

Hydro-Estimator Algoritmasının Mevsimsel Ölçekte Suudi Arabistan'da Değerlendirilmesi

Arzu ÖZKAYA^{1*}

ÖZET: Meteoroloji ve hidroloji uygulamalarında, bölgesel ve küresel ölçekte kaliteli yağış tahminlerinin bulunması çok önemlidir. Yağış verisinin mekânsal ve zamansal düzlemdeki yüksek değişkenliğinden dolayı, kabul edilebilir veri gösterimi için sık ve yakın aralıklı gözlemler gerekmektedir. Bu nedenle de birçok araştırma alanında uydu-tabanlı yağış ürünleri kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı uydu tabanlı yağış verisi olan Hydro-Estimator (HE) ürününü kurak iklim koşullarına sahip olan Suudi Arabistan bölgesi için mevsimsel ölçekte değerlendirmektir. Çalışmada 30 adet yağış gözlem istasyonu kullanılmış ve bu istasyonlardan temin edilen aylık toplam yağış verileri mevsimsel ölçekte HE ürünü ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede yağış miktarı ve topoğrafya gibi değişkenler yağış rejimleriyle kıyaslanmıştır. Buna göre aylık tabanda iki veri seti arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Ancak, yağış rejimleri gözetilerek yapılan değerlendirmelerde HE ürününün istasyon verisiyle olan ilişkisi belirlenmiştir. İki veri arasındaki ilişkiyi ölçmek için, determinasyon katsayısı (r^2) kılavuz olarak kullanılmıştır. Sonuçlara göre HE ürünü yağışlı mevsimde daha az tahmin sunarken, geçiş ve kurak mevsimlerde daha fazla tahmin sunmuştur. Ayrıca, en iyi sonuç ($r^2 = 0.86$) kurak mevsimde gözlenmiştir. Her iki veri setinde de genel olarak topoğrafyanın yüksek olduğu yerlerde yüksek yağış değerleri bulunmuştur. Ancak yüksekliğin yağış dağılımında tek faktör olmadığı da görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Uydu-tabanlı yağış verisi, Hydro-Estimator ürünü, yağış dağılımı

Evaluation of the Hydro-Estimator Algorithm over Saudi Arabia on a Seasonal Scale

ABSTRACT: In applications of meteorology and hydrology, the availability of good-quality precipitation estimates at regional and global scales is very important. For acceptable data representation, frequent and closely spaced observations are required due to high variability of precipitation data in spatial and temporal domain. Consequently, satellite-based precipitation products have been used in many research fields. The aim of this study is to evaluate the satellite-based precipitation data Hydro-Estimator (HE) product in seasonal scale over the Saudi Arabian region that has arid-climate conditions. In this study, 30 rainfall observation stations were used and monthly total rainfall data obtained from these stations were evaluated with the HE product in seasonal scale. In the evaluation, amount of rainfall and topography were compared with rainfall regimes. According to results, significant relationship between these two datasets was not determined in monthly based evaluations. However, generalized relation between the HE product and the gauge data was obtained in seasonal-based evaluations. To measure the relation between two data, the coefficient of determination (r^2) was used as a guideline. Based on the results, the HE product underestimated the rainfall amounts in wet season whereas, overestimated the rainfall amounts in dry and transitional seasons. Moreover, the best result ($r^2=0.86$) was observed in dry season. Generally, both datasets gave high rainfall amounts in topographically high regions. However, it was also observed that the height was not the only factor in the distribution of rainfall.

Keywords: Satellite-based rainfall data, the Hydro-Estimator product, rainfall distribution

¹Arzu ÖZKAYA (Orcid ID: 0000-0003-3983-8831), Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Arzu ÖZKAYA, e-mail: ozkayarzu@gmail.com

GİRİŞ

Yağışın zamansal ve mekânsal tabanda doğru ölçülmesi su kaynakları yönetimi, taşkın uyarı sistemleri ve iklim değişikliği senaryolarında büyük bir öneme sahiptir. Geleneksel yağışölçerler arazideki ortalama yağış miktarını bulmada sıklıkla kullanılmaktadır (Rudolf, 2005). Fakat bu ölçümlerin havza ya da çalışma alanını tam anlamıyla ifade etmediği de bilinmektedir. Yağış ölçerlerin düzensiz dağılımı ile birlikte örnekleme alanlarında da sınırlı sayıda bulunması, geniş alanda gözlenen yağışların temsilini ifade etmeyi zorlaştırmaktadır (Deyzel, 2004; Ghile ve ark., 2010). Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde yer tabanlı gözlem ağları seyrelmekte ve durum daha da kötüye gitmektedir (Hughes, 2006). Buna alternatif olarak uydu tabanlı yağış ürünleri, ölçüm istasyonu yetersiz ya da hiç olmayan yerlerde çözüm olabilmektedir. Yeni algoritmalarla birlikte bu ürünlerin hidrolojik tahmin ve taşkın çalışmalarındaki kullanımı çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Hong ve ark., 2007; Li ve ark., 2009; Pan ve ark., 2010; Shrestha ve ark., 2008; Wu ve ark., 2014). Uzaktan algılama teknolojisindeki ilerlemeler uydu tabanlı ürünlerin çözünürlük ve veri hassasiyetini arttırmada yardımcı olmaktadır (Behrangi ve ark., 2011).

Uydu tabanlı yağış ürünleri uydu platformlarında bulunan pasif mikrodalga (MW) ve/veya kızılötesi (IR) aletlerden temin edilen gözlemlerden oluşmaktadır. IR tabanlı uydu ürünleri, yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahiptir; ancak, hesaplanan yağış değerlerinin doğruluğu genellikle daha azdır. Bunun ana sebebi veri algoritmasında yer alan yağış oranı hesaplamasının bulut tepe albedo değeri ile doğrudan bir bağı olmamasıdır (Petty ve Krajewski, 1996). Öte yandan, MW tabanlı uydu ürünleri, yağış değer tespitinde daha doğru bir çıkarıma sahip olmasına rağmen, düşük

çözünürlükte mekânsal ve zamansal veri sağlaması sebepleriyle avantajlarını sınırlamaktadırlar (Sapiano ve Arkin, 2009). Literatürde algoritma, kullanılan platform ve çözünürlüklerine göre çok sayıda uydu tabanlı yağış verisi bulunmaktadır. Bu verilerden en çok kullanılanlara örnek olarak CMORPH, MPE, PERSIANN, TRMM ve IEMRG verilebilir. Bu ürünlerin dışında çözünürlüğü yüksek fakat kullanımı fazla olmayan Hydro-Estimator (HE) ürünü de uydu tabanlı yağış verileri arasındadır.

