

Article Type: Technical paper/ Applied

نوع مقاله: فنی ترویجی/ کاربردی

Designing Potential Evaporation Evaluation Software Linkable to NASA POWER Database and Capable of Feasibility Assessment of Evaporation Reduction due to Photovoltaic Panels over Water Bodies

M. Asmani¹, K. Bashirnezhad^{2*}, P. Bashishahabi³, I. Zahmatkesh⁴

1,2,3,4- PhD Student, Assistant Professor, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Mechanics, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran.

* (Corresponding Author Email: bashirnezhad@mshdiau.ac.ir)

Received: 25-11-2020

Accepted: 09-05-2021

طراحی نرم افزار برآورد تبخیر پتانسیل با قابلیت اتصال به پایگاه داده NASA POWER و برآورد امکان کاهش تبخیر ناشی از نصب صفحات فتوولتائیک بر روی پهنه های آبی

مازیار اسمنی^۱، کاظم بشیرنژاد^{۲*}، پیمان باشی شهابی^۳، ایمان زحمتکش^۴

۱، ۲، ۳، ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار، استادیار و دانشیار، گروه مکانیک، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

* (نویسنده مسئول، E-Mail: bashirnezhad@mshdiau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

Abstract

Online evaluation of potential evaporation can be useful in water resources management. In this research, the use of software for smartphones to estimate the potential evaporation from free water surface and ground surface and also to estimate the possibility of reducing evaporation due to the installation of photovoltaic panels on water bodies is considered. The data used is extracted from the NASA-POWER cloud network database and the software intelligently detects the selected point in relation to two states of dry area or water area and performs the relevant calculations. The proposed relation for the evaluation of potential evaporation was analyzed by considering 10 year average data of Doosti dam (2008–2017) and its error rate and some experimental relation of potential evaporation and evaporation from the free water surface with the rate of evaporation from the evaporation pan located at the site were determined. The results indicated that the proposed relation yielded a smaller error compared with all the other relations. In order to evaluate the efficiency of the proposed relation and the data extracted from the NASA POWER database, the evaluations done by the software were compared against the values from the evaporation pans in the synoptic stations in six cities. This revealed the validity of the software outputs to be within 8–16%.

Keywords: Estimation of Potential Evaporation, Smart Software, Evaporation Reduction, Water Resources Management, Photovoltaic Panels.

چکیده

برآورد تبخیر پتانسیل به صورت برخط می تواند در مدیریت منابع آبی پر کاربرد باشد. در این تحقیق استفاده از یک نرم افزار برای گوشی های هوشمند جهت برآورد تبخیر پتانسیل از سطوح آزاد آب و سطح زمین و همچنین، برآورد امکان کاهش تبخیر ناشی از نصب صفحات فتوولتائیک بر روی پهنه های آبی مد نظر می باشد. داده های مورد استفاده از پایگاه داده شبکه ابری NASA-POWER استخراج می شود و نرم افزار به صورت هوشمند نقطه انتخابی را نسبت به دو حالت خشکی یا پهنه آبی تشخیص داده و محاسبات مربوطه را انجام می دهد. رابطه پیشنهادی تحقیق برای برآورد تبخیر پتانسیل با در نظر گرفتن داده های میانگین ده ساله سد دوستی (سال های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۷) مورد بررسی قرار گرفت و میزان خطای آن و برخی روابط تجربی تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطح آزاد آب با میزان تبخیر صورت گرفته از تشت تبخیر مستقر در محل تعیین گردید که نتایج نشان داد، این رابطه نسبت به تمامی روابط مورد بررسی دارای خطای کمتری است. به منظور ارزیابی کارایی رابطه پیشنهادی و داده های دریافتی از پایگاه NASA-POWER، مقدار تبخیر خروجی نرم افزار با مقادیر داده های تشت تبخیر در ایستگاه های سینوپتیک برای شش شهر مقایسه شده و صحت مقادیر خروجی نرم افزار، در بازه ۸ الی ۱۶ درصد برآورد گردید.

واژه های کلیدی: برآورد تبخیر پتانسیل، نرم افزار هوشمند، کاهش تبخیر، مدیریت منابع آب، صفحات فتوولتائیک.

