دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۲
زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۰۲-۸۵

حسین محمدی[۱]
*مهدی خزائی[۲]

بررسی و شناسایی مهم‌ترین پارامتر جوی حاصل از برهمکنش سامانه‌های فشاری تابستانه بر میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (مطالعه موردی: جنوب‌غرب کشور)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶

چکیده

تبخیر و تعرق یکی از پارامترهای حیاتی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی است. در این پژوهش به بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع از منظر عوامل اصلی تشدیدکننده آن، با تاکید بر سامانه‌های فشاری در فصل گرم سال طی دوره آماری ۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵ در جنوب‌غرب کشور پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه و سپس مقادیر همبستگی آن با پارامترهای دما، تابش، رطوبت و باد محاسبه گردید و در نهایت ارتباط آن با الگوهای فشاری و جریانات جوی تشدید کننده آن در سطح زمین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بیشینه همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد، به‌دست آمده است به‌طوری که در بیش از نیمی از ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، مقدار ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۰ و تقریبا در تمامی ایستگاه‌ها (به استثنای ایستگاه بوشهر و بوشهر دریایی) بیش از ۰/۸۰ بوده است. از بین پارامترهای مورد بررسی، رطوبت در بسیاری از ایستگاه‌ها همبستگی منفی با مقادیر تبخیر و تعرق داشته است. پارامتر تابش همبستگی مثبت بیش‌تری نسبت به پارامتر دما با تبخیر و تعرق گیاه مرجع در بیش‌تر ایستگاه‌ها تجربه کرده است. بررسی سامانه‌های فشاری تابستانه در فشار تراز دریا نیز نشان می‌دهد که برهمکنش زبانه‌های غرب سوی سامانه کم‌فشار موسمی و زبانه‌های شرق سوی واچرخند جنب‌حاره‌ای آزور، در شرق دریای مدیترانه، به‌عنوان عامل اصلی

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
*۲- دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران. (نویسنده مسئول). E-mail:m.khazaei14@alumni.ut.ac.ir

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شیو فشار بر روی خاورمیانه از جمله جنوب‌غرب کشور است که سبب شده، جریان باد غالب شمال‌غربی از مدیترانه شرقی به سمت منطقه مورد مطالعه در سه ماه ژوئن، ژولای و آگوست هدایت شود. همچنین افت فشار در سامانه موسمی و افزایش فشار در پرفشار جنب‌حاره‌ای در ماه‌های ژولای و آگوست سبب تشدید سرعت باد و به‌تبع افزایش تبخیر و تعرق شده است که همین امر به‌عنوان مخاطره‌ای جدی به‌ویژه در افزایش نیاز آبی گیاهان با توجه به محدودیت آب قابل دسترس، مطرح است.

کلید واژه‌ها: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، سامانه‌های فشاری، فصل تابستان، جنوب‌غرب کشور.

مقدمه

تمامی مخاطرات محیطی از جو و زمین منشا می‌گیرند، برای مدیریت این مخاطرات، شناسایی علل و عوامل تکوین، تقویت و اضمحلال آن‌ها از الزامات اولیه مدیریت مخاطرات محیطی به‌منظور کاهش اثرات مخرب آن‌ها می‌باشد. بدین منظور یکی از عوامل اصلی در افزایش تبخیر و تعرق در مناطق خشک و نیمه‌خشک را در افزایش سرعت باد می‌توان جستجو کرد. با اثبات شدن این فرضیه در منطقه پژوهش، امکان به‌کارگیری تمهیدات لازم جهت کنترل و یا مقابله با افزایش سرعت باد را می‌توان در دستور کار قرار داد. مناطق خشک و نیمه‌خشک، تقریبا یک‌سوم سطح کره زمین را پوشانده است. در این مناطق کمبود آب یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد اقتصادی است. عدم استفاده درست از این منبع ارزشمند، سبب شده است در حدود ۸۵ درصد از آب در دسترس این مناطق، برای کشاورزی استفاده شود (Amenzou et al., 2016). تبخیر و تعرق نقش بسیار مهمی در مدیریت مزرعه به‌منظور تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاهان دارد. چنانچه تبخیر-تعرق پتانسیل درست برآورده نشود، مقدار آب تحویل داده شده به مزارع دقیق نخواهد بود و ابعاد کانال‌های آبیاری به درستی تعیین نخواهد شد، اگر مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل کم تر از مقدار واقعی آن برآورد شود، کانال‌های آبیاری به علت ابعاد کوچک خود، توانایی انتقال آب کافی به مزارع به‌ویژه در تابستان را نخواهند داشت (Nazem alsadat, 2014: 296). مقدار تبخیر و تعرق و آب مصرفی گیاهان، یکسان در نظر گرفته می‌شود، به همین دلیل این دو اصطلاح را مترادف یکدیگر دانسته و به‌جای هم مورد استفاده قرار می‌دهند (Gupta, 2010: 91). مطالعات زیادی در ارتباط با برآورد تبخیر و تعرق در کشور صورت گرفته است. بسیاری از این مطالعات به ارزیابی روش‌های تجربی تبخیر و تعرق پتانسیل بسنده کرده‌اند (Farhoodi and Shamsipour, 2001; Jahanbakhsh et al., 2002; Alizadeh et al., 2005; Shaiannezhad et al., 2008; Zare Abyaneh, 2011; Mosaedi and Sharifan and Alizadeh, 2010; Roshan et al., 2012; Piry, 2013; Soltany et al., 2013; Ghobadi Souq, 2014). در مقابل برخی دیگر از مطالعات تلاش در برآورد ضریب تشت تبخیر به‌منظور محاسبه تبخیر و تعرق نموده‌اند، یعنی در حقیقت با به‌دست آوردن ضریب تشت تبخیر، تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه را تخمین زده‌اند (Sharifan and Ghahreman, 2007; Akbary Nodehy, 2011). برخی از مطالعات دیگر هم سعی در برآورد تبخیر و تعرق به روش سنجش از دور و یا ارزیابی روش‌های تجربی تبخیر و تعرق با استفاده از سنجش از

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دور داشته‌اند (Mobashery, 2008; Akbary et al., 2012; Omidvar et al., 2013; Rezaei banafsheh et al., 2013; Ebrahimy and Yazdani, 2014; Yavary et al., 2015; Rahim pour et al., 2020). از دیگر روش‌های برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع می‌توان به معادله بلانی کریدل به‌وسیله هارگریوز اصلاح شده Allen and Pruitt, 1986; Droogers and Allen, 2002) اشاره کرد. روش‌های ترکیبی (که در حال حاضر تنها روش استاندارد، روش فائو پنمن مانتیث است) به دلیل این‌که بر پایه قوانین فیزیکی و روابط منطقی استوار هستند، معمولا در برآورد مقادیر تبخیر و تعرق، دقیق‌تر عمل می‌کنند (Mavi and Tupper, 2010: 101). روش فائو پنمن مانتیث، روشی استاندارد برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع است، زیرا این روش قابل استفاده در همه فصول و اقلیم‌های متفاوت است و نتایج آن دارای دقت زیادی نسبت به روش‌های فیزیکی از قبیل لایسی‌متر و تشت تبخیر کلاس A است. تنها مسئله در این روش، نیاز به تعداد زیادی پارامتر نسبت به روش‌های دیگر است به همین دلیل در برخی از مناطق به دلیل نبود همه پارامترهای لازم در این روش، از روش‌های تجربی دیگر بهره می‌گیرند (Kulkarni et al., 2015). در این روش، مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مناطق خشک ۱ درصد کم‌تر از مقادیر واقعی و در مناطق مرطوب ٤ درصد بیش‌تر از مقادیر واقعی تبخیر و تعرق برآورد می‌شود (Alizadeh, 2005: 252). با توجه به این‌که منطقه مورد مطالعه در این پژوهش (استان خوزستان و بوشهر) در منطقه نیمه‌خشک واقع شده است، می‌توان گفت مقادیر برآوردی روش فائو پنمن مانتیث در منطقه مورد مطالعه در حدود ۱ تا ۲ درصد بیش‌تر از واقعیت می‌باشد. مقدار خطای به نسبت پایین روش فائو پنمن مانتیث، در برآوردهای روزانه کاملاً قابل چشم‌پوشی است و در برآورد تبخیر و تعرق ماهانه نیز بسیار به تبخیر و تعرق واقعی منطقه نزدیک است. در نشریه شماره ٥٦ فائو (1988)، این روش به‌عنوان بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مقایسه با دیگر روش‌ها پیشنهاد شده است (Sumner and Jacobs, 2005 .FAO) این روش هم در گام زمانی روزانه (Temesgen et al., 1997; Garcia et al., 2004; Liu et al., 2005) و هم در گام‌های زمانی ماهانه (Allen et al.,1998; McVicar et al., 2005; 2007) قابل اجرا است؛ البته در گام‌های زمانی روزانه باید کالیبره شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش در ابتدا با استفاده از روش استاندارد فائو پنمن مانتیث، مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در فصل تابستان (ژوئن، ژولای و آگوست) طی دوره آماری ۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵ را در ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان و بوشهر (شکل ۱؛ جدول ۱) محاسبه و سپس مقادیر همبستگی تبخیر و تعرق را با پارامترهای سرعت باد، رطوبت نسبی، دمای هوا و تابش با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آورده شده است.

