اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، تابستان ۱۳۹۳ ، ص ۳۵- ۴۶

واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر به‌منظور مدیریت ریسک خشکسالی در اکوسیستم‌های طبیعی (تالاب‌ها) ایران

سارا آزادی[۱]، سعید سلطانی[۲*]

۱.کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲.دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۳/۰۳/۲۵ – تاریخ تصویب ۱۳۹۳/۰۶/۲۷)

چکیده

با توجه به اهمیت دستیابی به اطلاعات صحیح از وضعیت خشکسالی و مدیریت ریسک آن به‌منظور رعایت حقابهٔ تالاب‌های مهم ایران، در این تحقیق ضرایب اقلیمی شاخص پالمر در ۱۷ حوضهٔ آبخیز کشور واسنجی و پهنه‌بندی شد و دامنهٔ تغییرات آنها در حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر بررسی شد. نتایج نشان داد در وضعیت تر، در حوضه‌هایی مانند خزر، کارون، گاوخونی و بختگان، مقدار ضریب در ماه‌های سرد، اغلب کمتر از ۱۰، و در حوضه‌های بندرعباس، ارومیه و هامون بین ۲۰ تا ۳۰، و در ماه‌های گرم بین ۲۰ تا ۳۰ بود و بیشترین مقدار (۳۰ تا ۴۰) به حوضهٔ هامون تعلق داشت. در وضعیت خشک، مقدار ضریب در ماه‌های سرد در اکثر حوضه‌ها کمتر از ۵ و در حوضه‌های بندرعباس، هامون و ارومیه بین ۵ تا ۱۰ به‌دست آمد، همچنین مقدار ضریب در ماه‌های گرم در حوضه‌های گاوخونی، کارون و بختگان بین ۵ تا ۱۰ بود و در حوضهٔ بندرعباس و بلوچستان بیشترین مقدار (۱۵ تا ۲۰) نسبت به حوضه‌های دیگر حاصل شد. به‌طور کلی در وضعیت‌های تر و خشک، مقدار ضریب در نواحی ساحلی خزر کمتر، و در هامون بیشتر از دیگر نواحی بود و از اقلیم مرطوب به‌سمت خشک و فراخشک بیشتر شد. این ضریب در وضعیت تر، بیشتر از وضعیت خشک و در ماه‌های سرد کمتر از ماه‌های گرم حاصل شد. با توجه به هماهنگی نتایج این تحقیق با روند اقلیمی موجود در کشور، می‌توان در مدیریت ریسک خشکسالی از این شاخص به‌منظور برآورد حداقل آب لازم برای حیات تالاب‌ها استفاده کرد.

کلیدواژگان: ایران، پهنه‌بندی، تالاب، شاخص خشکسالی پالمر، ضرایب اقلیمی.

* نویسندهٔ مسئول: Email :ssoltani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی است که آثار آن گذشته از مناطق خشک و نیمه‌خشک، در مناطق مرطوب نیز مشاهده می‌شود؛ گرچه خشکی صفتی اقلیمی است که مختص مناطق خشک و نیمه‌خشک است و نوعی ویژگی دائمی آب‌وهوای منطقهٔ خشک محسوب می‌شود [۵ ، ۶].

ایران در یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و خشکی جزء فطرت و صفت ذاتی آن است. تغییرات شدید مقدار بارش، شدت و پراکنش زیاد بارندگی و نوسانات دما از خصوصیات دائمی این مناطق است. خشکسالی نیز به‌عنوان عارضه‌ای موقت هر چند سال یک‌بار در این مناطق حادث می‌شود که در نتیجه، مشکلات خاص این مناطق را حادتر می‌کند [۷]. تاکنون به خشکسالی به اندازهٔ دیگر بلایای طبیعی توجه نشده است، زیرا اکثر بلایای طبیعی طی دوره‌ای کوتاه، خسارات سنگین مالی و جانی به جامعه وارد می‌کنند، اما خسارات سنگین‌تر خشکسالی به‌صورت تدریجی و در مدتی طولانی بروز می‌کند [۱]. از جمله بخش‌هایی که تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرند، منابع آبی و اکوسیستم‌های طبیعی باارزشی همچون تالاب‌ها هستند. بحران خشکی این مناطق در سال‌های خشکسالی اتفاق می‌افتد. درصورتی که پدیدهٔ خشکسالی به‌خوبی پیش‌بینی شود، می‌توان براساس مدیریت ریسک آن، منابع آب را مدیریت و تا حد امکان حقابهٔ تالاب‌ها را در حد زنده نگه‌داشتن اکوسیستم آنها رعایت کرد.

لازمهٔ دستیابی به اطلاعات صحیح از وضعیت خشکسالی و مدیریت ریسک آن به‌منظور رعایت حقابهٔ تالاب‌های مهم کشور، استفاده از شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر مدل‌های بیلان آبی است. در این راستا شاخص پالمر، شاخصی مناسب است، چراکه برمبنای معادلات بیلان آبی، می‌تواند نتایج قابل اعتمادی را از وضعیت خشکسالی عرضه کند. مراحل کلی محاسبات شاخص به‌صورت زیر است:

گام اول: انحراف رطوبتی اقلیم مورد نظر (d) در هر دوره (i) به‌دست می‌آید (معادلهٔ ۱). Pr_c: بارش مقتضی وضعیت عادی اقلیمی؛ و Pr_i: بارش در هر دوره است.

$$d_i = Pr_i - Pr_c \qquad (۱)$$

گام دوم: به‌منظور مقایسه‌پذیرشدن مقادیر انحراف رطوبتی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، این مقادیر توسط ضریب وزنی اقلیمی (K_i) به‌صورت بی‌بُعد در می‌آیند؛ به‌عبارت دیگر در این گام، مقدار شاخص انحراف رطوبتی (Z_i)تعیین می‌شود (معادلهٔ ۲).

$$Z_i = d_i \times K_i \qquad (۲)$$

برای تعیین مقدار این ضریب وزنی، Palmer معادلاتی تجربی به‌صورت زیر ارائه کرد [۱۲]:

$$K_i = \frac{17.67}{\sum_{j=1}^{12} \overline{D}_j \times K'_j} \times K'_i \qquad (۳)$$

$$\overline{D}_i = \sum_{i=1}^{n} \left| d_i \right| / n \qquad (۴)$$

$\overline{D}_i$: عبارت است از متوسط مقادیر مطلق انحراف رطوبتی (با واحد اینچ) جهت هر ماه و عامل K'_i: ضریب وزنی اقلیمی اولیه است که برای مناطق مطالعاتی پالمر به‌صورت زیر تعریف شد (با واحد اینچ برای مقادیر D):

$$K_i = 1.5 \times Log\left(\frac{k_i + 2.8}{\overline{D}_i} \right) + 0.5 \qquad (۵)$$

k_i: تقریب اولیهٔ ضریب وزنی است که از نسبت مقادیر تقاضا به عرضهٔ رطوبتی حاصل می‌شود.

که $\overline{ETp_i}$، $\overline{RO_i}$، $\overline{RE_i}$، $\overline{L_i}$ و $\overline{Pr_i}$ به‌ترتیب متوسط بلندمدت تبخیرتعرق بالقوه، رواناب، تغذیهٔ رطوبتی، هدررفت از خاک و بارش برای هر ۱۲ ماه سال (i) است.

$$k_i = \frac{\overline{ETp}_i + \overline{RE}_i + \overline{RO}_i}{\overline{Pr}_i + \overline{L}_i} \qquad (۶)$$

ضریب ۱۷/۶۷ نیز میانگینی از مقادیر $\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i K'_i$ (مجموع سالانهٔ انحراف‌های وزن‌دار)، مربوط به وضعیت اقلیمی نُه منطقه در ایالات متحدهٔ آمریکا است (با واحد اینچ برای مقادیر D). در حقیقت عبارت کسری ضریب K'_i در معادلهٔ ۳، نسبت بین مقدار مورد انتظار $\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i K'_i$ در کل مناطق و مقدار مشاهده‌شده در هر منطقه است. مناطق مورد استفادهٔ پالمر شامل سه ناحیه از تکزاس و همچنین یک ناحیه از هر یک از نواحی تِنسی، اُهایو، آیوا، پِنسیلوانیا، کانزاس و داکوتای شمالی، و فاقد مناطق ساحلی و ایالت‌های غربی است [۹،۳]. مقدار $\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i K'_i$ در این مناطق از ۱۲/۴۶ تا ۲۰/۹۷ متغیر بود که برای تعیین ضریب تصحیح منطقه‌ای (به‌منظور مقایسه‌پذیر کردن

مقادیر انحراف رطوبتی در نقاط مختلف) از میانگین آنها، ۱۷/۶۷، استفاده شد [۳، ۸]. جایگزین این رقم، ترابی در سال ۱۳۸۱ از ضریب ۲۶۴/۳۲ در منطقهٔ اصفهان، و Akinremi و همکاران در سال ۱۹۹۶ از ضریب ۱۴/۲ در مرغزارهای کانادا استفاده کردند [۸،۳]. Denghua و همکاران در سال ۲۰۱۳ برای حوضهٔ رودخانهٔ Luanhe در شمال چین مقدار ۴۳۸/۹۱ را به‌دست آوردند [۱۰]. همچنین سلطانی تودشکی در مطالعه‌ای در فارس ارقام ۱۰۷ و ۶۰ را به‌ترتیب برای وضعیت‌های ترسالی و خشکسالی به‌دست آورد [۳].

