فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره اول، بهار ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۲
محمدباقر بهیار، استادیار پژوهشکده هواشناسی **M.B. Behyar**

E-mail: behyar545@yahoo.com
شماره مقاله: ۹۳٦ **صص: ۸-۱**
وصول: ۹۲/۱/۱۸ **پذیرش: ۹۲/۹/۲**

ارزیابی رطوبت خاک در استان اصفهان توسط سنجنده AMSR-E

چکیده

رطوبت خاک، فراسنجی تعیین کننده در بسیاری از فرایندهای پیچیده زیست- محیطی بوده، نقش مهمّی در وقوع خشکسالی کشاورزی دارد. فنونی مبتنی بر سنجش از دور در مقایسه با اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای، به علت دقت مکانی و زمانی بهتر و استفاده عملیاتی آسان، دارای برتری هستند. از این‌رو، در این پژوهش داده‌های رطوبت خاک سطحی حاصل از سنجنده AMSR-E ماهواره Aqua ارزیابی شده و همبستگی این داده‌ها با داده‌های ایستگاهی بارندگی در دو ایستگاه همدید منتخب در استان اصفهان (اصفهان و نطنز)، در دوره آماری ۲۰۰۷-۲۰۰۳ در مقیاس ۸ روزه و ماهانه بررسی شده است. نتایج نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌دار میان رطوبت خاک سطحی ماهواره‌ای و ایستگاهی در سطوح اطمینان ۹۰٪ و ۹۵٪ هستند.

واژه‌های کلیدی: استان اصفهان، رطوبت خاک سطحی، سنجنده AMSR-E

مقدمه

خشکسالی یکی از زیانبارترین پدیده‌های زیست- محیطی به شمار می‌رود که تأثیر مخربی بر روی مسائل کشاورزی و محیط زیست و اقتصادی – اجتماعی دارد. خشکسالی در طول دوره کمبود آب در یک منطقه به علت بارش کم، تبخیر و تعرق زیاد و استخراج بالای آب زیرزمینی و یا ترکیبی از موارد ذکر شده اتفاق می‌افتد.

عواقب ناشی از پدیده خشکسالی شامل کمبود ذخایر آبی، تخریب منابع بوم‌شناسی و تلفات تولیدات کشاورزی و بویژه در بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌رود، خسارات زیادی وارد نموده، به قحطی، مرگ و متروک شدن کل منطقه جغرافیایی منجر می‌شود (کوگان[1]، ۱۹۹۷).

سازمان هواشناسی جهانی برآورد می‌کند که از سال ۱۹۶۷، ۵۰٪ بلایای هواشناسی مؤثر بر ۲/۸ بیلیون نفر، به علت خشکسالی‌ها بوده است (اوباسی[2]، ۱۹۹۴). در سال‌های ۱۹۸۴- ۱۹۷۰، دولت استرالیا حدود ۹۲۵ میلیون دلار صرف جبران خسارات ناشی از خشکسالی کرده است (ویل هایت[3]،۱۹۸۶). دولت آفریقای جنوبی ۲/۵ میلیارد دلار برای جبران خسارت خشکسالی در اواسط دهۀ ۱۹۷۰ تا ا واسط دهۀ ۱۹۸۰ صرف نموده است (ویل هایت، ۱۹۸۷).

1- Kogan
2- Obasi
3- Wilhite

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

خشکسالی کشاورزی نمودی از خشکسالی‌های هواشناسی و آبشناختی است (تأثیر عواملی چون، کمبود بارش، اختلاف بین تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل، کمبود رطوبت خاک، افت سطح آب زیرزمینی یا مخزن و ...) نیاز آبی گیاه بستگی به شرایط جوی غالب، خصوصیات زیستی گیاه خاص، مرحله رشد آن و خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک دارد. کمبود رطوبت در لایه‌های فوقانی خاک به هنگام کاشت می‌تواند باعث تأخیر جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصات عملکرد نهایی گردد، لیکن در صورت تأمین نیازهای آبی گیاه به‌وسیله بارندگی یا آبیاری و کافی بودن رطوبت خاک فوقانی (سطح‌الارضی) برای نیازهای مراحل اولیه رشد، کمبودهای رطوبتی در لایه‌های زیرین خاک بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت.