رابطه (۱)

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum_x 2 - (\sum x)^2][n\sum_y 2 - (\sum y)^2)]}}$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

با توجه به این‌که در ایستگاه‌های هواشناسی سرعت باد بر حسب نات و در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین اندازه-گیری می‌شود، ابتدا واحد مقادیر سرعت باد از نات به متر بر ثانیه، تبدیل و سپس با استفاده از رابطه (۲) سرعت باد از ارتفاع ۱۰ متری به ارتفاع ۲ متری تبدیل می‌گردد.

رابطه (۲)

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{Ln(67.8z - 5.42)}$$

در رابطه فوق: u_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین برحسب متر بر ثانیه، U_z سرعت باد در ارتفاع Z از سطح زمین برحسب متر بر ثانیه و Z ارتفاعی که باد اندازه‌گیری شده است (در ایستگاه‌های سینوپتیک سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری اندازه‌گیری می‌شود).

برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع از رابطه (۳) استفاده شده است:

رابطه (۳)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

در رابطه بالا ET_0 = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day)

Δ = شیب منحنی فشار بخار آب ($KPaC^{-1}$) می‌باشند Δ که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\Delta = \frac{2504 \exp[17.27\, T \div (T + 237.3)]}{(T + 237.3)^2}$$

در رابطه بالا T دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد و R_n= تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$) که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R_{n=} 0.77(0.25 + 0.50n \div N)R_a - 2.45 \times 10^{-9} \times (0.9n \div N + 0.1)\left(0.34 - 0.14\sqrt{ea}\right)(Tkx^4 + Tkn^4$$

در این رابطه R_n = تابش خالص n تعداد ساعات آفتابی و N حداکثر ساعات ممکن آفتاب که برای ماه‌ها و عرض‌های مختلف جغرافیایی می‌باشند که از جداول مخصوص قابل حصول است.

R_a= تابش زمین تاب برحسب ($MJm^{-2}d^{-1}$) که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_a = 37.6\, dr(W_s \sin\phi \times \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \sin W_s)$$
$$W_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta)$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

$$dr = 1 + 0.033\cos(0.0172j)$$

$$\delta = 0.409\sin(0.0172j - 1.39)$$

$$j = \text{integer}(30.5M - 14.6)$$

در روابط فوق:

dr= فاصله نسبی زمین تا خورشید، δ = زاویه میل خورشید برحسب رادیان، Φ = عرض جغرافیایی برحسب رادیان، W_s= زاویه ساعتی غروب خورشید برحسب رادیان، M= شماره ماه سال که تبخیر و تعرق برای آن محاسبه می‌شود، J شماره روز ژولیوسی که از اول ماه ژانویه در محاسبات استفاده می‌شود، Tkx = حداکثر دمای روزانه برحسب درجه کلوین، Tkn = حداقل دمای روزانه برحسب درجه کلوین، G = شار گرما به داخل خاک برحسب $MJ.m^{-2}.day^{-1}$ (در محاسبات تبخیر و تعرق گیاه مرجع، به دلیل فرض پوشش کامل گیاهی در یک پهنه، شار گرما به داخل خاک صفر فرض می‌شود)، γ= ضریب ثابت رطوبتی ($KPaC^{-1}$) که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\gamma = 0.00163\frac{P}{\lambda}$$

λ = گرمای نهان تبخیر ($MJKg^{-1}$) و P= فشار هوا می‌باشند. فشار هوا (KPa) که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$Y = 2.501\ (2.361 \times 10^{-3})\ Tmean$$

$$P = 101.3\ (\frac{293 - 0.0065Z}{293})^{5.26}$$

Z= ارتفاع از سطح دریا برحسب متر

u_2 = سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین برحسب متر بر ثانیه

e_a-e_s = کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)

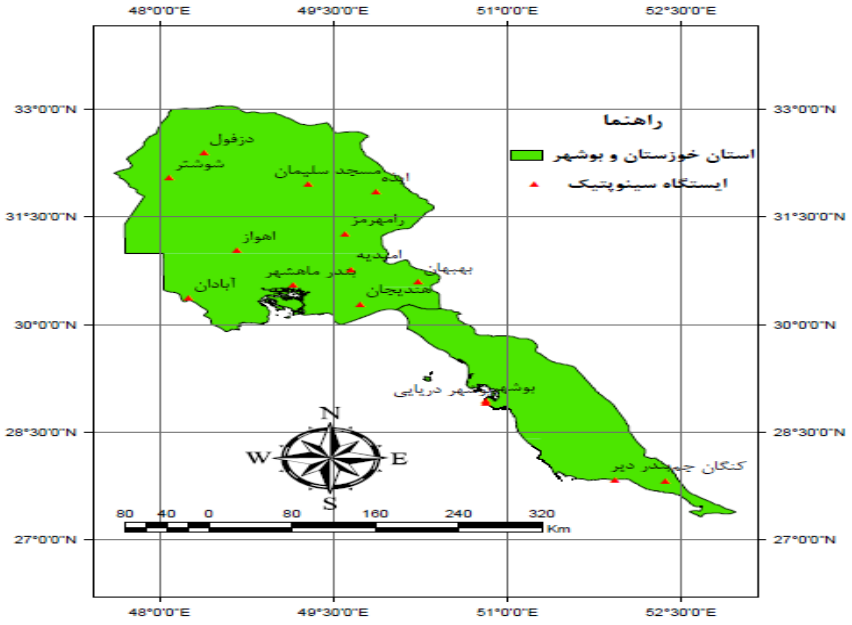
ea = فشار بخار واقعی آب برحسب کیلوپاسکال که از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$ea = 0.611\exp\left(\frac{17.27\ Tmin}{Tmin + 237.3}\right)$$

e_s= فشار واقعی اشباع (KPa) که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$es = 0.611\exp\left(\frac{17.27\ T}{T + 237.3}\right)$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه (برای بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع)

Figure 1: Map of the study area (to study the evapotranspiration of the reference plant)