Denghua و همکاران در سال ۲۰۱۳ برای حوضهٔ رودخانهٔ Luanhe در شمال چین، جایگزین مقادیر ۱/۵، ۲/۸ و ۰/۵ در معادلهٔ ۵، به‌ترتیب مقادیر ۱/۲۴۵۹، ۰ و ۳/۳۶۸۴ را به‌دست آوردند [۱۰].

گام سوم: به‌منظور تحلیل شدت وقایع و تعیین آغاز و پایان آنها، مقادیر انحراف رطوبتی به قالب رده‌بندی‌شده تبدیل می‌شوند:

$$X_i = 0.897X_{i-1} + 0.333Z_i \qquad (۷)$$

براساس معادلهٔ ۷، شاخص شدت خشکسالی پالمر (X) در مقطع زمانی i، ترکیبی از سهم مشارکت انحراف رطوبتی هر مقطع (Z_i) و شدت خشکسالی یک دورهٔ ماقبل (X_{i-1}) است و ضرایب ۰/۸۹۷ و ۰/۳۳۳ نیز مدت زمان استمرار و دوام یک واقعهٔ خشکسالی یا ترسالی را تبیین می‌کنند [۳].

همان‌طور که پیشتر اشاره شد، اطلاع از وضعیت صحیح خشکسالی به مدیریت ریسک آن و رعایت حقابهٔ اکوسیستم تالاب‌ها به‌طور مؤثری کمک خواهد کرد. برای رسیدن به نتایج قابل اعتماد از وضعیت خشکسالی براساس شاخص پالمر، توجه به اقلیم‌های مختلف ضروری است، چراکه این شاخص دارای ارقام و ضرایب اقلیمی است که میانگینی از اقلیم جهانی نیستند و در نتایج خروجی شاخص تأثیر مهمی دارند؛ از سوی دیگر ایران اقلیم واحدی ندارد، بنابراین باید برای هر ناحیه ضریب خاصی مطرح شود. نظر به اهمیت پیش‌بینی و مدیریت ریسک خشکسالی و شناسایی صحیح آن در تمامی بخش‌ها به‌ویژه در بخش تالاب‌ها به‌منظور تخصیص حداقل آب لازم برای زنده نگه‌داشتن آنها؛ هدف این مطالعه، بومی‌سازی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر برای حوضه‌های آبخیز کشور، به‌خصوص حوضه‌های واجد تالاب مهم بین‌المللی ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر است.

مواد و روش

منطقهٔ تحقیق

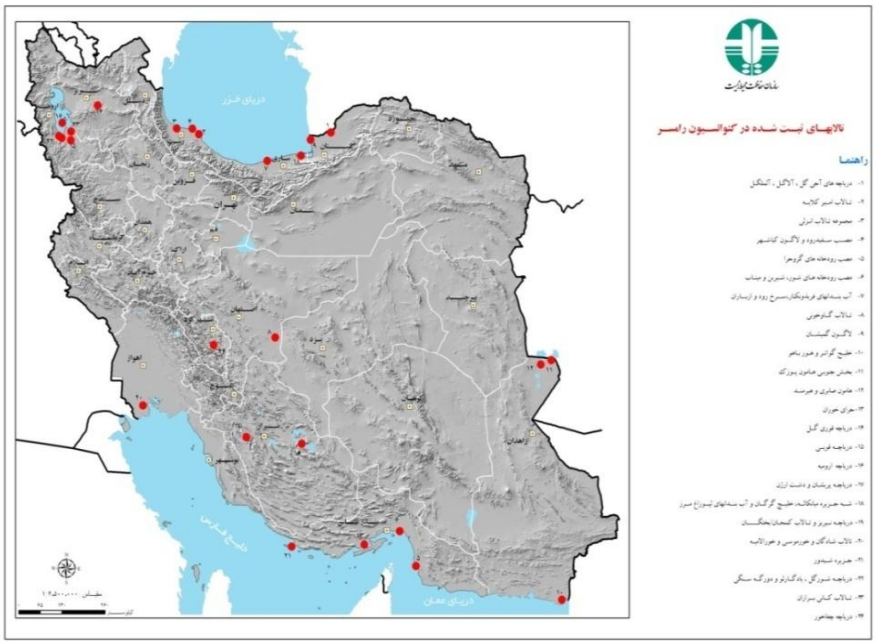
ایران با مساحت ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع شانزدهمین کشور بزرگ جهان است [۱۳] و از نظر جغرافیایی بین عرض ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ شمالی و طول ۴۴ تا ۶۳ درجهٔ شرقی واقع شده است [۱۱]. دامنهٔ ارتفاعی آن مختلف بوده و از کمتر از سطح دریا تا بیشتر از ۵۰۰۰ متر و دارای دمای هوای متنوع از ۳۰- تا ۵۰+ درجهٔ سانتی‌گراد است. متوسط بارش به‌صورت متغیر از حدود ۲۵ میلی‌متر در فلات مرکزی تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر در نواحی دریای خزر و متوسط بارش کل کشور ۲۵۰ میلی‌متر است [۱۳]. براساس دسته‌بندی وزارت نیرو، کشور به ۳۰ حوضهٔ هیدرولوژیکی تقسیم شده است که با کدهای زیر مشخص می‌شوند:

ارس (۱۱)، تالش- مرداب انزلی (۱۲)، سفیدرود بزرگ (۱۳)، رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز (۱۴)، رودخانه‌های هراز و بین هراز (۱۵)، قره‌سو- گرگانرود (۱۶)، اترک (۱۷)، مرزی غرب (۲۱)، کرخه (۲۲)، کارون بزرگ (۲۳)، زهره- جراحی (۲۴)، حله و مسیل‌های کوچک دو طرف آن (۲۵)، مند و حوضه‌های بستر هرم- ماریان (۲۶)، کل و مهران و مسیل‌های جنوبی و جزایر (۲۷)، بندرعباس و سدیج (۲۸)، بلوچستان جنوبی بین سدیج و مرز (۲۹)، دریاچهٔ ارومیه (۳۰)، دریاچهٔ نمک (۴۱)، گاوخونی (۴۲)، طشک- بختگان و مهارلو (۴۳)، کویر ابرقو- سیرجان (۴۴)، هامون- جازموریان (۴۵)، کویر لوت (۴۶)، کویر مرکزی (۴۷)، کویرهای سیاهکوه، ریگ زرین و دق‌سرخ (۴۸)، کویرهای درانجیر و ساغند (۴۹)، دق تپرگان- نمکزار خواف (۵۱)، هامون هیرمند (۵۲)، هامون مشکیل (۵۳)، سرخس (۶۰).

