



## Evaluation of the Relationship between Rainfed Fig Orchards Yield and Effective Precipitation using Remote Sensing Datasets

Faezeh Khoshrou<sup>1</sup> | Behzad Azadegan<sup>2</sup> | Shadman Veisi<sup>3</sup> | Mohammad Abdolahipour<sup>4</sup>

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [faezeh.khoshrou@ut.ac.ir](mailto:faezeh.khoshrou@ut.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [bazad@ut.ac.ir](mailto:bazad@ut.ac.ir)
3. Shadman Veisi, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: [shadman2010@yahoo.com](mailto:shadman2010@yahoo.com)
4. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [m.abdolahipour@gmail.com](mailto:m.abdolahipour@gmail.com)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 11 February 2024

Received in revised form

8 April 2024

Accepted 2 May 2024

Published online 23 November 2024

#### Keywords:

*Effective precipitation*

*Estahban*

*GPM dataset*

*USDA method*

*Yield*

### ABSTRACT

Appropriate precipitation can play a crucial role in providing soil water content in rainfed fig orchards. Meanwhile, one of the main problems in most rainfed agriculture areas is the unavailability of rainfall data, which satellite rainfall datasets can help to solve this problem. The area investigated in this research is rainfed fig orchards of Estahban and the rainfall data of the meteorological station located in the area was applied for different periods of time. In this research, first, the relationship between yield and distribution of precipitation values in different time scales (monthly, seasonal and annual) was determined. Then the amount of satellite-derived rainfall was found using the rainfall datasets (i.e. CHIRPS, ERA5, ERA5-Land, GPM, PERSIANN and GSMaP) and based on these values, the amount of effective rainfall was calculated using different methods including USDA, ET-Rainfall, and Dependable Rain for the time period range between 2005 and 2021. Results showed, the rainfall in the months of April and then in May and November has had the greatest effect on improving the yield of the crop. Additionally, it is recommended supplemental irrigation events at the beginning of spring to provide higher soil water content for fig orchards in drought conditions. Based on the analyzed statistical criteria, it can be said that GPM was the most suitable dataset and USDA was the best effective rainfall method among the investigated methods in the area.

**Cite this article:** Khoshrou, F., Azadegan, B., Veisi, Sh., & Abdolahipour, M. (2024). Evaluation of the Relationship between Rainfed Fig Orchards Yield and Effective Precipitation using Remote Sensing Datasets. *Journal of Water and Irrigation Management*, 14 (3), 615-627. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.372488.1146>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.372488.1146>

Publisher: University of Tehran Press.



## بررسی رابطه عملکرد باغات انجیر دیم و مقادیر بارش مؤثر با استفاده از داده‌های سنجش از دور

فائزه خوشرو<sup>۱</sup> | بهزاد آزادگان<sup>۲</sup> | شادمان ویسی<sup>۳</sup> | محمد عبداللهی پور<sup>۴</sup>

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [mail](mailto:mail)
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [mail](mailto:mail)
۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج، بخش آبیاری و فیزیک خاک، کرج، ایران. رایانامه: [mail](mailto:mail)
۴. گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [mail](mailto:mail)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

بارش مناسب می‌تواند در تأمین رطوبت خاک در انجیرستان‌های دیم بسیار مؤثر باشد. با این حال یکی از مشکلات در عمده مناطق دیم‌کاری کشاورزی، عدم در دسترس بودن داده‌های بارش می‌باشد که پایگاه داده‌های بارش ماهواره‌ای می‌تواند برای حل این مشکل کمک کند. محدوده جغرافیایی موردبررسی در این پژوهش انجیرستان‌های شهرستان استهبان بوده و از داده‌های بارش ایستگاه زمینی در مقاطع مختلف زمانی استفاده شد. در این پژوهش ابتدا ارتباط بین میزان عملکرد و توزیع شاخص بارش در مقیاس‌های گوناگون زمانی (ماهانه، فصلی و سالانه)، تعیین شد. سپس مقدار بارش ماهواره‌ای با استفاده از پایگاه داده‌های بارش شامل CHIRPS، ERA5، ERA5-Land، GPM، PERSIANN و GSMaP تهیه شد و براساس این مقادیر میزان بارش مؤثر با استفاده از روش‌های مختلف شامل ET-Rainfall، USDA و بارش قابل اطمینان برای محدوده زمانی بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۲۱ برآورد شد. بر این اساس بارش در ماه‌های آوریل و سپس ماه می و نوامبر بیش‌ترین تأثیر را بر بهبود عملکرد محصول داشته است. همچنین پیشنهاد می‌گردد در صورت اقدام به عمل آبیاری تکمیلی در ماه ابتدای بهار انجام گیرد. براساس معیارهای آماری موردبررسی، می‌توان گفت که GPM مناسب‌ترین پایگاه داده و روش USDA بهترین روش ارزیابی بارش مؤثر از بین گزینه‌های موردبررسی می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳

### کلیدواژه‌ها:

استهبان

بارش مؤثر

پایگاه داده بارش GPM

روش USDA

عملکرد

**استناد:** خوشرو، فائزه؛ آزادگان، بهزاد؛ ویسی، شادمان و عبداللهی پور، محمد (۱۴۰۳). بررسی رابطه عملکرد باغات انجیر دیم و مقادیر بارش مؤثر با استفاده از داده‌های سنجش از دور. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۴ (۳)، ۶۱۵-۶۲۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.372488.1146>



## ۱. مقدمه

ایران به‌عنوان چهارمین کشور تولیدکننده محصول انجیر دیم و آبی و شهرستان استهبان با بیش از ۲۰۰۰۰ هکتار باغ انجیر، بزرگ‌ترین انجیرستان دیم دنیا می‌باشد (Abdolahipour *et al.*, 2018; FAOSTAT, 2016). در دوره‌های خشکسالی دهه‌های اخیر، از بین رفتن ۱۰ درصد از درختان منطقه استهبان و کاهش تولید محصول تا ۸۰ درصد در برخی از باغات گزارش شده است (Jafari *et al.*, 2012).

استفاده از آبیاری تکمیلی به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت کارآمد آب می‌تواند یکی از راه‌کارهای تأمین رطوبت خاک در دوره‌های طولانی خشکی باشد. آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی در دوره رشد است، به‌طوری‌که رطوبت کافی برای حفظ درخت، تداوم رشد و افزایش و ثبات عملکرد تأمین شود و در عین حال از هدررفت آب جلوگیری شود (Oweis *et al.*, 2004). آبیاری تکمیلی را می‌توان یک راه‌کار مفید برای افزایش محصولات کشاورزی و بهبود قابل توجه و پایدار در بهره‌وری آب از طریق مدیریت یکپارچه و هماهنگ منابع مزرعه در نظر گرفت (Yau *et al.*, 2011).

