منابع

۱- منهاج، محمدباقر، ۱۳۷۷، مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی، چاپ اول، مرکز نشر پروفسور حسابی.

۲- اشرف‌زاده، افشین، ۱۳۷۸، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد تبخیر از سطح حوضچه‌های تبخیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

3. Abareshi, B., 1996, Sensible Heat Flux Estimation over a Prairie Grassland by Neural Networks, M.S. thesis, 114 pp, McGill University, Montreal. Lines for Crop Evapotranspiration-Guide.

4. FAO Technical Paper, 1998 (E)., Computing Crop Water Requirement.

5. Chipanshi, A.C., Ripley, E.A., Lawford, R.C., 1997, Early Prediction of Spring Wheat Yields Saskatchewan from Current and Historical Weather Data Using the 223-232. CERES-WHEAT Model. Agricultural and Forest Meteorology 84(1997).

6. Tschichlab, M., Watanabe, KI, 1999, Intelligent Control Based on Flexible Neural Networks. First Edition, Khwer Academic Publishers.

7. www.neuralware.com/Frequently Asked Questions. html.

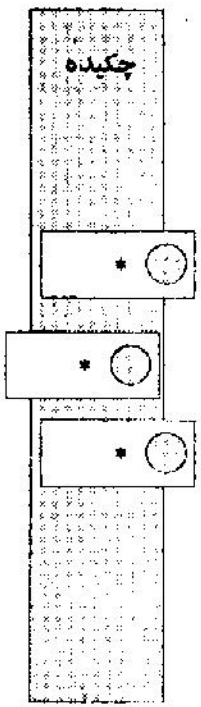
استخراج دسته‌منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی- مساحت (IDFA) مناطق جنوبی ایران

بیژن قهرمان [۱]، حمزه صابری [۲]

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۲/۱۰/۱۷)

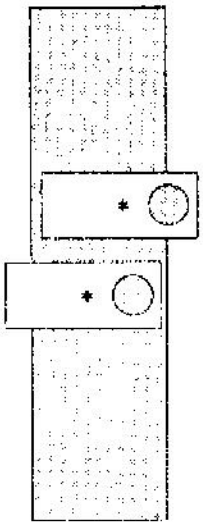
چکیده

در ایران کارهای پراکنده‌ای درمورد تحلیل نقطه‌ای رگبارها، شامل رسم منحنی‌های شدت - مدت (ID) و استخراج دسته منحنیهای شدت - مدت - فراوانی (IDF) صورت پذیرفته است اما تمام مطالعات انجام شده، خصوصیات بارش در محل ایستگاه باران‌سنج ثبات را بیان می‌کند و هیچ‌گونه توضیحی درمورد شدت بارش در سطح حوزه و توزیع زمانی آن، ارایه نمی‌دهد. علاوه‌بر منحنی‌های IDF، هیدرولوژیست‌ها برای رگبارهای یک حوزه آبریز دسته منحنی‌های ارتفاع مساحت تداوم (DAD) را نیز مدنظر قرار می‌دهند. این اطلاعات به‌طور معمول به‌صورت ارتفاع بارش در مساحت معین و برای تداوم خاصی از رگبار در قالب جداول یا منحنی‌هایی بیان می‌شود. بنابراین خلای در زمینه ارایه یک‌جا برای این چهار پارامتر عمده بارندگی وجود دارد. در این مقاله سعی شده باتوجه به فاصله زیاد ایستگاههای باران‌سنج ثبات ایران، منحنی‌ها و روابطی برای گسترش بارش نقطه‌ای در محل ایستگاه به منطقه تحت تأثیر بارش ارایه شود و بدین‌ترتیب ارتباطی بین دسته منحنی‌های IDF و DAD برقرار گردد. برای این منظور یکی از



۱- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد



رگبارهای شدید ایران که مناطق زیادی از جنوب و غرب کشور را تحت تأثیر قرار داده بود (رگبار شدید آذرماه ۱۳۶۵)، انتخاب شد و دسته منحنی‌هایی تحت عنوان شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA) برای رگبار مذکور، با ارایه یک دسته منحنی IDF معرف ناحیه بارش و ضرایبی ثابت مربوط به مساحت موردنظر، رسم شد. از دسته منحنی‌های IDFA در کلیه طرحهای آب و خاک که در آنها نیاز به دانستن شدت بارش در مساحت معین و باتداوم و دوره بازگشت خاص باشد، می‌توان استفاده کرد. این منحنی‌ها تمام خصوصیات یک بارش را که موردنیاز طراحان است، به‌صورت هم‌زمان ارایه می‌کنند.

کلمات کلیدی: IDF، تحلیل نقطه‌ای بارش، IDAD، توزیع زمانی بارش، IDFA، تحلیل ناحیه‌ای بارش.

مقدمه

کمبود آب یکی از تنگناهای توسعه اقتصادی ایران به‌ویژه در بخش کشاورزی است. ایران به‌علت کمی نزولات جوی و توزیع نامناسب آن از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به حساب آمده و همواره با کمبود آب به‌عنوان یکی از مهمترین محدودیتهای منابع طبیعی دست به‌گریبان بوده است. بنابراین انجام مطالعات بنیادی بر روی پراکنش زمانی و مکانی بارش لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد.

برای طراحی برخی از تأسیسات آبی، دانستن مجموعه‌ای از خصوصیات بارندگی روی حوزه آبریز (شهری، فرودگاهها و حوزه‌های غیرشهری) ضروری به‌نظر می‌رسد. این امر به‌خصوص در حوزه‌های آبریز شهری که به‌علت سطوح غیرقابل نفوذ (آسفالت) از ضریب رواناب بالایی برخوردار هستند و باید رواناب حاصله نیز توسط کانالها و جوی‌های مناسبی سریعاً تخلیه گردد نیز صادق است.