جدول ۱ـ موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

Table 1- Location of synoptic stations in the study area

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع برحسب متر	دوره آماری
آبادان	۴۸ ۱۵	۳۰ ۲۲	۶/۶	۱۹۵۱_۲۰۱۴
هندیجان	۴۹ ۴۴	۳۰ ۱۷	۳	۲۰۰۰_۲۰۱۴
بهبهان	۵۰ ۱۴	۳۰ ۳۶	۳۱۳	۱۹۹۴_۲۰۱۴
رامهرمز	۴۹ ۳۶	۳۱ ۱۶	۱۵۰/۵	۱۹۸۷_۲۰۱۴
اهواز	۴۸ ۴۰	۳۱ ۲۰	۲۲/۵	۱۹۵۷_۲۰۱۴
ایذه	۴۹ ۵۲	۳۱ ۵۱	۷۶۷	۱۹۹۳_۲۰۱۴
مسجدسلیمان	۴۹ ۱۷	۳۱ ۵۶	۳۲۰/۵	۱۹۸۵_۲۰۱۴
امیدیه(پایگاه)	۴۹ ۳۹	۳۰ ۴۶	۳۴/۹	۱۹۸۳_۲۰۱۴
بندر ماهشهر	۴۹.۹	۳۰.۳۳	۶/۲	۱۹۸۷_۲۰۱۴
دزفول	۴۸.۲۳	۳۲.۲۴	۱۴۳	۱۹۶۱_۲۰۱۴
شوشتر	۴۸ ۵۰	۳۲ ۳	۶۷	۱۹۹۴_۲۰۱۴
بوشهر	۵۰ ۴۹	۲۸ ۵۸	۹	۱۹۵۱_۲۰۱۴
بوشهر دریایی	۵۰ ۴۹	۲۸ ۵۴	۸/۴	۱۹۸۶_۲۰۱۴
بندر دیر	۵۱ ۵۶	۲۷ ۵۰	۴	۱۹۹۳_۲۰۱۴
کنگان جم	۵۲ ۲۲	۲۷ ۴۹	۶۵۵	۱۹۸۹_۲۰۱۴

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سپس جهت بررسی سامانه‌های فشاری تابستانه طی دوره آماری ۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵، پارامتر میانگین فشار تراز دریا از نصف‌النهار ۸۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی و از مدار ۰ تا ٦۰ درجه شمالی (جهت بررسی الگوهای فشاری) و همچنین پارامتر باد مداری (U) و نصف‌النهاری (V) از نصف‌النهار ۲۰ درجه شرقی تا ۸۰ درجه شرقی و از مدار ۱۵ درجه شمالی تا ٤۵ درجه شمالی (جهت بررسی جریانات جوی) در ساعت UTC ۱۲ برای فصل گرم سال به تفکیک ماه ژوئن، ژولای و آگوست از مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جوی (ECMWF[3]) با تفکیک مکانی ۰/۷۵ درجه در ۰/۷۵ درجه دریافت و نقشه‌های مورد نظر در محیط نرم‌افزار Grads ترسیم و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

یافته‌ها و بحث

در ابتدا با به‌دست آوردن ضرایب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع[4] با پارامترهای دما، رطوبت، تابش و باد، اثرگذارترین پارامتر جوی بر تبخیر و تعرق، شناسایی و سپس جهت بررسی و نحوه اثرگذاری هر یک از سامانه‌های فشاری، نقشه‌های جوی را در سه ماهه فصل گرم سال به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. همان‌طور که در جدول (۲) و شکل (۲) مشاهده می‌شود در ماه ژوئن بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد (در تمامی ایستگاه‌ها در سطح ۰/۰۱ و تنها در ایستگاه بوشهر ساحلی در سطح ۰/۰۵ معنادار می‌باشد) برقرار شده است. میزان همبستگی در برخی از ایستگاه‌ها از جمله بهبهان، رامهرمز، دزفول، ایذه، شوشتر و هندیجان بین ۰/۹٦ تا ۰/۹۹ می‌باشد که از تاثیر بسیار زیاد پارامتر باد بر مقادیر تبخیر و تعرق حکایت دارد. در ایستگاه بوشهر ساحلی، همبستگی تبخیر و تعرق با پارامتر باد ۰/٤۹ و در ایستگاه اهواز ۰/٦۸ به‌دست آمده است. در تمامی ایستگاه‌های دیگر، مقدار همبستگی تبخیر تعرق با باد بیش از ۰/۸۰ برآورد شده است. در مقابل همبستگی دما با مقادیر تبخیر و تعرق در بیش‌تر ایستگاه‌های استان خوزستان، منفی و یا مقدار مثبت اندک است، اما در ایستگاه‌های استان بوشهر، این همبستگی مثبت و مقادیری ۰/٤۳ تا ۰/٦۵ را به‌خود اختصاص داده است. ضریب همبستگی رطوبت با مقادیر تبخیر و تعرق در ایستگاه‌های استان بوشهر، منفی و در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است؛ یعنی این‌که این پارامتر به‌نوعی عامل کاهنده تبخیر و تعرق است (در ایستگاه‌های بوشهر ساحلی، بندر دیر و کنگان جم، ضریب همبستگی رطوبت با تبخیر و تعرق گیاه مرجع، منفی بوده اما در سطح کم‌تر از ۰/۰۵ معنی‌دار است). در نهایت همبستگی تابش با مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در بیش‌تر ایستگاه‌های استان خوزستان و بوشهر، در کل مثبت و مقدار آن بین ۰/۲ تا ۰/۵۵ نوسان داشته است. همچنان در شکل (۲) نیز پهنه‌بندی مقادیر ضرایب همبستگی تبخیر و تعرق را با پارامتر باد نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تنها در دو ایستگاه بوشهر ساحلی (ضریب همبستگی ۰/٤۹ در سطح معناداری ۰/۰۵) و اهواز (ضریب همبستگی ۰/٦۸ در سطح معناداری ۰/۰۱) معنادار می‌باشد.

3- The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

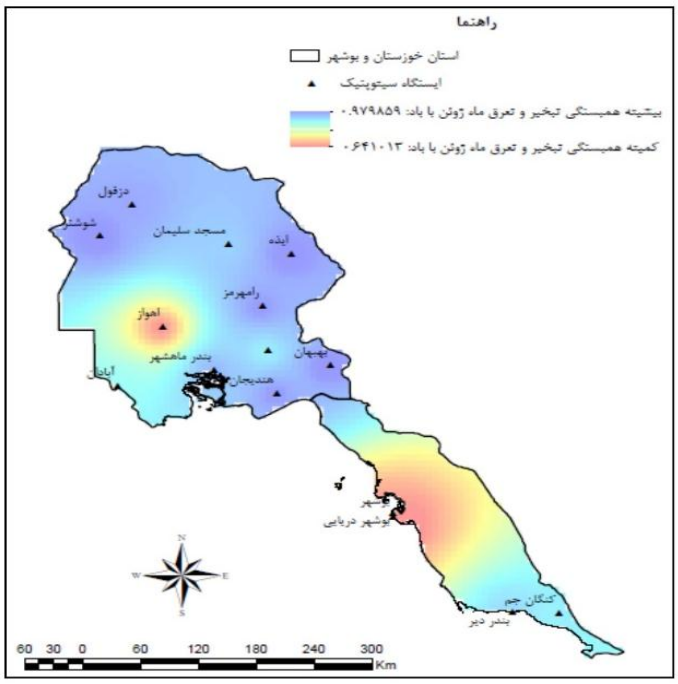
٤- گیاه مرجع، گیاهی فرضی (معمولا چمن) با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر، آلبدو ۲۳ درصد و مقاومت روزنه‌های آن در برابر تعرق ۷۰ ثانیه بر متر باشد. این گیاه باید خوب آبیاری شده، دارای رشد فعال، ارتفاع یکدست و سایه اندازی کامل داشته باشد (Allen et al., 1998).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۲ـ ضرایب همبستگی پارامترهای جوی با تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه ژوئن طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵

Table 2- Correlation coefficients of atmospheric parameters with evapotranspiration of the reference plant in June during the statistical period of 2014-1985