استفاده از آبیاری تکمیلی در باغات دیم انجیر منطقه استهبان، در سال‌های گذشته علاوه بر استقبال گسترده توسط باغداران در پژوهش‌های مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفته است (Abdolahipour *et al.*, 2022).

در یک مطالعه به‌منظور شناسایی زمان و میزان بهینه آبیاری تکمیلی در فواصل مختلف درختان در باغ انجیر دیم استهبان که توسط Abdolahipour *et al.* (2018)، صورت گرفت بیان شد که در شرایط خشکسالی، استفاده از آبیاری تکمیلی با ۲۰۰۰ لیتر آب به‌ازای هر درخت در اوایل بهار در نزدیکی تنه درخت می‌تواند شرایط مناسبی با افزایش درصد رطوبت خاک و کاهش تبخیر سطحی فراهم کند. Khozaie and Sepaskhah (2018)، بیان کردند که وجود آبگیر برای جمع‌آوری آب باران در اطراف درختان در تحلیل اقتصادی استفاده از آبیاری تکمیلی انجیر دیم در جنوب ایران تأثیر به‌سزایی دارد.

Bagheri and Sepaskhah (2014)، با هدف برقراری ارتباط بین توزیع فصلی بارندگی و تولید انجیر دیم در منطقه استهبان به‌منظور تعیین دوره‌های بحرانی بارندگی و استفاده از آبیاری تکمیلی برای تولید انجیر، تأثیر شاخص‌های بارندگی بر عملکرد انجیر دیم بررسی کردند. نتایج نشان داد که می‌توان آبیاری تکمیلی را برای ماه مارس برنامه‌ریزی کرد.

بارش اصلی‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر میزان محصول در کشت دیم به‌صورت زراعت و حفظ درختان در باغداری دیم می‌باشد. قسمتی از بارش که بر روی رشد گیاه مؤثر است را بارش مؤثر<sup>۱</sup> گویند که بنا بر نوع کشت و وضعیت اقلیمی، تعاریف متفاوتی برای آن ارائه شده است. Dastane *et al.* (1974) بارش مؤثر را قسمتی از باران سالیانه یا فصلی معرفی می‌کند که در منطقه ریزش به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم (بدون استفاده از پمپاژ) برای تولید محصول مفید واقع می‌شود. Adnan and Khan (2009) بارش مؤثر را به‌صورت قسمتی از بارش که در منطقه ریشه گیاه ذخیره شده و صرف تأمین بخشی از نیاز آبی گیاه می‌شود، تعریف کردند.

یکی از محدودیت‌های پژوهش‌های مرتبط با بارش، کمبود داده‌های بارش می‌باشد. اما در سال‌های اخیر، استفاده از سنجش از دور به برآورد پارامترهای اقلیمی از جمله بارش کمک زیادی کرده است. سنجش از دور، علم، فن و هنر یافتن اطلاعات درمورد پدیده‌ها از فاصله دور و بدون تماس با آن‌ها است. اطلاعات پایگاه داده‌های بازتحلیل<sup>۱</sup>، با دسترسی ساده و مربوط به دوره‌های زمانی طولانی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف موجب شده است که این روش‌ها به‌ویژه در مناطقی که با کمبود داده‌ها مواجه هستند و یا ایستگاه‌های هواشناسی وجود ندارد، کاربردی باشد (Marchi *et al.*, 2007; Veysi *et al.*, 2024; Barideh *et al.*, 2022).

در این پژوهش، ابتدا اهمیت بارش بر عملکرد محصول انجیر در انجیرستان‌های دیم استهبان با استفاده از معادلات رگرسیونی بررسی شد. در ادامه میزان قابلیت داده‌های سنجش از دوری برای پیش‌بینی این بارش در منطقه بررسی و

مقدار بارش مؤثر با روش‌های مختلف به‌منظور فراهم‌کردن امکان پیش‌بینی و بررسی سناریوهای مختلف در مدیریت آبیاری تکمیلی، برآورد شده است.

بنابراین اهداف این پژوهش شامل تعیین ارتباط بین بارش و عملکرد محصول، تعیین بهترین پایگاه داده بارش و مناسب‌ترین روش برآورد بارش مؤثر در منطقه براساس داده‌های طولانی‌مدت بارش می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، محدوده انجیرستان‌های دیم شهرستان استهبان واقع در استان فارس (۲۹ درجه و ۰۷ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۰۴ دقیقه شرقی) و ارتفاع ۱۷۴۹ متر بالاتر از سطح آزاد دریا می‌باشد (شکل ۱). در این منطقه کم‌ترین و بیش‌ترین دما، در بازه ۷- تا ۴۱ درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم این شهرستان خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. مقدار میانگین بارش سالانه حدود ۳۵۴ میلی‌متر با حداقل ۹۲ و حداکثر ۷۳۹ میلی‌متر می‌باشد که بیش‌تر این بارش‌ها، در اواخر فصل پاییز و نیز زمستان رخ می‌دهد (Abdolahipour *et al.*, 2018). هم‌چنین متوسط رطوبت نسبی هوا، ۴۵ درصد می‌باشد که در زمان رسیدن و برداشت محصول انجیر در فصل تابستان کاهش پیدا می‌کند. اگرچه در انجیرستان‌های استهبان، ارقام مختلف انجیر دیم کشت می‌شود، اما نزدیک به ۹۸ درصد از درختان، از رقم سبز می‌باشد، که که معمولاً دارای سه الی چهار تنه می‌باشد (Jafari *et al.*, 2012).

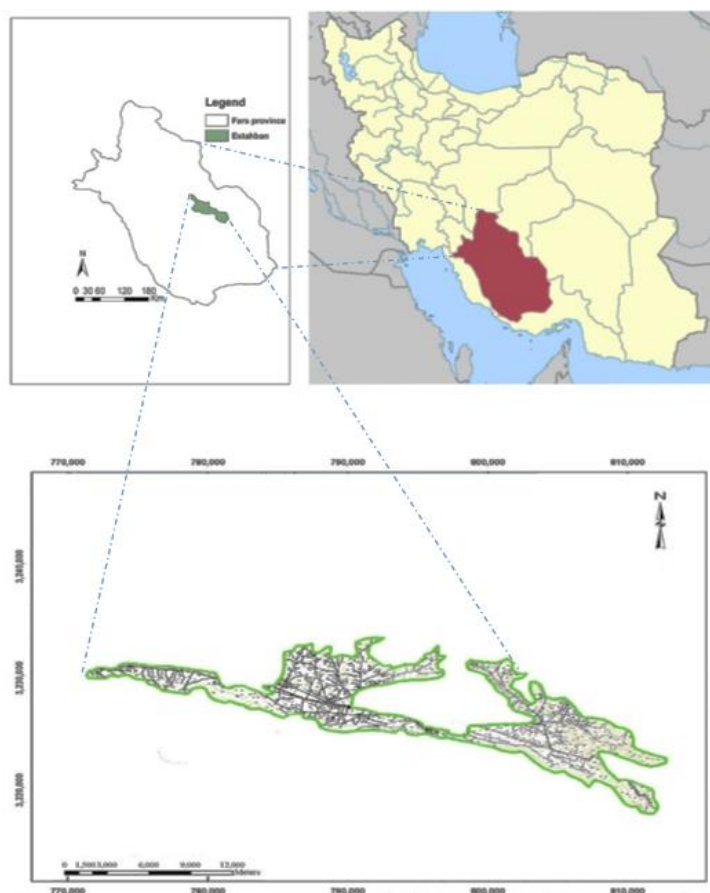


Figure 1. Location of Estahban in Fars province (a) and its rainfed fig orchards (study area) (b)