رطوبت یکی از فراسنج های اساسی خاک است که در مطالعات آب و خاک و مدیریت منابع آب، کاربرد زیادی دارد. این متغیر زمانی و مکانی، یکی از اجزای مهم مدل‌های آب وهوایی، بوم‌شناسی و آب‌شناسی است (بایبوردی، ۱۳۷۲؛ بداق جمالی و همکاران، ۱۳۷۷؛ ویگنرون[۴] و همکاران، ۱۹۹۸). بدین جهت، پایش مستقیم رطوبت خاک و استخراج داده‌های رطوبت به صورت نقطه‌ای نه تنها پر هزینه و وقت‌گیر است، بلکه در سطوح وسیع، غیر عملی است. این در حالی است که خشکسالی پدیده‌ای منطقه‌ای بوده، برای پایش آن به داده‌های وسیع و منطقه‌ای نیاز است. اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای رطوبت و خاک، کافی نبوده، به ابزاری برای افزایش دامنه داده‌ها و کاهش هزینه‌ها نیاز است. از این رو، به ابزاری برای پایش رطوبت در مقیاس زمانی و مکانی نیاز است تا علاوه بر دقت مناسب، امکان کاربرد عملیاتی آن در مناطق مختلف وجود داشته باشد. در این میان، فنونی مبتنی بر سنجش از دور در مقایسه با اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای و یا مدل‌های شبیه‌سازی به دلیل دقت مکانی و زمانی بهتر و استفاده عملیاتی آسان، اولویت دارند (واکر و هاوسر[۵]، ۲۰۰۴).

اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک توسط سنجنده‌های از دور، از سال‌های ۱۹۷۰، زمینه فعالی برای تحقیقات بوده است. نوروزی اقدم و همکاران (۱۳۸۷) و نوروزی اقدم و کرمی (۱۳۸۸)، رابطه رطوبت خاک به دست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی و NDVIهای تأخیری و همزمان حاصل از تصاویر سنجنده MODIS را با بهره‌گیری از داده‌های روزانه هواشناسی، توسط روش‌های وایازی چند متغیره خطی مطالعه کرده‌اند. نتایج این تحقیق همبستگی خوبی میان رطوبت لایه سطحی خاک و NDVI تأخیری ۱۵ روزه در فصل رشد نشان داد.

رائو و همکاران[۶] (۲۰۰۶) داده‌های رطوبت خاک AMSR-E در طول سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۲ را با داده‌های میدانی رطوبت خاک و بارش مقایسه نمودند. با مقایسه داده‌های رطوبت خاک AMSR-E با بارش، دیده شد که در اراضی بایر یکنواخت، تغییرات رطوبت خاک، با بارش هماهنگی دارد. در بسیاری از قسمت‌های هندوستان، خشکسالی سال ۲۰۰۲ نیز در نقشه‌های تهیه شده بخوبی دیده می‌شود.

4- Wigneron et al.
5- Walker and Houser
6- Rao et al.
7-Gruhier et al.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

گروهیر و همکاران[۷] (۲۰۰۷) داده رطوبت خاک AMSR-E با داده‌های میدانی رطوبت خاک حاصل از سه شبکه دیدبانی در فرانسه، استرالیا و ساحل را مقایسه و ارزیابی نمودند. این داده‌های میدانی، معرف شرایط مختلف اقلیمی، آب‌شناختی و زیست محیطی در نواحی معتدل و نیمه خشک هستند. نتایج هر سه شبکه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری رطوبت خاک AMSR-E توسط سنجنده از راه دور مشابه داده‌های میدانی هستند و اطلاعات موثقی دربارهٔ تغییرات زمانی رطوبت خاک سطح زمین را فراهم می‌سازند.

دراپر و همکاران[۸] (۲۰۰۹) با مقایسه رطوبت خاک حاصل از AMSR-E با داده‌های میدانی رطوبت خاک حاصل از ۱۲ ایستگاه در جنوب شرقی استرالیا، این داده‌های ماکروویو را ارزیابی نمودند که همبستگی خوبی میان آنها دیده شد. همچنین، همبستگی قوی میان رطوبت خاک حاصل از AMSR-E با داده‌های بارش در استرالیا دیده شد.

