



برآورد تبخیر پتانسیل از طریق رگرسیون چند متغیره

نویسنده: مهدی نوربخش (کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (هیدروکلیماتولوژی))

چکیده:

فرآیند تبدیل آب مایع به بخار را تبخیر گویند. در سیکل هیدرولوژی، تبخیر پدیده پیچیده‌ای است که محاسبات گسترده‌ای را طلب می‌کند. در این تحقیق سعی شده تا روش ساده‌ای جهت محاسبه تبخیر پتانسیل ارائه گردد و با کمک گرفتن از روشهای آماری و عناصر اقلیمی مؤثر در تبخیر، میزان تبخیر انجام شده از سطوح آبی محاسبه شود. در این روش از رگرسیون چند متغیره و معادله خط استفاده گردید و از آمار تشت تبخیر به عنوان متغیر تابع و از فاکتورهای دما و کسری اشباع به عنوان متغیرهای مستقل استفاده گردیده است. در نهایت از طریق معادله سه مجهولی، مقادیر مورد نیاز معادله خط، محاسبه شده و براساس این معادله با داشتن دما و کسری اشباع، میزان تبخیر پتانسیل از سطوح آبی قابل محاسبه است. نتایج حاصل از این روش، همخوانی نزدیکی با تبخیر اندازه گیری شده از تشت دارد.

مقدمه

تبخیر یک فرآیند فیزیکی است که منجر به تغییر حالت آب می‌گردد. پدیده تبخیر به محض نزول باران به سطح زمین و حتی قبل از آن و در حین سقوط قطرات باران در سیکل آب وارد می‌شود. تبخیر حتی در سطح برف و یخ نیز انجام می‌گیرد. از دیدگاه آب‌شناسی تبخیر به مجموعه پدیده‌هایی گفته می‌شود که آب را صرفاً از راه یک فرآیند فیزیکی به بخار تبدیل می‌کند.^۱ تبخیر حاصل عملکرد متقابل بسیاری از عناصر اقلیمی است که در رفتار هیدرولوژی یک منطقه تأثیر فراوان دارد. از آنجا که در مناطق گرم و خشکی مانند ایران حجم عظیمی از آب، منابع آب به واسطه تبخیر از دست می‌رود، محاسبه دقیق این پدیده به منظور طراحی نوع مخازن الزامی است. در اهمیت این موضوع همین بس که حدود ۷۵ درصد از کل بارندگی سالانه در سطح کره زمین دوباره به صورت تبخیر و

تعریق به جو برمی‌گردد.^۲

از دیدگاه اقلیم شناسان تبخیر بر چندین نوع است:

- تبخیر^۳ فرآیندی که طی آن آب از حالت مایع یا جامد به حالت بخار یا گاز درمی‌آید.
 - تعرق^۴ یا تبخیر بیولوژیک فرآیندی که طی آن آب از گیاه به جو وارد می‌شود.
 - تبخیر و تعرق واقعی^۵، عبارت از شدت تبخیر و تعرق از هر نوع سطوح مزروعی و در زمان معین می‌باشد.^۶
 - تبخیر و تعرق مطلق^۷، عبارت از شدت تبخیر و تعرق از یک سطح نامحدود مزروعی با ارتفاع گیاهی یکسان می‌باشد که سایه گیاه خاک را کاملاً پوشانده و آب موجود در خاک در حد مطلوب گیاه باشد.
- در این تحقیق منظور از تبخیر، تبخیر از سطوح آب است و روشی