در این پژوهش، داده‌های مورد استفاده، مربوط به بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۱ می‌باشد. این داده‌ها شامل داده‌های بارش و مقدار محصول و مساحت باغات انجیر دیم می‌باشد. داده‌های ایستگاه‌های زمینی هواشناسی از سامانه سازمان هواشناسی کشور و داده‌های میزان محصول و مساحت باغات انجیر شهرستان از سازمان جهاد کشاورزی دریافت گردید.

در ابتدا بررسی تأثیر بارش با در نظر گرفتن میزان عملکرد محصول در سال‌های مختلف به‌عنوان عامل وابسته انجام شد. میزان عملکرد سالانه باغات با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد.

$$Y = P/A \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه،  $Y$  عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)،  $P$  میزان تولید (کیلوگرم) و  $A$  مساحت باغات دیم (هکتار) در هر سال در این شهرستان می‌باشد. برای این منظور از توابع رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده شد، که در آن از بارندگی سالانه، فصلی یا ماهانه و تعداد روزهای بارانی به‌عنوان متغیرهای مستقل استفاده گردید. این متغیرها در ارتباط با یکدیگر برای ایجاد یک شاخص ترکیبی به نام "شاخص بارش" به کار گرفته شدند.

شاخص بارش، با در نظر گرفتن تعداد روزهای بارانی، نشان‌دهنده متوسط وزنی بارش در دوره‌های زمانی مختلف می‌باشد. ویژگی این شاخص در این است که از ترکیب متناسب وزن‌دار بین بارندگی سالانه، فصلی و یا ماهانه و تعداد روزهای بارانی در آن دوره زمانی برای ایجاد یک معیار جامع در تحلیل بارش استفاده می‌کند. این وزن‌ها نسبت به میانگین تعداد روزهای بارانی سنجیده می‌شود و به این ترتیب، اهمیت نسبی هر عامل در تشکیل شاخص مشخص می‌شود. استفاده از چنین شاخصی می‌تواند به بهترین نحو در تعیین تفاوت‌ها و تغییرات الگوی بارش در دوره‌های زمانی مختلف و اطلاعات دقیق‌تر از ارتباط بین بارندگی و عملکرد انجیر دیم در منطقه کمک نماید. شاخص بارش به‌صورت زیر تعریف می‌گردد (Sepaskhah *et al.*, 2003):

$$RI_{ij} = RF_{ij} \left( \frac{RD_{ij}}{RD_j} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن،  $RD_{ij}$  شاخص بارندگی و  $i$  سال بارندگی و  $j$  فصل یا ماه می‌باشد.  $RF_{ij}$  مقدار بارندگی (میلی‌متر) می‌باشد. هم‌چنین  $RD_{ij}$  تعداد روزهای بارانی می‌باشد.

بنابراین، شاخص بارش به مقدار بارش در هر ماه، فصل یا سال به نسبت تعداد روزهای بارانی که آن بارندگی در آن توزیع شده است، وزن می‌دهد. مزیت استفاده از این شاخص به‌جای مقدار بارش این است که در این رویکرد، از شاخص بارش به‌عنوان یک متغیر کلی استفاده می‌شود که نقش ترکیبی از بارندگی و تعداد روزهای بارانی را ایفا می‌کند. اگر از بارندگی و روزهای بارانی به‌طور جداگانه استفاده کنیم، تعداد متغیرها تعداد ماه‌ها یا فصل‌ها خواهد بود، درحالی‌که با استفاده از شاخص به‌عنوان یک متغیر، تعداد متغیرها دو برابر تعداد ماه‌ها یا فصل‌ها خواهد بود.

سپس با استفاده از این شاخص و روش رگرسیون خطی چندمتغیره معادله زیر برای انجام فرایند برازش به داده‌ها استفاده شد:

$$Y = a + b_1x_1 + \dots + b_nx_n \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله،  $Y$  عملکرد انجیر دیم (کیلوگرم در هکتار)،  $x_1$  الی  $x_n$  شاخص بارندگی ماهانه یا فصلی،  $a$  عدد ثابت و  $b_1$  و  $b_n$  ضرایب معادله رگرسیون می‌باشد. این معادله می‌تواند بهترین تطبیق را بین داده‌های مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده براساس متغیرهای بارندگی و روزهای بارانی انجام دهد.

## ۲.۲. انواع پایگاه‌های بارش در سنجش از دور

در ادامه پژوهش، از داده‌های سنجش از دور برای تعیین بارش مؤثر در دوره‌های زمانی مختلف استفاده گردید. سنجش از دور یک فناوری جامع رصد زمین است که در دهه ۱۹۶۰ توسعه یافت و به تدریج کاربردهای آن در دهه ۱۹۸۰ گسترده‌تر شد. در سال‌های اخیر استفاده از این علم در مباحث مختلف کشاورزی کاربردهای زیادی داشته است (Fallah *et al.*, 2020).

تکنیک‌های سنجش از دور قادر است تخمین بارش را در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی با وضوح مکانی و زمانی بالا ارائه دهد (Zeng *et al.*, 2018)، این تخمین از طریق سنجش و ثبت امواج الکترومغناطیسی بازتاب شده و یا گسیل شده، پردازش، تجزیه و تحلیل و به‌کارگیری آن‌ها صورت می‌گیرد. برای تخمین بارندگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تکنیک‌های متفاوتی وجود دارد و به‌طور کلی قابل تقسیم به روش‌های مستقیم، غیرمستقیم و ترکیبی می‌باشد. در روش‌های غیرمستقیم از تصاویر ماکروویو غیرفعال استفاده می‌شود، اما در روش‌های مستقیم از تصاویر مادون قرمز استفاده می‌شود (Tong *et al.*, 2014).