نام ایستگاه	دما	رطوبت	تابش	باد	تبخیر و تعرق(ETo) ماه ژوئن بر حسب میلی متر
آبادان	-۳۹/۰	-۳۹/۰	۲۱/۰	**۸۷/۰	۲۹۹
اهواز	-۱۳/۰	-۰۸/۰	**۴۵/۰	**۶۸/۰	۲۶۰
بهبهان	-/۳۰	-۰۹/۰	۴۷/۰	**۹۸/۰	۲۱۶
رامهرمز	۱/۰	-۰۴/۰	-۲/۰	**۹۷/۰	۲۳۳
دزفول	-۲۷/۰	۲۲/۰	**۵۴/۰	**۹۶/۰	۱۹۳
ایذه	*۵۵/۰	*-۵۷/۰	-۲۱/۰	**۹۸/۰	۲۱۹
مسجد سلیمان	۲۰/۰	-۱۲/۰	*۵۵/۰	**۹۲/۰	۲۲۰
امیدیه(پایگاه)	-۱۷/۰	-۰۷/۰	۰۴/۰	**۸۹/۰	۲۵۶
شوشتر	-۳۶/۰	-۳۷/۰	۳۳/۰	**۹۹/۰	۲۵۵
بندر ماهشهر	*-۴۷/۰	-۱۴/۰	-۲۷/۰	**۹۴/۰	۳۰۸
هندیجان	۰۸/۰	-۱۸/۰	۴۹/۰	**۹۷/۰	۳۰۳
بوشهر	**۴۳/۰	**-۷۶/۰	۲۲/۰	**۸۲/۰	۱۹۷
بوشهر ساحلی	*۴۸/۰	-۴۲/۰	**۵۸/۰	*۴۹/۰	۱۹۶
بندر دیر	**۶۵/۰	-۴۸/۰	*-۴۸/۰	**۹۱/۰	۲۲۴
کنگان جم	*۴۸/۰	-۱۶/۰	۰۱/۰	**۸۹/۰	۲۵۵



شکل ۲: پهنه‌بندی ضرایب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد در ماه ژوئن طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵

Figure 2: Zoning of correlation coefficients of evapotranspiration of reference plant with wind parameter in June during the statistical period of 2014-1985

همچنان در جدول (۳) و شکل (۳) مشاهده می‌شود بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه ژولای نیز با پارامتر باد برقرار شده است. مقدار ضریب همبستگی در تمام ایستگاه‌های استان خوزستان بیش از ۰/۹۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

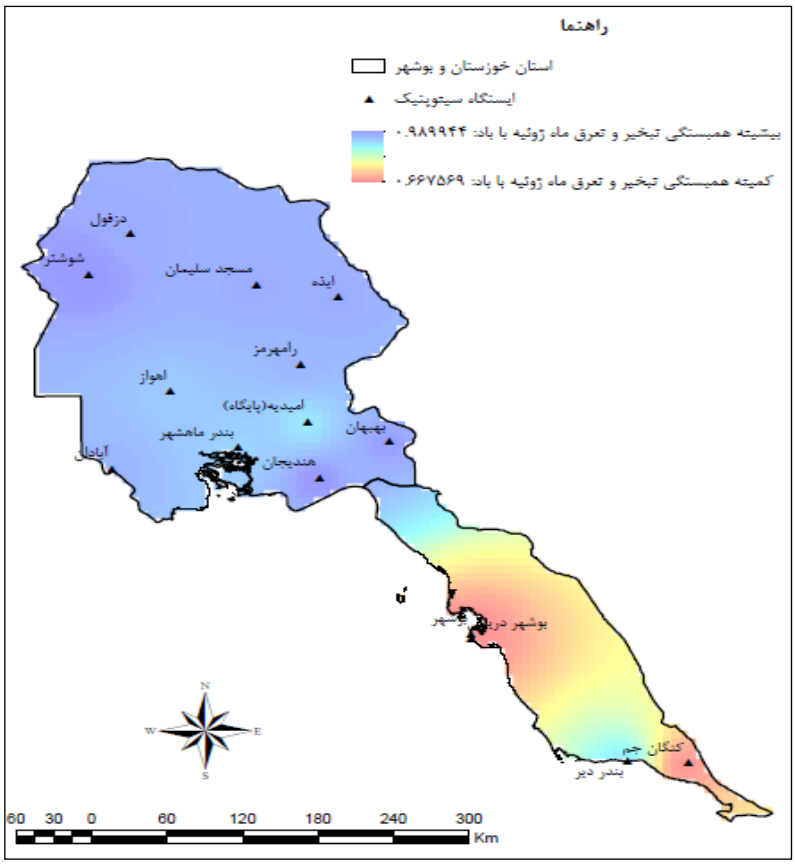
و در ایستگاه بندر دیر ۰/۹۱ و در دیگر ایستگاه‌های استان بوشهر مقدار ضریب همبستگی ۰/٦۳ تا ۰/۷۳ برقرار شده است، در تمامی ایستگاه‌های منتخب، مقدار این ضریب، در سطح ۰/۰۱ معنادار است (جدول ۳؛ شکل ۳). مقادیر بالای همبستگی فوق‌الذکر، نشان‌دهنده تأثیرگذاری بسیار زیاد پارامتر باد بر روی تبخیر و تعرق منطقه است. در بیش‌تر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، پارامتر رطوبت به‌عنوان یک عامل کاهنده مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع عمل کرده است. در مقابل ضریب همبستگی پارامتر تابش با تبخیروتعرق در بیش‌تر ایستگاه‌ها مثبت ولی مقدار آن نسبتا پایین بوده است. ضریب همبستگی دما با تبخیر و تعرق در بیش‌تر ایستگاه‌های استان خوزستان، منفی و در ایستگاه‌های استان بوشهر مثبت بوده است. ضریب همبستگی تبخیر و تعرق با دما و تابش در ایستگاه‌های استان بوشهر مثبت و با رطوبت منفی به‌دست آمده است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی پارامترهای جوی با تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه ژولای طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵

Table 3- Correlation coefficients of atmospheric parameters with evapotranspiration of reference plant in July during the statistical period of 2014-1985

نام ایستگاه	دما	رطوبت	تابش	باد	تبخیر و تعرق (ETo) ماه ژولای بر حسب میلی‌متر
آبادان	-۰/٦۰**	-۰/٦۰**	۰/۱۵	۰/۹۷**	۳۲۷
اهواز	-۰/۵۵**	۰/٤۸	۰/٤۰	۰/۹٤**	۲۹۸
بهبهان	-۰/۱۳	-۰/۲٦	-۰/۱۳	۰/۹۸**	۲٤۳
رامهرمز	۰/۱۵	-۰/۰۷	۰/٤۳	۰/۹٦**	۲۵٤
دزفول	-۰/۱۲	-۰/۰٦	۰/۷٤**	۰/۹۷**	۲۱۰
ایذه	۰/۷۲**	-۰/۵۱*	-۰/۲۷	۰/۹۷**	۲۵۳
مسجدسلیمان	۰/۱۱	-۰/۰۷	۰/٤۰	۰/۹۷**	۲٦۰
امیدیه (پایگاه)	-۰/۳۳	-۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۹۱**	۲۸۳
شوشتر	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۹۹**	۲۸۰
بندر ماهشهر	-۰/۷٦**	-۰/۷٦**	-۰/۳۰	۰/۹۳**	۳۳۸
هندیجان	-۰/۳۱	-۰/۷۳**	۰/۵۲	۰/۹۹**	۳۳۲
بوشهر	۰/۳۱	-۰/۳٦	۰/٤٦**	۰/٦۳**	۲۱۰
بوشهر ساحلی	۰/٦۷**	-۰/۱٦	۰/۷۰**	۰/۷۳**	۲۱۳
بندر دیر	۰/۵۸**	-۰/۷۲**	۰/۰۲	۰/۹۱**	۲۲۸
کنگان جم	۰/۲۰	-۰/٤٦*	۰/۱۹	۰/٦۹**	۲۷٦

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۳: پهنه‌بندی ضرایب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد در ماه ژولای طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵

Figure 3: Zoning of correlation coefficients of evapotranspiration of reference plant with wind parameter in July during the statistical period of 2014-1985