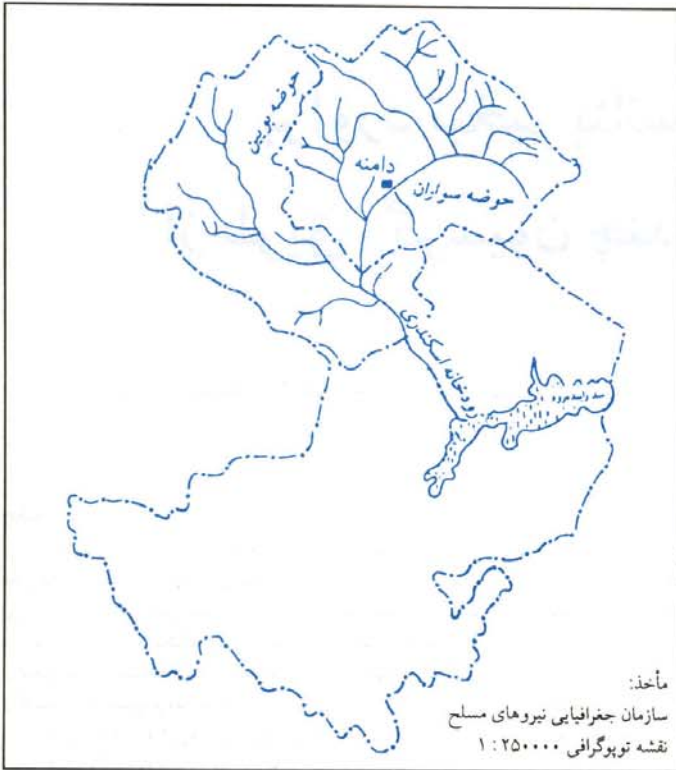
هم که ارائه می‌شود محاسبه مقادیر تبخیر از این سطوح است. همچنین این روش می‌تواند جهت برآورد مقادیر تبخیر برای مناطقی که دارای آمار تشت تبخیر هستند و تکمیل این آمار مورد استفاده قرار گیرد. به منظور ارائه بهتر، این روش در چارچوب یک مطالعه موردی بر روی آمار تشت تبخیر ایستگاه دامنه صورت گرفته است.

موقعیت جغرافیایی ایستگاه مورد مطالعه

ایستگاه دامنه در طول جغرافیایی ۲۹° ۵۰' شرقی، عرض جغرافیایی ۱° ۳۳' شمالی، در ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح آبهای آزاد و در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده است.

ایستگاه مورد نظر در حوضه آبی سواران، زیر حوضه پلاسجان یکی از حوضه‌های آبخیز زاینده رود قرار گرفته است. نقشه شماره ۱ موقعیت حوضه پلاسجان و ایستگاه کلیماتولوژی دامنه را در بین

نقشه شماره (۱)
موقعیت حوضه پلاسجان
در بین حوضه‌های
آبخیز زاینده رود



می‌کند. در واقع پیروی این دو فاکتور از هم کاملاً مشهود است. حداقل کسری اشباع همزمان با پایین‌ترین میانگین دمای ماهانه در ژانویه رخ داده است و حداکثر کسری اشباع در اوت یا یک ماه تأخیر نسبت به بالاترین میانگین دمای ماهانه رخ داده است.

چگونگی محاسبه کسری اشباع

کسری اشباع، اختلاف بین فشار اشباع و فشار بخار هواست. چندین روش جهت محاسبه کسری اشباع وجود دارد که بسته به نوع داده‌های موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در اینجا از روشی استفاده شده است که اطلاعات و داده‌های مورد نیاز آن در تمامی ایستگاههای کلیما تولوژی و سینوپتیک کشور موجود است. داده‌های مورد نیاز عبارتند از:

۱- میانگین درجه حرارت (T mean)

۲- میانگین رطوبت نسبی (RH mean)

با در نظر گرفتن دما از روی جدول شماره ۱ فشار بخار اشباع به دست می‌آید.

حوضه‌های آبخیز زاینده رود معلوم می‌سازد.

بررسی فاکتورهای اقلیمی مؤثر در محاسبه تبخیر:

لازم به ذکر است که در اینجا به آن دسته از عناصر اقلیمی اشاره می‌گردد که در محاسبه تبخیر دخالت داده شده‌اند. تبخیر، متأثر از عوامل زیادی است که مجموعه آنها تبخیر را تحت کنترل خود دارد، اما اساس تبخیر یا محرک اولیه آن به اختلاف بین فشار درون و بیرون مایع یا به عبارتی اختلاف فشار بخار اشباع (ea) و فشار بخار (ed) قرار دارد که به کسری اشباع (ea-ed) معروف است. هر قدر این اختلاف شدیدتر باشد قدرت تبخیرکنندگی افزایش پیدا می‌کند. در واقع کسری اشباع کنترل‌کننده تبخیر است، اما کسری تنها فاکتور مؤثر در تبخیر نیست. دما به عنوان فاکتور ثانویه در بسیاری از نقاط دنیا منجر به کسری اشباع می‌گردد. به خصوص در مناطقی که آب کافی جهت تبخیر وجود ندارد با افزایش دما کسری اشباع افزون می‌گردد.