HE ürünü Amerika kıtası için 2003'ten beri, küresel olarak ise 2007'den beri kullanıma açıktır. HE ürününün mekânsal ve zamansal çözünürlüğü yüksek olduğundan, taşkın çalışmalarında kullanılmaktadır (Sapiano ve Arkin, 2009; Yücel, 2015). Orografik düzeltmesi yapılmış HE ürününün özellikle konvektif yağışlarda zamansal ölçekte başarı gösterdiği fakat rakıma bağlı olarak yanlış sonuçlar çıkardığı da saptanmıştır (Yücel ve ark., 2011). HE ürününün diğer yağış verileriyle (uydu, radar) olan karşılaştırmaları da literatürde yer almaktadır. Buna göre, GOES Multispectral Rainfall Algorithm (GMSRA)'e göre daha az yanlış ve korelasyonu yüksek sonuçlar verdiği (Scofield ve Kuligowski, 2003); Next Generation Radar verisine göre yağış tahminlerinde daha isabetli sonuçlar çıkardığı (Ramirez-beltran ve ark., 2008) saptanmıştır.

Bu çalışmada amaç mekânsal ve zamansal çözünürlüğü yüksek, IR tabanlı HE ürününün değerlendirilmesini oldukça kuru bir iklime sahip olan Suudi Arabistan üzerinde mevsimsel toplam yağış değerlerini kullanarak yapabilmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Suudi Arabistan, Arap Yarımadası'nda bulunan en büyük ülkedir. Düzensiz yağışa ve yüksek sıcaklıkta bir iklime sahip olan Suudi Arabistan'ın birçok bölgesi sıcak ve kurak olarak tanımlanmaktadır. Ancak, ülkenin güneybatısı yıl boyunca yağış alabildiği ve topoğrafyası

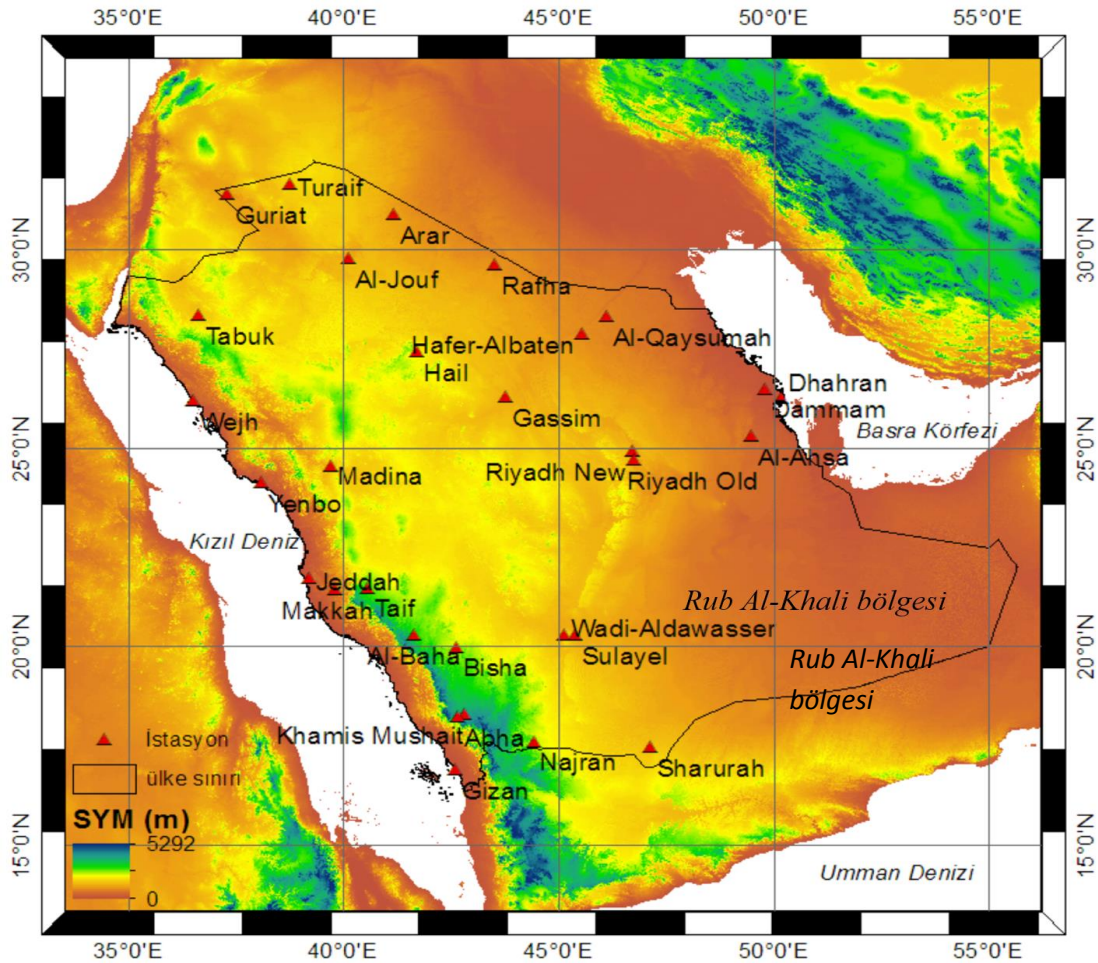
konvektif yağış görülmesine sebebiyet verdiğinden yarı-kurak olarak sınıflandırılmıştır (Abdullah ve Al-Mazroui, 1998). Yılın bazı zamanlarında ve ülkenin bazı bölgelerinde ciddi yağış rejimleri görülmekle birlikte, Suudi Arabistan genel olarak dünyanın en kurak ülkelerinden biri olarak bilinmektedir. Bu sebeple de ülkenin güney-batı kıyıları hariç gün içinde aşırı sıcak değerler, gece boyunca ise sıcaklıkta ani düşüşler görülebilmektedir. Topoğrafyanın ve bölgesel subtropikal yüksek basıncın etkisiyle ülke genelinde nem ve sıcaklıkta ciddi değişimler olabilmektedir. Dünyanın en büyük çölü olan Rub Al-Khali ülkenin güneydoğu kısımlarında yer almaktadır. Ülke yaklaşık olarak 2000 km uzunluğunda Kızıldeniz sahillerine sahiptir. Bu sahillerin güney kısmı 3000 m ve üzeri dik yamaçlı dağ