تخمین تبخیر بسیاری از روش‌های تجربی طی ۵۰ سال گذشته بیان شده و بر اساس پارامترهای هواشناسی، روابط تجربی مختلفی ارائه شده است (Asmani و همکاران، ۲۰۲۰). در سال‌های اخیر امکان محاسبه تبخیر به صورت بر خط فراهم گردیده که این امر مدیریت منابع آبی را بهینه می‌نماید (Adhikari و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از مزایای بزرگ استفاده از برنامه‌های گوشی‌های هوشمند در دسترس بودن و برخط بودن آن است که کمک بزرگی برای تصمیم‌گیری‌های این حوزه می‌باشد. محققان کشاورزی و متخصصان آب‌شناسی از این برنامه‌ها برای مصارف گوناگونی از تعیین آفات تا جدول زمانی آبیاری استفاده می‌کنند (Vellidis و همکاران، ۲۰۱۶). بر همین اساس، چندین برنامه جهت گوشی‌های همراه ایجاد شده است. به طور مثال Vellidis و همکاران (۲۰۱۵) برای جدول زمان‌بندی آبیاری کتان نرم‌افزاری ایجاد نمودند. با این وجود، تاکنون در مجلات علمی هیچ مقاله‌ای در مورد نرم‌افزارهای گوشی‌های هوشمند به منظور محاسبه تبخیر و کاهش میزان تبخیر بر اثر نیروگاه‌های شناور صفحات فتوولتائیک به صورت خودکار و بر اساس داده‌های شبکه‌های ابری هواشناسی از نقاط مختلف جغرافیایی منتشر نشده است. محدودیت اصلی توسعه چنین امری در مقیاس گسترده، داده‌های ورودی آب و هوایی است که اکثرًا از ایستگاه‌های زمینی خودکار جمع‌آوری می‌شود. داده‌های شبکه‌ای نظیر NASA-POWER که براساس دریافت داده‌ها از ایستگاه‌های زمینی و ماهواری‌های فعالیت می‌نمایند، می‌تواند چنین محاسباتی را به صورت هوشمند و برخط برای هر نقطه از دنیا عملی سازد.

می‌آید که API^۱ مورد نظر در نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفته تا بتوان داده‌های مورد نیاز در محاسبات نرم‌افزار را دریافت نمود. دسترسی به این داده‌ها از طریق وبگاه اینترنتی به نشانی <https://power.larc.nasa.gov/> امکان‌پذیر است.

• **روابط تجربی تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطوح آزاد آب**
 برخی روابط تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطوح آزاد آب که کاربرد بیشتری دارند، در جدول (۱) ارائه شده‌اند. از این روابط در این پژوهش مطابق جدول (۲) استفاده گردیده است.
 در معادلات این جدول، T میانگین دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد، e_s فشار بخار اشباع آب در هوا برحسب میلی‌متر جیوه، e_a فشار واقعی بخار آب در هوا برحسب میلی‌متر جیوه، U سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برحسب متر بر ثانیه، RH میانگین رطوبت نسبی هوا برحسب درصد، C ضریب ثابت برای دریاچه‌های عمیق برابر با $3/5$ و برای دریاچه‌های کم‌عمق $0/5$ و D ساعات روشنایی روز می‌باشد.

براساس مقادیر محاسبه شده متوسط جهانی، استفاده از آب در مصارف کشاورزی به تنهایی ۷۰ درصد از آب موجود در رودخانه‌ها و منابع آب زیرزمینی را شامل می‌شود (Siebert و همکاران، ۲۰۱۳). کل مساحت زیر کشت جهان برابر با $307/6$ میلیون هکتار بوده که کشورهای چین و هند با مجموع ۷۰ میلیون هکتار به ترتیب مقام‌های اول و دوم سطح زیر کشت را دارند (FAO، ۲۰۱۶). در کشورهای در حال توسعه، ۹۰٪ مصرف آب، صرف کشاورزی شده و آب نقش اساسی در امنیت و تولیدات غذایی دارد (Siebert و همکاران، ۲۰۱۳). به عنوان مثال، در برزیل $67/2$ ٪ منابع آب صرف کشاورزی می‌شود که این میزان متوسط سالانه برابر با $969 \text{ m}^3/\text{s}$ می‌باشد (An و همکاران، ۲۰۱۷). آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی ایران در بخش‌های زراعت، باغبانی، دام، طیور، آبخیزداری، بیابان‌زدایی، شیلات، آبی‌پروری و صنایع تبدیلی و تکمیلی برابر با ۹۲٪ منابع آبی کشور است. استفاده خارج از کنترل آب در نهایت منجر به نابودی منابع آب می‌شود (Silva و همکاران، ۲۰۱۶). بر همین اساس، طی ده سال گذشته تلاش‌های فراوانی به منظور حفظ منابع آب و مدیریت آن صورت پذیرفته است (Siebert و همکاران، ۲۰۱۳).

سنجش میزان تبخیر از پهنه‌های آبی یک پارامتر مهم در مطالعات هواشناسی، آب‌شناسی و مدیریت منابع آبی می‌باشد (Allen و همکاران، ۲۰۱۱؛ de Sousa Lima و همکاران، ۲۰۱۳). برای