بنابر کنوانسیون رامسر، ۲۴ تالاب کشور جزء تالاب‌های بین‌المللی ثبت شده‌اند، این تالاب‌ها برای ادامهٔ حیات به رعایت حقابهٔ زیست‌محیطی نیاز دارند که نام آنها به‌همراه حوضه‌های مطالعاتی مربوط در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱. تالاب‌های ایران و حوضه‌های آبخیز مطالعاتی مربوط

حوضهٔ مطالعاتی	تالاب‌های مهم موجود در حوضه
۱-۲۴۵	تالاب امیرکلایه- تالاب انزلی- مصب سفیدرود و لاگون کیاشهر- آب‌بندان‌های فریدون‌کنار، سرخ رود و ازباران- شبه‌جزیرهٔ میانکاله، خلیج گرگان و آب‌بندان‌های لپوزاغ مرز
۱-۶۷	دریاچه‌های آجی گل، آلاگل، آلملگل
۲-۳۴۵	تالاب شادگان و خور موسی و خور الامیه- دریاچهٔ چغاخور
۲-۶۷	حرای خوران- جزیرهٔ شیدور
۲-۸۹	مصب رودخانه‌های گز و حرا- مصب رودخانه‌های شور، شیرین و میناب- خلیج گواتر و هور باهو
۳۰	دریاچهٔ قوری گل- دریاچهٔ قوپی- دریاچهٔ ارومیه- دریاچهٔ شورگل، یادگارلو و دورگه سنگی- تالاب کانی برازان
۴-۲۳۴	تالاب گاوخونی- دریاچهٔ نیریز و تالاب کمجان (بختگان)- دریاچهٔ پریشان و دشت ارژن
۵-۱۲	بخش جنوبی هامون پوزک- هامون صابری و هیرمند



شکل ۱. پراکنش تالاب‌های بین‌المللی ایران

شاخص شدت خشکسالی پالمر[1] (PDSI)

برای واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر در ایران، از اطلاعات (دما، بارش، رطوبت اولیهٔ خاک، ظرفیت رطوبت در دسترس خاک (AWC)؛ مساحت و عرض جغرافیایی) ۵۰۶ زیرحوضهٔ هیدرولوژیکی ایران حاصل از مدل SWAT[2] [۱۱] در دورهٔ آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ استفاده شد. بدین ترتیب که ۳۰ حوضهٔ آبخیز ایران به ۱۷ حوضه تقسیم شده (کدهای: ۱-۱، ۳-۱، ۲۴۵- ۱، ۶۷-۱، ۱۲-۱، ۳۴۵-۲، ۶۷-۲، ۸۹-۲، ۳۰، ۱-۴، ۲۳۴-۴، ۵۶-۴، ۷-۴، ۸۹-۴، ۱۲-۵، ۳-۵ و ۶۰) و برای محاسبهٔ ضرایب اقلیمی شاخص، از میانگین وزنی این اطلاعات برای ۱۷ حوضهٔ کشور استفاده شده است. طبق مراحل مطرح‌شدهٔ قبلی، محاسبات انجام گرفته است. در گام دوم به‌منظور مقایسه‌پذیرشدن مقادیر انحراف رطوبتی، در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، بی‌بُعدسازی انجام گرفته است. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، مقادیر و ضرایب پالمر برای مناطق مختلف می‌تواند تصحیح شود، ازاین‌رو تعمیم معادلات واسنجی ضریب وزنی K_i براساس پژوهش سلطانی تودشکی [۳] تشریح می‌شود:

۱. تقریب اولیهٔ ضریب وزنی (نسبت بین تقاضا و عرضهٔ رطوبت)

1. Palmer Drought Severity Index
2. Soil and Water Assessment Tool

۲. محاسبهٔ شاخص انحراف رطوبتی اولیه و ارزیابی ضریب وزنی اولیه

با حفظ مفهوم ضریب وزنی اقلیمی مبنی بر نسبت بین تقاضای رطوبتی به عرضهٔ رطوبتی، معادلهٔ ۸ در حوضه‌های مطالعاتی منطقی به‌نظر می‌رسد و به‌کار گرفته شده است:

$$k_i = \frac{\overline{ET}_i + \overline{RO}_i}{\overline{Pr}_i + \overline{RE}_i} \qquad (۸)$$

۲.۱. محاسبهٔ شدیدترین «شدت وقایع سالانه» از معادلهٔ خط‌پوش:

الف) شناسایی شدیدترین وقایع با طول مختلف در مناطق تحت مطالعه؛

ب) برازش خط‌پوش داده‌های حدی فوق؛

پ) تعیین مقدار معادلهٔ خط‌پوش به‌ازای طول ۱۲ ماه.

۲.۲. تعیین شدیدترین «انحراف رطوبتی با دورهٔ یکساله»، در تمامی مناطق؛

۲.۳. محاسبهٔ «ضریب وزنی متوسط منطقه‌ای (اقلیمی) (نسبت بین دو عامل بالا)؛

۲.۴. محاسبهٔ نسبت بین عرضه و تقاضای رطوبت، با استفاده از مقادیر سالانه؛

۲.۵. محاسبهٔ میانگین قدرمطلق مقادیر انحراف رطوبتی به‌صورت سالانه؛

۲.۶. برازش خط‌پوش داده‌ها و استخراج معادلهٔ «ضریب متوسط منطقه‌ای»؛

۲.۷. به‌دست آوردن ضریب وزنی ماهانه.

۳. تعدیل ضریب منطقه‌ای با ارزیابی مجدد آن در مناطق مختلف:

۳.۱. محاسبهٔ ضریب اصلاحی φ؛

۳.۲. تعیین ضریب وزنی اقلیمی نهایی (جهت وقایع تر (مقادیر انحراف رطوبتی مثبت) و خشک (مقادیر انحراف رطوبتی منفی): K_w، K_d).

پس از محاسبهٔ ضریب اقلیمی نهایی در حوضه‌های مطالعاتی به‌خصوص در حوضه‌های دارای تالاب‌های ذکرشده در جدول ۱، نقشهٔ اقلیم ایران به‌روش دومارتن [۴] با نقشهٔ حوضه‌های ۱۷گانه تلفیق و تغییرات کلی ضریب مشخص شده است. بر این اساس می‌توان وضعیت خشکسالی را برمبنای معادلات بیلان آبی تعیین کرد که می‌تواند در برآورد حقابهٔ تالاب‌ها به‌کار گرفته شود. باید اشاره شود که نتایج کلی این بررسی در محدودهٔ حوضه‌های آبخیز واجد تالاب ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر صورت گرفته است.

نتایج و بحث

در این تحقیق با توجه به محاسبات به‌نسبت پیچیده، ضرایب واسنجی‌شدهٔ شاخص پالمر برای ایران به‌صورت زیر به‌دست آمده است (معادله‌های ۹ و ۱۰ به‌ترتیب برای وضعیت‌های تر و خشک):

$$(K'_i)_w = +26.7\times(k_i+1)/(\overline{D}_i)_w + 35.63 \qquad (۹)$$

$$(K'_i)_d = +28.21\times(k_i+0.25)/(\overline{D}_i)_d + 45.79 \qquad (۱۰)$$

براساس معادله‌های ۹ و ۱۰، جایگزین مقادیر پالمر ۱/۵، ۲/۸ و ۰/۵ (معادلهٔ ۵)، به‌ترتیب برای وضعیت‌های تر و خشک مقادیر (۲۶/۷ و ۲۸/۲۱)، (۱ و ۰/۲۵) و (۳۵/۶۳ و ۴۵/۷۹) به‌دست آمده است. Denghua و همکاران نیز برای حوضهٔ رودخانه Luanhe در شمال چین، به‌ترتیب مقادیر ۱/۲۴۵۹، ۰ و ۳/۳۶۸۴ را به‌دست آوردند [۱۰].

(مقادیر واسنجی‌شدهٔ ضرایب ۰/۵، ۲/۸ و ۱/۵، در نتایج بعدی به‌ترتیب با μ، θ و λ مشخص شده است.)

همچنین در این مطالعه جایگزین مقدار ۱۷/۶۷ (معادلهٔ ۳)، برای وضعیت‌های تر و خشک به‌ترتیب ۲۱۷۸/۰۳ و ۹۲۰/۸۷ به‌دست آمده است. جایگزین این رقم، ترابی از ضریب ۲۶۴/۳۲ در منطقهٔ اصفهان و Akinremi و همکاران از ضریب ۱۴/۲ در مرغزارهای کانادا استفاده کردند [۸،۲]. Denghua و همکاران نیز برای حوضهٔ رودخانهٔ Luanhe در شمال چین مقدار ۴۳۸/۹۱ را به‌دست آوردند [۱۰]. سلطانی تودشکی هم در مطالعه‌ای در فارس ارقام ۱۰۷ و ۶۰ را به‌ترتیب برای وضعیت‌های ترسالی و خشکسالی به‌دست آورد [۳].