در ماه آگوست (جدول ٤؛ شکل ٤) نیز همانند دو ماه ژوئن و ژولای (جدول ۲ و ۳؛ شکل ۲ و ۳) بیشینه همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد به‌دست آمده است. به‌طوری که بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق با پارامتر باد در تمامی ایستگاه‌های استان خوزستان بیش از ۰/۸۰ و در نیمی از ایستگاه‌ها بیش از ۰/۹۰ به‌دست آمده است. در تمامی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه به استثنای ایستگاه بوشهر ساحلی که در سطح ۰/۰۵ معنادار است مقدار ضریب همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است (جدول ٤؛ شکل ٤). حداقل مقدار ضریب همبستگی فقط در ایستگاه‌های بوشهر و بوشهر ساحلی در حدود ۰/۵۳ بوده است و در دو ایستگاه بندر دیر و کنگان جم ۰/۸۱ تا ۰/۸۳ به‌دست آمده است که از نقش کلیدی پارامتر باد در مقادیر تبخیر و تعرق حکایت دارد. بیشینه دوم ضریب همبستگی مثبت تبخیر و تعرق، با پارامتر تابش به‌دست آمده است، مقدار این ضریب بین ۰/۲ تا ۰/۸ نوسان دارد. در مقابل ضریب همبستگی دما و رطوبت با تبخیر و تعرق در بیش‌تر ایستگاه‌های استان خوزستان و بوشهر منفی بوده است، به عبارت دیگر با افزایش رطوبت و دما در بیش‌تر ایستگاه‌های مذکور، مقادیر تبخیر و تعرق کاهش یافته است. در مجموع می‌توان گفت عنصر اصلی و کلیدی در مقادیر تبخیر و تعرق در هر دو استان بوشهر و خوزستان پارامتر باد

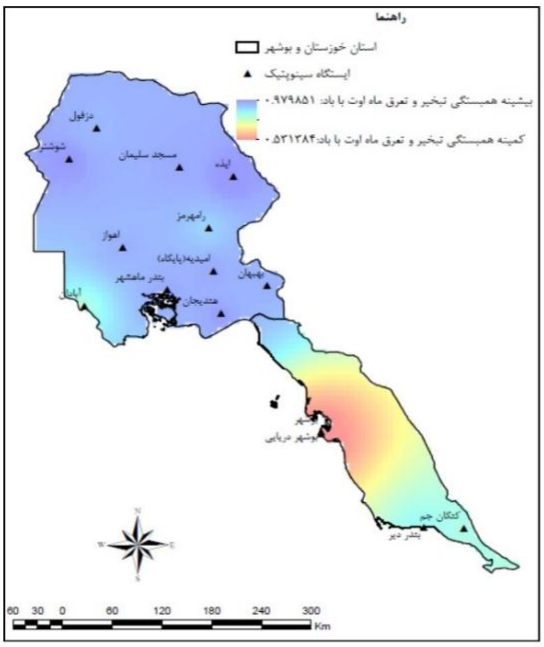
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌باشد؛ اهمیت پارامتر باد در افزایش مقادیر تبخیر و تعرق تابستانه گیاه نیشکر در استان خوزستان به اثبات رسیده است (Mohammadi et al., 2017).

جدول ٤- ضرایب همبستگی پارامترهای جوی با تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه آگوست طی دوره آماری (۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵)

Table 4- Correlation coefficients of atmospheric parameters with evapotranspiration of the reference plant in August during the statistical period of 2014-1985

نام ایستگاه	دما	رطوبت	تابش	باد	تبخیر و تعرق(ETo) ماه اوت بر حسب میلی متر
آبادان	-۰/۵۹**	-۰/۵۹**	۰/۳۳	-۰/۸۰**	۳۲۲
اهواز	-۰/۳۴	-۰/۱۵	۰/۴۷*	۰/۹۴**	۲۹۰
بهبهان	-۰/۰۲	-۰/۲۷	-۰/۱۱	۰/۹۴**	۲۳۸
رامهرمز	۰/۲۶	-۰/۳۷	۰/۲۲	۰/۸۹**	۲۵۶
دزفول	۰/۳۱	۰/۲۳	-۰/۰۸	۰/۹۳**	۲۲۳
ایذه	۰/۶۱**	-۰/۵۰*	-۰/۱۴	۰/۹۸**	۲۶۸
مسجد سلیمان	-۰/۲	-۰/۱۸	۰/۳۸	۰/۹۵**	۲۶۷
امیدیه(پایگاه)	-۰/۲	-۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۸۳**	۲۷۷
شوشتر	۰/۱۱	۰/۵۷*	۰/۰۳	۰/۹۷**	۲۹۲
بندر ماهشهر	-۰/۶۲**	-۰/۸۹**	۰/۲۸	۰/۹۵**	۳۱۹
هندیجان	-۰/۷۴**	-۰/۸۶**	۰/۵۹	۰/۹۶**	۳۱۱
بوشهر	-۰/۰۲	-۰/۱۰	۰/۶۵**	۰/۵۳**	۲۱۸
بوشهر ساحلی	۰/۶۱**	۰/۱۵	۰/۸۱**	۰/۵۳*	۲۲۳
بندر دیر	-۰/۰۶	-۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۸۳**	۲۲۲
کنگان جم	۰/۴۳	-۰/۵۴*	۰/۰۴	۰/۸۱**	۲۸۳



شکل ٤: پهنه‌بندی ضرایب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر باد در ماه آگوست طی دوره آماری ۲۰۱٤ ـ۱۹۸۵

Figure 4: Zoning of correlation coefficients of evapotranspiration of the reference plant with the wind parameter in August during the statistical period of 2014-1985

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بررسی سامانه‌های فشاری تراز دریا در فصل گرم سال

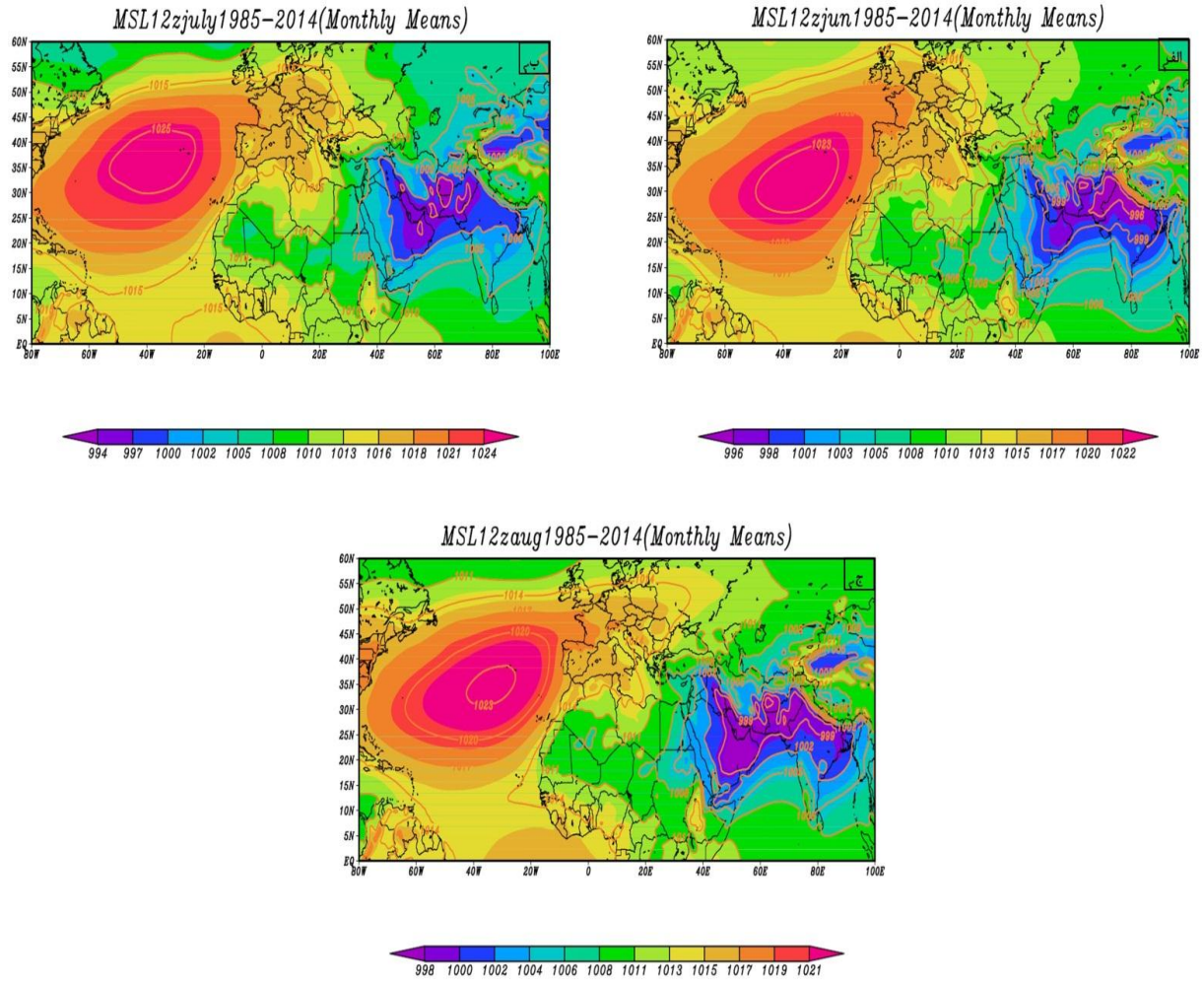
شکل (۵ الف). میانگین فشار تراز دریا در ساعت 12 UTC در ماه ژوئن در طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵ را نشان می‌دهد. در این ماه، دو سامانه کلان‌مقیاس فشاری، یکی در جنوب و جنوب‌غرب آسیا (کم‌فشار موسمی) و دیگری بر روی اقیانوس اطلس (پرفشار آزور یا پرفشار اقیانوس اطلس) قابل مشاهده است. در این ماه، مرکز کم‌فشار سامانه بزرگ‌مقیاس موسمی با ۹۹٤ هکتوپاسکال بر روی شرق پاکستان بسته شده است. کمینه فشار در پهنه کوچکی از جنوب‌شرق کشور به میزان ۹۹٦ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود. بیش‌تر نواحی جنوب‌شرق، شرق، جنوب و جنوب-غرب کشور، فشار ۹۹۸ تا ۱۰۰۲ هکتوپاسکال را تجربه می‌کنند. نواحی شمال‌شرق، شمال و شمال‌غرب کشور، کم-ترین تاثیرپذیری را از سامانه موسمی تجربه می‌کنند. در مقابل پرفشار آزور که میانگین فشار مرکزی آن ۱۰۲۳ هکتوپاسکال است تمام اقیانوس اطلس مرکزی، شرقی و غربی را تحت سیطره خود قرار داده است. زبانه‌های این سامانه با منحنی هم‌فشار ۱۰۱٤ هکتوپاسکال، تمام نواحی اروپای‌غربی، مرکزی، شرقی و جنوبی و مدیترانه غربی، مرکزی و بخش‌هایی از مدیترانه شرقی را نیز در برگرفته است. گسترش شرق سوی این سامانه، کاملا تحت تاثیر گسترش زبانه‌های غرب سوی سامانه بزرگ‌مقیاس موسمی جنوب‌غرب آسیا است.