از رایج‌ترین پایگاه داده‌های بارش می‌توان از CHIRPS, TRMM, GPM, TERRA Climate, GRIDMET, ERA5 و GSMaP را نام برد. این پایگاه داده‌ها به‌طور عمده ترکیبی از داده‌های ماکروویو غیرفعال و مادون قرمز حرارتی هستند (Dinku *et al.*, 2010). در این پژوهش از داده‌های بارش موجود در پایگاه داده‌های ارائه‌شده در جدول (۱)، برای بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. این پایگاه‌ها در سامانه Google Earth Engine، موجود و به‌صورت رایگان پس از کدنویسی در این پلتفرم (سکوی) تحت وب، برای مناطق متفاوت و در مقیاس‌های مختلف زمانی قابل استفاده است (Gorelick, 2017; Nouri and Veysi, 2023). هم‌چنین به‌منظور تعیین دقت و اطمینان از صحت برآورد بارش توسط داده‌های ماهواره‌ای، این داده‌ها برای منطقه مورد مطالعه با کمک داده‌های ایستگاه هواشناسی زمینی صحت‌سنجی شدند.

Table 1. Precipitation database table

Database	Type	Bands	Resolution	Temporal coverage
CHIRPS	Reanalysis	1	5.5 km	1981 to present
GSMaP	Unanalyzed	5	11.1 km	1998 to present
ERA5	Reanalysis	9	27.8 km	1940 to present
GPM	Unanalyzed	5	11.1 km	2014 to present
ERA5-Land	Reanalysis	19	11.1 km	1950 to present
PERSIANN	Reanalysis	1	27.8 km	1983 to present

## ۳.۲. برآورد بارش مؤثر

بارش مؤثر به‌عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت منابع آب شناخته می‌شود (Adnan and Khan, 2009). در این پژوهش، پس از تهیه داده‌های بارش از پایگاه‌های مختلف ماهواره‌ای، برای برآورد مقدار بارش مؤثر از سه روش مرسوم در مباحث کشاورزی یعنی روش‌های USDA, ET-Rainfall، و بارندگی قابل اطمینان ۲ استفاده شد. در این پژوهش برای تمامی روش‌های محاسبه بارش مؤثر، مقیاس زمانی ماهانه مورد استفاده قرار گرفته است. روش USDA، به‌دلیل قابلیت بالای خود در تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های محاسبه بارش مؤثر در مباحث آبیاری مطرح است:

$$\text{for } P \leq 250 \text{ mm:} \quad P_{eff} = \frac{P * (125 - 0.2 * P)}{125} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\text{for } P \geq 250 \text{ mm:} \quad P_{eff} = (0.1 * P + 125)$$

از این روش به‌طور عمده در مطالعات ماهانه استفاده می‌شود و می‌توان آن را برای دوره‌های ۱۰ روزه نیز به‌کار برد. در این روابط،  $P_{eff}$  بارش مؤثر و  $P$  کل میزان بارش (میلی‌متر) است.

روش ET-Rainfall (نسبت تبخیر- تعرق پتانسیل به بارش)، براساس اطلاعات تبخیر- تعرق، به تحلیل بارش مؤثر می‌پردازد. این روش با بهره‌گیری از داده‌های متنوع و جزئیات آبیاری، می‌تواند دقت بالایی در تخمین بارش مؤثر داشته باشد. در این روش، محاسبات براساس گروه‌های موجود در جداول مربوطه و براساس بافت خاک، میانگین ماهانه تبخیر- تعرق و نوع گیاه، تعیین می‌شود. در واقع، در این روش مقادیر بارش مؤثر براساس گروه‌بندی مشخصی از روزهای فصل رشد با توجه به نسبت تبخیر- تعرق پتانسیل (که معمولاً برابر ۰/۸ تبخیر از طشتک کلاس A است) به کل بارندگی به‌دست می‌آید. در این محاسبات دوره‌های بدون بارش حذف می‌شود و نسبت‌ها برحسب درصد، برای هر دوره بیان می‌شود. سپس محاسبات مربوط به میانگین ماهانه و کل فصل رشد انجام می‌شود.

روش بارندگی قابل اطمینان براساس رابطه (۵) می‌باشد:

$$\text{If } P \leq 70 \text{ mm:} \quad P_{eff} = 0.6P - 10 \quad (\text{رابطه } ۵)$$

$$\text{If } P \geq 70 \text{ mm:} \quad P_{eff} = 0.8P - 24$$

در این روش،  $P$  بارش ماهانه و  $P_{eff}$  بارش مؤثر ماهیانه با احتمال ۸۰ درصد می‌باشد. این روش را نیز می‌توان برای دوره‌های ۱۰ روزه به‌کار برد. روش‌های مذکور در منابع مختلف به‌عنوان روش‌های قابل‌قبول در برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری شناخته شده‌اند (Adnan and Khan, 2009).

### ۳. نتایج و بحث

به‌منظور تعیین شاخص بارش، در ابتدا داده‌های روزانه بارش ایستگاه هواشناسی به حالت ماهانه و سالانه تبدیل و مقدار عملکرد براساس رابطه (۱) محاسبه گردید (جدول ۲). حداکثر مقدار بارش در ماه فوریه و سپس ماه ژانویه در فصل زمستان می‌باشد و حداقل بارش مربوط به ماه‌های ژوئن و سپتامبر یعنی در انتهای بهار و انتهای تابستان می‌باشد. همچنین تعداد روزهای بارانی برحسب مقیاس‌های ماه و سال مشخص گردید که به‌طور متوسط در هر سال حدود ۳۵ روز بارانی وجود دارد که حداکثر تعداد آن در ماه‌های فوریه و مارچ یعنی در فصل زمستان (تقریباً شش روز) می‌باشد (جدول ۳). کم‌ترین تعداد روزهای بارش مربوط به ژوئن می‌باشد. براساس رابطه (۲)، میزان شاخص بارش برای ماه‌های مختلف، محاسبه و در جدول (۴) ارائه گردیده است. همچنین میزان این شاخص به‌صورت فصلی و سالانه در جدول (۵) ارائه شده است.

Table 2. Rainfed fig yield (kg/ha) and monthly and annual rainfall (mm)