عامل اصلی سیلابهای خطرناک، رگبارهای شدید و غیرمنتظره هستند. بررسی رگبارهای کوتاه مدت (ولی شدید) معمولاً از دو طریق مختلف، یکی دسته منحنی‌های توأم مساحت تداوم (IDAD) و دیگری دسته منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی (IDF) انجام می‌پذیرد. دسته منحنی‌های IDAD

حداکثر ارتفاع بارش در مساحتی خاص و برای تداومی مشخص را ارایه می‌کنند، اما منحنی‌های IDF شدت حداکثر بارش در تداومهای مختلف و برای دوره بازگشت معین را بیان می‌کنند. عمده اختلاف این دو منحنی در دو بعد فراوانی و مساحت می‌باشد. در این صورت با تلفیق دو دسته منحنی فوق دسته منحنی‌هایی استخراج می‌گردد که تمام خصوصیات بارش را به‌طور هم‌زمان ارایه نماید.

در زمینه تحلیل نقطه‌ای رگبارها در ایران کارهای ارزنده‌ای توسط وزیری انجام شده است [۵ و ۶]. نامبرده در مرحله اول ۲۴ ایستگاه در مرحله دوم ۱۰۱ ایستگاه باران‌سنج ثبات کشور را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و منحنی‌ها و معادلاتی برای ارایه شدت - مدت - فراوانی (IDF) بارش در محل ایستگاههای مورد نظر ارایه کرده است.

دستورالعمل تهیه منحنی‌های IDAD ناشی از یک رگبار را اولین بار اداره هواشناسی آمریکا ارایه کرده است [۹]. در ایران نیز رخشنده رو و کشتکاران [۱] ضمن بیان طرق برآورد حداکثر بارش محتمل، حداکثر بارش مورخ ۱۳۶۵/۹/۹ را بعد از رسم منحنی‌های DAD و برآورد ضرایب حداکثرسازی طوفان با توجه به نقطه شبنم و اعمال آن بر منحنی DAD رگبار فوق، مقدار حداکثر بارش بر روی مساحت مورد نظر را محاسبه کردند.

هورتن [گزارش شده توسط Hershfield and Wilson، ۷] معادله (۱) را برای گسترش بارش نقطه‌ای به مناطق اطراف ارایه کرد:

$$P = P_0 e^{k(An)^n} \qquad (1)$$

که در آن A_n مساحت مورد نظر برای گسترش بارش (کیلومتر مربع)، P و P_0 به‌ترتیب بارش متوسط و حداکثر بارش (میلیمتر) درمساحت و نقطه محل ایستگاه، k و n ضرایب ثابت معادله و e پایه لگاریتم طبیعی (عددنپر) می‌باشد. قهرمان [۳] با تعیین k و n و محاسبه P/P_n برای بارش شدید ۱۳۷۱/۳/۱۴ مشهد، دسته منحنی‌های جدیدی به نام IDFA (شدت - مدت - فراوانی - مساحت) را برای آن منطقه ارایه کرد. با این وجود به‌دلیل تفاوت در الگوی بارش نمی‌توان این دسته منحنی‌ها را به مناطق دیگر انتقال داد. در این تحقیق سعی شده است دسته منحنی‌های فوق برای یکی از بارشهای شدید ایران در جنوب کشور ارایه گردد.

مواد و روشها

در این مطالعه یکی از رگبارهای شدید ایران (بارش نهم آذر ۱۳۶۵) که باعث خسارات جانی و مالی

زیادی در منطقه جنوب و جنوب غرب شده است، انتخاب شد. این بارش مساحتی حدود ۴۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع از خاک ایران را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۱). براساس آمار ایستگاههای باران‌سنجی موجود، تاریخ عمومی ثبت این بارش روزهای ۸ و ۹ آذر ۱۳۶۵ بوده ولی در ایستگاههای غرب کشور در روز ۶۵/۹/۷ و در شرق کشور حتی تا روز ۶۵/۹/۱۱ نیز این بارش ادامه داشته است. این امر ممکن است نشان‌دهنده حرکت توده باران‌زا از سمت غرب به شرق باشد.

این مطالعه براساس آمار بارندگی باران‌سنجهای معمولی انجام شده است. از طرف دیگر برای بررسی توزیع زمانی بارش نیاز به گرافهای باران‌سنج ثبات موجود در ناحیه خواهد بود. بدین‌منظور آمار ۲۲۸ ایستگاه باران‌سنج معمولی وابسته به وزارت نیرو که بارش ۱۳۶۵/۹/۹ جنوب کشور را گزارش کرده‌اند، جمع‌آوری شد. علاوه بر مقدار بارش، تاریخ شروع و خاتمه و مختصات جغرافیایی تمام ایستگاهها یادداشت گردید. این اطلاعات به‌طور کامل درجای دیگر گزارش شده است [۲]. سپس بر روی نقشه‌ای مناسب مختصات نسبی تمام ایستگاهها مکان‌یابی شد و در موقعیت ایستگاه، مقدار بارش گزارش شده ثبت گردید. با اطلاعات فوق می‌توان نسبت به ترسیم خطوط هم باران اقدام نمود. علاوه بر آن برای بررسی توزیع زمانی بارش از ۷ باران‌سنج ثبات (وابسته به وزارت نیرو) شامل پل‌شالو، بروجن، سدزاینده‌رود، لالی، برغان، سرخاه و شیراز استفاده شد. همچنین برای تعیین درصد تأثیر هر باران‌سنج ثبات، شبکه‌بندی تیسن مربوط به این باران‌سنج‌ها نیز رسم شد.

به‌منظور تلفیق دسته منحنی‌های DAD و IDF باید الگوی توزیع مکانی بارش مشخص شود که در این تحقیق از معادله هورتن (معادله ۱) برای این منظور استفاده شد.