با مراجعه به جدول شماره ۲ معلوم می‌گردد که اشباع ایستگاه دامنه طی ماههای سرد سال ناچیز و با افزایش دما کسری اشباع نیز افزایش پیدا

جدول شماره ۱ فشار اشیاع به عنوان تابعی از متوسط درجه حرارت^۸

T/C°	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۸	۴۰	
ea/HP	۶/۱	۷/۱	۸/۹	۹/۳	۱۰/۷	۱۲/۳	۱۴	۱۶/۱	۱۸/۲	۲۰/۶	۲۳/۴	۲۶/۵	۲۹/۸	۳۳/۶	۳۷/۸	۴۲/۴	۴۷/۶	۵۳/۲	۵۹/۴	۶۶/۳		

صورت کلی معادله عبارتست از:

$${}^3\Sigma E = A.N + Bed + C\Sigma T \quad (۴)$$

$$\Sigma E ed = A.\Sigma ed + B.\Sigma(ed^2) + C.\Sigma(ed.T) \quad (۵)$$

$$\Sigma ET = A\Sigma T + B.\Sigma(ed.T) + C.\Sigma(T^2) \quad (۶)$$

لازم به ذکر است که ضریب همبستگی چند متغیره از صفر تا یک در نوسان است و هر قدر این ضریب به یک نزدیکتر باشد رابطه متغیرها به خط راست نزدیکتر و برآورد با واقعیت، بیشتر منطبق می شود. با توجه به مطالب فوق، ضریب همبستگی سه متغیره دما، کسری اشیاع و تبخیر حوضه مورد مطالعه عبارتست از:

$$R_{۱,۲,۳} = \sqrt{\frac{(۰.۹۵۲۱۸۰ \times ۰.۹۸۵۶۹۱) - ۲(۰.۹۷۵۰۰۹۹۲۸۲۸ \times ۰.۹۸۰۶۶۰)}{۱.۰۰۰۰۰۰ \times ۱.۰۰۰۰۰۰}} = ۰.۹۹۲۸$$

به طوریکه معلوم گردید ضریب بسیار بالایی بین این سه فاکتور برقرار است و معادله خط آن عبارتست از:

$$E = ۱۷/۸۲۴۶ + ۰/۸۴۵۷۷ed + ۱۱/۷T$$

بدین ترتیب فقط با داشتن دما و کسری اشیاع، مقدار تبخیر پتانسیل منطقه مورد مطالعه برآورد می شود.

جدول شماره ۲ مقایسه‌ای بین تبخیر ماهانه نشت و میزان تبخیر برآورد شده از طریق رگرسیون سه متغیره می باشد. به طوری که در جدول مشخص است در تمام ماهها میزان تبخیر برآورد شده با مقدار تبخیر نشت همخوانی کامل دارد. به گونه‌ای که میزان تبخیر ماههای مشترک نشت و روش برآورد به ترتیب ۱۵۹۵ و ۱۵۹۴/۸ میلی متر است که تنها ۰/۲ میلی متر اختلاف پیدا کرده است.

نمودار شماره ۱ که براساس جدول شماره ۲ تهیه شده است نیز گویای همین امر است. همانطور که از نمودار مشخص است سیر تغییرات تبخیر نشت و تبخیر برآورد بسیار هماهنگ است. کمترین مقدار تبخیر در ژانویه و فوریه و حداکثر تبخیر در ژوئیه رخ داده است.

نتایج و پیشنهادات:

- از آنجا که در بسیاری از نقاط کشور نشت تبخیر وجود ندارد و با آمار آن از قدمت چندانی برخوردار نیست، روش ارائه شده در این مقاله می تواند روش مناسبی جهت برآورد تبخیر باشد.

- از این روش می توان جهت برآورد تبخیر مناطق مختلف که قرابت اقلیمی دارند استفاده کرد.

- روش مذکور می تواند جهت تکمیل و باز سازی آمار تبخیر برای آن دسته از ماههایی که تبخیر، اندازه گیری نشده یا مفقود شده مورد استفاده قرار گیرد.

- چون در این روش به فاکتورهای اصلی تبخیر توجه شده است، میزان تبخیر برآورد شده بسیار نزدیک با واقعیت است.

از رابطه زیر فشار بخار به دست می آید.

$$ed = eax \frac{RH \text{ mean}}{100} \quad (۱)$$

کسری اشیاع نیز از طریق (ea-ed) به دست می آید.