شنگلی و ژائوژیانگ[۹] (۲۰۱۰) برای پایش خشکسالی با استفاده از داده های رطوبت خاک حاصل از سنجنده AMSR-E، نشان دادند که این داده ها می تواند نمایانگر تقریبی گسترش و توزیع پدیده خشکسالی باشد.

هدف از این پژوهش، تعیین میزان صحت رطوبت خاک تعیین شده توسط داده های ماهواره ای سنجنده AMSR-E در استان اصفهان است و این کار با استفاده از تعیین همبستگی میان این داده ها با داده‌های میدانی دو ایستگاه نمونه در این استان انجام می شود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان اصفهان به مساحت تقریبی ۱۰۵,۹۳۷ کیلومتر مربع است که بین ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی شرقی، قرار گرفته است. این استان که در مرکز ایران واقع شده است، از شمال به استان‌های مرکزی، قم و سمنان، از شرق به استان یزد، از جنوب به استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد و از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری محدود شده است. ارتفاع متوسط استان اصفهان از میانگین سطح دریا ۱۷۱۴ متر است. بخش وسیعی از استان اصفهان را اقلیم خشک در بر گرفته است. مقدار بارش در این استان از غرب به شرق و از جنوب به شمال کاهش می‌یابد.

استان اصفهان با ظرفیت تولید کشاورزی با سطح زیر کشت آبی سالیانه ۲۶۲,۵۷۷ هکتار، دیم سالیانه ۳۰,۵۳۱ هکتار و باغات ۵۸,۵۴۲ هکتار، ۵/۶ میلیون هکتار مرتع و حدود ۱۰۰ هزار هکتار جنگل، یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی در کشور محسوب می‌شود.

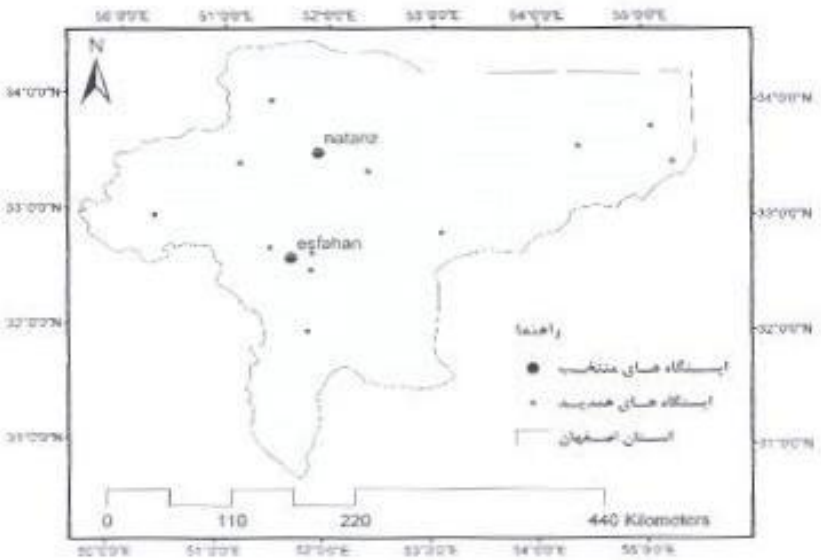
8- Draper et al
9-Shengli and Xiaoxiang

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

داده ها و روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های رطوبت خاک[۱۰] سنجنده AMSR-E[۱۱] ماهواره Aqua برنامه EOS[۱۲] سازمان فضایی NASA[۱۳] استفاده شده است. این داده‌ها از ژوئن ۲۰۰۲ با اندازهٔ تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتر و اندازهٔ تفکیک زمانی روزانه موجود هستند. آدرس دسترسی به این داده ها عبارت است از: (https://wust,ecgi,basa,giv/api/).

همبستگی این داده‌ها با داده‌های میدانی بارندگی دو ایستگاه همدید اصفهان و نطنز به طریق پارامتری بررسی شده است (شکل ۱).