چون دسته منحنی‌های IDF در ۷ ایستگاه منتخب باهم فرق می‌کند، لذا برای تعیین یک دسته منحنی معرف IDF منطقه باتوجه به درصد تأثیر هرکدام از باران‌سنجهای ثبات، دسته منحنی‌هایی موسوم به IDF ناحیه‌ای بارش مذکور تهیه شد. سپس با اعمال ضرایب معادله هورتن (مربوط به الگوی توزیع مکانی بارش) در تمام نقاط منحنی IDF ناحیه‌ای، امکان استخراج دسته منحنی‌های جدیدی تحت عنوان شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA) ناحیه‌ای بارش به‌دست آمد.

نتایج و بحث

توزیع مکانی بارش

بعد از تعیین موقعیت نسبی ایستگاههای باران‌سنجی، خطوط هم‌باران رگبار ۱۳۶۵/۹/۹ از طریق درون‌یابی بین مقادیر بارش ثبت شده رسم گردید (شکل ۲). انتخاب مقدار کمتری از بارش به‌علت تداخل با سایر بارانهایی که از تیاطی یا رگبار مورد نظر نداشتند ممکن نبود. در این محدوده مساحت تحت اثر بارش فوق ۲۶۳۱۰۹ کیلومترمربع است. باتوجه به شکل مذکور مشاهده می‌شود که این رگبار دارای دو مرکز اصلی، ایستگاه رونیز در استان فارس با مقدار بارش ۴۷۸ میلیمتر و ایستگاه سوسن در استان خوزستان با مقدار بارش ۲۵۴ میلیمتر، می‌باشد.

با عنایت به شکل ۲ ملاحظه می‌شود که خطوط هم‌باران در اطراف هر کانون به‌طور کامل مستقل نیستند. لذا با تشخیص روند خطوط هم‌باران تأثیر کانون مجاور بر روی کانون مورد نظر حذف و خطوط هم باران حول هر کانون به‌صورت مستقل ترسیم شد (شکل ۳). از طرف دیگر باتوجه به بعد مسافت بین دو کانون سوسن و رونیز (بیش از ۱۵۰ کیلومتر)، نمی‌توان خصوصیات بارانهای انتخاب شده برای یک کانون را به کانون دیگر گسترش داد [۸]. لذا دو کانون مذکور به‌صورت دو زیر منطقه کاملاً جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. با اندازه‌گیری مساحت بین هر دو خط هم‌باران متوالی و برآورد باران متوسط در هر مساحت معین، دو پارامتر ثابت k و n (معادله ۱) برای هر دو زیر منطقه تعیین شد (جدول ۱).

توزیع زمانی بارش

تعداد ۷ باران‌سنج ثبات که بارش نهم آذر ۱۳۶۵ را گزارش کرده بودند برای بررسی توزیع زمانی رگبار مذکور انتخاب شدند. در سطح منطقه باران‌سنج‌های ثبات دیگری نیز وجود دارد لکن یا بارش فوق را گزارش نکرده‌اند یا فاقد آمار طولانی مدت باکیفیت مناسب جهت رسم منحنی‌های IDF هستند.

منحنی تجمعی بارش ۳ ایستگاه ثبات برغان، شیراز و سرخاه (منتخب برای زیر منطقه رونیز) و ۴ ایستگاه پل‌شالو، سد زاینده‌رود، بروجن و لالی (منتخب برای زیر منطقه سوسن) در شکل ۴ ارایه شده است. ملاحظه می‌شود که در زیر منطقه سوسن بارندگی ایستگاه پل‌شالو از نظر زمان و مقدار بیش از ایستگاههای دیگر است و در زیر منطقه رونیز نیز ایستگاه سرخاه دارای بیشترین مقدار بارش (زمان و مقدار) است. شکل ۴ - ج منحنی تجمعی بدون بعد بارش ۷ ایستگاه مذکور را نشان می‌دهد. با عنایت

به این شکل ملاحظه می‌شود که گرچه احتمالاً تمام بارشهای فوق از یک توده ناشی شده‌اند، ولی به‌علت بعد مسافت تیپ کلی بارش در همه ایستگاهها یکسان نبوده و به‌نظر می‌رسد که با حرکت توده هوا از سمت غرب به شرق در حوالی جنوب دریاچه بختگان بر مقدار و شدت بارش افزوده شده است.

دسته منحنی‌های ارتفاع مساحت تداوم (DAD)

در مطالعات کلاسیک تهیه منحنی‌های DAD در آمریکا[۱۰] از فواصل زمانی ۶ ساعت برای رسم دسته منحنی‌های مذکور استفاده شده است. در این بررسی نیز به‌دلیل زمان طولانی رگبار از فواصل زمانی ۶ ساعته استفاده شد (شکل ۵).

منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی ناحیه‌ای بارش جنوب

برای رسم دسته منحنی‌های IDF باید اطلاعات نسبتاً طولانی مدتی در دسترس باشد تا با تحلیل آنها بتوان دسته منحنی‌های مورد نظر را تهیه کرد. غالباً تهیه چنین آماری بسیار دشوار است و انجام تحلیلهای مربوط به آن از موضوع این مقاله خارج است. از این‌رو منحنی‌های IDF پنج ایستگاه پل‌شلو، سد زاینده‌رود، بروجن، لالی و شیراز از منابع موجود[۶] استخراج شد. با این وجود منحنی‌های IDF ایستگاههای برغان و سرخه گزارش نشده است و لذا رأساً اقدام به استخراج باران نگار بارندگی و در نهایت رسم IDF شد. فهرمان و همکاران [۴] نشان دادند که تابع توزیع احتمال گامای دو پارامتری برای تحلیل فراوانی رگبارها مناسب‌تر است. ولی در این بررسی از تابع توزیع گامبل استفاده شد تا نتایج آن با منحنی‌های IDF ایستگاههای دیگر که براساس تابع توزیع گامبل استخراج شده است [۶]، قابل مقایسه باشد.