برآورد تبخیر پتانسیل ایستگاه دامنه

همانطور که قبلاً اشاره شده کسری اشیاع عامل اصلی تبخیر است. اگر کسری اشیاع حادث نشود از سایر فاکتورهای مؤثر در تبخیر کناری ساخته نیست. در بسیاری از شرایط، دما کنترل کننده کسری اشیاع است، از این رو از این دو فاکتور اساسی جهت برآورد تبخیر از طریق رگرسیون و ضریب همبستگی چند متغیره استفاده شده است. بدین منظور فاکتورهای دما و کسری اشیاع را به عنوان متغیرهای مستقل و تبخیر را به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته و براین اساس باید ضریب همبستگی و معادله رگرسیونی متغیرها محاسبه شود. معادله رگرسیونی معادله‌ای است برای برآورد یک متغیر تابع مانند x_1 از متغیرهای مستقل x_2 و x_3 ... که آن را معادله رگرسیونی x_1 در مقابل x_2 و x_3 می نامند و آن را $x_1 = f(x_2, x_3, \dots)$ می نویسند. به عبارتی x_1 تابعی از x_2 و x_3 است. برای حالت سه متغیره معادله رگرسیونی x_1 در مقابل x_2 و x_3 به صورت زیر است:

$$x_1 = A + Bx_2 + Cx_3 \quad (۲)$$

چون سه متغیر در اینجا مورد نظر است از این رو بایستی از معادله نرمال سه متغیره، سه مجهولی استفاده گردد. لازم به ذکر است که هرگاه متغیر تابع x_1 در مقابل متغیرهای مستقل x_2 و x_3 بررسی شود هدف مشخص کردن x_1 و تأثیرات x_2 در x_1 و x_3 در x_1 می باشد. بنابراین تأثیر سه متغیر مدنظر است و باید از معادله سه مجهولی استفاده شود، بدیهی است که اگر چهار متغیر مورد نظر باشد از معادله چهار متغیره استفاده می گردد.

ضریب همبستگی براساس فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$R_{۱,۲,۳} = \sqrt{\frac{r_{۱۲}^2 + r_{۱۳}^2 - 2(r_{۱۲} \times r_{۱۳} \times r_{۲۳})}{1 - r_{۲۳}^2}} \quad (۳)$$

که در آن منظور از $R_{۱,۲,۳}$ رگرسیون سه متغیره‌ای است که عامل ۱ تابع و عوامل ۲ و ۳ مستقل هستند و منظور از $r_{۱۲}$ ، $r_{۱۳}$ و $r_{۲۳}$ به ترتیب رگرسیون خطی ساده بین عوامل ۱ و ۲، ۱ و ۳ و ۲ و ۳ است.

در مورد ایستگاه دامنه عامل تابع تبخیر در مقابل عوامل مستقل کسری اشیاع و دما قرار دارد.

در واقع $E = f(ed, T)$ است و معادله خط آن عبارتست از:

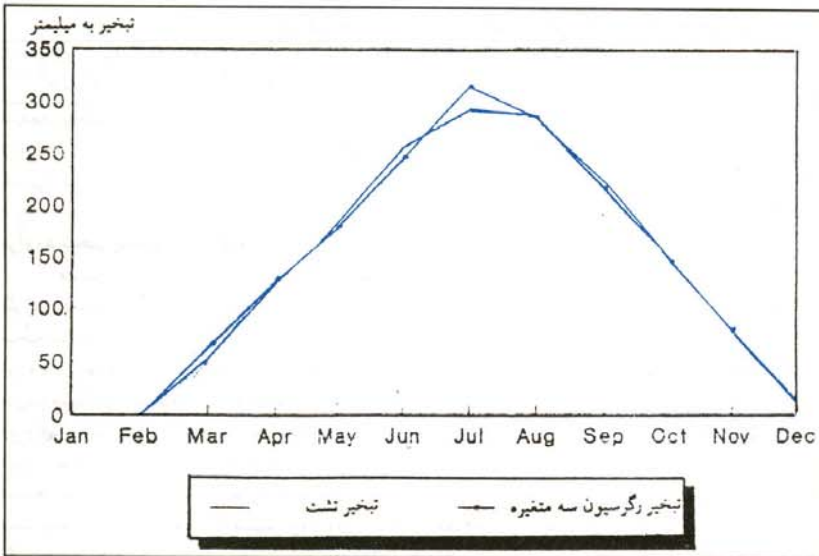
$$E = A + Bed + CT \quad (۴)$$

که در آن $E =$ متغیر تابع (در اینجا تبخیر)
 $T =$ متغیرهای مستقل (در اینجا کسری اشیاع و دما است $N =$ تعداد داده‌هاست.)