شکل (۵ ب). میانگین فشار تراز دریا در ساعت 12 UTC در ماه ژولای طی دوره آماری ۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵ را نشان می‌دهد. در این ماه همچنان دو سامانه کلان‌مقیاس کم‌فشار موسمی در جنوب و جنوب‌غرب آسیا و پرفشار آزور یا پرفشار اقیانوس اطلس، به‌عنوان دو سامانه اصلی بزرگ‌مقیاس مطرح می‌باشند. همچنان کمینه فشار در جنوب افغانستان با ۹۹۲ هکتوپاسکال و سپس مراکز کم‌فشار دیگری با ۹۹٤ هکتوپاسکال در شرق پاکستان و در پهنه‌های کوچکی از جنوب‌شرق و شرق کشور و استان خوزستان مشاهده می‌شود. در این ماه تمام منطقه مورد مطالعه، فشاری بین ۹۹٤ تا ۹۹٦ هکتوپاسکال را تجربه می‌کند. در مقابل همچنان پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور بر روی اقیانوس اطلس به‌عنوان تنها سامانه فشاری غالب در این پهنه قابل مشاهده است. این سامانه فشاری نسبت به ماه گذشته، ۲ هکتوپاسکال بر فشار مرکزی آن افزوده شده است به‌طوری که درونی‌ترین منحنی هم‌فشار آن، فشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال را تجربه می‌کند. زبانه این سامانه با منحنی هم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال، مانند ماه گذشته بیش‌تر پهنه قاره اروپا را در برگرفته و همچنین مدیترانه غربی، مرکزی و بخش‌هایی از مدیترانه شرقی را به‌طور کامل تحت پوشش خود قرار داده است. همچنان این سامانه پرفشار و سامانه کم‌فشار موسمی در جنوب و جنوب‌غرب آسیا به‌عنوان دو مولفه اصلی گردش عمومی جو بوده و بسیاری از پدیده‌های کوچک‌مقیاس دیگر از قبیل بادهای محلی، توفان‌های گردوغباری و غیره از برهمکنش این دو سامانه حاصل می‌شوند.

شکل (۵ ج). میانگین فشار تراز دریا در ساعت 12 UTC در ماه آگوست طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵ را نشان می‌دهد. وضعیت سامانه‌های فشاری در این ماه کمابیش شبیه به ماه ژوئن می‌باشد. همچنان دو سامانه کلان‌مقیاس موسمی در جنوب و جنوب‌غرب آسیا و پرفشار آزور بر روی اقیانوس اطلس، به‌عنوان دو مولفه اصلی گردش عمومی جو در منطقه جنب حاره قابل مشاهده‌اند. همچنان مراکز کم‌فشاری با فشار ۹۹٦ هکتوپاسکال بر روی شرق

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

پاکستان، جنوب افغانستان، جنوب‌شرق عربستان و عمان و بر روی استان خوزستان بسته شده است. تمامی منطقه جنوب شرق، شرق، جنوب و جنوب‌غرب کشور، فشاری بین ۹۹۸ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را تجربه می‌کنند. در مقابل همچنان بر روی اقیانوس اطلس، مرکز پرفشار آزور با منحنی مرکزی هم‌فشار ۱۰۲۳ هکتوپاسکال، تمام اقیانوس اطلس مرکزی، غربی، شرقی، بیش‌تر پهنه اروپا و دریای مدیترانه را در برگرفته است. حد شرق سوی زبانه‌های این سامانه به‌وسیله زبانه‌های غرب سوی سامانه موسمی و در شرق دریای مدیترانه کنترل می‌شود. برهمکنش دو سامانه فوق‌الذکر به‌ویژه در محدوده شرق دریای مدیترانه، سبب تقویت جریان باد شمال شده که تمام خاورمیانه از جمله جنوب‌غرب کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نقشه‌های این جریان باد در شکل‌های (۵ الف؛ ۵ ب و ۵ ج) به‌تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.



