

کاربرد روش رگرسیون وزنی در برآورد تبخیر و تعرق در شرق دریاچه ارومیه (مطالعه موردی: شهرستانهای شرق دریاچه ارومیه)

زینب جوانشیر^۱

خلیل ولیزاده کامران^۲

علی اکبر رسولی^۳

هاشم رستم زاده^۴

چکیده

تبخیر و تعرق بعد از بارندگی اصلی ترین جزء چرخه هیدرولوژیکی است، که تعیین کننده نیاز آبی گیاه می‌باشد. چندین پارامتر اقلیمی نظیر دما، باد، بارش و ساعات آفتابی از جمله عوامل اصلی مؤثر بر نیاز آبی گیاهان یا تبخیر و تعرق می‌باشند. بدیهی است هر گونه تغییر در این پارامترها، بر تبخیر و تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود. مدل‌های رگرسیون سنتی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های فضایی نمی‌توانند با دقت مناسب توزیع فضایی عوامل اقلیمی را شبیه‌سازی کنند. در این تحقیق، از رگرسیون وزنی جغرافیایی جهت تحلیل فضایی توزیع عوامل اقلیمی استفاده شده است. ارتباط بین عوامل اقلیمی و تبخیر و تعرق از طریق محاسبه آماره‌های آن باروشهای کلاسیک آماری امکان پذیر است. که در این مقاله به آن پرداخته شده است. امانت‌نوع اقلیمی در سطح منطقه حالت‌های متفاوتی را در توزیع جغرافیایی این تأثیر نشان خواهد داد. براساس محاسبه همبستگی بین عوامل اثرگذار بر تبخیر و تعرق، عامل شاخص گیاهی بیشترین تأثیر را در تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه دارد. (۵۳ درصد با مساحتی بالغ بر ۴۷۱۷۸ هکتار) اما همانگونه که از نتایج مشخص است، این عدد یک عدد کلی بوده و دربرگیرنده وضعیت کلی منطقه است. و به ویژگی‌های مکانی منطقه اشاره ای نمی‌کند. در نتایج حاصل از رگرسیون وزن دار می‌توان تأثیر عناصر را به صورت مکانی مشاهده نمود. در این تحقیق ارتباط تبخیر و تعرق با شاخص پوشش گیاهی در سال‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین مقدار در طبقه هفتم جدول رگرسیون وزنی با رقم ۱۳/۹۹ و در مساحتی بالغ بر ۲۶۶۶۱ هکتار جای دارد که اثرگذاری مثبت بالایی را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: تبخیر و تعرق واقعی، سبال، رگرسیون وزنی جغرافیایی، شرق دریاچه ارومیه

مقدمه:

پدیده تبخیر - تعرق واقعی یکی از مولفه‌های اصلی تعیین بیلان آبی هر منطقه بوده و همچنین یکی از عوامل کلیدی برای برنامه ریزی درست و مناسب آبیاری برای بهبود راندمان آب مصرفی در منطقه می‌باشد. مدل سبال یکی از الگوریتم‌های سنجش از دور است که تبخیر - تعرق گیاه را بر اساس تعادل لحظه ای انرژی در سطح هر پیکسل از یک تصویر ماهواره ای محاسبه می‌نماید (کریمی، ۱۳۹۰: ۳۵۳). در تحقیقی در مقیاس حوضه آبخیز رودخانه بیردر آمریکا (آلن و همکاران، ۲۰۰۱: ۱) با استفاده از مدل سبال و تصاویر لندست به برآورد تبخیر - تعرق واقعی پرداختند. در این پژوهش نقشه‌های پهنه‌بندی ماهانه تبخیر - تعرق با کمک مدل سبال تهیه شد که توزیع مکانی تبخیر - تعرق را، بخوبی نشان داد. این محققان برای اعتبار سنجی داده‌های مدل سبال از اندازه‌گیری‌های زمینی لایسیمتری استفاده کردند. نتایج حاکی از وجود تفاوت‌های ماهانه با

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند

^۲ دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

^۳ استاد بازنشسته گروه آب و هواشناسی دانشگاه تبریز

^۴ استادیار گروه آب و هواشناسی دانشگاه تبریز

متوسط ± 16 درصد و تفاوت‌های فصلی با متوسط ± 4 درصد به علت خطاهای تصادفی، بود. (ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۰) رگرسیون وزنی جغرافیایی یک تکنیک آماری است که نویسندگان زیادی آن را توسعه داده‌اند. اولین بار، فادرینگام مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی را ارائه نمود. او تلاش کرد جنبه‌های ناهمگونی فضایی را مطالعه کند. ژوان با استفاده از این روش، ویژگی‌های فضایی بارش همراه با تغییرات ارتفاع را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. همچنین ال وی از این مدل برای مطالعه عوامل فضایی که قیمت زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد استفاده کرد. رگرسیون وزنی، وزن‌های نسبی بیشتری به مشاهدات نزدیک تر و وزن کمتر یا صفر به آنهایی که در دور دست‌اند اختصاص می‌دهد. به عبارت دیگر، فقط از مشاهداتی که از لحاظ جغرافیایی نزدیک‌اند برای تخمین ضرایب موضعی استفاده می‌کند. (ملک پور و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۳)، با استفاده از مدل سیال تبخیر - تعرق واقعی گیاه ذرت را در دشت ماهیدشت کرمانشاه با استفاده از ۴ تصویر ماهواره لندست ۵ مورد بررسی قرار دادند و حداکثر درصد خطا بین تبخیر - تعرق محاسبه شده برای محصول ذرت با مدل سیال و مقادیر اندازه گیری شده در لایسیمتر را کمتر از ۱۰ درصد تعیین کرده‌اند. (سپیلی فر و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۱)، با استفاده از مدل سیال به محاسبه تبخیر - تعرق گروه دیگری از غلات (نیشکر) در اراضی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان در جنوب خوزستان پرداخته و نشان دادند که مدل سیال در فصل رشد گیاه از همبستگی خوبی ($R^2=0.77$) با نتایج حاصل پنمن - مانیتث برخوردار است. منطقه مورد مطالعه، شرق دریاچه ارومیه می‌باشد که دلیل مطالعه این بخش، تأثیر خشکسالی‌های اخیر و کاهش آبهای سطحی و زیرزمینی می‌باشد که نیاز به مدیریت منابع آب در این مناطق را افزایش داده است.

منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه بخشی از مناطق شرق حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. مساحت محدوده مورد مطالعه ۵۲۴۲/۵۶۴ کیلومتر مربع و محیط منطقه ۱۳۷۸ کیلومتر می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۱۶۳۱ متر از سطح دریا می‌باشد. شامل دشت‌های شبستر، اسکو، آذرشهر، عجب شیر و بناب، ملکان می‌باشد.



شکل (۱): محدوده منطقه مورد مطالعه

جدول (۱): داده‌های استفاده شده در انجام تحقیق

تصویر ماهواره لندست ۸	برای سالهای ۲۰۱۳-۲۰۱۴-۲۰۱۶-۲۰۱۷
داده‌های هواشناسی	دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای نقطه شبنم، داده‌های تشت تبخیر کلاس، ساعات آفتابی و سرعت باد (روزانه و ساعتی)
نرم افزارها	ENVI 4.8 - Arc GIS 10.3- Excel 2013



در مدل سبال تبخیر - تعرق واقعی از طریق تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی با استفاده از بیلان انرژی سطح محاسبه می‌شود. وقتی که تصویر ماهواره‌ای اطلاعاتی را برای زمان عبور خود فراهم می‌کند سبال شار تبخیر - تعرق لحظه‌ای را برای آن زمان محاسبه می‌کند (ولیزاده کامران، ۱۳۹۰: ۳۳)

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

در رابطه فوق λET تبخیر و تعرق (w/m^2)، R_n شار تابش خالص در سطح زمین (w/m^2)، G شار گرمای خاک (w/m^2) و H شار گرمای محسوس (w/m^2) می‌باشد.

شار تابش خالص در سطح (R_n) با استفاده از تمامی شارهای تابشی فرودی و خروجی از سطح بدست می‌آید. (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۴).

$$R_n = (1 - \alpha)R_{sl} + R_{ll} - R_{lf} - (1 - \epsilon_0)R_{ll} \quad (2)$$

در این معادله α آلبدوی سطحی، R_{sl} تابش موج کوتاه فرودی (w/m^2)، R_{ll} تابش موج بلند فرودی (w/m^2)، R_{lf} تابش موج بلند خروجی (w/m^2) و ϵ_0 گسیلمندی سطحی عریض باند می‌باشد. تابش فرودی موج کوتاه R_{sl} ، شار تابش خورشیدی مستقیم و پراکنده است که واقعاً به زمین می‌رسد. (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۹).

$$R_{sl} = G_{sc} \times \cos \theta \times d_r \times \tau_{sw} \quad (3)$$

در معادله فوق G_{sc} ثابت خورشیدی ($1367 w/m^2$)، $\cos \theta$ کسینوس زاویه فرودی خورشید، d_r معکوس مربع^۱ فاصله نسبی زمین تا خورشید و τ_{sw} ضریب شفافیت اتمسفری می‌باشد.

تابش موج بلند خروجی^۲ (R_{lf})، از معادله استفان - بولتزمن محاسبه می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۹).

$$R_{lf} = \epsilon_0 * \sigma * T_s^4 \quad (4)$$

ϵ_0 گسیلمندی سطحی باند پهن، σ ثابت استفان بولتزمن ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2 / K^2$)، T_s دمای سطح برحسب درجه (K) است.

تابش موج بلند فرودی (R_{ll})، شار تابش حرارتی از اتمسفر بسمت پایین است (w/m^2) که از رابطه استفان - بولتزمن محاسبه می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۳).

$$R_{ll} = 0.85 * (-\ln \tau_{sw})^{0.09} * \sigma * T_{cold}^4 \quad (5)$$

T_{cold} معادل، دمای سطحی پیکسل سرد است و بر حسب کلونین می‌باشد.

شار گرمای خاک، میزان انتقال گرما در خاک و پوشش گیاهی در اثر هدایت مولکولی است. با استفاده از معادله (۲) در روش سبال ابتدا مقدار R_n را محاسبه و سپس از نسبت G/R_n شار گرمای خاک (G) بصورت ذیل محاسبه می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۰۱۵).

$$\frac{G}{R_n} = \frac{(T_s - 273.15)}{\alpha(0.0038\alpha + 0.0074\alpha^2)(1 - 0.98NDVI^4)} \quad (6)$$

(NDVI) شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی می‌باشد. مقدار G با ضرب کردن نسبت فوق در R_n بدست می‌آید.