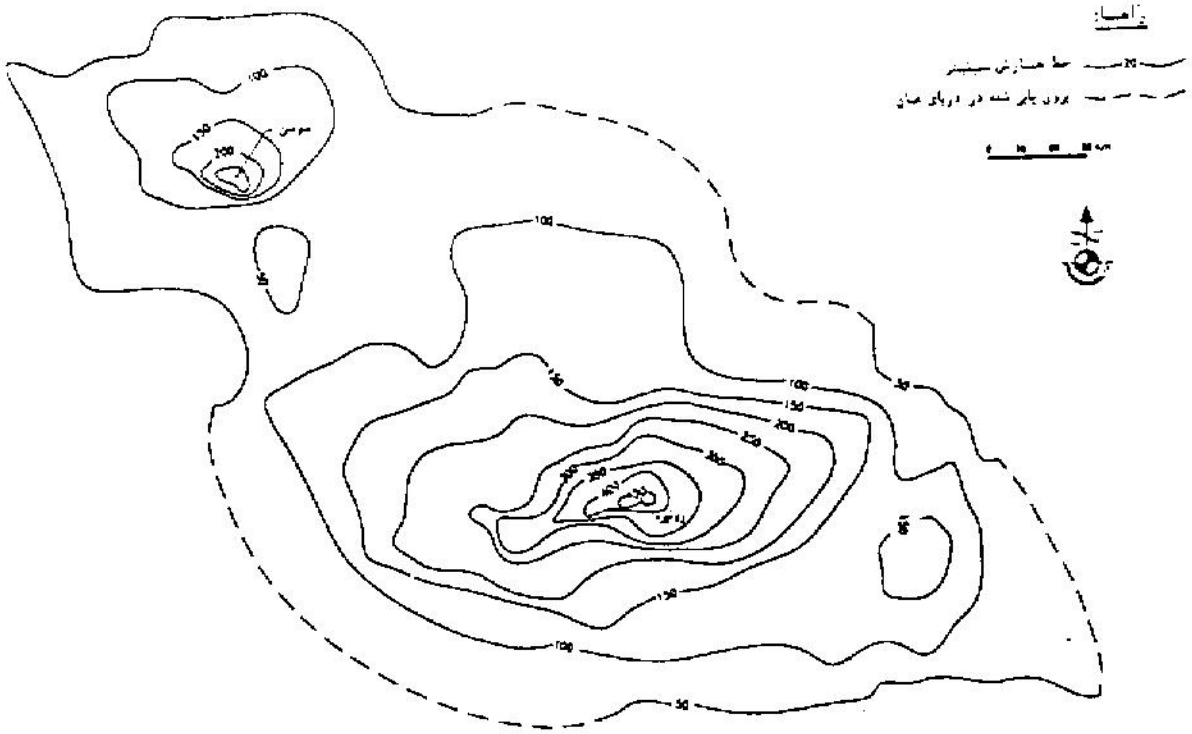
با توجه به شبکه‌بندی تیسن (شکل ۳)، درصد تأثیر هرکدام از باران‌سنجهای برغان، سرخه و شیراز (منتخب برای زیر منطقه رونیز) به‌ترتیب ۳۸/۶، ۳۱ و ۳۰/۴ درصد به‌دست آمد. برای ایستگاههای منتخب زیر منطقه سوسن نیز درصد تأثیر چهار باران‌سنج ثبات پل‌شالو، سد زاینده‌رود، لالی و بروجن به‌ترتیب ۳۰، ۳۳، ۳۵ و ۲ درصد محاسبه شد. از این‌رو با داشتن منحنی IDF هر ایستگاه [۲ و ۶] و درصد تأثیر آن در کل مساحت تحت اثر بارش، دسته منحنی‌های ناحیه‌ای معرف هر دو زیر منطقه به‌دست آمد (شکل ۶).

دسته منحنی شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA)

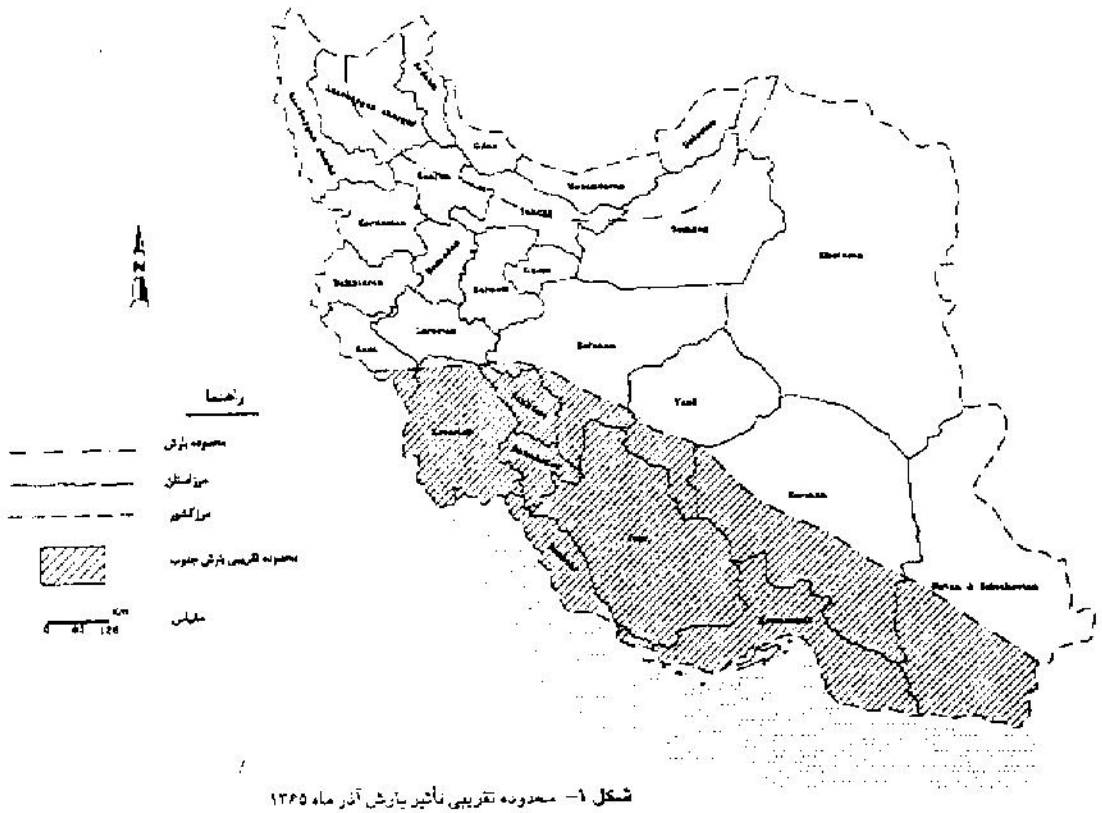
توزیع مکانی بارش برای دو زیر منطقه رونیز و سوسن (که مستقل فرض شده‌اند)، در شکل ۲ ارایه شده است. پس از تطبیق معادله هورتن بر بارش فوق مقادیر ضرایب معادله (۱) به‌دست آمد (جدول ۱). همان‌طوری‌که قبلاً اشاره شد معادله هورتن بیانگر رابطه بین بارش نقطه‌ای و بارش متوسط بر روی مساحت مورد نظر می‌باشد (P/P_0). با محاسبه این نسبتها در هر مساحت دلخواه (مساحت محدود به هر خط همباران) و اعمال آن بر روی کلیه نقاط واقع بر دسته منحنی‌های IDF ناحیه‌ای هر زیر منطقه، می‌توان بعد مساحت را به این دسته منحنی‌ها اضافه نمود (شکلهای ۷ و ۸). برای مساحت صفر کیلومتر مربع، این نسبت برابر واحد به‌دست می‌آید. این بدان معنی است که منحنی‌های IDF بیانگر توزیع بارش در یک نقطه (محل ایستگاه) می‌باشند. بدین ترتیب در این نگرش تمام خصوصیات یک بارش (شامل شدت، مدت، فراوانی و مساحت مؤثر آنها) به‌صورت یک جا جهت استفاده محققین می‌تواند ارایه شود.