در ادامه با استفاده از روابط ۹ و ۱۰، برای هر حوضهٔ مطالعاتی ضرایب اقلیمی نهایی به تفکیک برای وضعیت‌های تر و خشک محاسبه شد که برای نمونه، نتایج حوضهٔ مطالعاتی ۲۳۴-۴ (حوضه‌های گاوخونی، طشک- بختگان- مهارلو، ابرقو-سیرجان) در اینجا ارائه می‌شود (جدول ۲). شایان یادآوری است که به‌دلیل نوسانات بسیار زیاد ضریب اقلیمی در مقیاس زمانی ماهانه نسبت به سالانه، در برخی از حوضه‌ها مقادیر K'_i، منفی شده و سبب معکوس‌شدن وضعیت‌های ترسالی و خشکسالی شده است. بنابراین برای رفع این مشکل و با توجه به هدف مورد نظر، یعنی رسیدن

به ضریبی با ماهیت یکسان در مناطق مختلف، اصلاحاتی در مقادیر ابتدایی $T_i = (k_i + \theta)/\overline{D_i}$، لحاظ شده و بقیهٔ مراحل انجام گرفته است. در جدول ۲ ملاحظه می‌شود که ضریب اقلیمی در ماه‌های گرم مانند آگوست نسبت به ماه‌های سرد و مرطوب مقدار بیشتری دارد که این ویژگی به‌منظور یکسان کردن ماهیت انحراف رطوبتی و مقایسه‌پذیر شدن نتایج شاخص پالمر در حوضه‌های مطالعاتی و ماه‌های مختلف است.

جدول ۲. استخراج ضریب اقلیمی نهایی (به‌صورت ماهانه)، براساس مقادیر سالانه در حوضهٔ مطالعاتی ۲۳۴- ۴

	مقاطع زمانی؛ ماه‌های سال آبی												سالانه
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	
محاسبه متغیرهای مؤثر بر ضریب اقلیمی													
k	۷/۲۵	۱/۴۲	۱/۰۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۳۹	۲/۸۵	۱۸/۲۲	۱۹۰/۴۹	۴۴۱/۵۱	۲/۲۶
$\overline{Dwi}$	۱۱/۹	۳۰/۹	۳۹/۴	۲۶/۰	۴۱/۰	۲۸/۵	۲۱/۶	۱۷/۹	۲۲/۶	۶/۵	۰/۶	۰/۳	۲۰/۶۲
$\overline{Ddi}$	۵/۳	۱۳/۸	۳۳/۸	۳۶/۴	۲۹/۳	۲۸/۵	۲۱/۶	۱۷/۹	۱۶/۲	۳/۳	۰/۴	۰/۲	۱۷/۲۲
مقادیر مربوط به محور x در حوضهٔ مطالعاتی ۲۳۴-۴													
T	۶/۴۸	۲/۳۱	۱/۸۰	۲/۷۳	۱/۷۳	۲/۴۹	۳/۲۹	۳/۹۹	۳/۲۲	۱۳/۵۲	۴۲۰/۰۲	۱۵۰۵/۱۹	
	۳/۲۶	۰/۸۳	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۵۱	۰/۶۴	۰/۷۹	۸/۶۵	۴۵۲/۵۹	۲۶۵۷/۲۷	
	سالانه $\overline{T} = (\overline{k} + \theta)/\overline{\overline{D}}$		min(A): ۰/۴۶	۰/۲۶-		ماهانه $T = (k+\theta)/\overline{D}$			min(a): ۰/۲۳-		۰/۷۵-		
			max(B): ۱/۱۰	۰/۵۲					max(b): ۵/۷۶		۶/۴۶		
$Log\overline{T} = LogT_{adj}$	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۶۰	۰/۷۶	۰/۸۲	
	۰/۱۲-	۰/۱۹-	۰/۲۳-	۰/۲۳-	۰/۲۲-	۰/۲۲-	۰/۲۱-	۰/۲۰-	۰/۱۹-	۰/۰۸-	۰/۱۱	۰/۱۹	

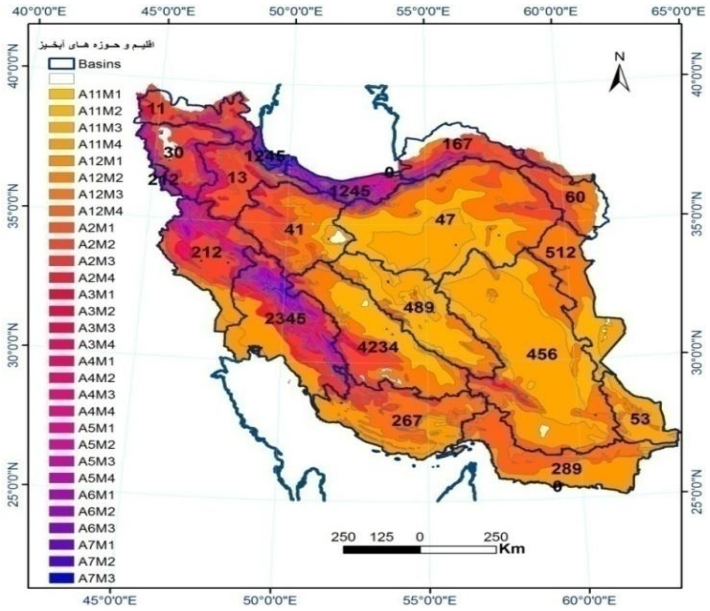
ضرایب معادلهٔ حاکم بر ضریب اقلیمی مربوط به کل

Wet spell :				λ : ۳۸/۲۰		θ : ۷۰/۰۰			μ : ۹/۹۵-			وضعیت تر
Drought :				۱۰/۵۵		۱۰/۰۰			۷/۸۷			وضعیت خشک
$(K'_i)_w$	۱۱/۷۶	۹/۹۲	۹/۴۸	۱۰/۲۲	۹/۴۰	۱۰/۰۵	۱۰/۵۵	۱۰/۸۹	۱۰/۵۱	۱۳/۰۸	۱۹/۲۲	۲۱/۵۰	$\sum_{i=1}^{12}$
$(K'_i)d$	۶/۵۷	۵/۹۰	۵/۴۳	۵/۳۹	۵/۵۰	۵/۵۲	۵/۶۶	۵/۷۶	۵/۸۷	۷/۰۶	۹/۰۲	۹/۹۰	
$\overline{D_i} \times K'_i$	۱۴۰/۱۹	۳۰۶/۹۲	۳۷۳/۳۳	۲۶۵/۹۵	۳۸۵/۸۴	۲۸۶/۴۳	۲۲۸/۰۱	۱۹۵/۰۵	۲۳۷/۹۷	۸۵/۳۴	۱۱/۹۲	۷/۳۱	۲۵۲۴/۲۵
	۳۴/۸۲	۸۱/۱۱	۱۸۳/۵۰	۱۹۶/۶۳	۱۶۱/۳۰	۱۵۷/۱۷	۱۲۲/۲۸	۱۰۳/۲۰	۹۵/۰۰	۲۳/۰۳	۴/۰۰	۱/۶۸	۱۱۶۳/۷۲
													φ
$(K_i)_w$	۱۰/۱	۸/۶	۸/۲	۸/۸	۸/۱	۸/۷	۹/۱	۹/۴	۹/۱	۱۱/۳	۱۶/۶	۱۸/۵	۰/۸۶
$(K_i)d$	۵/۲	۴/۷	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۶	۵/۶	۷/۱	۷/۸	۰/۷۹

همان‌طور که پیشتر بیان شد، برای بررسی پراکندگی و تغییرات ضرایب در نواحی مختلف، نقشهٔ اقلیمی ایران به‌روش دومارتن به‌کار گرفته شده (شکل ۲) که نتایج مربوط به اقلیم غالب حوضه‌های مطالعاتی کشور در جدول ۳ ارائه شده است.

در حوضه‌های آبخیزی که دارای تالاب ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر هستند، اقلیم‌های غالب به‌صورت زیر تشخیص داده شده است:

حوضهٔ ۱۲۴۵ دارای اقلیم مدیترانه‌ای معتدل تا خیلی مرطوب (نوع ب) معتدل، حوضهٔ ۱۶۷ دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد و تا حدودی خشک و سرد، حوضهٔ ۲۳۴۵ دارای اقلیم فراخشک گرم تا نیمه‌مرطوب معتدل و در برخی قسمت‌ها خیلی مرطوب (نوع الف) معتدل، حوضهٔ ۲۶۷ دارای اقلیم نیمه‌خشک معتدل تا فراخشک گرم، حوضهٔ ۲۸۹ دارای اقلیم خشک و فراخشک گرم، حوضهٔ ۳۰ دارای اقلیم نیمه‌خشک و فراخشک سرد تا مرطوب سرد، حوضهٔ ۴۲۳۴ دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد تا فراخشک سرد و گرم، و حوضهٔ ۵۱۲ دارای اقلیم خشک تا فراخشک سردند.