NDVI شاخصی است که به وضعیت و تراکم پوشش گیاهی حساسیت دارد و در حالت سلامت، پوشش گیاهی امواج باند نزدیک به مادون قرمز را به خوبی منعکس می‌کنند و از رابطه زیر بدست می‌آید (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۹).

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (7)$$

1 inverse squared

2 Outgoing Longwave Radiation

R انعکاس در باند قرمز و IR انعکاس در باند مادون قرمز نزدیک می‌باشند. مقادیر تغییرات بین -۱ و +۱ می‌باشد. سطوح دارای پوشش گیاهی دارای NDVI بین صفر و یک و همچنین آب و ابر دارای NDVI کمتر از صفر هستند و بدون بعد می‌باشد.

شار گرمای محسوس تابعی از گرادیان گرما، زبری سطح و سرعت باد می‌باشد که با استفاده از معادله (۱۲) محاسبه می‌گردد (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۵).

$$H = \frac{\rho \times C_p \times dT}{r_{ah}} \quad (8)$$

ρ چگالی هوا (کیلوگرم بر متر مکعب)، C_p گرمای ویژه هوا (۱۰۰۴ ژول بر کیلوگرم بر کلونین)، dT اختلاف دما بین T_1 و T_2 بین دو ارتفاع Z_1 و Z_2 بر حسب کلونین و r_{ah} مقاومت آبرودینامیکی در برابر انتقال گرما (ثانیه بر متر) می‌باشد. برای ساده‌تر کردن محاسبات، از دو پیکسل سرد و گرم و سرعت باد در ارتفاع معین استفاده می‌کنیم. پیکسل سرد از مزارع با پوشش گیاهی کامل (معمولاً یونجه) و کاملاً آبیاری شده که دمای سطحی و دمای هوای نزدیک سطح برابر فرض می‌شوند و پیکسل گرم هم از اراضی کشاورزی بدون پوشش گیاهی و خشک انتخاب می‌شود. تحلیل‌های رگرسیونی برای الگوبندی رابطه بین یک متغیر با یک یا چند متغیر دیگر از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$i=1 \dots n \quad y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_m x_{mi} + \varepsilon_i \quad (9)$$

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (10)$$

$$\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} X^T W y \quad (11)$$

در این روابط، γ_i مقدار درون‌یابی شده در موقعیت i مقدار β_0 عرض از مبدأ، β_{ik} برابر است با K امین پارامتر موضعی در i امین موقعیت، X_{ik} نشان دهنده K امین متغیر مستقل در i امین موقعیت و n بیانگر موقعیت قبلی است. وزن اختصاص داده شده به هر یک از مشاهدات در GWR^1 بر اساس یک تابع تنزل فاصله در مرکز مشاهده i است. که موقعیت مکانی نمونه‌ها را در نظر می‌گیرد تا پارامترهای تخمین زده شده به صورت موضعی تغییر کند. یک الگوی رگرسیون وزنی بصورت رابطه ۴ نوشته می‌شود:

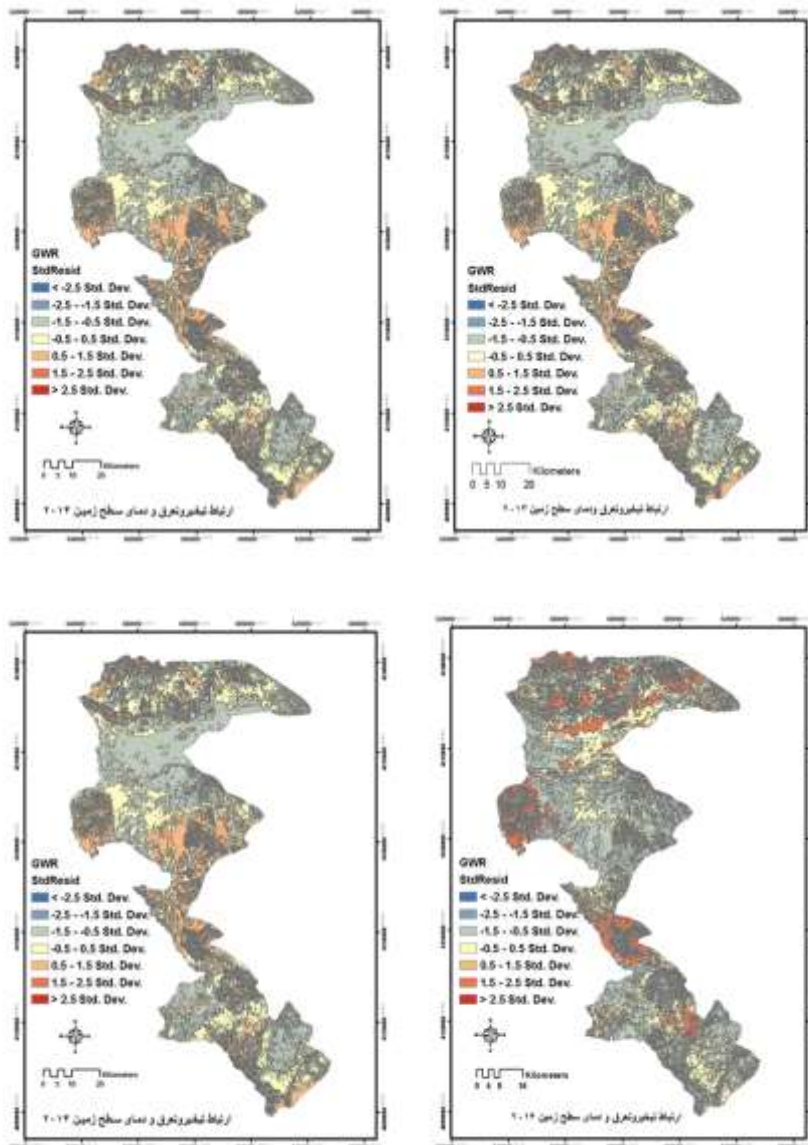
$$y_i(\mathbf{u}) = \beta_0(\mathbf{u}) + \beta_1(\mathbf{u})x_{1i} + \beta_2(\mathbf{u})x_{2i} + \dots + \beta_m(\mathbf{u})x_{mi} \quad (12)$$