نتیجه‌گیری

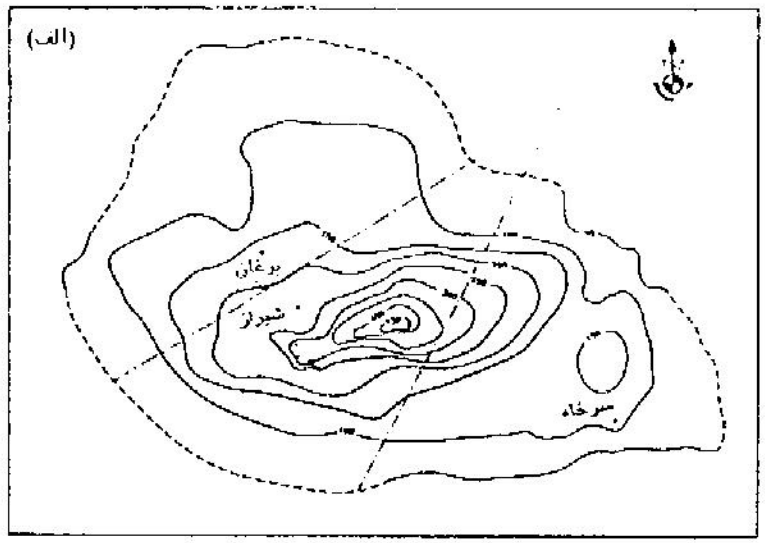
معادله هورتن گرچه برای بسط بارش نقطه‌ای به منطقه‌ای مناسب است ولی هیچ‌گونه توضیحی در مورد دوره بازگشت بارش در سطح منطقه ارایه نمی‌کند. بنابراین بعد از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به بارش شدید نهم آذر ۱۳۶۵، دسته منحنی‌هایی به نام شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA) برای بارش فوق ارایه شد تا امکان گسترش بارشهای کوتاه مدت به منطقه تحت اثر بارش در دوره‌های بازگشت مختلف فراهم شود. این دسته منحنی‌ها هر چهار پارامتر بارندگی (شدت، مدت تداوم، دوره بازگشت و مساحت) را در یک مجموعه ارایه می‌کنند و برای اهداف طراحی که نیاز به داشتن تلفیقی از چهار پارامتر عمده است، می‌تواند مفید واقع شود.