مواد و روش‌ها

• داده‌های هواشناسی

سیستم برخط داده‌های هواشناسی (NASA، ۲۰۲۰) به منظور تأمین اطلاعات هواشناسی برای استفاده مستقیم در کشاورزی، تولید برق و هواشناسی کاربردی، ایجاد شده است (Stackhouse و همکاران، ۲۰۱۵).
 از این پایگاه داده در مقالات معتبر متعددی استفاده شده است که این امر موید صحت داده‌های آن می‌باشد (Junior و همکاران، ۲۰۱۹). این سیستم، اطلاعات را به صورت مستقیم از منابع داده و از سیستم‌های داده‌های شبکه‌ای مختلف جمع‌آوری می‌کند. برای مثال، داده‌های روزانه برخط برای دمای هوا و رطوبت نسبی از مدل جهانی GEOS-4 و داده‌های بارشی ایستگاه‌های سینوپتیک، جمع‌آوری می‌شود. داده‌های مورد نیاز از پایگاه داده NASA-Power با استفاده از پروتکل <http> قابل استخراج است. برای این منظور لازم

جدول ۱- روابط تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطح آزاد

پارامتر مورد ارزیابی	نام روش	معادله
تبخیر از سطح آزاد	ایوانف	$E = 0.0018(T+25)^2(100-RH)$
	هنفر	$E = 0.028U_2(e_s - e_a)$
	شاهتین	$E = 0.0116 + 0.017U_2(e_s - e_a)$
	مارسیانو	$E = 0.03U_2(e_s - e_a)$
	دفتر عمران امریکا	$E = 0.883(4.57T + 43.3)$
	مایر	$E = (1 + U_2/16)C(e_s - e_a)$
تبخیر پتانسیل	هامون	$E = 0.03523R_s(0.014T - 0.37)$
	جنسن-هیز	$E = 0.63D^2 10^{(7.5T)/(T+273)}$

• معرفی و بکارگیری رابطه پیشنهادی برآورد تبخیر اسمنی- بشیرنژاد- شهابی

در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد با استفاده از آزمایش‌های متعدد در دستگاه شبیه‌ساز تبخیر، رابطه (۱) استخراج شده و با استفاده از سه پارامتر دمای متوسط، شدت تابش و سرعت باد، تبخیر از سطوح آزاد آب/ تبخیر پتانسیل را برآورد می‌کند (Asmani و همکاران، ۲۰۲۰).

$$E = 1.16(0.278 T_a + 2.697 W - 0.023 R_s) \quad (1)$$

در این رابطه، T_a به‌عنوان دمای میانگین روزانه برحسب سلسیوس، W سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و R_s نیز شدت

تابش بر حسب وات بر مترمربع است و تبخیر بر حسب میلی‌متر در روز محاسبه می‌شود. رابطه (۱) با در نظر گرفتن داده‌های میانگین ده ساله سد دوستی (سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۷) مورد بررسی قرار گرفت و میزان خطای رابطه فوق و برخی روابط تجربی تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطح آزاد آب (جدول ۱) با میزان تبخیر صورت گرفته از تشت تبخیر مستقر در محل تعیین گردید که مطابق جدول (۲)، این رابطه نسبت به تمامی روابط مورد بررسی دارای خطای کمتری است. میزان تبخیر از سطح دریاچه پشت سد دوستی، بر اساس تبخیر تشت با ضریب اصلاح شده ۰/۷ در جدول (۲) به عنوان شاهد درج گردیده است. همچنین میزان خطای هر روش نسبت به تبخیر محاسبه شده از تشت تبخیر، از رابطه (۲) محاسبه شده است.

بر این اساس چنانچه تبخیر پتانسیل مد نظر باشد از رابطه (۱) استفاده می‌گردد و در صورت پوشیده شدن پهنه‌های آبی با صفحات فتوولتائیک می‌توان به میزان زیادی از تبخیر جلوگیری نمود و چنانچه پهنه آبی با صفحات فتوولتائیک پوشیده گردد برآورد تبخیر از سطح آزاد آب با در نظر گرفتن میزان پوشش از روابط (۳) الی (۶) انجام می‌شود. لازم به ذکر است که در صورت پوشش ۱۰۰٪ به دلیل ساختار سازه‌های مورد استفاده و وجود باد در فاصله مابین صفحات فتوولتائیک و سطح آب، تبخیر تا میزان حدود ۷۰٪ کاهش خواهد یافت (Asmani و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۲- مقایسه خطای رابطه (۱) و روابط تبخیر پتانسیل و تبخیر از سطح آزاد با تبخیر حاصل از تشت، بر اساس داده‌های میانگین ده ساله سد دوستی (سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷)

سال‌های مورد مطالعه	تبخیر اصلاح شده تحت کلاس A	تبخیر پتانسیل (میلی‌متر در سال)			تبخیر از سطح آزاد (میلی‌متر در سال)					
		رابطه ۱	جنسن-هیز ^۱	هامون ^۲	مایر ^۳	دفتر عمران امریکا ^۴	مارسیانو ^۵	شاهتین ^۶	هنفر ^۷	ایوانف ^۸
۲۰۱۷-۲۰۰۷	۲۳۱۴	۲۳۶۳	۳۰۰۴	۲۸۵۶	۲۴۴۷	۱۷۳۱	۲۰۱	۶۳۳	۱۸۸	۲۹۲۵
میزان خطا در مقایسه با تبخیر تشت		٪۲	٪۳۰	٪۲۳	٪۶	٪۲۵	٪۹۱	٪۷۳	٪۹۲	٪۲۶

