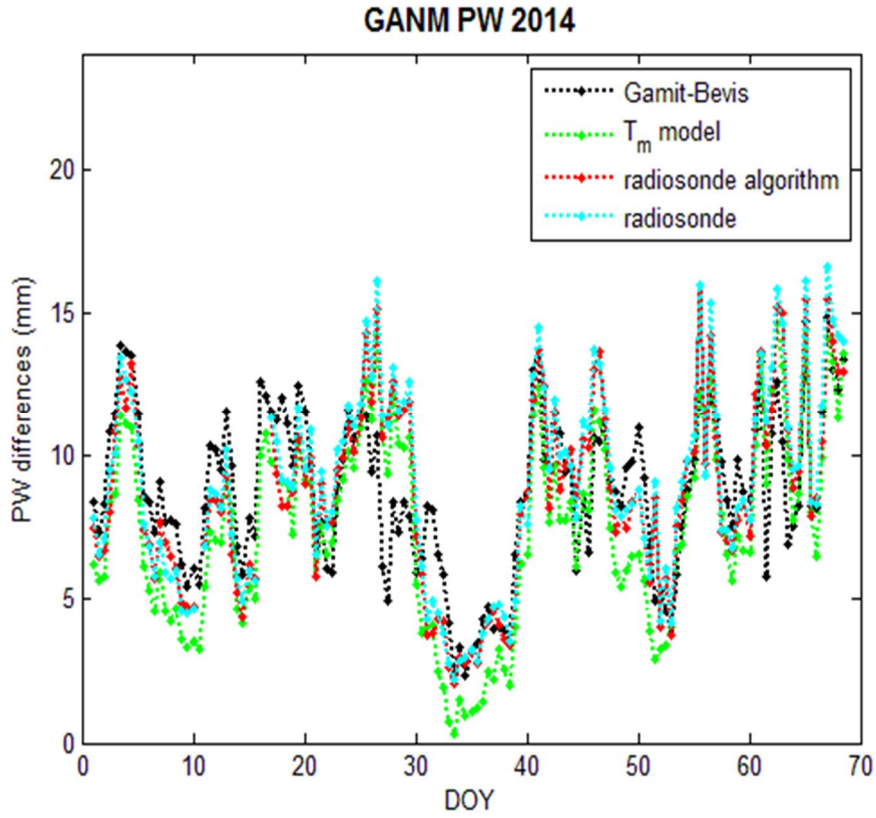


Şekil 1. T_m modeli

Aynı verilerin GPT kullanan GAMIT/GLOBK yazılımı sonuçlarından ve Niell izdüşüm fonksiyonu kullanarak BERNESE v5.0 yazılımı ile değerlendirilmesinin ardından T_m modeli ile elde edilen değerlerden çok daha başarılı olduğu görülmektedir (Tablo 2).



Şekil 2. GANM istasyonunun 2013 yılına ait değerlendirme sonuçları



Şekil 3. GANM istasyonunun 2014 yılına ait değerlendirme sonuçları

Tablo 2. 2013-2014 Değerlendirme sonuçları

2013 farklar	min	max	avg
Gamit-Bevis	-10,13	5,09	0,05
Tm model	-4,36	4,37	1,43
algorithm	-1,39	1,39	0,30
2014 farklar			
Gamit-Bevis	-3,98	6,11	0,28
Tm model	-2,04	6,18	1,51
algorithm	-1,15	1,52	0,33

Toplam zenit gecikmelerinin hesaplanmasında oluşturulan ağı, noktalarının sayısı, noktaların dağılımı, değerlendirme stratejisinin önemli olduğu görülmüştür. Yukarıdaki değerlendirmelerde, her bir koordinat bileşeninin ± 1 mm karesel ortalama hata ile elde edildiği ve bunun sonucu, toplam zenit gecikme değerlerinin, ± 0.35 mm ile ± 1.4 mm karesel ortalama hatalar ile belirlendiği görülmüştür. Bunların bir sonucu olarak, radyosonda verileri ile yapılan karşılaştırmalar GPS'ten elde edilen sonuçların birbirine oldukça yaklaştığı gözlenmiştir.

Algoritmanın geliştirilmesi için algoritma hesaplanmasında kullanılmayan kalan 2 radyosonda istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak algoritma yeniden hesaplanacaktır.

Kaynaklar

- Askne, J., Nordius, H., (1987). Estimation of tropospheric delay for microwaves from surface weather data, *Radio Sci.*, 22, 379–386.
- Bevis, M., Businger, S., Herring, T. A., Rocken, C., Anthes, R. A., Ware, R.H., (1992). GPS meteorology: Remote Sensing of atmospheric water vapor using the Global Positioning System, *Journal of Geophysical Research*, 15, 787-15,80.
- Boehm, J., Werl, B., Schuh, H., (2006). Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from ECMWF operational analysis data. *J Geophys Res* 111, doi: 10.1029/2005JB003629.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M., (2007). User Manual of the Bernese GPS Software, Version 5.0, Astronomical Institute, University of Bern.
- Deniz, İ., Mekik, Ç., (2013). Determination of Wet Tropospheric Zenith Delay and Integrated Precipitable Water Vapour Derived From Radiosonde Data, *Proceedings of International Symposium on Global Navigation Satellite Systems (ISGNSS-2013)*, Session 10A, Paper no. 23.
- Herring, T. A., King R. W., McClusky, S. C., (2006). GAMIT Reference Manual, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology
- Niell, A.E., 1996, Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths. *J. Geophys. Res.*, 101, 3227-3246.