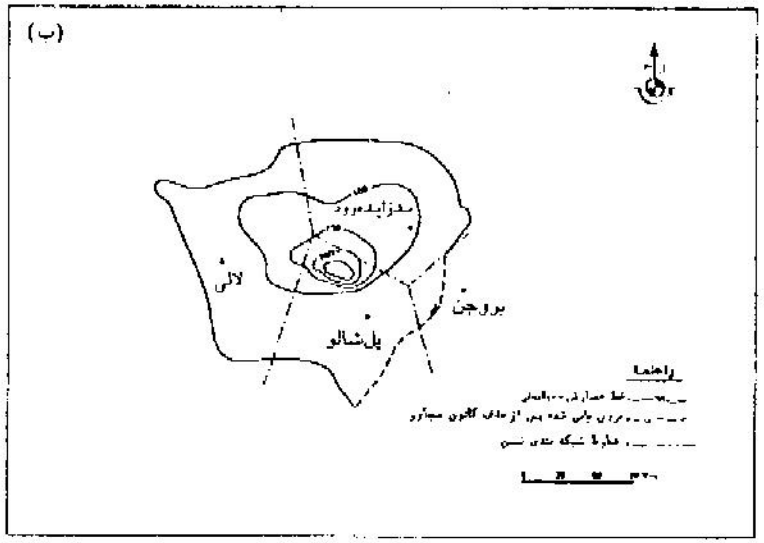


شکل ۲- خطوط همباران بارندگی آذرماه ۱۳۶۵

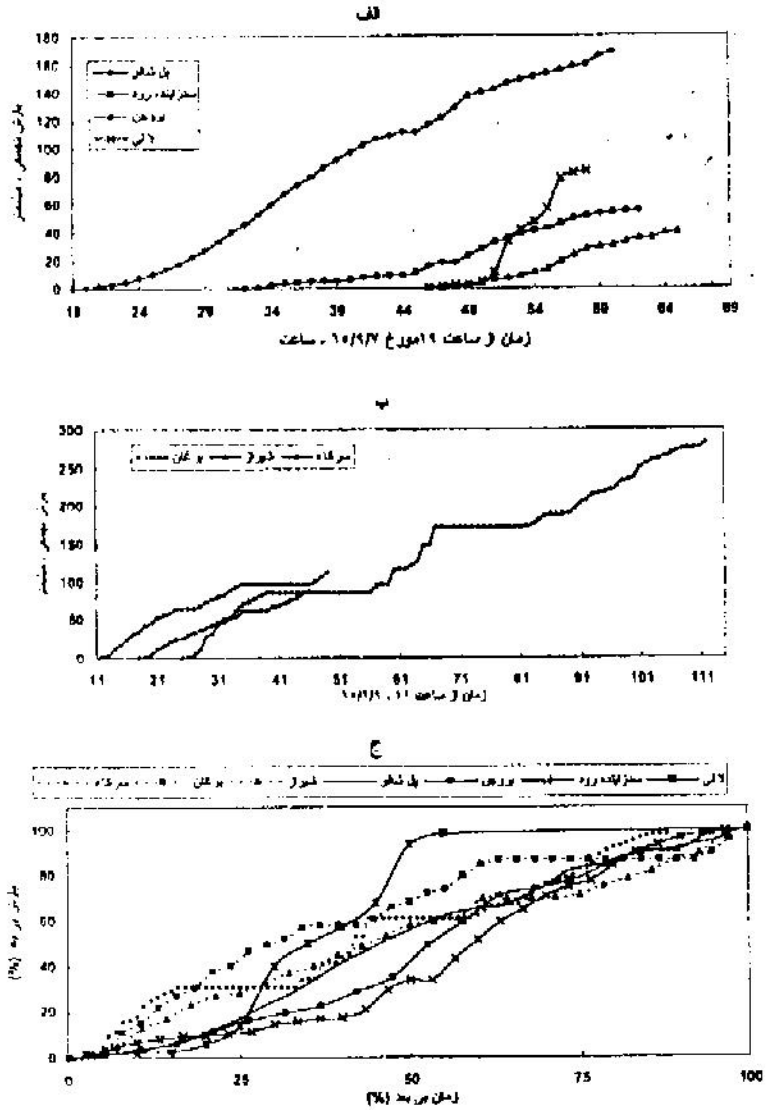


شکل ۱- محدوده تقریبی تأثیر بارش آذر ماه ۱۳۶۵

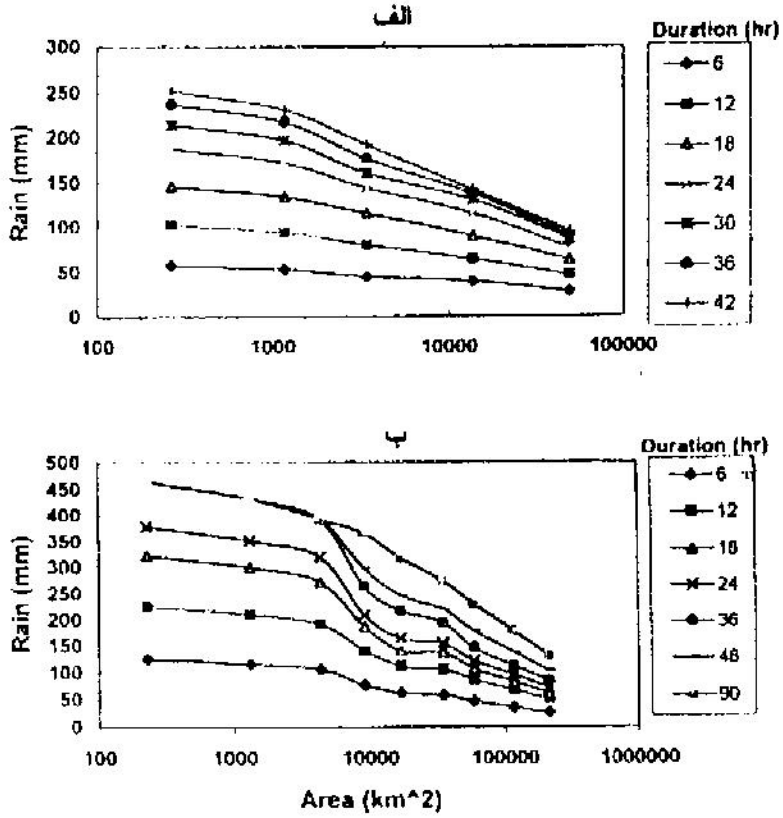




شکل ۳ - خطوط همباران مستقل، الف - زیرمنطقه و نیز و ب - زیرمنطقه سوسن



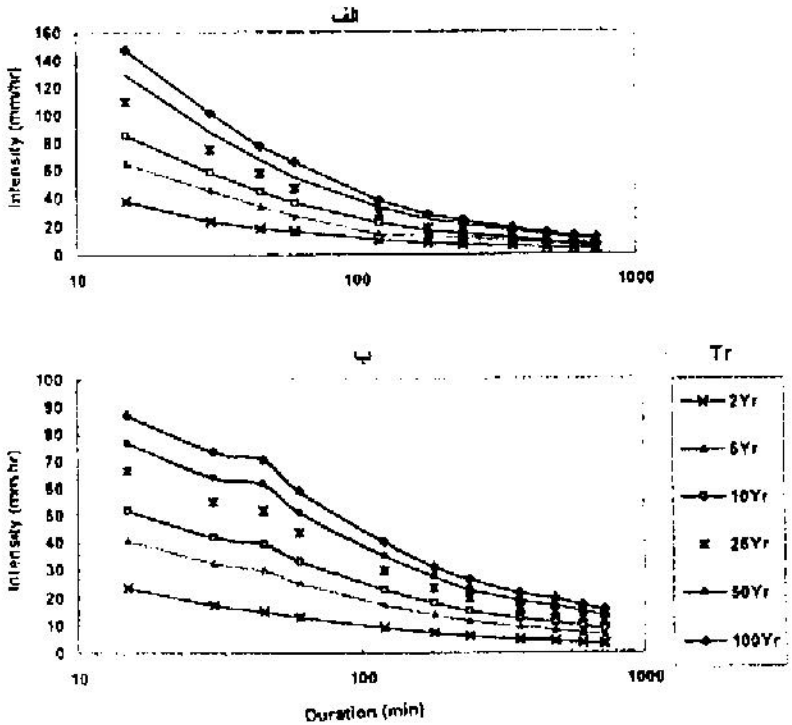
شکل ۴- منحنی تجمعی بارش در ایستگاههای ثبات منتخب الف - زیر منطقه سوسن ب - زیرمنطقه زرینه رود ج - منحنی تجمعی بی‌بعد