silsilelerinden oluşmaktadır. Ülke genelinde topoğrafyaya dikkatle bakıldığında (Şekil 1) iklim değişimindeki iki ana uç görülebilmektedir. Ülkenin güneybatı bölgesi Hint okyanusunun etkisinde kalmakta ve bu sebeple Ekim-Mart aylarında yağış gözlenmekte, iç kısımlarda ise kurak iklim özellikleri görülüp kısa süreli fakat şiddetli yağışlara rastlanmaktadır (Almazroui, 2011).

Yağış Verileri

Yağış istasyonları

Bu çalışmada Suudi Arabistan Meteoroloji ve Çevre Bakanlığı tarafından sunulan aylık toplam yağış değerleri kullanılmıştır. Şekil 1'de yerleşimi gösterilen bu istasyonların enlem, boylam, rakım ve yıllık ortalama yağış değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.



Şekil 1 Çalışma alanı ve yağış istasyonlarının yerleşimi (SYM: Sayısal Yükseklik Modeli)

Çizelge 1 Yağış istasyonlarının enlem, boylam, rakım ve yıllık ortalama yağış değerleri (2007-2017 arası)

ID	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Ort. toplam yağış (mm)
1	Abha	18.23	42.66	2100	155
2	Al-Ahsa	25.3	49.49	180	71
3	Al-Baha	20.29	41.64	1655	110
4	Al-Jouf	29.78	40.1	670	61
5	Arar	30.9	41.14	550	46
6	Bisha	19.99	42.61	1167	72
7	Dhahran	26.26	50.16	22	58
8	Dammam	26.5	49.8	10	78
9	Guriat	31.4	37.28	504	44
10	Hafer-Albaten	27.9	45.53	412	66
11	Hail	27.44	41.69	1000	45
12	Jeddah	21.71	39.18	18	44
13	Gizan	16.9	42.58	4	111
14	Khamis Mushait	18.29	42.8	2047	137
15	Madina	24.54	39.7	630	42
16	Makkah	21.43	39.79	273	107
17	Najran	17.61	44.41	1213	58
18	Al-Qaysumah	28.33	46.12	360	100
19	Gassim	26.3	43.77	648	84
20	Rafha	29.62	43.49	445	61
21	Riyadh New	24.92	46.72	612	76
22	Riyadh Old	24.71	46.73	610	36
23	Sharurah	17.47	47.12	727	45
24	Sulayel	20.28	45.37	616	27
25	Tabuk	28.37	36.6	770	36
26	Taif	21.48	40.55	1455	124
27	Turaif	31.68	38.73	852	62
28	Wadi-Aldawasser	20.3	45.12	617	6
29	Wejh	26.2	36.47	20	65
30	Yenbo	24.14	38.06	8	42

Hydro-Estimator (HE) ürünü

HE ürünü, Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) uydusundan temin ettiği parlaklık sıcaklığı (10.7- μ m) değerini kullanarak konvektif ve konvektif olmayan bulutlarda yağmur oranını hesaplayan bir algoritmadır (Scofield ve Kuligowski, 2003). GOES'in kapsamadığı yerlerde METEOSAT (Avrupa, Afrika ve Batı Asya) ve MTSAT (Doğu Asya) gibi diğer coğrafi uyduları kullanılmaktadır (Vicente ve ark., 1998). HE ürünü yağış değerini IR parlaklık sıcaklığı ve sayısal hava tahmini değerlerini otomatik olarak kullanarak hesaplama yapmaktadır. Algoritma

GOES uydusundan piksel parlaklık sıcaklığı değerlerini kullanırken bu değer diğer piksellere olan farklılığını da dikkate almaktadır. Bu aşamada, çevre piksellerden daha sıcak olan pikseller, daha alçak bulutlar ve yağmursuz olarak ifade edilirken, çevre piksellerden daha soğuk olan pikseller, tırmanma bölgeleriyle ilişkilendirilmektedir (Vicente ve ark., 1998). HE ürünü ASCII formatında ve küresel ölçekte araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Veriyle ilgili karakteristik özellikler Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. HE Ürünü Özellikleri

Zamansal Çözünürlük	15 dk. - 1 saat
Mekânsal Çözünürlük	4-km GOES kapsama alanında; Küresel dosyalama 0.045 derece.
Kapsama Alanı	Küresel 60°S - 60°N.
Ürün temin adresi	http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/ff/auto.html
Gecikme (Operasyonel Uygunluk)	60 dakika
Kullanılan Uydular	GOES (15 dk), METEOSAT (30 dk), MTSAT (60 dk)

Kuligowski (2014), HE ürününün konvektif sistemlerde güçlü olduğunu, ürünün nem düzeltmelerinin ise yağışların toprağa ulaştıktan sonra buharlaşmanın hızla gerçekleştiği yüksek kurak bölgelerde iyi performans gösterdiğini savunmuştur. Ancak, bulut üst parlaklık sıcaklığı değerlerinden elde edilen yağış oranlarının stratiform yağış tipini iyi ifade edemediğinden, bu tip yağışlarda ürünün zayıf olduğunu eklemiştir (Kuligowski, 2014).

Bu nedenle algoritma, serin sezon için yetersizdir. Algoritmanın bu çalışmada kullanılmasının ana nedeni daha önce bu hassasiyetteki IR tabanlı bir ürünün bu bölgede değerlendirilmemiş olması ve bölgenin sıcak ve kurak iklim koşullarını sergilemesidir. HE ürününün literatürde hangi bölgelerde kullanıldığı ve ana sonuçlarını ifade eden kısa bir özet Çizelge 3' de sunulmuştur.