شکل ۱) منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های همدید منتخب

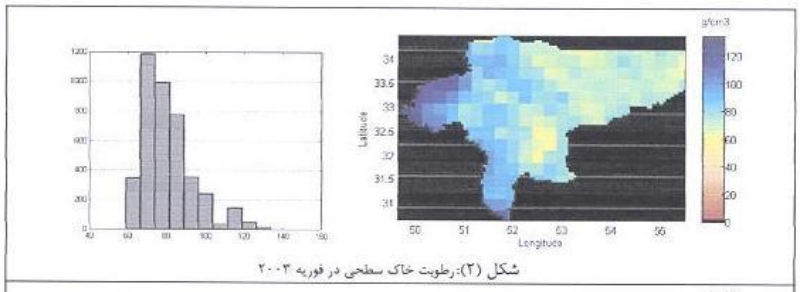
یافته‌های پژوهش

به منظور استخراج رطوبت خاک سطحی از داده‌های ماکروویو، داده‌های صعودی[۱۴] (حاصل رفت ماهواره یا حرکت به سمت شمال) و نزولی[۱۵] (حاصل برگشت ماهواره یا حرکت به سمت جنوب) از سری داده‌های AMSR-E/Aqua Daily L3 Surface Soil Moisture, Interpretive Parameters, & QC EASE-Grids با یکدیگر ترکیب شده و رطوبت خاک به صورت جهانی و برحسب g/cm3 به دست آمده است. این داده‌ها زمین مرجع شده و رطوبت خاک در سطح استان اصفهان در دوره پنج ساله ۲۰۰۷-۲۰۰۳، با اندازهٔ تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتر و اندازهٔ تفکیک زمانی ۸ روزه و ماهانه استخراج شده است. در شکل‌های ۲ تا ۶ رطوبت خاک سطحی به دست آمده از این داده‌ها به عنوان نمونه در

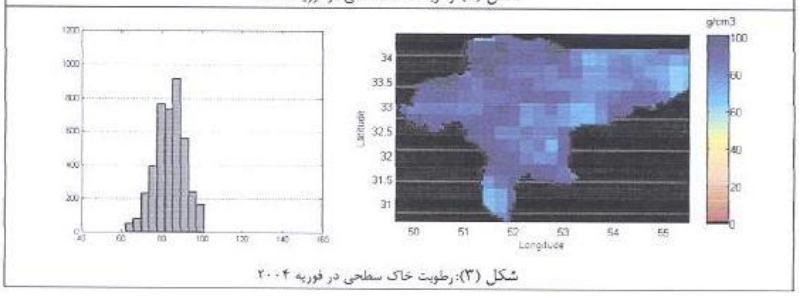
۱۰-AMSR-E/Aqua Daily L3 Surface Soil Moisture, Interpretive Parameters, & QC EASE-Grids
11- The Advanced Microwave Scanning Radiometer – Earth Observing System
12-Earth Observing System
13- National Aeronautics and Space Administration
14- ascending
15- Descending

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

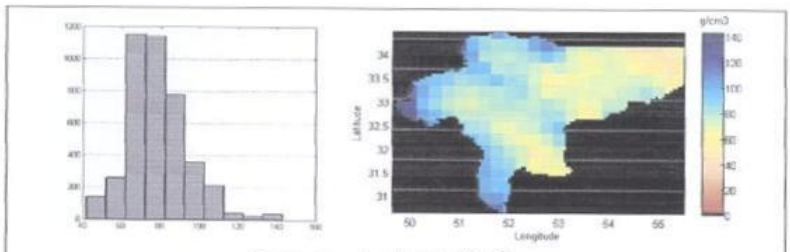
ماه های فوریه سال‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. برای نمایش بهتر پراکندگی رطوبت سطحی، هیستوگرام داده‌ها نیز نشان داده شده است.