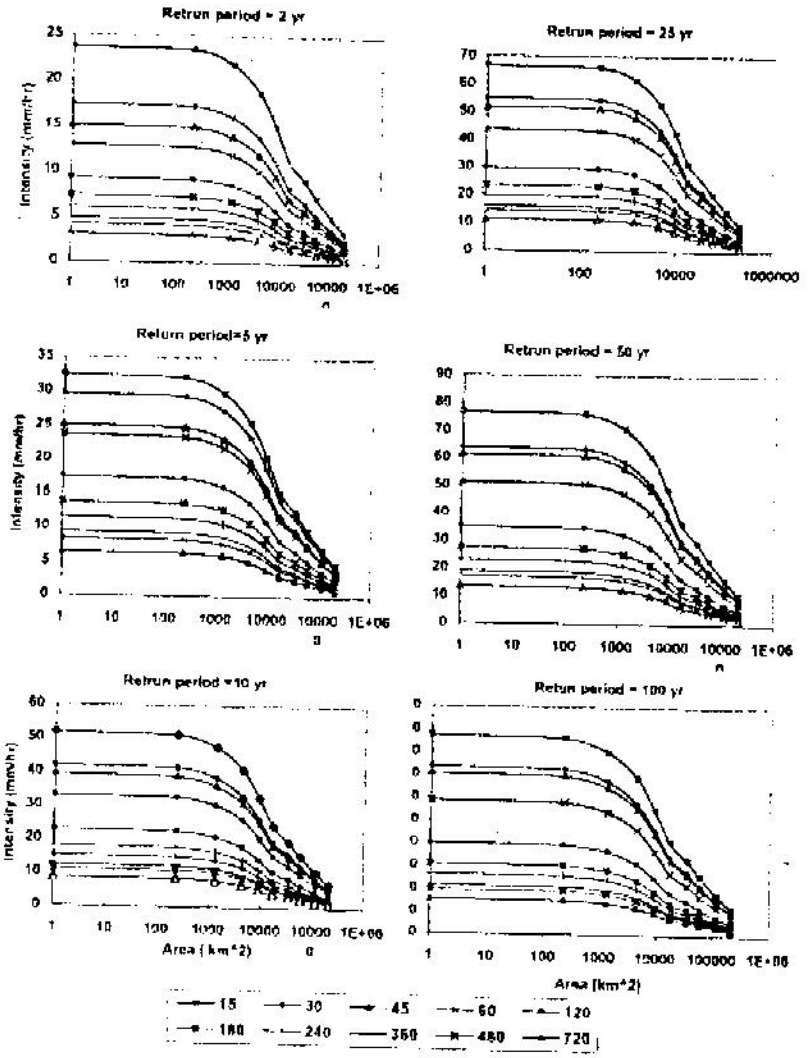
شکل۵- دسته‌منحنی‌های عمق-مساحت-تداوم (DAD) بارندگی جنوب. الف- زیر منطقه سوسن، ب- زیرمنطقه رونیز

جدول ۱- محاسبه پارامترهای ثابت معادله هوتن برای بارش جنوب

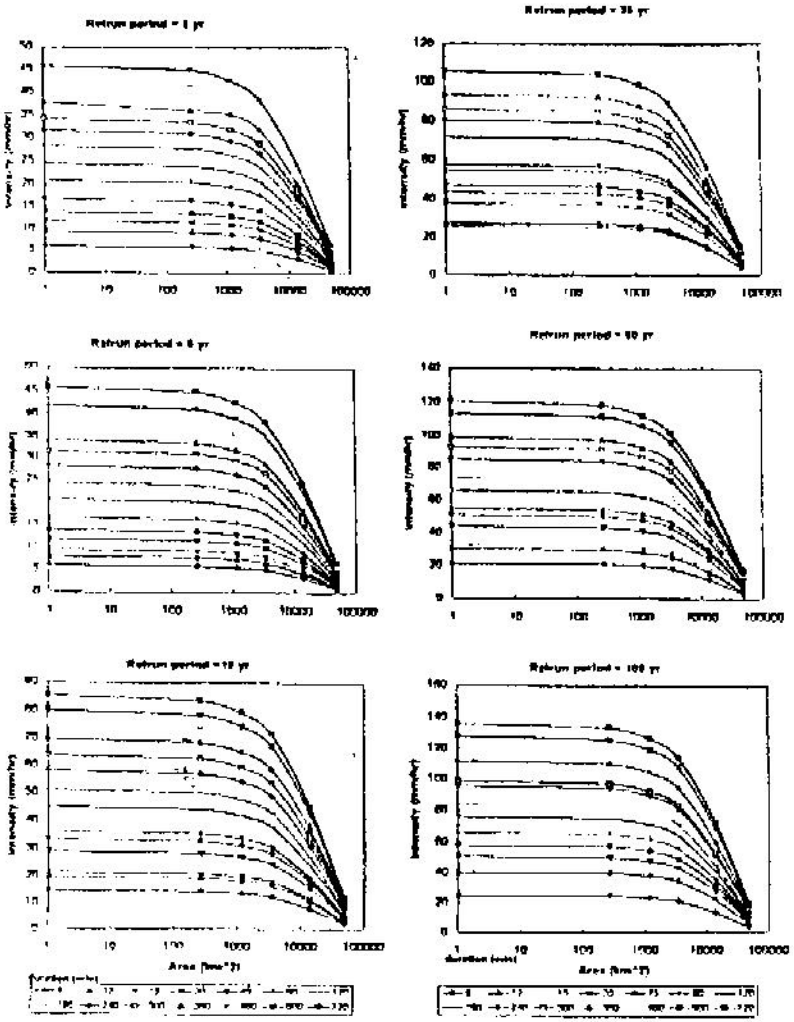
پارامتر	زیرمنطقه		کل منطقه
	سوسن	رونیز	
K	1.20E-04	1.30E-03	1.60E-03
n	0.899	0.662	0.6
N	5	9	9
R^2	0.956	0.99	0.983