شکل ۲. حوضه‌های آبخیز مطالعاتی و اقلیم کشور به‌روش دومارتن

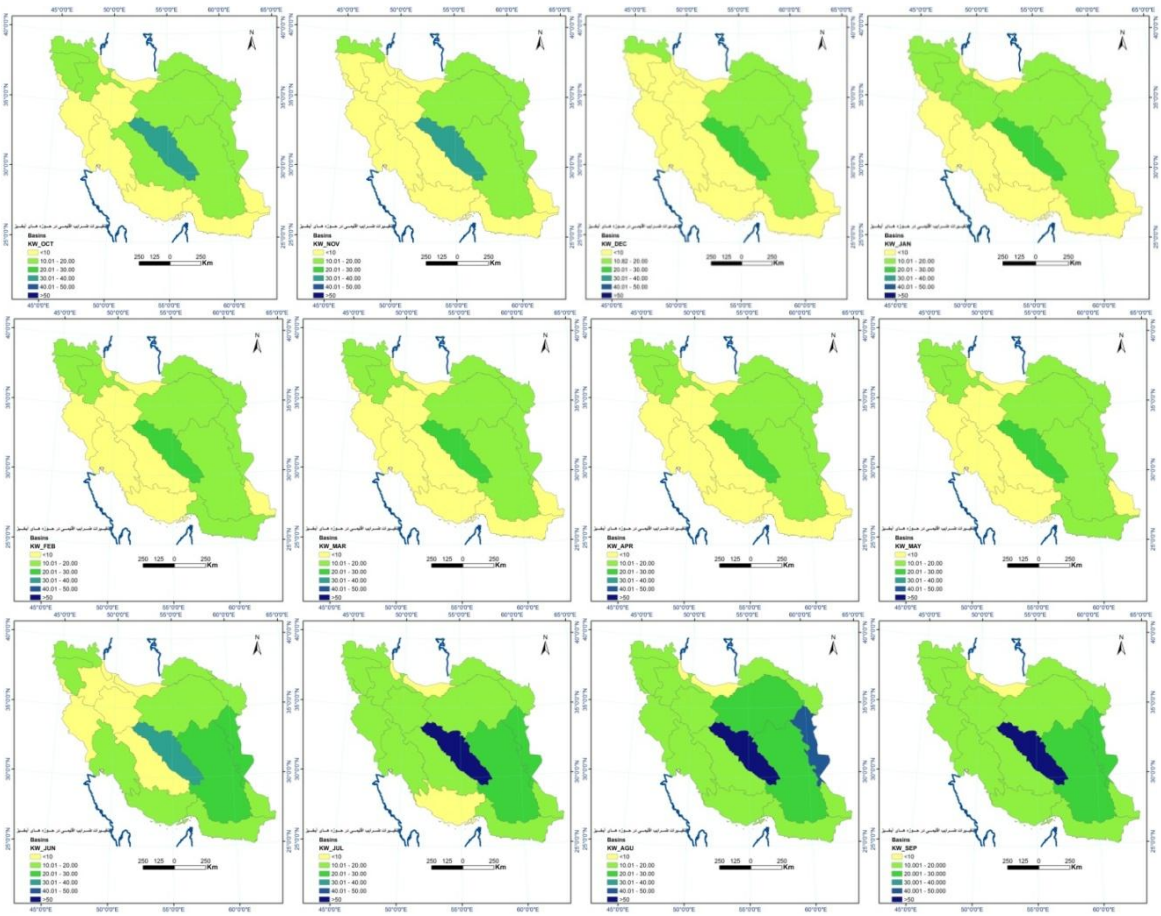
براساس جدول ۳ (الف و ب)، مشابه جدول ۲ مقادیر ضریب اقلیمی نهایی در ۱۷ حوضهٔ آبخیز مطالعاتی کشور در ماه‌های سرد کمتر از ماه‌های گرم سال است. همچنین در حوضه‌های مرکزی، شرق و جنوب شرقی (۴۱ تا ۵۳) بیشترین مقادیر و در حوضه‌های ۱۱، ۱۲۴۵ و حوضه‌های غربی (مانند ۲۱۲) کمترین مقادیر ضریب به‌دست آمده است. در وضعیت‌های تر و خشک، حوضه‌های ۵۱۲ و ۴۸۹ بیشترین مقادیر ضریب را دارند.