در این رابطه بردار (u_i, v_i) مختصات i امین موقعیت و $\beta_0(u_i, v_i)$ و $\beta_k(u_i, v_i)$ پارامترهای تخمین زده شده برای i امین موقعیت که مقادیر آنها با موقعیت تغییر می‌کند. X_{ik} و ε_i به ترتیب متغیرهای مستقل و میزان خطا در موقعیت i می‌باشند. پارامترهای الگوی رگرسیون چندمتغیره خطی بر اساس حداقل مربعات معمولی به صورت ماتریس رابطه ۵ تخمین زده می‌شود:

$$\hat{\beta}(\mathbf{u}) = (X^T W(\mathbf{u}) X)^{-1} X^T W(\mathbf{u}) y \quad (13)$$

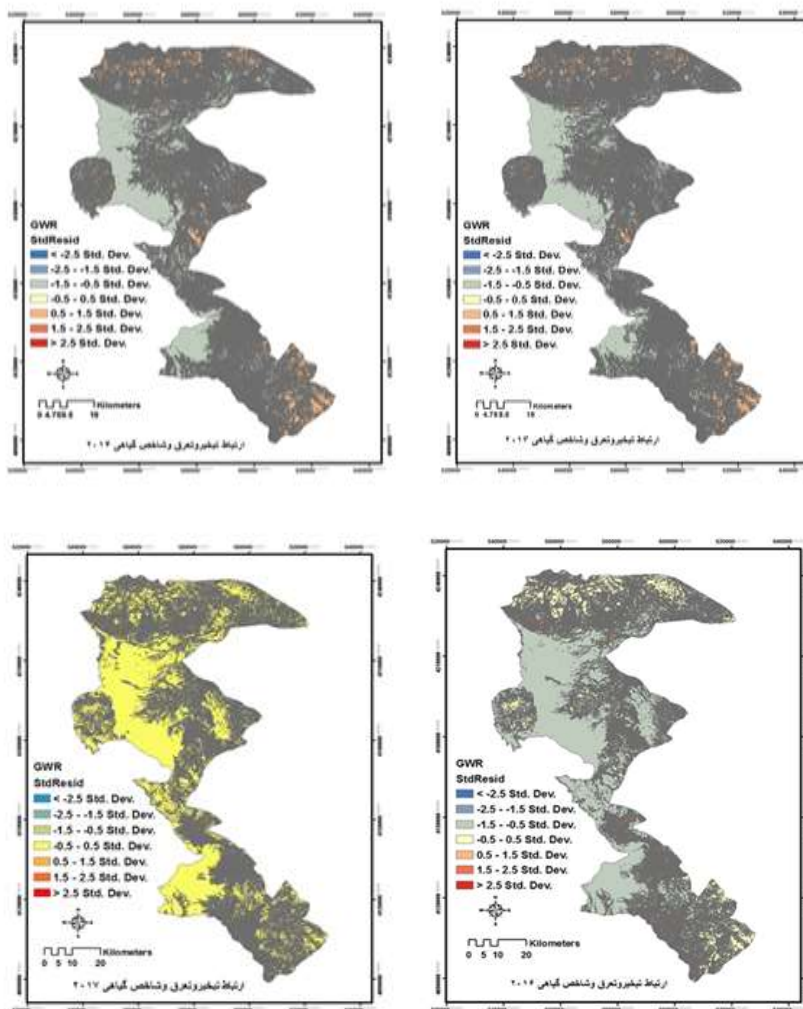
در این رابطه X ماتریس مشاهدات و Y بردار پاسخ است $W(\mathbf{u})$ ماتریس مربع وزن برای موقعیت \mathbf{u} ، در پهنه مورد مطالعه است. $X^T W(\mathbf{u}) X$ ماتریس وارینانس کواریانس وزن جغرافیایی است که باید معکوس گردد و \mathbf{y} بردار متغیر وابسته است. وزن‌های جغرافیایی در ماتریس $W(\mathbf{u})$ بر روی قطر اصلی بوده و سایر درایه‌ها ماتریس صفر هستند. (کریمیان، ۱۳۹۴)