Çizelge 3 HE ürününün diğer çalışmalardaki değerlendirmesinin özeti

Çalışma alanı	Ana Sonuçlar	Kaynak
California – Nevada ve Arkansas Red Havzası	<ul style="list-style-type: none"> Autoestimator (AE) ürünü, HE ürünü, GMSRA'nın iki versiyonu dağlık alanlar üzerinde performansı araştırılmıştır. İki yıllık istatistiksel karşılaştırmalar sonucunda genel olarak, AE ve HE'nin daha az yanlış sonuçlar verdiği görülmüştür. Tahmini ve gözlemlenen yağışlar arasındaki en iyi korelasyon sonuçlarına AE ve HE verilerinde bulunmuştur. 	(Scofield ve Kuligowski, 2003)
Puerto Rico	<ul style="list-style-type: none"> HE ürünü ve NEXRAD yağış tahminlerinin doğruluğu, beş fırtına olayında kullanılarak ve yağış süreleri ayrılarak incelenmiştir. HE ürünü, hem yağış olaylarının sayısını hem de yağış miktarlarını daha az ölçerken, NEXRAD daha iyi sonuçlar vermiştir. HE algoritması, yağış tahminlerini daha isabetli bir oranda sunarken, yanlış alarm oranları NEXRAD'a göre daha fazla olmuştur. 	(Ramirez-beltran ve ark., 2008)
Tropikal Pasifik Okyanusu	<ul style="list-style-type: none"> HE ürünü konvektif yağışlarda başarı göstermiştir. HE ürünü yaz mevsiminde az, kış mevsiminde ise diğer ürünlere nazaran daha fazla yanlışlık göstermiştir. Bu sonuçlar HE ürünün yaz aylarındaki sel uyarılarında daha başarılı olabileceğini işaret etmektedir. 	(Sapiano ve Arkin, 2009)
Yarı kurak iklim kuzey-batı Meksika bölgesi	<ul style="list-style-type: none"> 2002 ve 2003 yıllarındaki iki yaz muson dönemi boyunca, HE algoritması, şiddetli yağış olaylarının görüldüğü düşük kotlarda yüksek yağış değerleri, yüksek kotlarda ve az yağışlarda ise az yağış değeri tahmin etmiştir. Çalışmada şiddetli konvektif yağışların gözlemlendiği yerlerde HE ürünün fazla duyarlı sonuçlar verebileceği vurgulanmıştır. 	(Yücel ve ark., 2011)
Ayamama Havzası, İstanbul, Türkiye	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma, 7-12 Eylül 2009 tarihlerinde meydana gelen aşırı sel olaylarını simüle ederek, hava radarı, HE algoritması ve WRF yağış ürününün performansını değerlendirmiştir. HE algoritması şiddetli sel olayı için en iyi sonuçları vermesine rağmen, stratiform sistemleriyle ilişkili hafif yağışları gözden kaçırmıştır. HE algoritmasından gelen taşkın zirve değerinin zamanlaması, gözlemlerden gelenlerle yakından eşleşmiştir. 	(Yücel, 2015)

BULGULAR VE TARTIŞMA

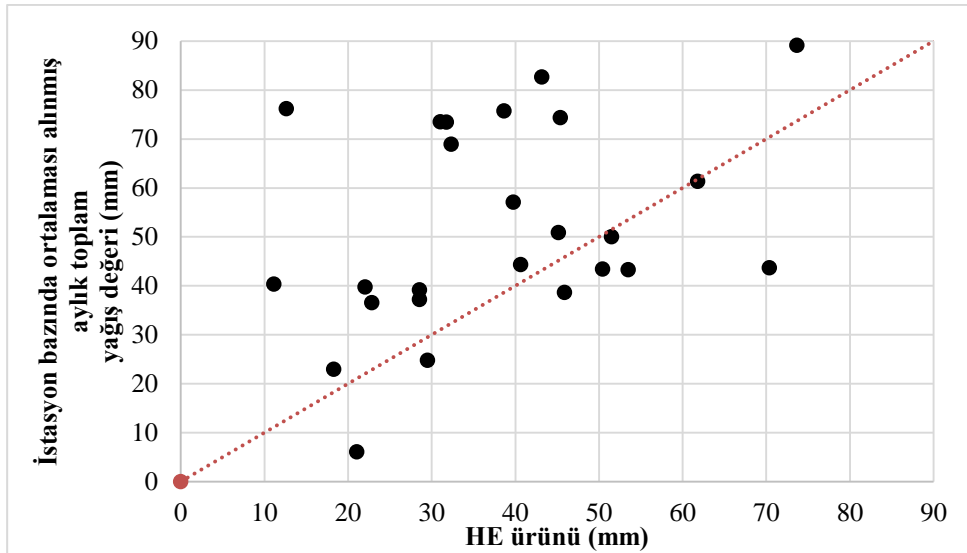
Noktasal Tabanda Karşılaştırma

İstasyon yağış değerleri aylık tabanda olduğundan, saatlik tabanda temin edilen HE ürünü aylık tabana dönüştürülmüş ve bunların lineer ilişkisi karşılaştırılmıştır. HE ürünü küresel ölçekte saatlik veri sunduğundan, 2007-2017 yılları arasında toplam 96360 adet küresel veri (24x365x11) kaynak siteden indirilip gerekli

bölge kesildikten sonra, aylık tabanda (24x30) birleştirilmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak istasyon bazında aylık toplam yağış değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır (Şekil 2). Bu aşamada veri setlerinde doğrusal bir ilişki görülmüş ancak HE ürününün farklı yağış türlerinde hassasiyeti değiştiği için yağış rejimine göre gruplama yapmanın sonuçları daha iyi anlatacağı düşünülmüştür. Değerlendirmede determinasyon katsayısı (r^2) kullanılmıştır:

$$r^2 = \left(\frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i * \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \right)^2 \quad \text{Eşitlik (1)}$$

x_i , i istasyonunda ölçülen yağış verisini; y_i , i istasyonunda tahmin edilen HE ürünü yağış değerini ve n toplam istasyon sayısını vermektedir.