$C, B, A =$ مقادیری است که از طریق معادله سه مجهولی به دست می آید.



نمودار شماره (۱)
تبخیر ماهانه تحت
و تبخیر برآورد شده
از طریق رگرسیون
سه متغیره



منابع و مآخذ:

- ۱- آر، اشپیکل؛ نظریه‌ها و مسایل آماری، ترجمه پرویز نیساری، حمیده اسدی.
- ۲- بای بوردی، محمد؛ اصول مهندسی آبیاری، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول، چاپ ششم، سال ۱۳۷۲.
- ۳- جان، هوجانگ؛ اقلیم و کشاورزی، ترجمه، امین علیزاده، عوض کوچکی، انتشارات جابرد، چاپ اول، سال ۱۳۶۸.
- ۴- ز، رمیتانس؛ مهندسی هیدرولوژی؛ ترجمه حسین صدقی، چاپ اول، جلد اول.
- ۵- علیزاده، امین؛ اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ چهارم، سال ۱۳۷۱.
- ۶- علیچانی، بهلول، کاویانی، محمدرضا؛ مبانی آب‌وهواشناسی؛ انتشارات سمت، چاپ دوم.
- ۷- نجمایی، محمد؛ هیدرولوژی مهندسی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ دوم، جلد اول، سال ۱۳۶۹.
- ۸- نوربخش، مهدی؛ هیدروکلیماتولوژی حوضه آبی سواران، رساله کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان، سال ۱۳۷۵.

9 - Penman, H. L. 1956 a "Estimating evaporation" Transactions, American Geophysical union.

پاورقی:

- (۱) ز، رمیتانس؛ مهندسی هیدرولوژی، ترجمه حسین صدقی، جلد اول، چاپ اول، ص ۲۷۲.
- (۲) نجمایی، محمد؛ هیدرولوژی مهندسی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، جلد اول، چاپ دوم، سال ۱۳۶۹، ص ۱۸۴.

- 3) Evaporation
- 4) Transpiration
- 5) Actual Evapotranspiration
- 6) بای بوردی، محمد، اصول مهندسی آبیاری، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، جلد اول، ص ۲۹۱.
- 7) Potential Evapotranspiration

- 8) علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ چهارم، ص ۱۲۹.
- 9) آر، اشپیکل، نظریه‌ها و مسایل آماری، ترجمه پرویز نیساری، حمیده اسدی.

جدول شماره (۲) مقایسه تبخیر تحت و تبخیر برآوردی

ماه	X3	X2	X1	X
ژانویه	-۴/۱	۰/۷	-	۰
فوریه	-۲/۷	۱/۱۴	-	۰
مارس	۲/۹۴	۳/۰۶	-	۵۴/۸۱
آوریل	۸/۸	۵/۶۷	۱۲۸	۱۲۵/۵۸
می	۱۳/۶	۹/۴۲	۱۷۹/۷	۱۸۴/۹۱
ژوئن	۱۹/۳۳	۱۵/۳۷	۲۴۶/۴	۲۵۶/۹۸
ژوئیه	۲۲/۲۳	۱۷/۸	۳۱۴/۸	۲۹۳
اوت	۲۱/۴	۱۹/۹۱	۲۸۴	۲۸۵
سپتامبر	۱۶/۶	۱۲/۷۱	۲۱۶/۷	۲۲۲/۷۶
اکتبر	۱۰/۶	۷/۶	۱۴۵/۲	۱۴۸/۲
نوامبر	۴/۹	۳/۸۹	۸۰/۲	۷۸/۴
دسامبر	-۰/۴۲	۲/۲۳	-	۱۴/۸۸
			۱۵۹۵	۱۵۹۴/۸

نتایج حاصل از مطالعه موردی نشان می‌دهد که دامنه تغییرات تبخیر ماهانه معادل ۳۱۴ میلی‌متر است. طی ماههای ژانویه و فوریه به علت عدم وجود کسری اشباع و دمای زیر صفر، تبخیر بسیار ناچیز است و در ژوئیه، هنگامی که اختلاف بین فشار بخار اشباع و فشار بخار، فاحش است و دما نیز بالا است تبخیر در اوج قرار دارد. این سیر تغییرات به نوعی نشانگر اقلیم بری حاکم بر منطقه با زمستانهای بسیار سرد و مرطوب و تابستانهای گرم و خشک دارد که در رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌های منطقه تأثیر فراوانی را در پی دارد. □