جدول ۳. الف. تغییرات ضریب اقلیمی نهایی حوضه‌های آبخیز مطالعاتی در وضعیت تر

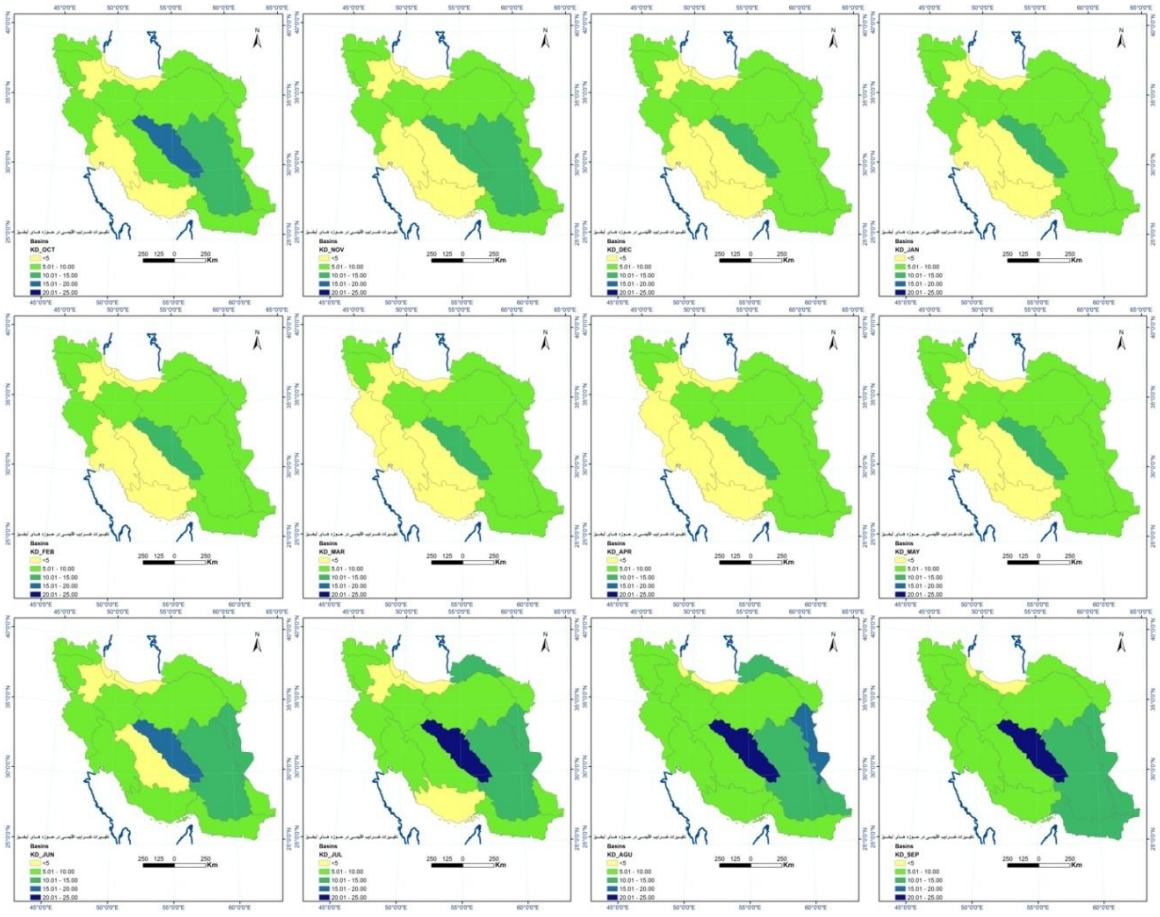
حوضه	اقلیم غالب	Sep	Agu	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	Oct
۱-۱	نیمه‌خشک سرد و فراسرد تا مدیترانه‌ای سرد	۱۷/۱	۱۷/۳	۱۹/۳	۱۶/۶	۱۶/۷	۱۶/۶	۱۷/۷	۱۷/۳	۱۶/۸	۱۶/۱	۱۶/۶	۱۷/۰
۱-۳	نیمه‌خشک سرد و فراسرد تا مدیترانه‌ای سرد	۱۲/۱	۱۲/۷	۱۰/۹	۹/۶	۱۰/۳	۱۰/۱	۱۰/۳	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۰/۲	۸/۵	۱۰/۹
۱-۲۴۵	مدیترانه‌ای معتدل تا خیلی مرطوب معتدل	۸/۸	۹/۸	۹/۳	۸/۱	۹/۰	۸/۳	۸/۶	۸/۶	۹/۷	۹/۰	۸/۱	۸/۳
۱-۶۷	نیمه‌خشک سرد و تا حدودی خشک و سرد	۱۴/۶	۱۷/۵	۱۷/۳	۱۴/۲	۱۴/۴	۱۴/۳	۱۵/۱	۱۷/۱	۱۳/۳	۱۴/۸	۱۵/۱	۱۵/۵
۲-۱۲	فراخشک گرم تا معتدل و مرطوب سرد	۱۱/۵	۱۴/۴	۱۲/۷	۷/۴	۷/۴	۷/۱	۶/۶	۷/۷	۸/۰	۷/۱	۶/۵	۷/۹
۲-۳۴۵	فراخشک گرم، نیمه‌مرطوب و خیلی مرطوب معتدل	۱۷/۵	۱۵/۴	۱۷/۱	۱۱/۱	۸/۱	۸/۲	۷/۹	۸/۰	۸/۴	۶/۹	۷/۴	۹/۴
۲-۶۷	نیمه‌خشک معتدل تا فراخشک گرم	۱۱/۵	۱۲/۲	۸/۸	۱۱/۲	۸/۱	۸/۷	۷/۹	۷/۳	۸/۱	۶/۷	۹/۰	۸/۵
۲-۸۹	خشک و فراخشک گرم	۱۸/۶	۱۴/۲	۱۱/۵	۱۴/۰	۱۱/۲	۹/۴	۹/۱	۱۰/۰	۸/۸	۸/۷	۹/۸	۷/۶
۳۰	نیمه‌خشک سرد و فراخشک سرد تا مرطوب سرد	۱۳/۲	۱۶/۵	۱۳/۵	۱۰/۶	۱۰/۲	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۱/۷	۱۱/۰	۱۰/۸	۹/۹	۱۲/۳
۴-۱	نیمه‌خشک سرد تا فراخشک گرم	۱۳/۹	۱۳/۷	۱۰/۱	۸/۷	۸/۹	۸/۹	۸/۶	۹/۷	۱۱/۰	۹/۰	۸/۷	۹/۴
۴-۲۳۴	نیمه‌خشک سرد تا فراخشک سرد و گرم	۱۸/۶	۱۶/۶	۱۱/۳	۹/۱	۹/۴	۹/۱	۸/۷	۸/۱	۸/۸	۸/۲	۸/۶	۱۰/۱
۴-۵۶	خشک معتدل و سرد تا فراخشک معتدل و سرد	۲۸/۶	۲۵/۲	۲۶/۴	۲۳/۵	۱۵/۲	۱۴/۹	۱۳/۶	۱۴/۷	۱۵/۵	۱۳/۶	۱۷/۶	۱۸/۲
۴-۷	خشک تا فراخشک معتدل تا سرد	۱۶/۸	۲۰/۶	۱۱/۷	۱۲/۹	۱۰/۸	۱۲/۱	۱۱/۷	۱۱/۸	۱۳/۳	۱۳/۰	۱۳/۶	۱۴/۷
۴-۸۹	فراخشک سرد تا معتدل	۵۲/۵	۵۹/۹	۵۰/۵	۳۴/۳	۲۹/۵	۲۷/۳	۲۶/۷	۲۷/۹	۲۹/۲	۲۷/۲	۳۰/۴	۳۱/۷
۵-۱۲	خشک تا فراخشک سرد	۲۸/۸	۴۹/۲	۲۹/۰	۲۳/۲	۱۶/۲	۱۷/۳	۱۵/۲	۱۶/۴	۱۸/۴	۱۸/۵	۱۹/۶	۱۹/۶
۵-۳	خشک تا فراخشک سرد	۱۲/۳	۱۱/۱	۱۰/۶	۱۰/۶	۸/۴	۸/۰	۶/۸	۷/۶	۸/۱	۵/۶	۷/۸	۸/۷
۶۰	نیمه‌خشک تا خشک سرد	۱۶/۰	۱۹/۹	۱۹/۳	۱۰/۶	۱۱/۱	۱۱/۱	۱۱/۸	۱۱/۴	۱۳/۰	۱۲/۵	۱۳/۹	۱۳/۷

جدول ۳. ب. تغییرات ضریب اقلیمی نهایی حوضه‌های آبخیز مطالعاتی در وضعیت خشک

حوضه	اقلیم غالب	Sep	Agu	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	Oct
۱-۱	نیمه‌خشک سرد و فراسرد تا مدیترانه‌ای سرد	۸/۳	۹/۰	۸/۸	۷/۶	۷/۵	۷/۷	۷/۸	۷/۹	۸/۰	۸/۱	۷/۸	۸/۰
۱-۳	نیمه‌خشک سرد و فراسرد تا مدیترانه‌ای سرد	۵/۳	۵/۴	۵/۰	۴/۶	۴/۶	۴/۶	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۵	۴/۷	۴/۸
۱-۲۴۵	مدیترانه‌ای معتدل تا خیلی مرطوب معتدل	۳/۷	۴/۱	۴/۱	۳/۹	۳/۹	۳/۸	۳/۸	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۳/۶	۳/۴
۱-۶۷	نیمه‌خشک سرد و تا حدودی خشک و سرد	۱۰/۰	۱۰/۹	۱۰/۷	۹/۰	۸/۷	۸/۶	۹/۱	۹/۳	۸/۸	۹/۱	۹/۳	۹/۵
۲-۱۲	فراخشک گرم تا معتدل و مرطوب سرد	۷/۲	۸/۴	۷/۶	۵/۷	۵/۱	۵/۰	۵/۰	۵/۱	۵/۲	۵/۰	۵/۱	۵/۴
۲-۳۴۵	فراخشک گرم، نیمه‌مرطوب و خیلی مرطوب معتدل	۶/۷	۶/۲	۶/۷	۵/۲	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۶	۳/۹	۴/۴
۲-۶۷	نیمه‌خشک معتدل تا فراخشک گرم	۵/۲	۵/۰	۴/۸	۵/۳	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۵	۳/۶	۴/۲	۴/۵
۲-۸۹	خشک و فراخشک گرم	۱۱/۵	۹/۵	۹/۰	۹/۵	۸/۱	۶/۹	۶/۵	۶/۸	۶/۶	۶/۴	۷/۶	۷/۱
۳۰	نیمه‌خشک سرد و فراخشک سرد تا مرطوب سرد	۷/۵	۸/۵	۷/۳	۶/۰	۶/۲	۶/۰	۶/۲	۶/۳	۶/۴	۶/۱	۶/۱	۶/۵
۴-۱	نیمه‌خشک سرد تا فراخشک گرم	۷/۷	۷/۴	۶/۰	۵/۲	۵/۱	۵/۳	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۳	۵/۲	۵/۹
۴-۲۳۴	نیمه‌خشک سرد تا فراخشک سرد و گرم	۷/۸	۷/۱	۵/۶	۴/۶	۴/۶	۴/۵	۴/۴	۴/۴	۴/۳	۴/۳	۴/۷	۵/۲
۴-۵۶	خشک معتدل و سرد تا فراخشک معتدل و سرد	۱۴/۰	۱۳/۱	۱۳/۵	۱۲/۸	۹/۶	۸/۱	۸/۷	۸/۷	۸/۷	۹/۱	۱۰/۳	۱۰/۸
۴-۷	خشک تا فراخشک معتدل تا سرد	۸/۴	۹/۰	۷/۰	۶/۸	۶/۱	۶/۰	۶/۱	۶/۳	۶/۵	۶/۳	۶/۷	۷/۴
۴-۸۹	فراخشک سرد تا معتدل	۲۱/۵	۲۳/۹	۲۱/۰	۱۶/۴	۱۳/۳	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۳/۱	۱۳/۱	۱۲/۸	۱۴/۲	۱۶/۰
۵-۱۲	خشک تا فراخشک سرد	۱۲/۴	۱۷/۸	۱۲/۹	۱۰/۶	۷/۷	۷/۴	۷/۸	۷/۸	۸/۱	۷/۸	۸/۶	۹/۱
۵-۳	خشک تا فراخشک سرد	۱۰/۱	۱۰/۲	۹/۳	۹/۹	۷/۸	۶/۸	۶/۸	۷/۱	۶/۹	۶/۸	۸/۰	۸/۴
۶۰	نیمه‌خشک تا خشک سرد	۸/۲	۹/۷	۹/۱	۶/۲	۵/۹	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۶/۴	۶/۲	۶/۶	۷/۰