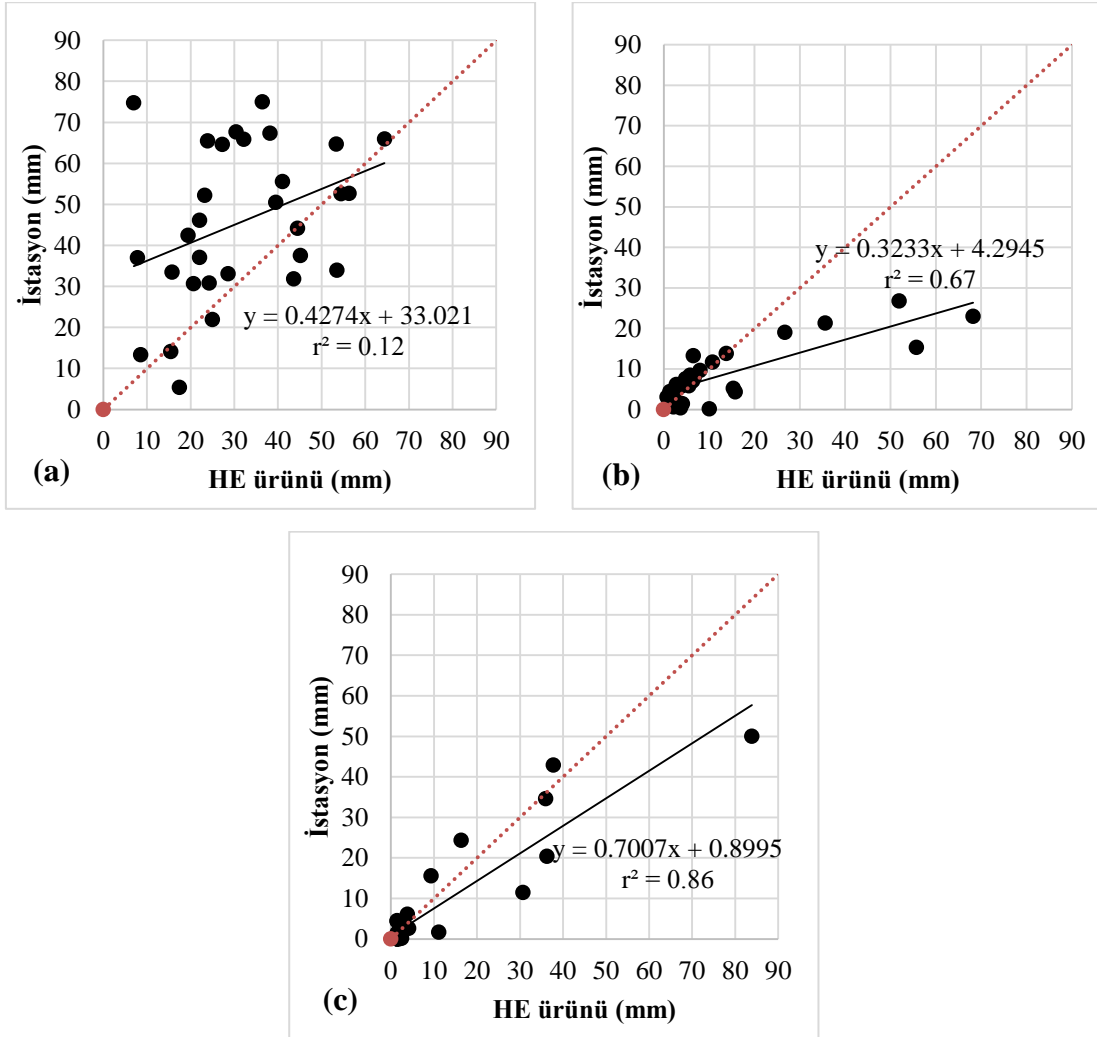
Şekil 2 İstasyon bazında ortalaması alınmış aylık toplam yağış değerlerinin HE ürünü yağış değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 3'de 2007-2017 yılları arası gözlenen aylık yağış değerleri mevsimsel tabanda gruplanıp ortalamaları alınarak doğrusal ölçekte ilişkisi sunulmuştur. Mevsimsellik gruplamalar kurak mevsim, yağışlı mevsim ve geçiş mevsimi olarak yapılmıştır. Bu gruplamada Kasım ve Nisan ayları arası, yağışlı mevsim; Haziran ve Eylül ayları arası kurak mevsim; Ekim ve Mayıs ayları ise geçiş mevsimi olarak alınmıştır (Hasanean ve Almazroui, 2015). Bu gruplama neticesinde yağış tipleri nispeten ayrılabilmiş ve IR tabanlı yağış ürünü olan HE değerlerinin

performansı daha iyi görülebilmektedir (Şekil 3). Elde edilen bulgulara göre yağış rejiminin fazla olduğu mevsimde HE ürünü ve istasyon yağış değerleri arasındaki determinasyon katsayısı en az ($r^2=0.12$, Şekil 3 (a)); kurak mevsimde ise ilişki en fazla ($r^2=0.86$, Şekil 3 (c)) hesaplanmıştır. Geçiş mevsiminin yaşandığı aylarda ise determinasyon katsayısı yağışlı mevsime göre daha fazladır ($r^2=0.67$, Şekil 3 (b))). Genel bir değerlendirme yapılmak istenirse, HE ürünü yağışlı mevsimde az tahminde, geçiş ve kurak mevsimlerde ise

istasyon verilerine göre daha fazla yağış

tahmininde bulunduğu görülmüştür.



Şekil 3 İstasyon yağış ve HE ürünü yağış değerlerinin mevsimsellik ölçüğünde noktasal karşılaştırılması (a) yağışlı mevsim, b) geçiş mevsimi ve c) kurak mevsim)

Mekânsal Tabanda Karşılaştırma

Bu kısımda amaç mekânsal olarak yüksek çözünürlüğe sahip olan HE ürününün mevsimsel tabanda ortalama yağış dağılımını ve değişimini istasyon değerleriyle görsel inceleyebilmektir. 2007-2017 tarihleri arasında gözlenen mevsimsel ortalama yağış değerlerinin dağılımı her iki ürün için hesaplanmıştır. İstasyon verileri nokta tabanlı yağış bilgisi sunduğundan ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği (IDW) kullanılarak örneklenmeyen noktalara ait yağış değerleri bulunmuştur.