¹ Geographic Weighted Regression



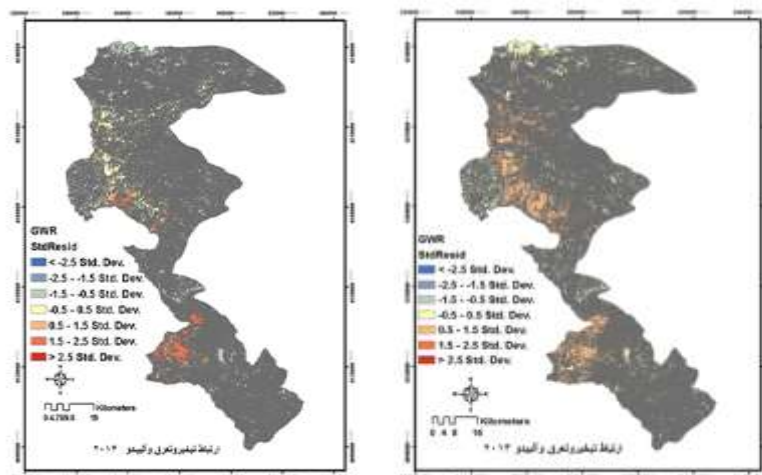
شکل (۲): ارتباط بین تبخیر و تعرق واقعی و دمای سطح زمین در سالهای مورد مطالعه

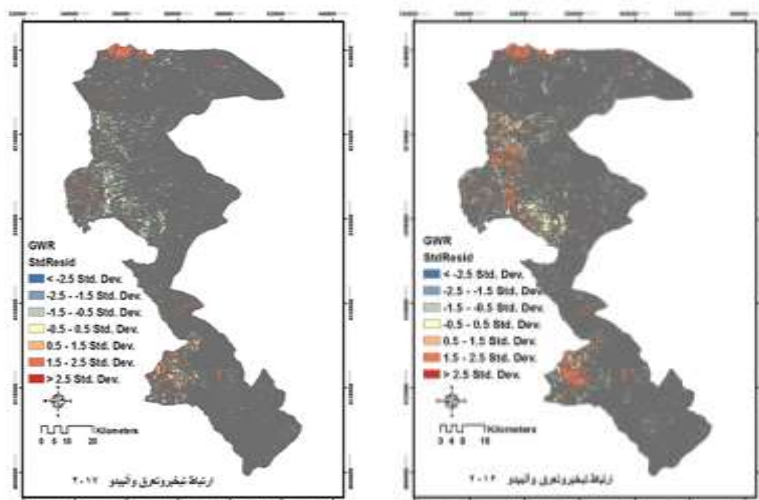
مطابق شکل ۲، ارتباط میان تبخیر و تعرق واقعی و دمای سطح زمین (TS) در سالهای مورد مطالعه بررسی شده است که بیشترین تأثیر گذاری با رنگ قرمز مشخص شده است. رنگ زرد بیانگر عدم اثر گذاری است. تأثیر گذاری مثبت خیلی زیاد به ترتیب از ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ روندی افزایشی دارد.



شکل (۳): ارتباط بین تبخیر و تعرق واقعی و شاخص گیاهی در سالهای مورد مطالعه

شکل ۳ مربوط به اثرگذاری تبخیر و تعرق واقعی بر شاخص گیاهی (NDVI) است. همانطور که مشخص است، ارتباط بین دو متغیر بسیار اندک است و بیشتر داده‌ها در رنج نرمال قرار دارند. اثرگذاری منفی تا اثرگذاری منفی خیلی زیاد با رنگ آبی در سالهای مورد مطالعه مشخص است.





شکل (۴): ارتباط بین تبخیر و تعرق واقعی و آلبیدو در سالهای مورد مطالعه

طبق شکل ۴ طی سالهای مورد مطالعه اثرگذاری مثبت خیلی زیاد با رنگ قرمز خود را نشان می‌دهد. رنگ زرد نشان دهنده ارتباط ضعیف، اما مثبت است. اثرگذاری با شدت بیشتر اما منفی میان این دو متغیر با رنگ آبی نشان داده شده است.

جدول (۲): توزیع درصد تبخیر و تعرق با دمای سطح زمین در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت
۱	۱/۳۶	۱	۱/۳۶	۱	۲/۱۷	۱	۲۹/۵۳	۷۵۳۹۰۸۳
۲	۵/۲۰	۲	۵/۲۰	۲	۸/۹۴	۲	۲۲/۴۸	۲۸۷۱۲۰۵
۳	۱۳/۲۰	۳	۱۳/۲۰	۳	۱۶/۶۵	۳	۱۷/۴۰	۷۲۸۵۹۶۵
۴	۳۵/۲۳	۴	۳۵/۲۳	۴	۳۲/۸۶	۴	۱۳/۰۹	۱۹۴۴۵۸۲
۵	۳۲/۲۰	۵	۳۲/۲۰	۵	۲۸/۳۷	۵	۸/۶۵	۱۷۷۷۰۷۵
۶	۱۲/۷۸	۶	۱۲/۷۸	۶	۱۰/۹۸	۶	۵/۵۰	۷۰۵۷۰۹۰