Year	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual rainfall	Yield
2005-2006	0.0	62.7	0.0	53.0	14.8	22.4	0.0	2.0	0.0	2.6	23	0.0	180.5	809.5
2006-2007	0.0	12.0	106.2	29.8	98.9	40.9	56.9	52.0	0.0	0.0	13	0.0	409.7	809.5
2007-2008	3.0	21.4	1.42	42.1	2.0	0.0	6.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	78.5	342.2
2008-2009	0.0	24.2	42.8	18.1	18.3	99.5	31.8	0.0	3.13	0.0	10.2	0.0	248.2	511.5
2009-2010	0.0	0.0	0.0	4.0	63.1	6.4	23.2	2.6	0.0	2.6	0.0	1.2	103.1	542.4
2010-2011	0.0	34.2	0.0	107.8	87.9	4.4	12.4	0.0	0.0	0.6	12.8	0.0	260.1	409.5
2011-2012	1.4	49.5	17.1	46.8	106.9	49.2	1.3	0.0	1.6	0.1	0	0.8	274.7	528.7
2012-2013	0.1	47.3	0.0	43.4	3.8	22.3	68.9	8.3	0.0	0.4	27.2	0.1	221.8	535.9
2013-2014	0.1	43.9	0.2	21.8	30.1	73.4	33.1	4.1	0.0	0.2	0.8	0.0	207.7	535.9
2014-2015	0.0	71.6	37.1	51.6	71.0	55.2	0.0	10.7	0.0	0.8	0.0	0.4	298.4	446.4
2015-2016	0.0	14.2	0.0	46.8	0.5	32.9	11.2	1.4	0.0	1.6	0.0	0.0	108.6	402.6
2016-2017	0.0	7.3	0.6	29.4	277.5	126.2	1.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	444.2	855.6
2017-2018	10.3	24.6	8.5	4.9	40.8	4.8	23.1	8.8	0.0	0.0	0.0	1.5	127.3	663.9
2018-2019	0.4	11.8	93.8	10.2	37.5	122.5	84.8	7.4	0.0	6.6	0.0	0.3	375.3	935.1
2019-2020	0.0	22.7	42.9	143.9	14.6	106.0	59.1	1.6	0.0	5.1	0.4	0.4	396.7	938.2
2020-2021	0.0	1.2	17.4	0.1	22.4	9.3	12.3	0.5	0.0	72.7	0.2	0.0	136.1	744.5
Average	0.9	26.4	34.4	50.2	58.2	47.7	27.4	6.0	0.3	5.5	5.2	0.3	262.4	647.7

**Table 3.** Number of rainy days per month for 16 consecutive years

Year	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Rainy days
2005-2006	0	4	0	3	4	4	0	2	0	1	1	0	19
2006-2007	0	1	6	6	9	5	5	3	0	0	2	0	37
2007-2008	2	7	4	9	2	0	5	1	0	1	0	3	34
2008-2009	1	6	6	6	8	10	10	0	4	0	5	0	56
2009-2010	0	0	0	3	7	3	5	3	0	1	0	1	23
2010-2011	0	5	0	9	11	2	3	0	0	1	4	0	35
2011-2012	2	6	5	5	6	4	2	0	1	1	0	3	35
2012-2013	1	7	0	6	2	4	6	3	0	1	5	1	36
2013-2014	1	4	1	5	4	10	2	2	0	1	1	0	31
2014-2015	0	4	7	6	8	10	0	3	0	1	0	1	40
2015-2016	0	5	0	3	1	6	3	1	0	3	0	0	22
2016-2017	0	3	2	6	10	10	1	3	0	0	0	0	35
2017-2018	2	5	4	1	7	3	7	2	0	0	0	1	32
2018-2019	1	4	5	3	8	8	9	6	0	2	0	1	47
2019-2020	0	4	6	12	3	9	8	2	0	3	1	1	49
2020-2021	0	1	3	1	4	3	2	1	0	5	1	0	21
Average	0.6	3.9	3.5	5.5	5.8	5.9	4.2	1.9	0.3	1.2	1.2	0.7	34.6

**Table 4.** Distribution of monthly rainfall index

Year	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
2005-2006	0.0	64.6	0.0	29.1	10.2	15.2	0.0	2.1	0.0	2.1	19.6	0.0
2006-2007	0.0	3.1	183.6	32.7	152.8	34.8	68.1	80.4	0.0	0.0	22.1	0.0
2007-2008	10.2	38.6	1.6	69.3	0.7	0.0	8.2	0.5	0.0	0.0	0.0	3.0
2008-2009	0.0	37.4	74.0	19.9	25.2	169.2	76.2	0.0	42.6	0.0	43.4	0.0
2009-2010	0.0	0.0	0.0	2.2	75.8	3.3	27.8	4.0	0.0	2.1	0.0	1.7
2010-2011	0.0	44.0	0.0	177.3	166.0	1.5	8.9	0.0	0.0	0.5	43.5	0.0
2011-2012	4.8	76.5	24.6	42.8	110.1	33.5	0.6	0.0	5.4	0.1	0.0	3.4
2012-2013	0.2	85.3	0.0	47.6	1.3	15.2	99.0	12.8	0.0	0.3	115.6	0.1
2013-2014	0.2	45.2	0.1	19.9	20.7	124.8	15.9	4.2	0.0	0.2	0.7	0.0
2014-2015	0.0	73.8	74.8	56.6	97.5	93.8	0.0	16.5	0.0	0.6	0.0	0.6
2015-2016	0.0	18.3	0.0	25.7	0.1	33.6	8.0	0.7	0.0	3.9	0.0	0.0
2016-2017	0.0	5.6	0.3	32.2	476.5	214.5	0.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2017-2018	35.0	31.7	9.8	0.9	49.0	2.4	38.7	9.1	0.0	0.0	0.0	2.1
2018-2019	0.7	12.2	135.1	5.6	51.5	166.6	182.7	22.9	0.0	10.7	0.0	0.4
2019-2020	0.0	23.4	74.2	315.7	7.5	162.2	113.2	1.6	0.0	12.4	0.3	0.6
2020-2021	0.0	0.3	15.0	0.0	15.4	4.7	5.9	0.3	0.0	294.3	0.2	0.0

**Table 5.** Seasonal and annual rainfall index for 16 years

Year	Fall	Winter	Spring	Summer	Annual
2005-2006	48.5	32.1	12.2	18.9	99.0
2006-2007	2.3	334.1	162.3	9.6	437.5
2007-2008	58.2	46.3	3.9	0.0	77.0
2008-2009	32.8	107.4	218.9	44.3	401.1
2009-2010	0.2	45.4	29.5	1.0	68.4
2010-2011	33.0	265.1	7.0	24.8	262.7
2011-2012	109.9	185.1	25.3	1.3	277.5
2012-2013	82.6	25.6	107.8	61.2	230.5
2013-2014	42.5	35.3	129.0	0.7	185.8
2014-2015	69.5	227.1	71.4	0.3	344.5
2015-2016	13.7	12.8	37.9	1.8	69.0
2016-2017	4.2	374.9	151.0	0.0	448.72
2017-2018	56.3	44.1	36.7	0.0	117.57
2018-2019	14.5	153.3	411.5	4.9	509.11
2019-2020	22.3	286.5	263.9	8.1	561.04
2020-2021	0.2	21.6	11.1	161.6	82.49



در ادامه رابطه میزان عملکرد و شاخص بارش ماهانه طی معادلات رگرسیون چندمتغیره تعیین گردید که رابطه آن به صورت زیر تعیین شد. داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۵-۲۰۰۶ الی ۲۰۲۰-۲۰۲۱ می‌باشند.

$$y = 0.987Nov - 1.711Dec + 0.308Jan + 0.548Feb + 1.446Apr + 1.269May + 0.602Jun + 0.336Jul - 1.185Aug \quad (۶)$$

در این رابطه ضرایب ماه‌های مارچ، سپتامبر و اکتبر به علت معنی‌دار نبودن تأثیر این ماه‌ها در رابطه نهایی حذف گردید.