Şekil 4 (a,1 ve a,2)'de verilerin yağışlı mevsimdeki dağılımı gösterilmiştir. Buna göre HE ürünü iki farklı doğrultuda yüksek yağış

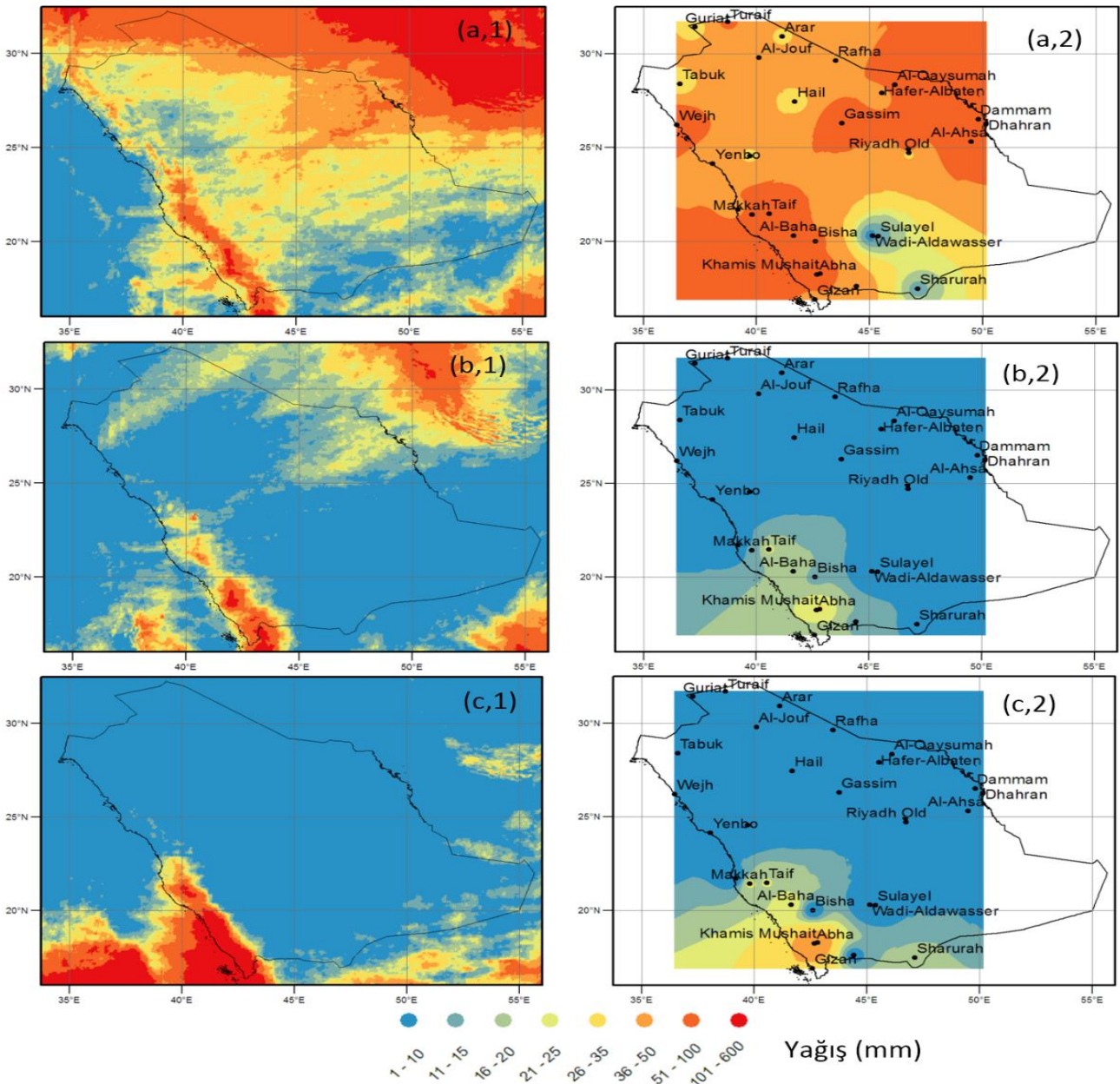
şeridi oluşturmuştur. Bunlardan ilki 30°N enleminin yukarısında, ikinci ise ülkenin güney batı bölgesindedir. Bu mevsimdeki gözlenen yağış Umman Denizi ve Kızıl Deniz'den gelen nem ile ilişkilendirilmektedir (Almazroui, 2011). Hafif yağmurlu alan ise Rub Al-Khali bölgesini kapsamaktadır. Bu bölge Arap Yarımadasının güney ucunun çoğunu kapsayan, dünyanın en büyük kum çöllerinden biridir. İstasyon verileri kullanılarak oluşturulan yağışlı mevsim haritası incelendiğinde (Şekil 4 (a,2)) yağış dağılımının kabaca HE ürünü ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ancak, istasyonların düzensiz ve seyrek dağılımı IDW metodunun enterpolasyon noktaları etrafında belirgin yüksek ya da alçak

yağış değerlerine sahip daireler oluşturmasına sebebiyet vermiştir.

Geçiş mevsimi ve kurak mevsimi HE ürünü yağış haritaları (Şekil 4 (b,1) ve (c,1)) benzer yağış dağılımı göstermekte birlikte kurak mevsimde ülkenin güneybatısında görülen yağışların şiddeti daha fazladır. İstasyon verilerinden temin edilen yağışlar kurak ve geçiş mevsimlerinde HE ürünü ile yakın dağılım göstermiş olup noktasal bazda yapılan

çalışmanın korelasyon değerlerini de desteklemektedir.