(۲) درصد خطای تبخیر در هر روش = مقدار تبخیر تشت / ۱۰۰ × (مقدار برآوردی تبخیر از روش‌های مختلف - مقدار تبخیر تشت)

(۳) با پوشش ۲۵ درصد $E_{25\%} = 0.2693 T_a + 2.6171 W - 0.0226 R_s$

(۴) با پوشش ۵۰ درصد $E_{50\%} = 0.2571 T_a + 2.4006 W - 0.0207 R_s$

(۵) با پوشش ۷۵ درصد $E_{75\%} = 0.1826 T_a + 1.7748 W - 0.0153 R_s$

(۶) با پوشش ۱۰۰ درصد $E_{100\%} = 0.0998 T_a + 0.97 W - 0.0084 R_s$

(۳) می‌باشد. داده‌های سه شهر مشهد، اندیمشک و میناب با گستردگی نقاط مختلف ایران از وبگاه داده‌های هواشناسی^۱ صورت گرفت. سه شهر دمشق، میناب، و فرانکفورت نیز که امکان دریافت داده‌های هواشناسی و مقایسه آن‌ها از پایگاه

برای بکارگیری رابطه (۱) در برآورد تبخیر پتانسیل، با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه داده NASA-POWER؛ شش شهر مشهد، اندیمشک، میناب، دمشق، مبنی و فرانکفورت انتخاب شد که داده‌های مورد استناد و محاسبه تبخیر مطابق جدول

داده^{۱۱} meteoblue امکان‌پذیر بود، انتخاب گردیدند و سعی گردید گستردگی وسیعی در انتخاب شهرها در نظر گرفته شود. از پایگاه‌های داده مذکور داده‌های مربوط به تبخیر انتخاب و بر اساس خروجی مورد نیاز به نرم افزار اکسل منتقل و پس از آن در محاسبات مقایسه‌ای از آن‌ها استفاده شد. به دلیل در دسترس نبودن داده‌های کامل موقعیت‌های جغرافیایی، از داده‌های موجود بصورت میانگین سالانه در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ استفاده گردید که اطلاعات موردنظر از پایگاه داده‌های مرتبط بصورت میانگین سالانه قابل استخراج می‌باشد. در بررسی‌های متعدد به وضوح دیده می‌شود که

میزان تبخیر بصورت ماهانه یا سالانه قابل استفاده می‌باشد و در صورت نیاز به داده‌های روزانه میزان تبخیر می‌توان مقادیر ماهانه تقسیم بر تعداد روز در ماه را در نظر گرفت. داده‌های تشت در مقادیر روزانه دارای خطاهای معناداری بوده که در ایستگاه‌های سینوپتیک نیز داده‌های تشت تبخیر معمولاً به صورت ماهانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در جدول (۳) مشاهده می‌شود که خطای رابطه (۱) بر مبنای داده‌های هواشناسی نسبت به تشت تبخیر، در بازه ۸ تا ۱۶ درصد می‌باشد که با توجه به فراگیری داده‌های دریافتی از پایگاه- NASA POWER می‌توان آن را قابل قبول در نظر گرفت.

جدول ۳- مقایسه میزان تبخیر از رابطه (۱) براساس پارامترهای مرتبط و تبخیر روزانه تشت