شکل ۳.الف. تغییرات ضریب اقلیمی نهایی در وضعیت تر در حوضه‌های آبخیز مطالعاتی کشور



شکل ۳. ب. تغییرات ضریب اقلیمی نهایی در وضعیت خشک در حوضه‌های آبخیز مطالعاتی کشور

شکل ۳-الف، مربوط به تغییرات ضریب اقلیمی نهایی در وضعیت تر در ۱۷ حوضهٔ آبخیز مطالعاتی کشور مربوط به ماه‌های سال آبی دورهٔ ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ است، براساس شکل، به‌طور کلی در وضعیت تر تغییرات برای منطقهٔ مرکزی کشور، به‌نسبت یکسان است (۳۰ تا ۴۰)، در ماه‌های تابستان (جولای، آگوست و سپتامبر) تغییرات ضریب، به‌طور تقریبی مشابه است. در وضعیت تر در حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر، مقادیر ضریب اقلیمی به‌صورت زیر به‌دست آمده است:

در حوضهٔ ۱۲۴۵ (تالاب امیرکلایه- تالاب انزلی- مصب سفیدرود و لاگون کیاشهر- آب‌بندان‌های فریدون‌کنار، سرخ رود و ازباران- شبه‌جزیرهٔ میانکاله، خلیج گرگان و آب‌بندان‌های لپوزاغ مرز)، در همهٔ ماه‌ها کمتر از ۱۰ و یکسان بوده است؛ در حوضهٔ ۱۶۷ (دریاچه‌های آجی‌گل، آلاگل، آلملگل)، در طول سال بین ۲۰ تا ۳۰، در حوضهٔ ۲۳۴۵ (تالاب شادگان و خور موسی و خور الامیه- دریاچهٔ چغاخور) در ماه‌های سرد (اکتبر تا می) کمتر از ۱۰ و در ماه‌های گرم (جولای تا سپتامبر) بین ۲۰ تا ۳۰، در حوضهٔ ۲۶۷ (حرای خوران- جزیره شیدور) در ماه‌های گرم به‌جز جولای بین ۲۰ تا ۳۰ و در اغلب ماه‌های دیگر کمتر از ۱۰، در حوضهٔ ۲۸۹ (تالاب‌های مصب رودخانه‌های گز و حرا- مصب رودخانه‌های شور، شیرین و میناب- خلیج گواتر و هور باهو) به‌جز ماه سپتامبر بین ۲۰ تا ۳۰، در حوضهٔ ۳۰ (دریاچهٔ قوری‌گل- دریاچهٔ قوپی- دریاچهٔ ارومیه- دریاچهٔ شورگل، یادگارلو و دورگه سنگی- تالاب کانی برازان) در بیشتر ماه‌ها به‌جز نوامبر و دسامبر بین ۲۰ تا ۳۰، در حوضهٔ ۴۲۳۴ (تالاب گاوخونی- دریاچهٔ نیریز و تالاب کمجان (بختگان)- دریاچهٔ پریشان و دشت ارژن) در ماه‌های سرد کمتر از ۱۰ و در ماه‌های گرم بین ۲۰ تا ۳۰، و در حوضهٔ ۵۱۲ (تالاب‌های بخش جنوبی هامون پوزک- هامون صابری و هیرمند) در بیشتر ماه‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ و در ماه‌های گرم به‌جز آگوست بین ۳۰ تا ۴۰ بوده است. همان‌طور که ذکر شد در حوضهٔ ۲۶۷ برخلاف سایر حوضه‌های مجاور، تغییرات ضریب کمتر از ۱۰ دیده می‌شود که ممکن است ناشی از رطوبت و تبخیرتعرق زیاد باشد که تأثیر آن بر بیلان آبی پالمر، در نهایت سبب تشابه دامنهٔ ضریب نهایی این منطقه با مناطق حاشیهٔ خزر شده است. شکل ۳- ب

مربوط به تغییرات ضریب اقلیمی در وضعیت خشک است. طبق شکل در وضعیت خشک در حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده، مقادیر ضریب اقلیمی به‌صورت زیر به‌دست آمده است:

در حوضهٔ ۱۲۴۵، در همهٔ ماه‌های سال یکسان و کمتر از ۵، در حوضهٔ ۱۶۷در همهٔ ماه‌ها به‌جز ماه‌های گرم (جولای و آگوست) بین ۵ تا ۱۰، در حوضهٔ ۲۳۴۵، در ماه‌های گرم بین ۵ تا ۱۰ و در سایر ماه‌ها اغلب کمتر از ۵، در حوضهٔ ۲۶۷ در ماه‌های گرم به‌جز جولای بین ۵ تا ۱۰ و در ماه‌های سرد کمتر از ۵، در حوضهٔ ۲۸۹ در ماه‌های سرد بین ۵ تا ۱۰و در ماه‌های گرم (سپتامبر) بین ۱۵ تا ۲۰، در حوضهٔ ۳۰ در طول سال یکسان و بین ۵ تا ۱۰، در حوضهٔ ۴۲۳۴ در ماه‌های سرد کمتر از ۵ و در ماه‌های گرم بین ۵ تا ۱۰، و در حوضهٔ ۵۱۲ در بیشتر ماه‌های سرد بین ۵ تا ۱۰ و در ماه‌های گرم (جولای و سپتامبر) بین ۱۰ تا ۱۵ به‌دست آمده است.

به‌طور کلی در شکل ۳- الف و ب دیده می‌شود که مقدار ضریب در وضعیت‌های تر و خشک، از اقالیم مرطوب به‌سمت خشک، بیشتر شده است، همچنین این ضریب در وضعیت تر بیشتر از خشک و در ماه‌های مرطوب و سرد سال کمتر از ماه‌های خشک و گرم سال بوده است، بنابراین ماهیت ضریب اقلیمی برای مقایسه‌پذیر شدن نتایج خشکسالی در نواحی مختلف اقلیمی نشان داده می‌شود.

نتیجه‌گیری

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی است که هرساله در بسیاری از مناطق کشور به وقوع می‌پیوندد. ارزیابی آثار خشکسالی در بخش‌های مختلف از جمله منابع آبی و اکوسیستم‌های طبیعی همچون تالاب‌ها ضروری است، چراکه بحران خشکی تالاب‌ها در سال‌های خشک فزونی می‌یابد. در مدیریت ریسک درصورتی‌که پیش‌بینی وضعیت خشکسالی به‌درستی صورت پذیرد، می‌توان در راستای رعایت حقابهٔ تالاب‌ها از آن استفاده نمود و در سال‌های خشک براساس برنامه‌ریزی‌های قبلی و کسب اطلاعات صحیح از وضعیت خشکسالی، حداقل آب مورد نیاز تالاب‌ها را برای زنده نگه‌داشتن و ادامهٔ حیات آنها تأمین کرد. یکی از شاخص‌های مفیدی که برمبنای مدل‌های بیلان آبی به محاسبهٔ خشکسالی می‌پردازد، شاخص شدت خشکسالی پالمر است. این شاخص دارای ضرایب اقلیمی است که در مناطق اقلیمی مختلف مقادیر متفاوتی دارد و ازآنجا که این ضرایب در نتایج نهایی شاخص تأثیر بسزایی دارند، واسنجی این ارقام به‌منظور دستیابی به اطلاعات اطمینان‌بخش و صحیح برای برنامه‌ریزی و مدیریت کارامد خشکسالی در حفظ حیات تالاب‌های مهم، در کشوری مانند ایران که اقلیم واحدی ندارد، امری مهم محسوب می‌شود. بنابراین در این تحقیق به‌منظور واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر در کشور، از اطلاعات (دما، بارش، رطوبت اولیهٔ خاک، ظرفیت رطوبت در دسترس خاک (AWC)؛ مساحت و عرض جغرافیایی) ۵۰۶ زیرحوضهٔ هیدرولوژیکی ایران حاصل از مدل SWAT (Faramarzi et al., 2009)، در دورهٔ آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ استفاده شد.