جدول (۳): توزیع درصد تبخیر و تعرق با پوشش گیاهی در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت
۱	۲۳/۶۶	۱	۲۲/۷۳	۱	-/۰۰۷	۱	-/۰۰۵	۱۳۰۶۰۵۵۷
۲	۳۰/۵۲	۲	۳۱/۲۶	۲	-/۰۰۸	۲	-/۰۱۱	۱۶۸۴۳۴۴۱
۳	۲۶/۴۳	۳	۲۸/۳۷	۳	-/۰۲۵۶	۳	-/۰۳۷	۱۴۵۸۹۵۰۴
۴	۸/۵۴	۴	۷/۶۹	۴	۵۳/۰۱	۴	۵۳/۴۹	۴۷۱۷۸۲۸
۵	۴/۳۴	۵	۴/۰۷	۵	۳۵/۰۲	۵	۳۴/۷۷	۲۴۰۰۲۸۱
۶	۳/۹۹	۶	۳/۷۶	۶	۶/۸۳	۶	۶/۸۷	۲۲۰۳۰۳۵
۷	۲/۴۸	۷	۲/۲۲	۷	۴/۸۴	۷	۴/۴۶	۱۳۶۹۱۷۱

جدول (۴): توزیع درصد تبخیر و تعرق با آلبیدو در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت
۱	-/۰۰۰۰۱۱	۱	-/۰۰۱۴	۱	۹/۴۶	۱	۸/۸۸	۴۸۵۲۱۳۰
۲	-/۰۰۱۰۶	۲	۱۴/۹۷	۲	۲۳/۲۹	۲	۲۱/۵۵	۱۱۷۶۵۵۴
۳	۱۳/۹۰	۳	۲۰/۲۵	۳	۲۴/۹۰	۳	۲۴/۳۷	۱۳۳۰۶۷۶
۴	۲۷/۷۵	۴	۷/۷۸	۴	۱۹/۵۵	۴	۲/۱۴	۱۱۷۱۳۸۱
۵	۲۵/۲۳	۵	۱۷/۹۹	۵	۱۱/۹۴	۵	۲۲/۳۲	۱۲۱۸۷۳۵
۶	۲۰/۰۰۴	۶	۸/۷۰	۶	۷/۱۷	۶	۱۳/۴۶	۷۳۵۲۸۵۲۵۱
۷	۹/۷۹	۷	۱۸/۴۵	۷	۶/۶۶	۷	۵/۹۶	۷۳۵۲۸۵۲۵۱

همانگونه که در جداول شماره ۲ تا ۴ مشاهده می‌گردد ستون مربوط به طبقات Z حاصل از تحلیل رگرسیون وزنی بر روی تبخیر و تعرق بوده و مقادیر ستون سال مربوط به درصد مقدار دمای سطح زمین است. در سالهای مختلف وضعیت‌های متفاوتی مشاهده می‌شود که نشان دهنده تاثیر مکانی دمای سطح زمین در شرایط مختلف است. بررسی توزیع درصد تبخیر و تعرق با دمای سطح زمین در سالهای مورد مطالعه اثرگذاری خنثی و منفی خیلی زیاد را نشان می‌دهد. توزیع درصد تبخیر و تعرق با پوشش گیاهی در سالهای مورد مطالعه، تاثیرگذاری مثبت زیاد را طبق جدول رگرسیون وزنی به نمایش می‌گذارد. توزیع درصد تبخیر و تعرق با آلبیدو، در تمام سالهای مورد مطالعه با تاثیرگذاری منفی زیاد و خنثی مشخص است.

جدول (۵): ارتباط تبخیر و تعرق با دمای سطح زمین در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت	طبقه
۲	۱۶/۱۶	۲	۱۵/۲۲	۲	۸/۲۸	۲	۹/۷۹	۳۳۲۶۶۰	۲
۳	۱۳/۴۱	۳	۱۱/۰۶	۳	۶/۰۰۵	۳	۷/۳۴	۲۸۲۹۰۴	۳
۴	۸/۷۹	۴	۷/۴۵	۴	۴/۸۲	۴	۴/۹۴	۱۴۴۴۰۹	۴
۵	۸/۴۲	۵	۵/۶۰	۵	۳/۵۱	۵	۳/۲۴	۴۹۶۶۴۴	۵
۶	۵/۳۳	۶	۴/۳۱	۶	۲/۵۹	۶	۲/۲۳	۱۱۵۷۱۰	۶
۷	۴/۵۷	۷	۲/۶۴	۷	۲/۰۶	۷	۱/۵۴	۱۲۰۷۲۹	۷

جدول (۶): ارتباط تبخیر و تعرق با شاخص گیاهی در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت	طبقه
۱	۰/۱۶	۱	۳/۲۳	۱	۲/۶۳	۱	۲/۰۷	۳۶۶۳۰	۱
۲	۱/۱۵	۲	۴/۷۸	۲	۳/۹۶	۲	۳/۲۲	۴۴۱۹۰	۲
۳	۱/۷۷	۳	۵/۵۷	۳	۴/۸۱	۳	۳/۳۱	۱۴۴۰۱۸۰	۳
۴	۳/۱۶	۴	۷/۱۱	۴	۶/۹۸	۴	۵/۷۱	۲۸۱۷۰۶۹	۴
۵	۵/۳۳	۵	۹/۱۵	۵	۸/۵۷	۵	۶/۲۵	۱۹۰۰۰۰۶	۵
۶	۷/۴۲	۶	۱۱/۴۹	۶	۹/۱۳	۶	۸/۵۴	۳۸۱۸۸۷	۶
۷	۹/۳۸	۷	۱۳/۹۹	۷	۱۳/۵۵	۷	۱۳/۲۹	۲۶۶۶۱۱	۷