شکل ۶- منحنی‌های شدت - مدت - تناوب ناحیه‌ای بارش جنوب کشور. الف - زیر منطقه رونیز، ب - زیرمنطقه سوسن



شکل ۷- دسته منحنی‌های IDFA زیرمنطقه رونیز



شکل ۸- دسته منحنی‌های IDFA زیرمنطقه سوسن

منابع

۱- رخشنده‌رو، ع و پ. کشتکاران، ۱۳۸۰، بررسی مبنای سیلاب طرح در سازه‌های مهم هیدرولیکی در استان فارس، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۲ و ۱۳ اردیبهشت ۱۳۸۰، ۱۱۶۱-۱۱۷۰.

۲- صابری، ح، ۱۳۸۱، استخراج دسته منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی - مساحت رگبارهای شدید ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹ صفحه.

۳- قهرمان، ب، ۱۳۷۷، استخراج دسته منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی - مساحت برای شهر مشهد، استقلال، جلد ۱۷ (۲)، ص ۶۹ تا ۸۱

۴ - قهرمان، ب.، ا. علیزاده و ع. ع. کمالی، بررسی جامع رگبارهای کوتاه مدت مشهد، نیوار، جلد ۷، ص ۱۹ تا ۲۸.

۵- وزیری، ف، ۱۳۶۳، تجزیه و تحلیل رگبارها و تدوین منحنی‌های شدت - مدت مناطق مختلف ایران، مجتمع دانشگاهی فنی مهندسی، واحد طرح و تحقیقات جهاد دانشگاهی، گروه آب، ۲۲۷ صفحه

۶- وزیری، ف، ۱۳۷۰، تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران، جهاد دانشگاهی خواجه‌نصیرالدین طوسی، واحد تحقیقات، ۳۷۵ صفحه

7. Hershfield, D.M. and W.T., Wilson, 1960, A Comparison of Extreme Rainfall Depth from Tropical and Nontropical Storm, Journal of Geophysics Research, 65:969-982.

8. Pierrehumbert, G.L., 1977, Rainfall Intensity Frequency-Duration Estimation, In, A., Pattison, J.K.G., Ward, T.A., McMahon and B., Watson (eds.) Australian Rainfall and Runoff, Flood Analysis and Design, 2-58

9. U.S. Weather Bur., 1946, Manual for DAD Analysis of Storm Precipitation, U.S. Weather Bur., Comp. Studies, Tech., Paper1.

10. Word Meteorological Organizaation (WMO), 1969, Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation, No. 237, TP129.

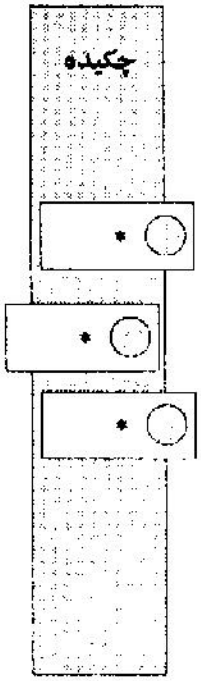
ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران

علی خلیلی[۱]، *جواد بذرافشان*[۲]

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۲/۱۱/۴)

چکیده

در این مقاله، کارایی هفت‌نمایه خشکسالی هواشناسی در اقلیمهای نمونه و معرف نواحی خشک و مرطوب ایران ارزیابی گردید. نمایه‌های خشکسالی مورد بررسی عبارتند از: ۱- نمایه معیار بارندگی سالانه (SIAP)، ۲- نمایه درصد نرمال بارندگی (PNPI)، ۳- نمایه دهکهای بارندگی (DPI)، ۴- نمایه ناهنجاری بارش (RAI)، ۵- نمایه خشکسالی بالم و مولی (BMDI)، ۶- نمایه بارش استاندارد شده (SPI) و ۷- نمایه بارش مؤثر (EPI). برای این منظور، ابتدا محاسبات نمایه‌های مذکور با استفاده از آمار بارندگی روزانه یک دوره ۳۹ ساله، ۱۹۹۹-۱۹۶۱ مربوط به نه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در مقیاسهای زمانی معمول آنها انجام شد. سپس، محاسبات نمایه‌ها از مقیاس معمول به واحد مشترک سالانه تبدیل گردید. در مرحله بعد، کارایی نمایه‌های منتخب برای اهداف هواشناسی بر مبنای دو فرضیه آزمون شد. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها در سرجمع ایستگاهها نشان داد: ۱- نمایه معیار بارندگی سالانه و نمایه دهکهای بارندگی مقارن با سال و فرع کمینه بارندگی



۱- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه تهران