براساس مراحل به‌نسبت پیچیده‌ای، ضرایب اقلیمی شاخص واسنجی شد و جایگزین ضرایب پالمر (۱/۵، ۲/۸ و ۰/۵) به‌ترتیب برای وضعیت‌های تر و خشک مقادیر (۲۶/۷ و ۲۸/۲۱)، (۱ و ۰/۲۵) و (۳۵/۶۳ و ۴۵/۷۹) به‌دست آمد. Denghua و همکاران نیز در تحقیقی در حوضهٔ رودخانهٔ Luanhe در شمال چین، مقادیر ۱/۲۴۵۹، ۰ و ۳/۳۶۸۴ را به‌دست آوردند [۱۰]. جایگزین ضریب ۱۷/۶۷ در معادلهٔ پالمر نیز برای وضعیت‌های تر و خشک مقادیر (۲۱۷۸/۰۳ و ۹۲۰/۸۷) نتیجه شد. در تحقیقاتی دیگر، ترابی از ضریب ۲۶۴/۳۲ در منطقهٔ اصفهان و Akinremi و همکاران از ضریب ۱۴/۲ در مرغزارهای کانادا استفاده کردند [۸،۲]. Denghua و همکاران برای حوضهٔ رودخانهٔ Luanhe در شمال چین مقدار ۴۳۸/۹۱ را به‌دست آوردند [۱۰]. سلطانی تودشکی نیز در مطالعه‌ای در فارس ارقام ۱۰۷ و ۶۰ را به‌ترتیب برای وضعیت‌های ترسالی و خشکسالی به‌دست آورد [۳].

نتایج حاصل از پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی ۱۷ حوضهٔ مطالعاتی، به‌ویژه حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر نشان داد در بیشتر نواحی کشور با توجه به وجود اقلیم خشک و نیمه‌خشک، مقادیر ضریب اقلیمی در وضعیت‌های خشک و تر بیشترین حد را نسبت به دیگر نواحی دارند و همچنین تغییرات مقادیر در ماه‌های مختلف، به‌نسبت یکسان است که علت آن، نبود بارش یا ناکافی بودن آن است که سبب عدم تغییر چشمگیر در ضریب اقلیمی شده است. در وضعیت تر، در حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده مانند ۱۲۴۵ (تالاب امیرکلایه- تالاب انزلی- مصب سفیدرود و لاگون کیاشهر- آب‌بندان‌های فریدون‌کنار، سرخرود و ازباران- شبه‌جزیرهٔ میانکاله، خلیج گرگان و آب‌بندان‌های لپوزاغ

مرز)، ۲۳۴۵ (تالاب شادگان و خورموسی و خور الامیه- دریاچهٔ چغاخور)، ۲۶۷ (حرای خوران- جزیرهٔ شیدور) و ۴۲۳۴ (تالاب گاوخونی- دریاچهٔ نیریز و تالاب کمجان (بختگان- دریاچهٔ پریشان و دشت ارژن) در ماه‌های سرد (اکتبر تا می) مقدار ضریب اقلیمی، اغلب کمتر از ۱۰، و در حوضه‌های ۲۸۹ (تالاب‌های مصب رودخانه‌های گز و حرا- مصب رودخانه‌های شور، شیرین و میناب- خلیج گواتر و هور باهو)، ۳۰ (دریاچهٔ قوری‌گل- دریاچهٔ قوپی- دریاچهٔ ارومیه- دریاچهٔ شورگل، یادگارلو و دورگه سنگی- تالاب کانی برازان) و ۵۱۲ (تالاب‌های بخش جنوبی هامون پوزک- هامون صابری و هیرمند) بین ۲۰ تا ۳۰ به‌دست آمد. همچنین در ماه‌های گرم، در حوضه‌های ۲۳۴۵ و ۴۲۳۴ مقدار بین ۲۰ تا ۳۰ نتیجه شد و حوضهٔ ۵۱۲ بیشترین مقدار (بین ۳۰ تا ۴۰) را نسبت به حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی دارا بود. در وضعیت خشک، در ماه‌های سرد سال مقدار ضریب در اکثر حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی ثبت‌شده کمتر از ۵ و در حوضه‌های ۲۸۹، ۳۰ و ۵۱۲ بین ۵ تا ۱۰ به‌دست آمد، همچنین در ماه‌های گرم مقدار ضریب در حوضه‌های ۲۳۴۵، ۲۶۷ (به‌جز جولای) و ۴۲۳۴ بین ۵ تا ۱۰ بود و در حوضهٔ ۲۸۹ بیشترین مقدار (۱۵ تا ۲۰) نسبت به سایر حوضه‌های واجد تالاب بین‌المللی نتیجه شد.

به‌طور کلی در وضعیت‌های تر و خشک مقدار ضریب در نواحی ساحلی خزر کمتر و در حوضهٔ ۵۱۲ (تالاب‌های بخش جنوبی هامون پوزک، هامون صابری و هیرمند) بیشتر از دیگر نواحی به‌دست آمد، همچنین مقدار ضریب از اقلیم مرطوب به‌سمت خشک و فراخشک بیشتر، در وضعیت تر بیشتر از خشک و در ماه‌های سرد کمتر از ماه‌های گرم حاصل شد. نتایج کلی این تحقیق با روند اقلیمی موجود در کشور به‌طور تقریبی هماهنگ بود و ماهیت ضریب برای مقایسه‌پذیرشدن مقادیر انحراف رطوبتی در اقالیم مختلف مشخص شد. ازاین‌رو می‌توان در برنامه‌های پایش و مدیریت ریسک خشکسالی، شاخص پالمر را که شاخصی کارامد است به‌کار گرفت و براساس واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی آن، نتایج ارزشمند و قابل اعتمادی را به‌دست آورد و از این طریق به مدیریت ریسک و تخصیص حداقل آب لازم برای زنده نگه داشتن اکوسیستم‌های طبیعی مهمی همچون تالاب‌ها کمک کرد.

منابع

۱. پورحسین، سپیده، ۱۳۹۰، بررسی اثر اقلیم، رژیم بارش و طول دوره بر شاخص خشکسالی بالم و مولی در ایران، کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. ترابی پلت‌کله، صدیقه، ۱۳۸۱، مدیریت خشکسالی، تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی و اثرات آن در مدیریت منابع آب، دکتری، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر: ۳۲۵.

۳. سلطانی تودشکی، علی‌رضا، ۱۳۸۶، کمی‌سازی خشکسالی با رویکرد هوا- آب‌شناختی؛ مبانی نظری و کاربرد، دکتری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۴. صبوحی، راضیه، ۱۳۸۶، بررسی روند پارامترهای اقلیمی در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک ایران، کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. کاویانی، محمدرضا، ۱۳۶۴، مقدمه‌ای بر مسئلهٔ خشکی و تنگناهای کم آبی و تعیین میزان کسری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، مجلهٔ رشد آموزش جغرافیا، شمارهٔ ۴۰: ۳۲-۳۹.

۶. کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۰، بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیائی، شمارهٔ ۶۰: ۷۱-۸۹.

۷. طرح مطالعات و نظارت بر خشکسالی در سطح کشور، ۱۳۷۹، سازمان هواشناسی کشور.

8. Akinremi, O.O., McGinn, S.M., Barr, A.G., 1996, Evaluation of the Palmer Drought Index on the Canadian prairies, Journal of Climate, Vol. 9, pp. 897-905.

9. Alley, W.M., 1984, The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions.
Journal of Climate and Applied Meteorology , 23, pp. 1100–1109.

10. Denghua, Y., Xiaoliang, S., Zhiyong, Y., Ying, Li., Kai. Z., Yong, Y., 2013, Modified Palmer Drought Severity Index based on distributed hydrological simulation, Journal of Hydrometeorol, Vol. 5, pp. 1117–1130.

11. Faramarzi, M., Abbaspour, K.C., Schulin, R., Yang, H., 2009, Modeling blue and green water resources availability in Iran, Hydro Processes, Vol. 23, pp. 486-501.

12. Palmer, W.C., 1965. Meteorologic drought. US Department of Commerce, Weather Bureau. Research Paper, Vol. 45, p. 58.
13. Shahabfar, A., Ghulam, A., Eitzinger, J., 2012, Drought monitoring in Iran using the perpendicular drought indices, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 18, pp. 119-127.