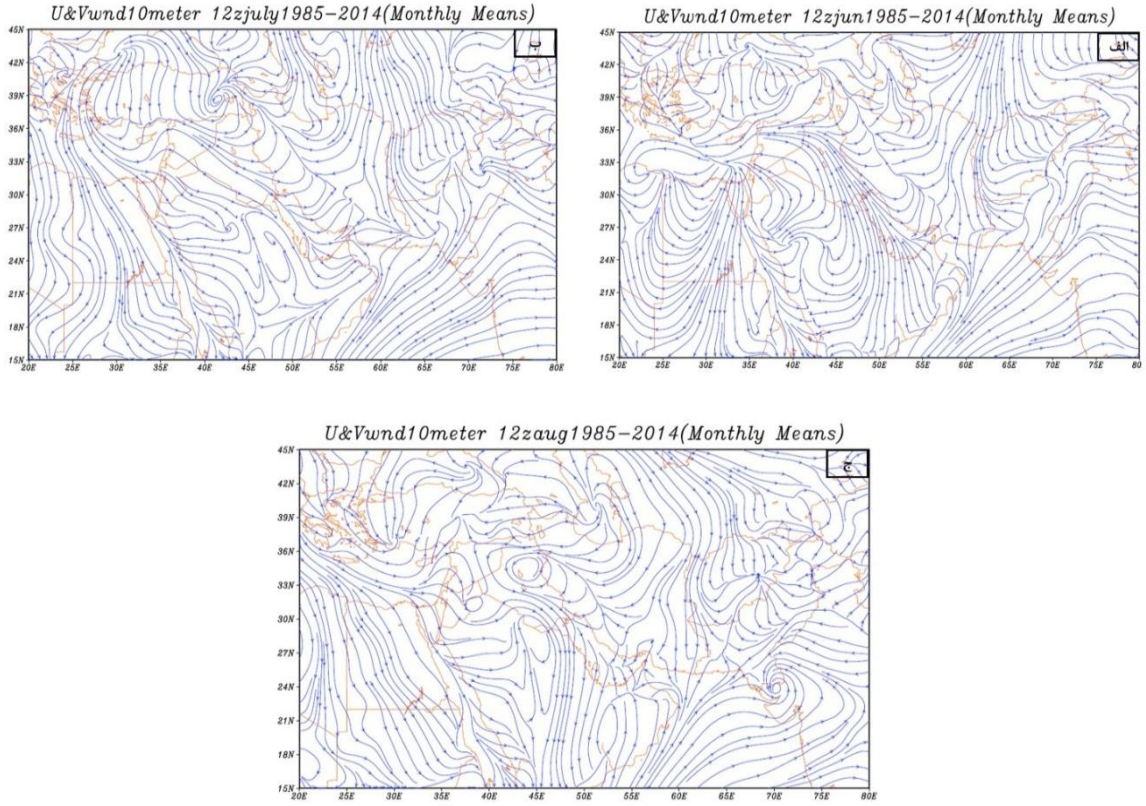
شکل ۵: الف، ب و ج به ترتیب نقشه‌های میانگین فشار تراز دریا در ساعت ۱۲UTC در ماه‌های ژوئن، ژولای و آگوست در طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵ هستند

Figure 5: A, B and C respectively, are the maps of the mean sea level pressure at UTC12, in June, July and August during the statistical period of 2014-1985

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بررسی جریانات جوی در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین

همان‌طور که در شکل (٦. الف، ب و ج) مشاهده می‌شود در سه ماه ژوئن، ژولای و آگوست، جهت جریان باد غالب در تمام خاورمیانه و جنوب‌غرب کشور، شمال‌غربی می‌باشد. این جریان باد در ماه‌های ژوئن تا آگوست از سمت شرق دریای مدیترانه به سمت خاورمیانه و جنوب‌غرب کشور می‌وزد. در حقیقت می‌توان گفت برهم‌کنش زبانه‌های دو سامانه کم‌فشار موسمی و پرفشار آزور در محدوده شرق دریای مدیترانه به‌عنوان عامل اصلی در تشکیل جریانات شمال غربی بوده که منطقه جنوب‌غرب کشور هم به‌طور کامل، اثرات آن را تجربه می‌کند. تحقیقات دیگر محققان نیز نشان می‌دهد که در فصل تابستان به‌ویژه ماه‌های ژولای و آگوست، دو سامانه کم‌فشار موسمی (به همراه ناوه خلیج‌فارس) در جنوب و جنوب‌غرب آسیا و پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور بر روی اقیانوس اطلس به‌عنوان دو عامل اصلی رخداد باد اتزین (باد نسبتا خنکی که از برهمکنش ناوه خلیج‌فارس و واچرخند جنب‌حاره‌ای اقیانوس اطلس با جهت غالب شمال‌غربی به سمت خاورمیانه می‌وزد) شناخته شده‌اند (Saaroni et al., 2003; Ziv et al., 2004; Zaitchik et al., 2007). بر همین اساس است که بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه‌های ژوئن تا آگوست با پارامتر باد برقرار شده است.



شکل ٦: الف، ب و ج به ترتیب جهت جریانات جوی در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین در سه ماهه ژوئن، ژولای و آگوست طی دوره آماری ۲۰۱٤ـ۱۹۸۵ می‌باشند

Figure 6: A, B and C, respectively, are for atmospheric currents at a height of 10 meters above the ground in the three months of June, July and August during the statistical period of 2014-1985

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دو استان خوزستان و بوشهر در طی ماه‌های ژوئن تا آگوست در دوره آماری ۲۰۱٤ ـ ۱۹۸۵ به‌شرح ذیل می‌باشد:

۱. بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه مورد مطالعه مربوط به پارامتر باد است؛ مقدار این ضریب در بیش‌تر ایستگاه‌های منتخب بیش از ۰/۹۰ و کمینه آن در ایستگاه‌های بوشهر و بوشهر دریایی مشاهده شده است که مقدار آن بین ۰/۵۰ تا ۰/۸۰ است.

۲. در برخی از ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با پارامتر دما و رطوبت منفی به‌دست آمده است. در حقیقت دو پارامتر فوق نقشی کنترل‌کننده یا به عبارتی کاهنده را در افزایش تبخیر و تعرق به‌دست گرفته‌اند. در مقابل ضریب همبستگی باد با تبخیر و تعرق، همواره مثبت و مقادیر بالایی را در تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه به‌خود اختصاص داده است.

۳. مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد که برهم‌کنش زبان‌های غرب‌سوی سامانه کم‌فشار موسمی و زبانه‌های شرق سوی واچرخند جنب‌حاره‌ای آزور در شرق دریای مدیترانه، سبب افزایش شیو فشاری در شرق دریای مدیترانه و خاورمیانه شده که رخداد باد شمال‌غربی حاصل آن است. همین جریان باد به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر جوی در مقادیر تبخیر و تعرق در جنوب‌غرب کشور شناخته شده است (Khazaei, 2018: 51-54).