درصد میزان خطا در برآورد تبخیر متوسط ماهانه تبخیر از رابطه (۱) (میلی متر)	متوسط ماهانه تبخیر تشت (میلی متر)	شدت تابش (وات بر متر مربع)	دما (درجه سانتی‌گراد)			سرعت باد (متر بر ثانیه)			سال	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نقشه	
			متوسط	پیشینه	کمینه	متوسط	پیشینه	کمینه					
۱۶	۱۵۸	۱۸۷	۲۹۰	۱۲,۴۶	۲۰,۳۳	۵,۹۵	۲,۸۷	۴,۶۷	۱,۰۶	۲۰۱۸	۵۹,۴۲	۳۶,۲۳	مشهد
۱۴	۱۵۹	۱۷۶	۲۹۱	۱۲,۰۷	۱۹,۶۶	۵,۸۲	۲,۸۶	۴,۶۳	۱,۰۹	۲۰۱۹			
۱۵	۲۱۵	۱۸۶	۳۵۳	۲۶,۴۴	۳۳,۹۶	۱۹,۹۸	۲,۵۷	۴,۱۰	۱,۰۴	۲۰۱۸	۴۷,۹۳	۳۲,۴۶	اندیمشک
۱۳	۲۱۴	۱۸۹	۳۴۳	۲۵,۲۴	۳۲,۷۳	۱۸,۸۸	۲,۶۰	۴,۱۱	۱,۰۹	۲۰۱۹			
۱۶	۲۵۳	۲۱۸	۳۵۸	۲۷,۵۲	۳۴,۸۱	۲۱,۶۴	۲,۹۱	۵,۱۹	۰,۶۲	۲۰۱۸	۵۷,۱۱	۲۷,۱۵	میناب
۸	۲۳۷	۲۱۹	۳۶۳	۲۶,۵۴	۳۳,۴۷	۲۰,۸۷	۲,۸۹	۵,۱۲	۰,۶۵	۲۰۱۹			
۱۳	۱۷۵	۲۰۱	۳۱۴	۱۷,۸۷	۲۵,۴۱	۱۱,۶۸	۲,۷۰	۴,۵۲	۰,۸۷	۲۰۱۸	۳۶,۴۳	۳۳,۳۸	دمشق
۱۲	۱۷۳	۱۹۷	۳۰۷	۱۷,۱۱	۲۴,۷	۱۰,۹۲	۲,۶۶	۴,۴۹	۰,۸۳	۲۰۱۹			
۱۲	۱۹۸	۲۲۶	۳۸۶	۲۴,۱۵	۳۰,۹۴	۱۸,۷۶	۲,۹۲	۴,۴۷	۱,۳۶	۲۰۱۸	۷۳,۸	۱۸,۸۶	مبئی
۱۵	۱۹۸	۲۳۳	۳۹۲	۲۴,۳۷	۳۰,۸۹	۱۹,۳۲	۲,۹۴	۴,۵۶	۱,۳۱	۲۰۱۹			
۱۴	۱۰۱	۱۱۷	۳۱۱	۱۱,۱۷	۱۶,۰۹	۶,۵۳	۲,۵۷	۳,۸۵	۱,۲۹	۲۰۱۸	۸,۶۳	۵۰,۰۸	فرانکفورت
۱۱	۱۰۲	۱۱۵	۳۰۹	۱۰,۶۱	۱۵,۴۱	۶,۰۵	۲,۶۳	۳,۹۶	۱,۳۰	۲۰۱۹			

به شناسایی آن بوده و میزان کاهش تبخیر را نیز براساس پوشش صفحات فتوولتاییک بیان می‌دارد. کاربرد در این نرم‌افزار ابتدا نقطه مورد نظر خود را بر روی نقشه گرافیکی انتخاب نموده و داده‌های پایگاه داده NASA-Power دریافت و محاسبات براساس رابطه برآورد تبخیر (رابطه ۱) انجام می‌گردد و کاربرد، نتیجه را بر حسب میلی‌متر بر روز مشاهده می‌نماید. چنانچه سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی گوشی فعال باشد، کاربرد قادر به مشاهده موقعیت برخط خود نیز می‌باشد.

برنامه گوشی هوشمند برای دستگاه‌های با سیستم عامل اندروید تدارک دیده شده است و با زبان برنامه‌نویسی

• توسعه نرم‌افزار گوشی هوشمند مبتنی بر اندروید اصول طراحی در این نرم‌افزار که با عنوان Evap-Soft (قابل ارائه در گوگل پلی و دیگر پایگاه‌های داده نرم‌افزارها) شناخته می‌شود، این بوده که بتوان با آن برای کاربرد، برای مکان مورد تقاضای او برآوردی از تبخیر بر اساس رابطه اسمنی-شیرنژاد-شهابی ارائه نمود. از آنجا که استفاده از نیروگاه‌های فتوولتاییک شناور به دلیل کاهش میزان تبخیر منابع آبی، رو به افزایش می‌باشد، این نرم‌افزار علاوه بر محاسبه میزان تبخیر پتانسیل، پیش‌بینی میزان کاهش تبخیر بر اثر وجود صفحات فتوولتاییک را نیز میسر می‌سازد. این نرم‌افزار در صورت انتخاب پهنه‌های آبی قادر

به MPAndroidChart (Shangavi و همکاران، ۲۰۱۸) و به Android Sliding Up Panel (Umano، ۲۰۱۸) اشاره کرد. با دریافت داده‌ها از پایگاه NASA-POWER، براساس متغیرهای جدول (۴)، محاسبات صورت می‌پذیرد (NASA، ۲۰۲۰). فلوچارت استفاده از نرم‌افزار نیز مطابق شکل (۱) می‌باشد.