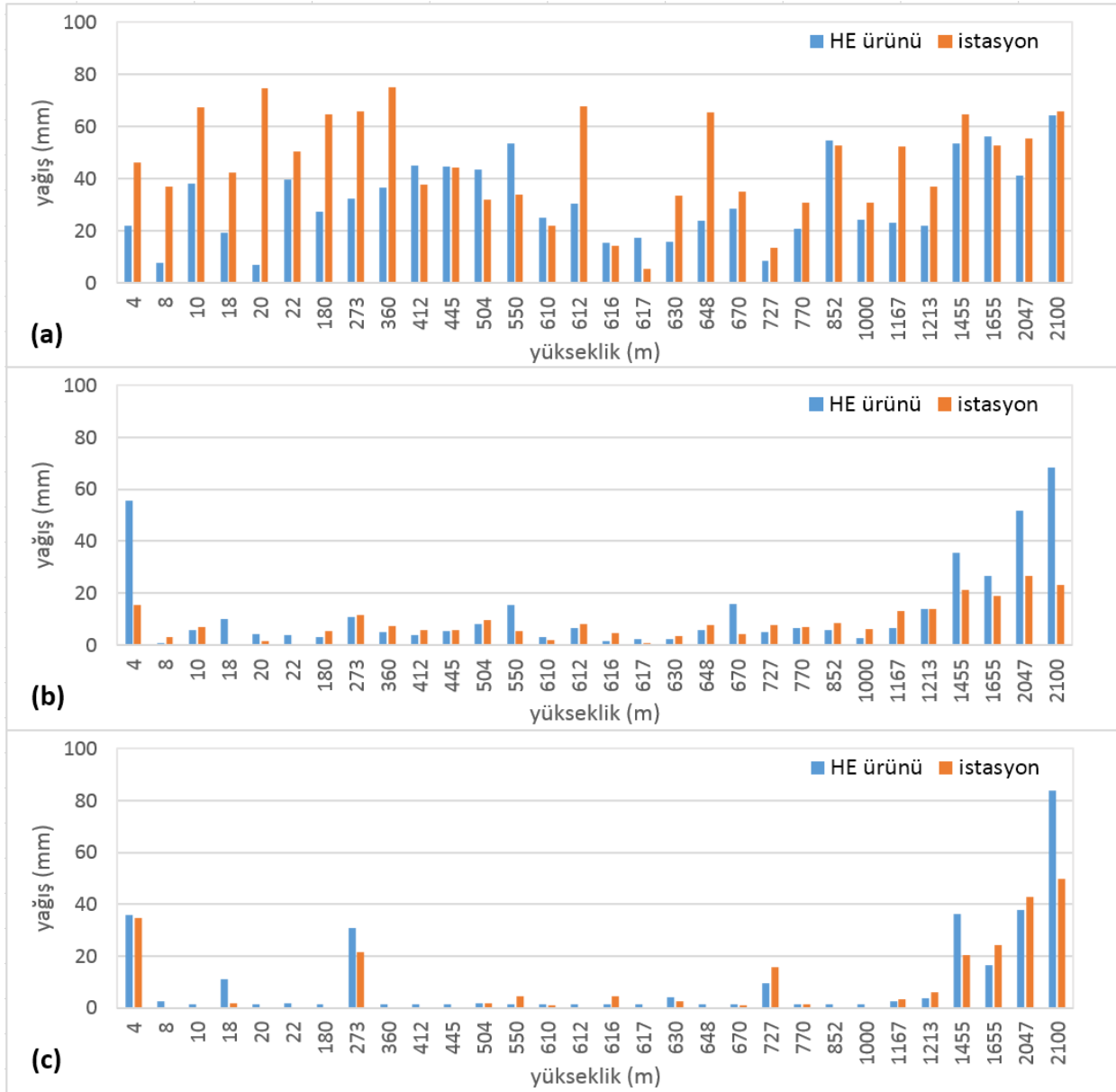
Kurak mevsim boyunca kuzeyde yağmur üreten bir sistem bulunmamaktadır. Bu mevsimde, güneybatı bölgesi haricinde, ülke genelinde yağış gözlenmemektedir. Güneybatı bölgesinde gözlenen yağışların sebebi güneybatı doğrultulu düşük seviyeli güçlü rüzgârların ve güçlü orografik etkinin gözlenmesindedir (Almazroui, 2011).



Şekil 4 İstasyon yağış ve HE ürünü yağış değerlerinin mevsimsellik ölçeğinde mekânsal karşılaştırılması (a)yağışlı mevsim, b) geçiş mevsimi ve c) kurak mevsim; birinci kolon HE ürünü değerlerini, ikinci kolon istasyon değerlerinin dağılımını göstermektedir.)

Şekil 5'de istasyon rakım değerleri ile istasyon ortalama yağış değerleri ve bu istasyona denk gelen HE ürünü ortalama yağış değerlerinin değişimi sunulmuştur. Buna göre geçiş (b) ve kurak (c) mevsimlerde yağış genel olarak yüksek

rakımlı bölgelerde görülmüş bu sonuç Şekil 4'de de desteklenmiştir. Ancak, benzer rakım etkisi yağışlı mevsimde (Şekil 5 (a)) gözlenmemiştir.



Şekil 5. Yağış ürünlerinin mevsimsel ölçekte yükseklikle olan ilişkisi (a) yağışlı mevsim, b) geçiş mevsimi ve c) kurak mevsim)

SONUÇ

Bu çalışmada, IR tabanlı yağış verisi olan HE ürününün mevsimsel ölçekte değerlendirilmesi, yer gözlem verilerini noktasal ve alansal tabanda kullanarak kuru bir iklime sahip olan Suudi Arabistan için yapılmıştır.

- Aylık tabandaki noktasal karşılaştırmada iki ürün arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Bu sonuç çalışmayı benzer yağış özellikleri gösteren mevsimsel ölçekte değerlendirmeye yönlendirmiştir.

- Mevsimsel değerlendirme yağışlı, kurak ve geçiş mevsimlerine göre üç farklı sezon için yapılmıştır. Buna göre HE ürünü yağışlı mevsimde daha az yağış tahmin ederken, geçiş ve kurak mevsimlerde daha fazla yağış tahmininde bulunmuştur. En iyi sonucu kurak mevsimde göstermiştir.
- HE ve istasyon verileri, yağışı en az Rub Al-Khali çevresinde göstermiştir.
- Yağışlı mevsimin mekânsal değişimlerine bakıldığında, HE ürünü ve istasyon yağış değerleri en fazla yağışı ülkenin güneybatı ve kuzeydoğu bölgelerinde göstermiştir. Öte yandan, kurak ve geçiş mevsimlerinde her iki ürün de ülkenin kuzeyinde daha az yağış değeri göstermiştir.
- Dağlık kesimlerdeki yağmur rejimi alçak kesimlere göre mevsimsellik özelliğinden bağımsız olarak daha düzenli bir durum sergilemiştir.
- Yüksek rakımlı Al-Baha (1655 m.), Taif (1455 m.), Abha (2100 m.) ve Khamis Mushait (2047 m.) istasyon bölgelerinde HE ürünü ve istasyon ölçümleri birbiri ile uyumlu şekilde yüksek yağış değerleri vermiştir. Buna ek olarak, alçak rakımlı Gizan (4 m.) istasyonu da her iki yağış verisinde mevsimsellikten bağımsız olarak yüksek yağış değerleri vermiştir. Bu sebeple yüksekliğin yağış dağılımında tek faktör olmadığı görülmüştür.