جدول (۷): ارتباط تبخیر و تعرق با آلبیدو در سالهای مورد مطالعه

طبقه	۲۰۱۳	طبقه	۲۰۱۴	طبقه	۲۰۱۶	طبقه	۲۰۱۷	مساحت	طبقه
۱	۱۰/۷۳	۱	۱۸/۴۶	۱	۸/۱۳	۱	۷/۴۶	۴۹۰۴۲۸۰	۱
۲	۵/۹۴	۲	۱۰/۱۹	۲	۴/۹۷	۲	۴/۴۳	۱۱۷۰۷۵۳	۲
۳	۲/۵۱	۳	۶/۵۳	۳	۳/۵۹	۳	۲/۹۰	۱۴۳۹۵۹۶	۳
۴	۱/۲۶	۴	۴/۸۲	۴	۲/۳۷	۴	۲/۹۵	۱۲۱۷۴۶۵	۴
۵	-۰/۳۲	۵	۳/۲۱	۵	۱/۶۱	۵	۱/۳۳	۷۳۷۴۰۶۰	۵
۶	-۰/۱۵	۶	۱/۹۵	۶	۱/۵۱	۶	-۰/۸۷	۳۲۷۵۸۸۳	۶
۷	-۰/۴۴	۷	۱/۷۲	۷	۱/۴۷	۷	-۰/۷۶	۷۱۳۹۷۰	۷

ارتباط تبخیر و تعرق با سه شاخص دمای سطح زمین، پوشش گیاهی و آلبیدو در سالهای مورد مطالعه در جداول ۵ تا ۷ آمده است. این شاخص‌ها همه شاخص‌های تاثیر گذار بر تبخیر و تعرق واقعی نبوده اند. زیرا تبخیر و تعرق واقعی در ارتباط تنگاتنگی با سایر عوامل اقلیمی است. براساس محاسبه همبستگی بین عوامل اثرگذار بر تبخیر و تعرق، عامل شاخص گیاهی بیشترین تاثیر را در تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه دارد. در نتایج حاصل از رگرسیون وزن دار می‌توان تاثیر عناصر را به صورت مکانی مشاهده نمود. براین اساس بالاترین ارقام به طبقه دوم و سوم ۱۵/۲۲ و ۱۶/۱۶ در مساحتی بالغ بر ۳۳۲۶۶ هکتار تعلق دارند که ارتباط تبخیر و تعرق را با دمای سطح زمین به صورت اثرگذاری منفی و اثرگذاری منفی زیاد به تصویر می‌کشد. ارتباط تبخیر و تعرق با شاخص پوشش گیاهی بالاترین رقم در طبقه هفتم با رقم ۱۳/۹۹ و در مساحتی بالغ بر ۲۶۶۶۱۱ هکتار جای دارد که



اثرگذاری مثبت بالایی را نشان می‌دهد. ارتباط بین تبخیر و تعرق و آلیدو، بالاترین مقدار را در طبقات اول و دوم دارد. مقادیر ۱۸ و ۱۰ در مساحت ۴۹۰۴۲ و ۱۱۷۰۷ هکتار به ترتیب اثرگذاری منفی خیلی زیاد و اثرگذاری منفی زیاد را بازگو می‌کند.

مرحله نهایی پژوهش حاضر تحلیل روابط شاخص‌های منتخب از سوی مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی و طبقه‌بندی مقادیر خروجی از طریق نرم‌ساز داده‌ها در هفت طبقه است:

جدول (۸) : طبقه‌بندی داده‌ها

اثرگذاری منفی خیلی زیاد	$Z < -2/5$	طبقه اول
اثرگذاری منفی زیاد	$-2/5 < Z < -1/5$	طبقه دوم
اثرگذاری منفی	$-1/5 < Z < -/5$	طبقه سوم
بدون اثرگذاری (خنثی)	$-/5 < Z < /5$	طبقه چهارم
اثرگذاری مثبت	$/5 < Z < 1/5$	طبقه پنجم
اثرگذاری مثبت زیاد	$1/5 < Z < 2/5$	طبقه ششم
اثرگذاری مثبت خیلی زیاد	$Z > 2/5$	طبقه هفتم

جدول (۹) : آزمون فرض وجود خودهمبستگی مکانی برای شاخص‌ها (میانگین)

دمای سطح زمین	0.33	-0.99	1	1
شاخص گیاهی	-0.19	1	-0.99	-0.098
تبخیر و تعرق	1	-0.19	0.33	0.36
آلیدو	0.36	-0.98	1	1

طبق جدول شماره ۹ مقادیر بین ۱- تا ۱ متغیر است و هرچه این شاخص کوچک تر باشد، نشان دهنده تفرق مکانی متغیر است و هرچه بزرگ تر باشد، نشان دهنده وجود خوشه‌های مکانی است. مشاهده می‌شود که همه سه شاخص مذکور الگوی فضایی خوشه‌ای دارند. بنابراین، فرض صفر مبتنی بر وجود خود همبستگی مکانی تأیید می‌شود و در نتیجه می‌توان از سه شاخص مذکور جهت آنالیز مکانی تبخیر و تعرق واقعی استفاده کرد.