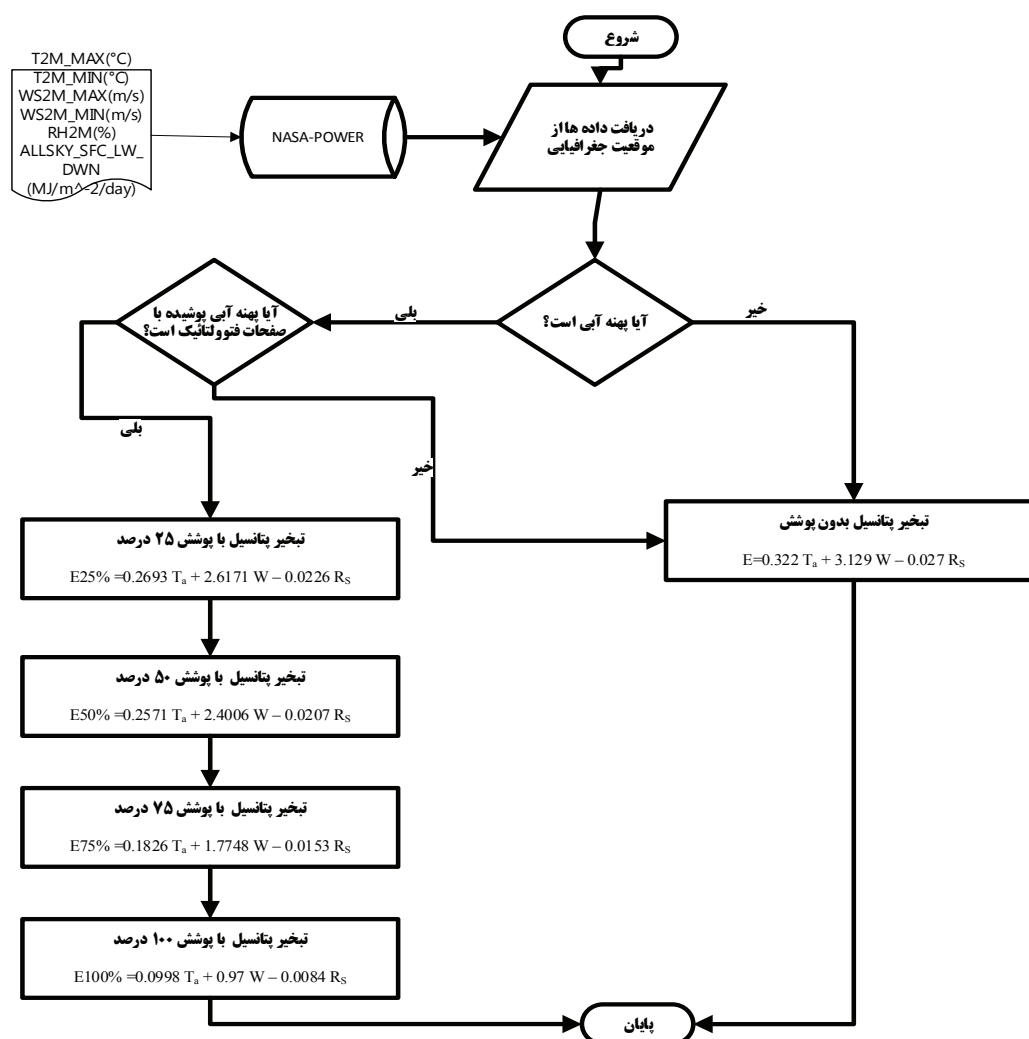
به کمک Android Studio 4.0.1 ارائه شده است. این برنامه از توابع برنامه‌نویسی موجود در Volley می‌تواند به‌صورت همزمان داده‌ها را با استفاده از پروتکل http دریافت و محاسبات لازم را انجام دهد (Inc، ۲۰۱۷). از دیگر توابع کتابخانه‌ای استفاده شده در این برنامه می‌توان

جدول ۴- متغیرهای مورد استفاده از پایگاه NASA-POWER

واحد	شرح	داده هواشناسی پایگاه داده
°C	دمای هوای ماکزیمم در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین	T2M_MAX
°C	دمای هوای مینیمم در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین	T2M_MIN
m/s	سرعت باد ماکزیمم در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین	WS2M_MAX
m/s	سرعت باد مینیمم در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین	WS2M_MIN
%	رطوبت نسبی در ارتفاع ۲ متری	RH2M
MJ/m ² /day	شار تابشی مادون قرمز (شدت تابش)*	ALLSKY_SFC_LW_DWN

* از آنجا که در رابطه (۱) مقدار شدت تابش دارای واحد W/m² می‌باشد، جهت تبدیل مقدار موجود

در پایگاه داده کافیس آنرا در ۱۱/۶ ضرب نماییم (Service N.R.C، ۲۰۲۰).