با توجه به نتایج می‌توان گفت که ماه‌های آوریل و سپس ماه می و نوامبر بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر میزان عملکرد نهایی داشته‌اند. منفی بودن تأثیر بارش در ماه مرداد می‌تواند به علت رسیدگی کامل میوه در این ماه و کاهش عملکرد به علت بارش در این مرحله جمع‌آوری میوه‌ها باشد. بنابراین می‌توان گفت که بارش تنها در اوایل فصل تابستان بر عملکرد درخت تأثیر مثبت دارد.

هم‌چنین ارتباط میزان عملکرد و شاخص بارش فصلی به صورت زیر مشخص شد:

$$y = 0.377 Spring + 0.258 Summer + 0.357 Winter \quad (۷)$$

بر اساس روابط فوق برای شاخص بارش فصلی می‌توان گفت که فصل بهار و زمستان بیش‌ترین اثر را بر میزان عملکرد دارد.

هم‌چنین رابطه میزان عملکرد و شاخص سالانه در شکل (۲) ارائه شده است.

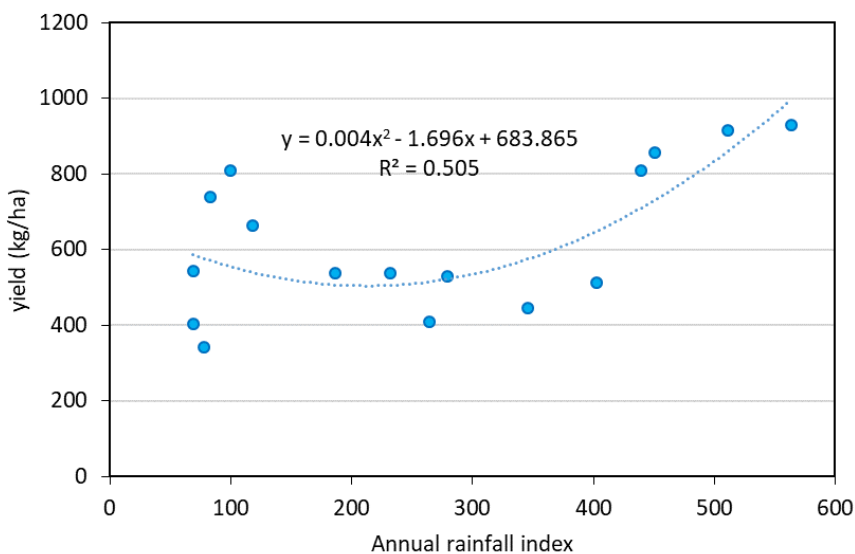


Figure 2. Relationship between fig yield (kg/ha) and annual rainfall index

همان‌طور که در نمودار شکل (۲) دیده می‌شود مقدار عملکرد با افزایش مقدار بارندگی افزایش می‌یابد. این ارتباط برای سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۷ توسط Bagheri and Sepaskhah (2014) تعیین شد که معادله نهایی متفاوت می‌باشد و علت آن به میزان بارش‌های متفاوت در نظر گرفته شده در آن دوره مطالعاتی مربوط می‌شود. با در نظر گرفتن کل دوره مطالعاتی به صورت مجموع تمامی داده‌ها، نمودار به صورت شکل (۳) تعیین می‌شود (در این نمودار نقاط توخالی، از معادله نهایی حذف شده است).

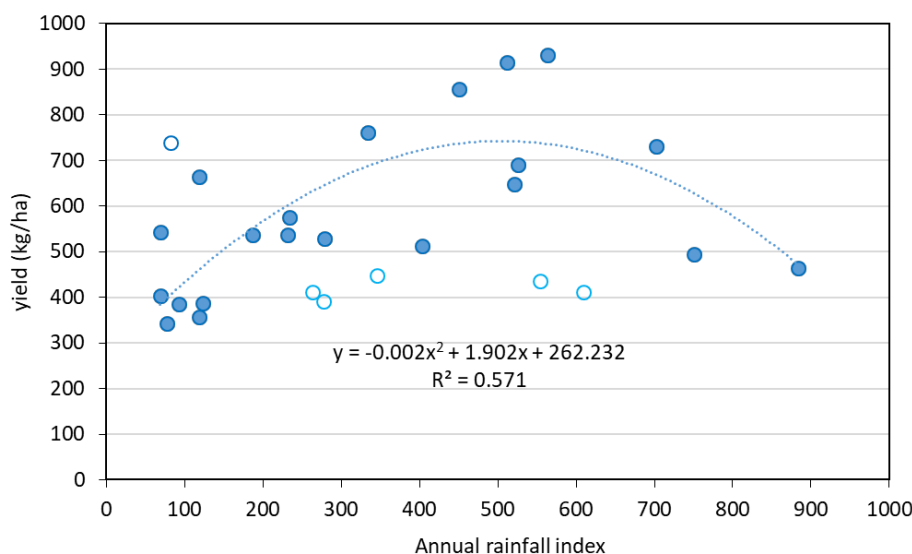


Figure 3. Relationship between fig yield (kg/ha) and annual rainfall index for all data

در شکل (۳) چنانچه مشاهده می‌شود تا مقدار برابر با ۶۰۰، نمودار به صورت افزایشی و پس از آن مقدار عملکرد کاهش می‌یابد. هم‌چنین در تحقیقی مشابه (Rodrigo-Comino *et al.* (2021) بیان کردند که شرایط اقتصادی و اقلیمی بر تولیدات اراضی دیم کشاورزی تأثیرگذار است. آنها، با بررسی همبستگی بین تغییرات بارش و تولید کل زیتون نشان دادند که با افزایش بارندگی در اواسط تابستان و انتهای پاییز مقدار تولید نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین تولید زیتون، به شدت خشکسالی و توزیع ماهانه بارش بستگی دارد.

### ۳.۱. برآورد بارش مؤثر با استفاده از روش‌های مختلف و داده‌های ماهواره‌ای

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که بارش نقش عمده‌ای در تولید محصول در این منطقه دارد. با توجه به گستردگی انجیرستان‌های این شهرستان و عدم وجود ایستگاه هواشناسی در بسیاری از مناطق دوردست دارای باغات انجیر، داده‌های بارش ماهواره‌ای می‌تواند در تعیین مقدار بارش مؤثر در این نقاط کمک کند. بر این اساس، داده‌های بارش ماهانه از پایگاه‌های مختلف ماهواره‌ای تهیه شد. میزان دقت ( $R^2$ ) و معیارهای خطای (RMSE و NRMSE) مربوط به مقایسه داده‌های پایگاه داده‌های بارش در مقایسه با مقادیر ایستگاه زمینی در جدول (۶) ارائه شده است. سپس با کمک روش‌های مختلف، میزان بارش مؤثر به صورت ماهانه تعیین شد (جدول ۷). بر این اساس پایگاه داده GPM مناسب‌ترین معیارهای NRMSE، RMSE و  $R^2$  ارائه کرد که به ترتیب نشانه کم‌ترین خطا و بیش‌ترین دقت برای این پایگاه داده است.