٤. تحقیقات دیگر محققان نیز نشان می‌دهد که در فصل تابستان به‌ویژه ماه‌های ژولای و آگوست، دو سامانه کم‌فشار موسمی، در جنوب و جنوب‌غرب آسیا و واچرخند جنب‌حاره‌ای آزور بر روی اقیانوس اطلس، به‌عنوان دو عامل اصلی رخداد باد اتزین (باد نسبتا خنکی که از برهم‌کنش زبانه کم‌فشار خلیج‌فارس و واچرخند جنب‌حاره‌ای اقیانوس اطلس با جهت غالب شمال‌غربی به سمت خاورمیانه می‌وزد) شناخته شده‌اند (Saaroni et al., 2003; Ziv et al., 2004; zaitchik et al., 2007). این باد اتزین یا باد شمال‌غربی چون از روی آب‌های نسبتا خنک شرق دریای مدیترانه عبور می‌کند، هوای نسبتا سردی را با خودش به همراه می‌آورد. همین باد در پایین‌دست دره دجله و فرات، باد شمال نامیده می‌شود و چون مسیر طولانی را از روی خشکی طی نموده است، در این مناطق بسیار گرم و خشک و غبارآلود می‌شود (Nicholson, 2011: 232) بر همین اساس است که بیشینه ضریب همبستگی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ماه‌های ژوئن تا آگوست با پارامتر باد برقرار شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Akbari Nodehi, D., (2010), "Estimation of Evaporation Pan Coefficient to Calculate Evapotranspiration (Case Study: Sari Synoptic Station)", ***Journal of Research in Crop Sciences***, Second Year (7): 65-74. [In Persian].
- Akbari, M., Seif, Z., Zare Abyaneh, H., (2011), "Estimation of actual evapotranspiration rate and potential in different climatic conditions using remote sensing", ***Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries)***, 25 (4): 835-844. [In Persian].
- Alizadeh, A., (2004), "Principles of applied hydrology", Mashhad: Imam Reza University Press. [In Persian].
- Alizadeh, A., Kamali, Gh., Khanjani, M., Rahnodar, M., (2004), "Evaluation of evapotranspiration estimation methods in arid regions of Iran", ***Journal of Geographical Research***, 9 (2): 105-97. [In Persian].
- Allen, R. G., Pruitt, W. O., (1986), "Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula", ***Journal of Irrigation and Drainage Engineering***, 112 (2): 139-155.
- Amenzou, N., Marah, H., Ezzahar, J., Raibi, F., Mokhtari, F., Aouade, G., Heng, L., (2016), "Evapotranspiration partitioning components in an irrigated winter wheat field: A combined isotopic and micrometeorologic approach", ***International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)***, 2 (2): 125-133.
- Droogers, P., Allen, R. G., (2002), "Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions", ***Irrigation and drainage systems***, 16(1): 33-45.
- Ebrahimi, H., Yazdani, V., (2013), "Calculation of evapotranspiration of green space by Sebal method (Case study: Mashhad Nation Park)", ***Journal of Water and Soil Conservation***, 20 (3): 133-151. [In Persian].
- Farhoudi, R., Shamsipoor, A., (2000), "Estimation of evapotranspiration potential of South Balochistan", ***Journal of Geographical Research***, 39: 105-114. [In Persian].
- Garcia, M., Raes, D., Allen, R., Herbas, C., (2004), "Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian highlands (Altiplano)", ***Agricultural and forest meteorology***, 125 (1): 67-82.
- Gupta, A. P., (2009), "***The relationship between water and soil and plants***", Tehran: translated by Omid Alizadeh, Ayizh Pub. [In Persian].
- Hargreaves, G. H., Samani, Z. A., (1985), "Reference crop evapotranspiration from temperature", ***Appl. Eng. Agric***, 1 (2): 96-99.
- Jahanbakhsh Asl, S., Movahed Danesh, A., Molavi, V., (2001), "Analysis of Evapotranspiration Estimation Models for Tabriz Meteorological Station", ***Journal of Agricultural Knowledge***, 11 (2): 51-65. [In Persian].
- Khazaei, M., (2017), "Investigation of Synoptic Foundations and Summer Sbtropical Anticyclones of Iran and Its Effects on Evapotranspiration in the Southwest of the Country", PhD Thesis (Climatology), University of Tehran. [In Persian].
- Kulkarni, A. K., Masuti, R., Limaye, V. S., (2015), "Comparative study of evaluation of evapotranspiration methods and calculation of crop water requirements at chaskaman command area in pune region, india", ***International Journal of Research in Engineering and Technology***, 4: 323-326.
- Maui, H., Graeme, T., (2009), "***Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture***", translated by Hossein Mohammadi, Tehran: University of Tehran Press. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- McVicar, T. R., Li, L. T., Van Niel, T. G., Hutchinson, M. F., Mu, X. M., Liu, Z. H., (2005), "***Spatially distributing 21 years of monthly hydrometeorological data in China: Spatio-temporal analysis of FAO-56 crop reference evapotranspiration and pan evaporation in the context of climate change***", CSIRO Land and Water Tech. Rep. 8, 5.
- Mobasheri, M., (2007), "Presenting a method for validation of landsat ETM7 + data for estimating evapotranspiration after defective scan line correction (SLC)", ***Journal of Geographical Research***, (60): 85-95. [In Persian].
- Mohammadi, H., Azizi, G., Khoshakhlagh, F., Khazaei, M., (2016), "Estimation of summer evapotranspiration of sugarcane in Khuzestan province using climatic data", ***Journal of Geographical Information (Sepehr)***, 25 (99): 141-153. [In Persian].
- Mosaedi, A., Ghobaei Soug, M., (2013), "Evaluation of different experimental equations for estimating evapotranspiration of reference plant in different conditions absence of meteorological parameters measured in several climatic regions of Iran", ***Journal of Soil and Water Conservation***, 20 (3): 27-50. [In Persian].
- Nazem Alsadat, S., (2013), "***Fundamentals of air and climatology***", Tehran: University Publishing Center. [In Persian].
- Nicholson, S. E., (2011), "***Dry land climatology***", Cambridge: university press.
- Omidvar, J., Davari, K., Arshad, S., Mousavi Baigi, M., Akbari, M., Farid Hosseini, A., (2012), "Estimation of actual evapotranspiration using Aster sensor images and metric model", ***Journal of Irrigation and Water Engineering***, Third Year (9): 38-49. [In Persian].
- Piri, H., (2012), "Evaluation of computational methods of potential evapotranspiration with lysimeter data (Case study: Sistan plain)", ***Scientific Journal of Irrigation and Water Engineering***, Third Year, (9): 50-62. [In Persian].
- Rahim pour, M., Karimi, N., Mahdian, F., (2020)," Evaluation of SEBAL model in estimating actual evapotranspiration using MODIS satellite images in data deficiency conditions (Case study: Rafsanjan plain)", ***Geographical Space***, 20(70):1-18. [In Persian].
- Rezaei banafsheh, M., Jahanbakhsh, S., Kamran, Kh., (2013), "Estimation of actual evapotranspiration in Sefidrud basin using satellite image processing", ***Geographical Space***,13 (44): 241-262. [In Persian].
- Roshan, G., Khosh Akhla, F., Karampour, M., (2011), "Evaluating and modifying the appropriate model of potential evapotranspiration for Iran", ***Journal of Physical Geography***, (78): 49-68. [In Persian].
- Saaroni, H., Ziv, B., Edelson, J., Alpert, P., (2003), "Long-term variations in summer temperatures over the eastern Mediterranean", ***Geophysical Research Letters***, 30 (18): 1-4.
- Sabzi Parvar, A., Tafazoli, F., Zare Abyaneh, H., Banzhad, H., Mousavi Baigi, M., Ghafouri, M., Mohseni Movahed, A., Maryanji, Z., (2008), "Comparison of several models for estimating the evapotranspiration of the reference plant in a cold semi-arid climate, in order to make optimal use of radiation models", ***Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries)***, 22 (2): 327-340. [In Persian].
- Sharifan, H., Alizadeh, A., (2009), "Evaluation of temperature and radiation methods in estimating the maximum evapotranspiration with different probabilities (Case study: Gorgan region)", ***Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries)***, 23 (3): 1-9. [In Persian].
- Sharifan, H., Ghahraman, B., (2006), "Evaluation and comparison of evapotranspiration estimated from evaporation pan with standard ET0 values in Gorgan region", ***Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources***, 13 (5): 18-28. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Shayannezhad, M., Sadati Nezhad, S., Fahmi, H., (1386), "Determination of potential evapotranspiration using fuzzy regression method", ***Iranian Journal of Water Resources***, Third Year, (3): 76-86. [In Persian].
- Soltani, A., Mir Lotfi, M. R., Dehghani, S. M., Sanij, H., (2012), "Estimation of reference evapotranspiration using limited meteorological data in different climatic conditions", ***Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries***), 26 (1): 139-1149. [In Persian].
- Sumner, D. M., Jacobs, J. M., (2005), "Utility of Penman–Monteith, Priestley–Taylor, reference evapotranspiration, and pan evaporation methods to estimate pasture evapotranspiration", ***Journal of Hydrology***, 308 (1): 81-104.
- Temesgen, B., Eching, S., Davidoff, B., Frame, K., (2005), "Comparison of some reference evapotranspiration equations for California", ***Journal of irrigation and drainage engineering***, 131 (1): 73-84.
- Turc, L., (1961), "Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date", ***Ann Agron***, 12 (1): 13-49.
- Yavari, M., Omidvar, J., Davari, K., Farid Hosseini, A., Inanloo, M., (2014), "Evaluation of experimental methods for estimating annual real evapotranspiration on a large scale by means of estimated evapotranspiration from Sebal method in Neishabour plain", ***Journal of Irrigation and Water Engineering***, (17): 44-55. [In Persian].
- Yu, L., Pereira, L. S., Teixeirab, J. L., (1997), "Update definition and computation of reference evapotranspiration comparison with former method", ***Journal of hydraulic engineering***, 6 (3): 27-33.
- Zaitchik, B. F., Evans, J. P., Smith, R. B., (2007), "Regional impact of an elevated heat source: the Zagros Plateau of Iran", ***Journal of Climate***, 20 (16): 4133-4146.
- Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi, M., Sabzi Parvar, A., Marufi, S., Ghasemi, A., (2010), "Evaluation of different methods for estimating evapotranspiration of reference plant and its zoning in Iran", ***Journal of Physical Geography***, (74): 110-195. [In Persian].
- Ziv, B., Saaroni, H., Alpert, P., (2004), "The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean", ***International Journal of Climatology***, 24 (14): 1859-1871.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]