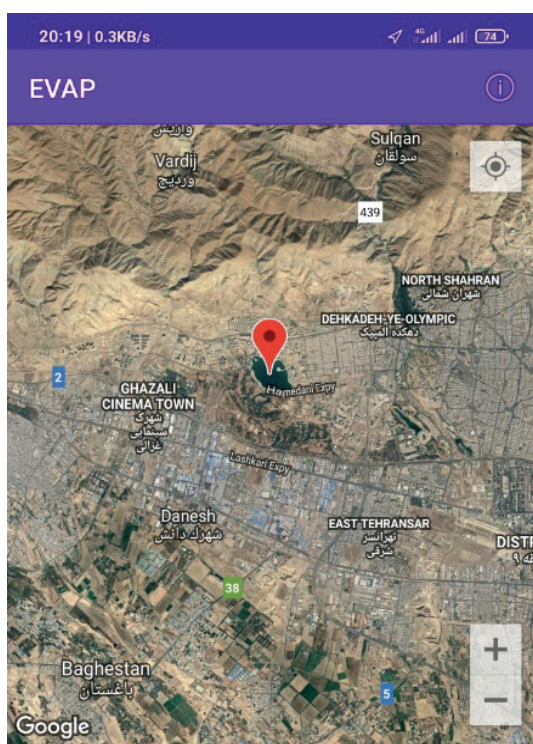
شکل ۱- فلوچارت عملکرد نرم‌افزار

نتایج

با استفاده از نرم‌افزار ایجاد شده مطابق شکل‌های (۲) و (۳)، ابتدا نقطه مورد نظر بر روی نقشه انتخاب می‌شود. سپس، متغیرهای مورد استفاده از پایگاه NASA-POWER برای نقطه مورد نظر قابل مشاهده و محاسبات مربوط به تبخیر پتانسیل برای پهنه آبی در نقطه مورد نظر انجام و با واحد میلی‌متر در روز ارائه می‌شود. لازم به ذکر است محاسبات با استفاده از داده‌های برخط صورت می‌پذیرد. در صورتی که نقطه مورد نظر سطح زمین باشد در کادر قرمز رنگ و در صورت انتخاب سطح آزاد آب دارای کادر آبی می‌باشد. همچنین مقادیر استخراج شده و موقعیت جغرافیایی نقطه مورد نظر در بخش پایین کادر سنجش

تبخیر ارائه می‌شود.

مطابق این شکل‌ها، چنانچه نقطه مورد نظر در یک پهنه آبی قرار داشته باشد، میزان تبخیر در کادر رنگ آبی و در غیر این صورت در کادر رنگ قرمز ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که داده‌های خروجی نرم‌افزار با داده‌های تحت تبخیر ایستگاه‌های سینوپتیک مقایسه شده و مطابقت نسبی داشته است. به عنوان مثال در ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بندرعباس در تاریخ اول آذرماه ۱۳۹۹ میزان تبخیر تحت مقدار ۸/۲ میلی‌متر ثبت شده که با در نظر گرفتن ضریب ۰/۷، مقدار تبخیر برآورد شده برابر ۵/۷۴ میلی‌متر خواهد بود که در مقایسه با مقدار ۶/۰۶ میلی‌متر خروجی از نرم‌افزار، خطای حدود ۵ درصد را نشان می‌دهد.



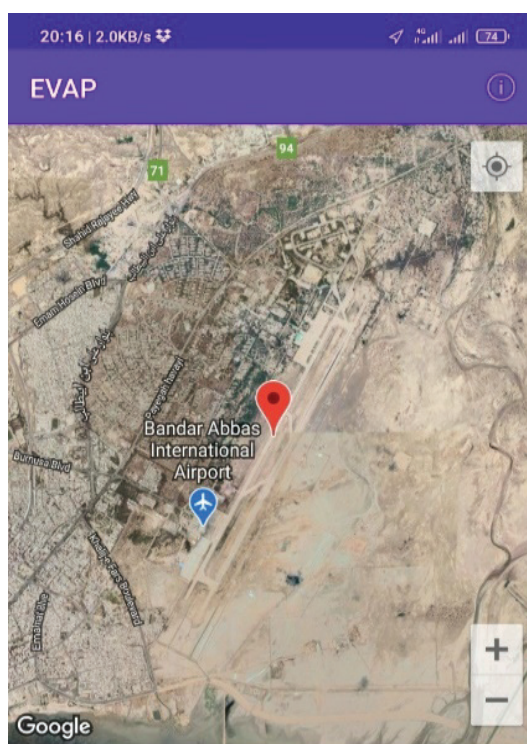
Latitude=35.74

Longitude=51.21

Evaporation Calculate
1.55 mm/day

Wind = 1.85m/s
Temp(MAX) = 18.05°C
Temp(MIN) = 6.2°C
Rs = 300.00w/m²
humidity : 45.52%

Evaporation in FPV
25% : 1.29 mm/day
50% : 1.19 mm/day
75% : 0.88 mm/day
100% : 0.48 mm/day



Latitude=27.22

Longitude=56.38

Evaporation Calculate
6.06 mm/day

Wind = 2.12m/s
Temp(MAX) = 32.04°C
Temp(MIN) = 22.14°C
Rs = 344.16w/m²
humidity : 46.18%

شکل ۳- انتخاب موقعیت جهت محاسبه تبخیر در پهنه آبی (دریاچه چیتگر تهران- تاریخ ۱۳۹۹/۰۹/۰۱)

شکل ۲- انتخاب موقعیت جهت محاسبه تبخیر پتانسیل (فرودگاه بندرعباس- تاریخ ۱۳۹۹/۰۹/۰۱)

تبخیر دست یابیم، لازم است از پایگاه داده هواشناسی هر نقطه جغرافیایی استفاده گردد. همچنین بر روی این نرم افزار قابلیت ارائه برآورد تبخیر پتانسیل بر اساس سایر روش‌های تجربی که بتوان طبق داده‌های پایگاه NASA-POWER محاسبه نمود، وجود دارد.