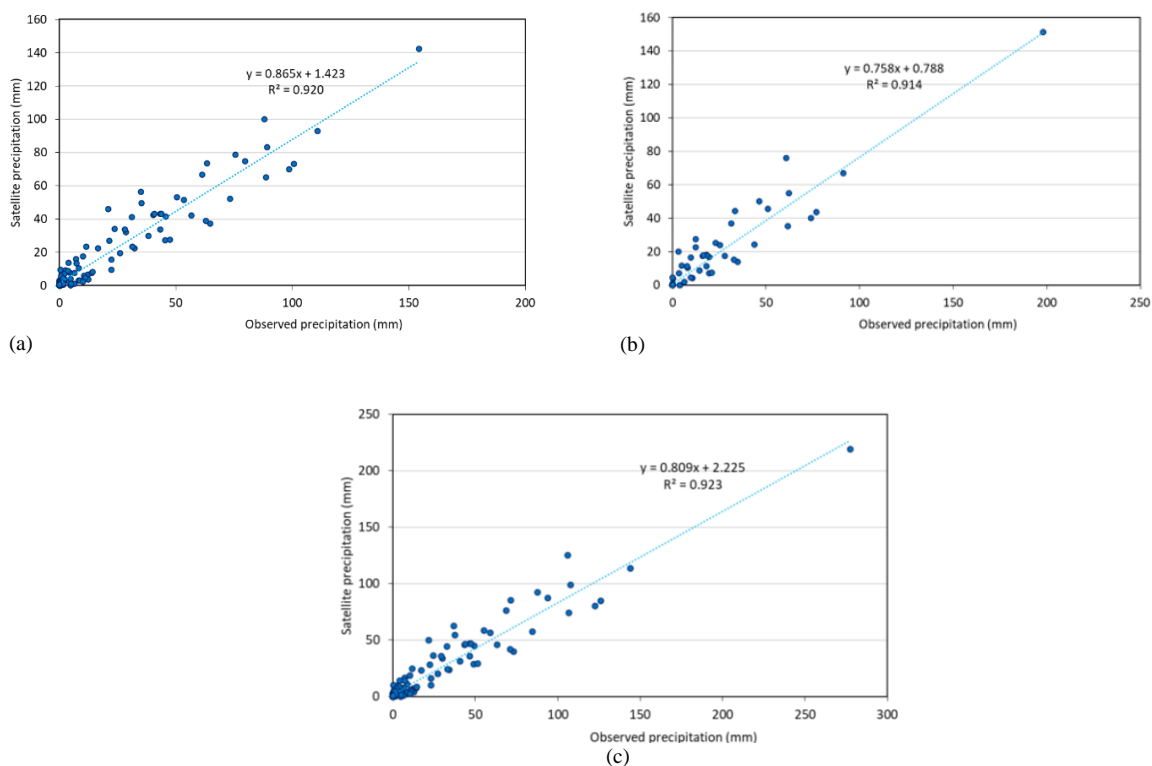
Table 6. Statistical indicators related to Rainfall dataset for a period of time during 2010-2020

Rainfall dataset	RMSE	NRMSE	$R^2$
CHIRPS	21.54	0.99	0.83
ERA5	17.69	0.82	0.90
ERA5-Land	15.46	0.71	0.88
GPM	11.81	0.55	0.92
PERSIANN	18.64	0.94	0.78
GSMaP	28.27	1.42	0.48

**Table 7.** The statistical criteria for different effective rainfall methods for a period of time during 2010-2020

USDA				
Rainfall dataset	RMSE	NRMSE	R <sup>2</sup>	r
CHIRPS	14.69	0.80	0.83	0.91
ERA5	12.28	0.66	0.89	0.94
ERA5-Land	11.80	0.64	0.86	0.93
GPM	8.41	0.46	0.92	0.96
PERSIANN	14.50	0.78	0.76	0.87
GSMaP	20.60	1.11	0.56	0.75
ET Rainfall				
Rainfall dataset	RMSE	NRMSE	R <sup>2</sup>	r
CHIRPS	21.54	0.99	0.84	0.91
ERA5	17.69	0.82	0.91	0.95
ERA5-Land	14.88	0.73	0.88	0.94
GPM	11.81	0.55	0.92	0.96
PERSIANN	19.63	0.91	0.78	0.89
GSMaP	29.45	1.36	0.48	0.70
Dependable				
Rainfall dataset	RMSE	NRMSE	R <sup>2</sup>	r
CHIRPS	15.40	1.59	0.84	0.92
ERA5	12.42	1.28	0.91	0.95
ERA5-Land	15.46	0.71	0.88	0.94
GPM	8.31	0.86	0.91	0.96
PERSIANN	14.68	1.51	0.78	0.88
GSMaP	20.39	2.10	0.35	0.59

هم‌چنین شکل (۴)، نتایج صحت‌سنجی این پایگاه داده با داده‌های زمینی در محاسبه بارش مؤثر به روش‌های مختلف برآورد بارش مؤثر را ارائه می‌دهد.



**Figure 4.** Comparison of effective rainfall with GPM data and using a) dependable b) ET-Rainfal and c) USDA methods for a period of time during 2010-2020

به طور کلی، در میان روش های مختلف برای محاسبه بارش مؤثر، روش USDA به عنوان بهترین گزینه برای نمایش این پارامترها معرفی شد. این روش دقت بالایی در برآورد بارش مؤثر و توانایی مناسب در تطبیق با داده های GPM، نشان داد. پایگاه داده های بارش می تواند امکان فراهم آوردن اطلاعات دقیق و کاربردی برای برآورد محصول انجیر دیم و همچنین تعیین مکان های مناسب برای کشت دیم در منطقه استهبان با توجه به الگوی بارشی آن را فراهم سازد. توجه به پارامترهای اقلیم شناسی کشاورزی می تواند منطقه مناسب برای تولید انجیر را به طور مناسب تری تعیین کند (Bagheri and Sepaskhah, 2014). (Amiji et al., 2019)، در پژوهشی با بررسی اهمیت پهنه بندی باران مؤثر در اراضی تحت کشت گندم دیم در استان خوزستان، مقادیر بارش مؤثر را به روش های FAO، USDA، تجربی و حل معکوس برآورد کردند. نتایج نشان داد، که در ماه های کم بارش، روش USDA، بهترین روش برای برآورد باران مؤثر است. Sun et al. (2022) بیان کردند تخمین های بارش مبتنی بر ماهواره و تحلیل مجدد، مکمل و جایگزین مهمی برای داده های مشاهده ای ایستگاه های زمینی هستند. نتایج آن ها با در رابطه با اندازه گیری های بارش روزانه پایگاه داده های GPM، PERSIANN-CDR، GSMaP، CMORPH، FY-2، IMERG و ERA5 نشان داد که عملکرد این محصولات بارش با توجه به اقلیم مناطق و فصول سال بستگی دارد.