Bu çalışmayla, HE ürününün mevsimsel tabanda gözlenen toplam yağışın %58'ini yağışlı mevsimde, %24'ünü geçiş mevsiminde geriye kalan %18'lik yağışı kurak mevsimde tahmin ettiği hesaplanmıştır. Ürün mekânsal ve zamansal tabanda yüksek çözünürlüğe sahip olmasına rağmen yağış hesaplama tekniğindeki bulut tepe albedo değerinin yağış oranı ile dolaylı bir ilişkiye sahip olması nedeniyle özellikle aylık tabanda başarı gösterememiştir.

Ancak, mevsimsel tabanda yağışın mekânsal dağılımı istasyon verileriyle uyum göstermiş ve ileriki çalışmalarda bu değişimin yıllık tabanda bakılmasının HE ürününün daha detaylı değerlendirilmesinde başarı sağlayacağı düşünülmektedir.

KISALTMALAR DİZİNİ

AE: Auto-Estimator

ASCII: American Standard Code for Information Interchange

CMORPH: Climate Prediction Center (CPC) Morphing Technique

EUMETSAT: The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites

GMSRA: The GOES Multispectral Rainfall Algorithm

GOES: Geostationary Operational Environmental Satellite

HE: Hydro-Estimator

IDW: Inverse Distance Weighting Methods (ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği)

IEMRG: The Integrated Multi-satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement

IR: Infrared (Kızılötesi)

METEOSAT: EUMETSAT tarafından işletilen sabit yörüngeli uydular

MPE: Multi-Sensor Precipitation Estimate

MTSAT: Multifunction Transport Satellite

MW: Microwave (Mikrodalga)

NEXRAD: Doppler weather radars

PERSIANN: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks

TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission

WRF: The Weather Research and Forecasting

KAYNAKLAR

- Abdullah M, Al-Mazroui M, 1998. Climatological study of the southwestern region of Saudi Arabia. I. Rainfall analysis. *Climate Research* 9: 213–223.
- Almazroui M, 2011. Temperature Variability over Saudi Arabia and its Association with Global Climate Indices. *Journal of King Abdulaziz University-Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences* 23: 85–108.
- Behrangi A, Khakbaz B, Jaw TC, AghaKouchak A, Hsu K, Sorooshian S, 2011. Hydrologic evaluation of satellite precipitation products over a mid-size basin. *Journal of Hydrology* 397: 225–237.
- Deyzel ITH, South Africa, Water Research Commission, 2004. Spatial interpolation and mapping of rainfall (SIMAR). Volume 2, Water Research Commission, Pretoria.
- Ghile Y, Schulze R, Brown C, 2010. Evaluating the performance of ground-based and remotely sensed near real-time rainfall fields from a hydrological perspective. *Hydrological Sciences Journal* 55: 497–511.
- Hasanean H, Almazroui M, 2015. Rainfall: Features and Variations over Saudi Arabia, A Review. *Climate* 3: 578–626.
- Hong Y, Adler RF, Hossain F, Curtis S, Huffman GJ, 2007. A first approach to global runoff simulation using satellite rainfall estimation. *Water Resources Research* 43.
- Hughes DA, 2006. Comparison of satellite rainfall data with observations from gauging station networks. *Journal of Hydrology* 327: 399–410.
- Kuligowski B, 2014. STAR Satellite Rainfall Estimates - Hydro-Estimator - Technique Description [web Document]. URL <https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/ff/HEtechnique.php> (Erişim tarihi: 20.11.2018)
- Li L, Hong Y, Wang J, Adler RF, Policelli FS, Habib S, Irwn D, Korme T, Okello L, 2009. Evaluation of the real-time TRMM-based multi-satellite precipitation analysis for an operational flood prediction system in Nzoia Basin, Lake Victoria, Africa. *Nat Hazards* 50: 109–123.
- Pan M, Li H, Wood E, 2010. Assessing the skill of satellite-based precipitation estimates in hydrologic applications. *Water Resources Research* 46.
- Petty GW, Krajewski WF, 1996. Satellite estimation of precipitation over land. *Hydrological Sciences Journal* 41: 433–451.
- Ramirez-beltran ND., Kuligowski RJ, Harmsen EW, Cruz-pol S, Cardona MJ, 2008. Rainfall Estimation from Convective Storms Using the HydroEstimator and NEXRAD, in: WSEAS TRANSACTION on SYSTEMS. pp. 1016–1027.
- Rudolf B, 2005. The Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), in: Proc. Second Workshop of the Int. Precipitation Working Group. pp. 231–247.
- Sapiano MRP, Arkin PA, 2009. An Intercomparison and Validation of High-Resolution Satellite Precipitation Estimates with 3-Hourly Gauge Data. *J. Hydrometeor.* 10: 149–166.
- Scofield RA, Kuligowski RJ, 2003. Status and outlook of operational satellite precipitation algorithms for extreme-precipitation events. *Weather and Forecasting* 18: 1037–1051.
- Shrestha MS, Artan GA, Bajracharya SR, Sharma RR, 2008. Using satellite-based rainfall estimates for streamflow modelling: Bagmati Basin. *Journal of Flood Risk Management* 1: 89–99.
- Vicente GA, Scofield RA, Menzel WP, 1998. The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 79: 1883–1898.
- Wu H, Adler RF, Tian Y, Huffman GJ, Li H, Wang J, 2014. Real-time global flood estimation using satellite-based precipitation and a coupled land surface and routing model. *Water Resources Research* 50: 2693–2717.
- Yücel I, 2015. Assessment of a flash flood event using different precipitation datasets. *Natural Hazards* 79: 1889–1911.
- Yücel I, Kuligowski RJ, Gochis DJ, 2011. Evaluating the hydro-estimator satellite rainfall algorithm over a mountainous region. *International journal of remote sensing* 32: 7315–7342.