نتیجه گیری :

روش رگرسیون وزن دار جغرافیایی روشی آماری است که ارتباطات بین متغیرهای فضایی را در یک فضای غیر پایایی فرض شده تحلیل می‌کند. در این پژوهش، تلاش شد تا تأثیر چند شاخص بر تبخیر و تعرق واقعی بیان شود. این شاخص‌ها همه شاخص‌های تأثیر گذار بر تبخیر و تعرق واقعی نبوده‌اند. زیرا تبخیر و تعرق واقعی در ارتباط تنگاتنگی با سایر عوامل اقلیمی است. اما با توجه به اطلاعات در دسترس به بررسی ارتباط میان ۳ شاخص از جمله دمای سطح زمین، آلیدو و شاخص گیاهی پرداخته شد. براساس محاسبه همبستگی بین عوامل اثرگذار بر تبخیر و تعرق، عامل شاخص گیاهی بیشترین تأثیر را در تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه دارد اما برای بررسی ویژگی‌های مکانی منطقه از نتایج حاصل از رگرسیون وزن دار می‌توان استفاده کرد. ارتباط تبخیر و تعرق با دمای سطح زمین به صورت اثرگذاری منفی و اثرگذاری منفی زیاد است. ارتباط تبخیر و تعرق با شاخص پوشش گیاهی در سال‌های مختلف بالاترین رقم را در طبقه هفتم جدول رگرسیون وزنی با رقم ۱۳/۹۹ دارد با اثرگذاری مثبت بالا دارد. و ارتباط بین تبخیر و تعرق و آلیدو، بالاترین مقدار را در طبقات اول و دوم با اثرگذاری منفی خیلی زیاد دارد.

منابع :

- بابامیری، امید . دین پژوه، یعقوب. ۱۳۹۶. تبخیر و تعرق پتانسیل؛ نیاز آبی؛ کرمانشاه؛ روش ترکیبی فائو- پنمن - مانیت. مقاله پژوهشی. مقاله ۲۱، دوره ۲۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۲۶۷-۲۷۹
- رورده، همت الله. یوسفی، یدالله. معصوم پور سماکوش. ۱۳۹۳. تغییرپذیری زمانی - مکانی بارش‌های حدی در ایران. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. سال ۵۲، پیاپی ۴۵، شماره ۲.
- سهیلی‌فر. زهرا، میرلطفی، سیدمجید . ۱۳۹۲. برآورد تبخیر - تعرق واقعی نیشکر با استفاده از سنجش از دور . کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۱۵۱ تا ۱۶۳.
- صادقیان، طاهره. تقوایی، منصور. مسعودی، ۱۳۹۲. بررسی تاثیر عوامل اقلیمی بر تراکم و درصد تاج پوشش درختچه استبرق موردی- مراتع جنوبی استان فارس. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*. سال ۵۲، شماره ۲
- علیزاده، امین، ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد اول)، طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. دانشگاه امام رضا(ع). صفحات: ۴۵۲.
- کریمی، علیرضا، ۱۳۹۰. ارزیابی الگوریتم‌های سنجش از دور جهت محاسبه تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. دانشکده پردیس کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی.
- کریمیان، تقی. ۱۳۹۳. بررسی ارتباط میان جاذبه‌های گردشگری و کاربری اراضی با استفاده از مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (موردی شهر اصفهان). *گردشگری شهری، دوره*. ص. ۱۶-۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴
- ملک پور، مهدی . بابازاده، حسین . ۱۳۹۵. تبخیر و تعرق واقعی و بهره‌وری آب گندم با استفاده از الگوریتم سبال و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ در دشت قزوین. *مقاله* ۱۱، دوره ۳۰.۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵.
- ولیزاده کامران، خلیل. ۱۳۹۶. ارزیابی دقت دمای محاسبه شده توسط دو روش SEBAL و Split window با تصویر لندست ۸، شهر تهران . همایش بین المللی سامانه اطلاعات جغرافیایی جاده ابریشم. خرداد ۹۶. دانشگاه صنعتی اصفهان
- Allen, R.G, Bastiaanssen ,W.G.M, Tasumi M, Mors A (2001). Evapotranspiration on the Watershed Scale Using the SEBAL Model and landsat images.Paper number:01-2224.An ASAE meeting Presentation.
- Allen R.G, Bastiaanssen W.G.M, Tasumi M, Trezza R, Waters R, (2002). Surface Energy Balance Algorithms for Land(SEBAL); Advanced Training and Users Manual.
- Fotheringham A.S., Brunson C., And Charlton M.E. 2002. Geographically Weighted Regression. Chichester: John Wiley & Sons.
- Fotheringham, A, S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression The Analysis Of Spatially Varying Relationships. John Wiley & Sons, 2-243.
- Fragmentation And Related Factors Using Geographically Weighted Regression. Applied Geography, 31, 292-203
- Feng, Xu, 2004, "Modeling The Spatial Pattern Of Urban Fringe, Case Study Hongshan, Wuhan" ITC, Enschede, The Netherlands.
- 16-Mennis J. 2006. Mapping The Results Of Geographically Weighted Regression. The Cartographic Journal, 43(2): 171-971
- Ramos, J.G, Cratchley, , M.A, Martinez-cob, A. and Dominguez, R, (2009). Evaluation of Satellite evapotranspiration estimates Using ground – meteorological data available for the Flumen District in to the Ebro Valley of N.E Spain. Agricultural Water Mangement, 96(2009) 638-652



- Mallick, J., Kant, Y., and Bharath, B.D., 2008, Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+, J. Ind. Geophys. Union Vol.12, No.3, pp.131-041
- 19-Gao, J & Li, S. (2011). Detecting Spatially Non-Stationary And Scale-Dependent Relationships Between Urban Landscape