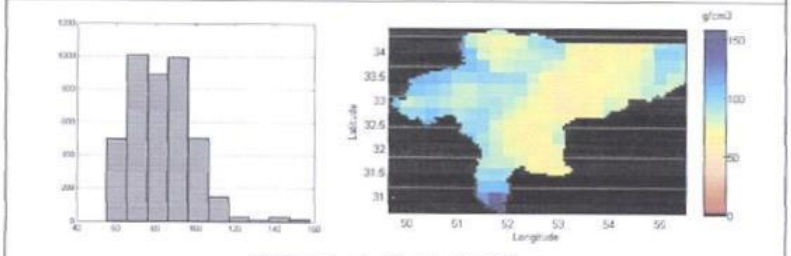
شکل (۲):رطوبت خاک سطحی در فوریه ۲۰۰۳



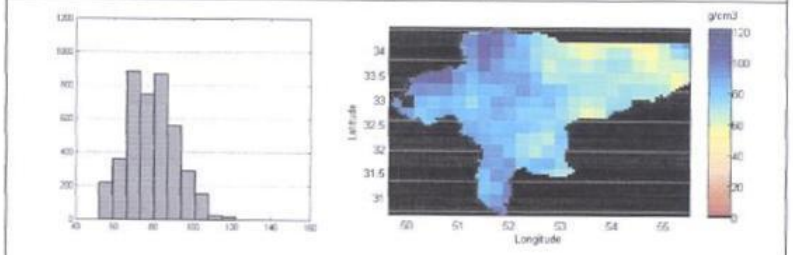
شکل (۳):رطوبت خاک سطحی در فوریه ۲۰۰۴



شکل (۴):رطوبت خاک سطحی در فوریه ۲۰۰۵



شکل (۵):رطوبت خاک سطحی در فوریه ۲۰۰۶



شکل (۶):رطوبت خاک سطحی در فوریه ۲۰۰۷

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

به منظور صحت‌سنجی رطوبت خاک سطحی به دست آمده از داده‌های ماکروویو، همبستگی بارندگی ایستگاه‌های همدید اصفهان و نطنز با مقادیر رطوبت خاک سطحی به دست آمده در بخش قبل، در دو مقیاس ۸ روزه و ماهانه بررسی شده است. جداول (۱) و (۲) نتایج به‌دست آمده را نشان می‌دهند.

جدول ۱) همبستگی بارندگی با رطوبت خاک سطحی در مقیاس ۸ روزه

سال	ایستگاه اصفهان			ایستگاه نطنز		
	ضریب همبستگی	معنی‌دار در سطح ٪۹۰	معنی‌دار در سطح ٪۹۵	ضریب همبستگی	معنی‌دار در سطح ٪۹۰	معنی‌دار در سطح ٪۹۵
۲۰۰۳	۰/۳۶۳	+	+	۰/۵۱۷	+	+
۲۰۰۴	۰/۴۶۰	+	+	۰/۲۰۴	–	–
۲۰۰۵	۰/۵۰۹	+	+	۰/۳۳۰	+	+
۲۰۰۶	۰/۳۳۰	+	+	۰/۲۹۶	+	+
۲۰۰۷	۰/۶۸۸	+	+	۰/۴۳۱	+	+

جدول ۲) همبستگی بارندگی با رطوبت خاک سطحی در مقیاس ماهانه

سال	ایستگاه اصفهان			ایستگاه نطنز		
	ضریب همبستگی	معنی‌دار در سطح ٪۹۰	معنی‌دار در سطح ٪۹۵	ضریب همبستگی	معنی‌دار در سطح ٪۹۰	معنی‌دار در سطح ٪۹۵
۲۰۰۳	۰/۶۰۶	+	+	۰/۷۳۸	+	+
۲۰۰۴	۰/۸۲۱	+	+	۰/۷۸۰	+	+
۲۰۰۵	۰/۵۶۱	+	+	۰/۷۴۴	+	+
۲۰۰۶	۰/۷۳۴	+	+	۰/۴۱۹	–	–
۲۰۰۷	/۵۱۰	+	–	۰/۷۴۶	+	+

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، همبستگی بارندگی ایستگاه‌های همدید اصفهان و نطنز با مقادیر رطوبت خاک سطحی به دست آمده از سنجنده AMSR-E، در مقیاس ۸ روزه و ماهانه بررسی شده است. نتایج نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌دار میان رطوبت خاک سطحی ماهواره‌ای و ایستگاهی در سطوح اطمینان ۹۰٪ و ۹۵٪ هستند. ضریب همبستگی در مقیاس ۸ روزه، تنها در ایستگاه نطنز در سال ۲۰۰۴ معنی‌دار نبوده و ضریب همبستگی در مقیاس ماهانه، در ایستگاه نطنز در سال ۲۰۰۶ و در ایستگاه اصفهان در سال ۲۰۰۷ در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نیست. این میزان همبستگی میان داده‌های رطوبت خاک سطحی ماهواره‌ای و ایستگاهی، بیانگر دقت کافی این داده‌ها و مؤید سودمندی استفاده از چنین داده‌هایی با پوشش مکانی گسترده، در تحقیقات آب و خاک است.