#### ۴. نتیجه گیری

در این پژوهش ارتباط بین میزان عملکرد و شاخص بارش در مقیاس های مختلف زمانی، تعیین شد. بر این اساس بارش در ماه های مختلف بهار و زمستان بیش ترین تأثیر را بر بهبود عملکرد دارد. بنابراین، با توجه به توزیع زمانی بارش، محدودیت های موجود در منابع آب و همچنین دوره رشد گیاه، توصیه می شود در صورت نیاز به انجام آبیاری تکمیلی، این عملیات در ماه ابتدای بهار انجام شود. با توجه به محدودیت در وجود ایستگاه های هواشناسی در مناطق دیم کاری و به ویژه انجیرستان های کشور، مقدار بارش مؤثر براساس روش های مختلف و با ارزیابی پایگاه داده های بارش ماهواره ای تعیین شد. به طور کلی براساس نتایج به دست آمده، می توان GPM را مناسب ترین پایگاه داده و USDA را مناسب ترین روش برآورد بارش مؤثر از میان روش های مورد بررسی معرفی کرد. نتایج به دست آمده، به عنوان پایه ای برای بهبود و بهینه سازی مدل ها و روش های محاسبه بارش مؤثر در مناطق دیم کاری و به ویژه در انجیرستان ها، قابل استفاده می باشد.

#### ۵. پی نوشت ها

1. Effective rainfall
2. Dependable rain method
3. Reanalysis datasets

#### ۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. منابع

- Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2018). Time and amount of supplemental irrigation at different distances from tree trunks influence on soil water distribution, evaporation and evapotranspiration in rainfed fig orchards. *Agricultural Water Management*, 203, 322-332.

- Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Golkar, Gh. R., & Kamali, H. R. (2022). Evaluation of the effect of supplemental irrigation with saline water on quality and quantity of rainfed fig fruit. *Journal of Water and Irrigation Management*, 12(4), 695-711. (In Persian).
- Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Dalir, N., Shabani, A., Honar, T., & Jafari, M. (2019). Supplemental irrigation and pruning influence on growth characteristics and yield of rainfed fig trees under drought conditions. *Fruits*, 74(6), 282-293.
- Adnan, S., & Khan, A. H. (2009). Effective rainfall for irrigated agriculture plains of Pakistan. *Pakistan Journal of Meteorology*, 6(11), 61-72.
- Amiji, M. P., Hooshmand, M., Raja, O., & Liaghat, A. (2019). Effective Rain Zoning in Khuzestan province under autumn rainfed wheat cultivation. *Journal of Water and Irrigation Management*, 2(9), 211-230.
- Bagheri, E., & Sepaskhah, A. R. (2014). Rain-fed fig yield as affected by rainfall distribution. *Theoretical and applied climatology*, 117, 433-439.
- Barideh, R., Veysi, S., Ebrahimipak, N., & Davatgar, N. (2022). The challenge of reference evapotranspiration between the WaPOR data set and geostatistical methods. *Irrigation and Drainage*, 71(5), 1268-1279.
- Dastane, N. G. (1974). *Effective rainfall in irrigated agriculture*, FAO Irrigation and Drainage Paper 25, FAO, Rome.
- Dinku, T., Ruiz, F., Connor, S. J., & Ceccato, P. (2010). Validation and intercomparison of satellite rainfall estimates over Colombia. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(5), 1004-1014.
- Fallah, A., Rakhshandehroo, G. R., Berg, P., O, S., & Orth, R. (2020). Evaluation of precipitation datasets against local observations in southwestern Iran. *International Journal of Climatology*, 40(9), 4102-4116.
- FAOSTAT, F., Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. 2016.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Honar, T., Shabani, A., Abdolahipour, M., Dalir, N., Sepaskhah, A. R., Haghighi, A. A., & Jafari, M. (2021). Rain-fed fig trees response to supplemental irrigation timing and potassium fertiliser in micro-catchment. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(6), 738-749.
- Jafari, M., Haghighi, J. A. P., & Zare, H. (2012). Mulching impact on plant growth and production of rainfed fig orchards under drought conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 428-433.
- Khozaie, M., & Sepaskhah, A. R. (2018). Economic analysis of the optimal level of supplemental irrigation for rain-fed figs. *Iran Agricultural Research*, 37, 17-26.
- Marchi, C. D., Georgakakos, A., & Peters-Lidard, C. (2007). *Probabilistic estimation of precipitation combining geostationary and TRMM satellite data*. IAHS Press.
- Nouri, M., & Veysi, S. (2023). Drought Monitoring and Trend Analysis by Using Rainfall Products ERA5, CHIRPS, and PERSIANN-CDR Rainfall Products in Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 13(2), 109-123.
- Oweis, T., Hachum, A., & Pala, M. (2004). Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural water management*, 68(3), 251-265.
- Rodrigo-Comino, J., Senciales-González, J. M., Yu, Y., Salvati, L., Giménez-Morera, A., & Cerdà, A. (2021). Long-term changes in rainfed olive production, rainfall and farmer's income in Bailén (Jaén, Spain). *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 6(2), 58.
- Sepaskhah, A., Honar, T., & Rezaee, A. (2003). Effects of rainfall distribution on the dryland wheat yield with an economic analysis in southern provinces of IR Iran. *Iran Agricultural Research*, 22, 89-104.
- Sun, Z., Long, D., Hong, Z., Hamouda, M. A., Mohamed, M. M., & Wang, J. (2022). How China's Fengyun satellite precipitation product compares with other mainstream satellite precipitation products. *Journal of Hydrometeorology*, 23(5), 785-806.
- Tong, K., Su, F., Yang, D., & Hao, Z. (2014). Evaluation of satellite precipitation retrievals and their potential utilities in hydrologic modeling over the Tibetan Plateau. *Journal of Hydrology*, 519, 432-437.
- Veysi, S., Nouri, M., & Jabbari, A. (2024). Reference evapotranspiration estimation using reanalysis and WaPOR products in dryland Croplands. *Heliyon*.
- Yau, S. K., Nimah, M., & Farran, M. (2011). Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 98(12), 1776-1781.
- Zeng, Q., Wang, Y., Chen, L., Wang, Z., Zhu, H., & Li, B. (2018). Inter-comparison and evaluation of remote sensing precipitation products over China from 2005 to 2013. *Remote Sensing*, 10(2), 168.