تقدیر و تشکر

مازیار اسمنی کمال تشکر خود را از استاد اخلاق محمدصالح پردل اعلام می‌دارد که همچون همیشه مشوق وی بوده و هستند.

Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 9(2): 239-246.

Asmani M., Bashirnezhad K., & BashiShahabi P. 2020. Determining the Empirical Relation for Estimating the Evaporation from Open Water Surfaces. International Journal of Future Generation Communication and Networking, 13(4): 1091-1103.

de Sousa Lima J. R., Antonino A. C. D., de Souza E. S., Hammecker C., Montenegro S. M. G. L., & de Oliveira Lira C. A. B. 2013. Calibration of Hargreaves-Samani equation for estimating reference evapotranspiration in sub-humid region of Brazil. Journal of Water Resource and Protection, 5: 1-5.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. AQUASTAT website. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/aquastat/en/>.

Inc, G. Recursions do Android Studio | Android Studio [WWW Document]. 2017. Available from: <https://developer.android.com/studio/features.html>.

Júnior W. M., Valeriano T. T. B., & de Souza Rolim G. 2019. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. Computers and Electronics in Agriculture, 156: 187-192.

NASA, NASA-POWER, in On-Line. 2020. NASA: USA. <https://power.larc.nasa.gov/>

Evap-Soft یک نرم‌افزار گوشی هوشمند برای سیستم عامل اندروید می‌باشد که قادر است تبخیر روزانه را در هر موقعیت جغرافیایی محاسبه کند. داده‌های مورد استفاده از پایگاه داده شبکه ابری NASA-POWER استخراج می‌شود و نرم‌افزار به صورت هوشمند نقطه انتخابی را نسبت به دو حالت خشکی یا پهنه آبی تشخیص داده و محاسبات مربوطه را انجام می‌دهد. این برنامه علاوه بر محاسبه تبخیر می‌تواند میزان کاهش تبخیر ناشی از نصب صفحات فتوولتاییک بر روی پهنه را نیز محاسبه نماید. چنانچه بخواهیم به میزان دقیق‌تری از مقادیر

پی‌نوشت‌ها

1-Application Programing Interface

2-Ivanof

3-Hefner

4-Shahatin

5-Marciano

6-USBR

7-Meyer

8-Hamon

9-Jensen Haise

10-data.irimo.ir

11-<https://www.meteoblue.com/en/weather/archive/era5>

منابع

Adhikari P., Omani N., Ale S., DeLaune P. B., Thorp K. R., Barnes E. M., & Hoogenboom G. 2017. Simulated effects of winter wheat cover crop on cotton production systems of the Texas Rolling Plains. Transactions of the ASABE, 60(6): 2083-2096.

Allen R. G., Pereira L. S., Howell T. A., & Jensen M. E. 2011. Evapotranspiration information reporting: II. Recommended documentation. Agricultural Water Management, 98(6): 921-929.

An N., Hemmati S., & Cui Y. J. 2017. Assessment of the methods for determining net radiation at different time-scales of meteorological variables.

- ture in the municipality of altamira-pa/agricultura irrigada no contexto amazonico: uma abordagem sistematica do uso da agua em uma horticultura no municipio de altamira-pa. *Revista Internacional de Ciências*, 6(1): 29-43.
- Stackhouse P. W., Westberg D., Hoell J. M., Chandler W. S., & Zhang T. 2015. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER)-Agroclimatology methodology-(1.0 latitude by 1.0 longitude spatial resolution). Hampton, NASA Langely Research Center.
- Umano. News Read To You. 2018. Android Sliding Up Panel; Available from: <https://github.com/umano/AndroidSlidingUpPanel>.
- Vellidis G., Liakos V., Andreis J. H., Perry C. D., Porter W. M., Barnes E. M., ... & Migliaccio K. W. 2016. Development and assessment of a smartphone application for irrigation scheduling in cotton. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127: 249-259.
- Service N.R.C. 2020. Solar Radiation Unit Conversions. Available from: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/null/?cid=stelprdb1043619>.
- Shangavi S., Jeyamaalarukan S., Jathevan A., Umatharsini M., & Samarasinghe P. 2018. October. Self-Speech Evaluation with Speech Recognition and Gesture Analysis. In 2018 National Information Technology Conference (NITC) (pp. 1-7). IEEE.
- Siebert S., Henrich V., Frenken K., & Burke J. 2013. Update of the digital global map of irrigation areas to version 5. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Silva E. C. R., Alves F. B., & da Silva I. I. S. 2016. Irrigated Agriculture in the Amazon Context: A Systematic approach to the use of water in a horticultural