قدردانی

این مقاله، بخشی از نتایج پروژه «توسعه نمایه کمبود رطوبت خاک توسط داده‌های ماهواره‌ای بازتابی و حرارتی در ایران» است که در پژوهشکده هواشناسی انجام شده است. از این رو، جا دارد از حمایت‌های مسؤولان و دست

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

اندرکاران این پژوهشکده و همچنین، سازمان هواشناسی کشور که امکانات لازم در جهت انجام این پروژه را فراهم کردند، تشکر و قدردانی شود.

منابع

۱- بایبوردی، محمد (۱۳۸۰). *اصول مهندسی آبیاری، روابط آب و خاک*، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۹ ص.

۲- بداق جمالی، جواد؛ احمدیان، ج؛ جوانمرد، سهیلا؛ گلمکانی، ت؛ ملک زاده، ص.(۱۳۷۷).« ضرورت پایش وضعیت رطوبت خاک در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی»، *یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران*، ۳۷۶-۳۹۰.

۳- نوروزی اقدم. ا.؛ بهبهانی، م.ر؛ رحیمی خوب، ع.؛ عقیقی، ح. (۱۳۸۷). «مدل رطوبتی لایهٔ سطحی خاک با استفاده از شاخص NDVI (مطالعهٔ موردی: مراتع استان خراسان رضوی)»، *مجلهٔ محیط‌شناسی*، سال سی و چهارم. ش ۴۸، زمستان ۸۷، ۱۳۶-۱۲۷.

۴- نوروزی اقدم، ا.؛ کرمی، و.(۱۳۸۸). «بکارگیری فن‌آوری سنجش از دور در پایش و ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری»، *مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها*، دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اسفندماه.

5- Draper, C., Walker, J., Steinle, P., de Jeu, R. and Holmes, T. 2009. An evaluation of AMSR-E derived soil moisture over Australia. Remote Sensing of Environment, 113 (4), 703-710.

6- Gruhier, C., de Rosnay, P., Richaume, P., Kerr, Y., Rudiger, C., Walker, J.P., Mougin, E., Ceschia, E. and Calvet, J. C. 2007. Large scale evaluation of AMSR soil moisture products based on ground soil moisture network measurements. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 07725.

7- Kogan, F. N. 1997. Global drought watch from space. Meteorological society, 78, 621-636.

8- Obasi, G. O. P. 1994. WMO's Role in the international decade for natural disaster reduction. Bulletin of the American Meteorological Society, 75, 1655-1661.

9- Rao, S. Sharma, V. Garg and Venkataraman, G. 2006. Soil Moisture Mapping over India using Aqua AMSR-E derived Soil Moisutre Product. Proceedings of the IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium, Denver, USA, 31 July – 4 August 2006, 2999-3002.

10- Shengli, W. and Xiaoxiang, Z. 2010. Using AMSR-E land product to monitor the drought process in China. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International, 3894 – 3897.

11- Walker, J. P. and Houser, P.R. 2004. Requirements of a global near-surface soil moisture mission: accuracy, repeat time, and spatial resolution. Advances in Water Resources, 27, 785-801.

12- Wigneron, J. P., Schmugge, T., Chanzy, A., Calvet, J. C. and KERR, Y. 1998. Use of passive microwave remote sensing to monitor soil moisture a review. Agronomie: Agriculture and Environment 18:27-43.

13- Willhite. D. A. 1986. Drought poling in U.S and Australia, A comparative analysis. Water resources Bulletin, 22, 425-438.

14- Willhite, D. A. 1987. The role of government in planning for drought: Where do we go from here, in D. A.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

15- Willhite and W. E. Easterling (eds), Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal. Vulnerability, Boulder, Co: Westview press.
16- http://aqua.nasa.gov/
17- http://en.wikipedia.org/wiki/
18- https://wist.echo.nasa.gov/api/

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]