اصلاح نقشه بارش بر اساس نقشه جریان و بررسی رفتاری بارش حوضه منطقه در مقایسه با حوضه‌های مجاور در ترکیه و شمال عراق

بهزاد حصاری*[۱]، مرتضی صمدیان [۲]، یعقوب آژدان[۳]

۱. استادیار هیدرولوژی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه و مدیر گروه مهندسی آب پژوهشکده دریاچه ارومیه

۲. دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز

۳. دانش‌آموخته دکتری مهندسی سازه‌های آبی، شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی

* (ایمیل نویسنده مسئول Email: b.hessari@urmia.ac.ir)

چکیده

در سال‌های اخیر وضعیت اکولوژیک و محیط زیستی دریاچه ارومیه با افت شدید سطح آب دچار چالش‌های عمده‌ای بوده است. یکی از پدیده‌هایی که این پیکره آبی را تحت تأثیر قرار داده مبحث بارندگی و مقایسه بارش آن با بارش سمت ترکیه و شمال عراق است. نبود ایستگاه‌های باران‌سنجی در ارتفاعات یکی از مشکلات عمده هیدرولوژیست ها در تولید نقشه بارش معتبر است. در این مقاله به دو سؤال اصلی در مورد بارش منطقه که شامل: چرا بارش سمت ترکیه زیاد بوده و آیا پدیده فون در این منطقه وجود دارد؟ و چگونه می‌توان نقشه بارش را با استفاده از دبی‌های ثبت‌شده ایستگاه‌های هیدرومتری اصلاح کرد؟ بررسی گردید. نتایج بررسی نشان می‌دهد پدیده فون در منطقه وجود داشته و شواهدی شامل، نقشه‌های ماهواره‌ای، نقشه بارش درازمدت سمت ترکیه و شمال عراق، داده‌های بارش شمال عراق و دبی‌های ثبت‌شده نشان داد دقیقاً می‌توان وجود پدیده فون و رویداد سایه بارش در منطقه با یک شیب بسیار تند ۱۰۰۰ میلی‌متر تا ۲۵۰ میلی‌متر در فاصله ۵۰ کیلومتری مرز تا دریاچه را شناسایی کرد. درنهایت بررسی روان آب‌ها و تحلیل ضریب جریان کمک خواهد کرد نقشه بارش ارتفاعات به‌صورت توجیه‌پذیری تصحیح شود. در این بین با استفاده از داده‌های هیدرومتری ثبت‌شده و ترسیم نقشه جریان در رودخانه‌های استان، نسبت به تصحیح نقشه بارش اقدام و درنهایت با استفاده از تحلیل شعاع مؤثر نسبت به تأسیس ایستگاه‌ها در مناطق فاقد داده پیشنهادهایی ارائه گردید.

کلیدواژه‌ها:

پدیده فون، اثر منطقه‌ای بارش، روند بارش مدیترانه، تصحیح نقشه بارش

مقدمه

یکی از مطالعات زیر بنائی منابع آب هر منطقه، تهیه نقشه‌های هم جریان است. تهیه نقشه هم جریان جهت برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت طرح‌های آبی هر منطقه خصوصاً جهت برآورد دبی در مسیر رودخانه‌ها و ذخیره یا انحراف آب رودخانه‌ها ضروری است. در سال‌های اخیر استفاده موضعی از منابع آب توسعه‌یافته و حفظ منابع آبی هر منطقه نیز ارزش بیشتری به خود گرفته است (عزیزی و یوسفی، ۱۳۸۴). در مطالعات بیلان آبی، یکی از پارامترهای ورودی، رواناب است. برای محاسبات بیلان آبی در یک حوضه رودخانه‌ای نقشه‌های بارش، تبخیر و جریان سطحی بایستی باهم هماهنگ گردد. معمولاً نقشه‌های جریانات سطحی قابل‌اطمینان‌ترین آن‌ها است و اصولاً این نقشه‌ها، بیشتر برای اصلاح نقشه بارندگی‌ها بکار گرفته می‌شود تا هماهنگ شدن با سایر نقشه‌ها (موحد دانش، ۱۹۸۲ و ۱۳۷۳). اکثر روش‌ها و فرمول‌های تجربی برای برآورد رواناب در مناطق خاص تهیه و تنظیم‌شده‌اند که استفاده آن‌ها در مناطق دیگر ممکن است با خطا همراه باشد (خسروشاهی، ۱۳۷۷). در استان آذربایجان غربی به دلیل پراکندگی نامناسب بارش (کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در شمال و بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر در جنوب غربی)، مدیریت منابع آب یک مشکل مکانی (Spatial) است. هدف از تهیه نقشه هم جریان، توزیع مقادیر رواناب مشاهداتی

ایستگاه هیدرومتری در سطح حوضه بالادست آن ایستگاه است. در سال‌های اخیر با توسعه روزافزون فن GIS، روش‌های تهیه نقشه‌های هم جریان نیز توسعه چشم‌گیری یافته است. این روش‌ها با حجم بسیار زیادی از داده‌ها سروکار داشته و از GIS به‌عنوان قالب کاری برای ذخیره و مدیریت داده‌ها و امکانات مدل‌سازی آن استفاده می‌شود.

بررسی منابع

ترازنامه‌های آبی منطقه‌ای (برای مناطق و سرزمین‌های وسیع، کشورها، حوضه‌های دریایی و قاره‌ها) علی‌الاصول، برای فواصل زمانی طولانی تعیین می‌گردد. تعیین ترازنامه‌های آبی منطقه‌ای دارای دو هدف است. اولاً برای به دست آوردن داده‌های موردنیاز جهت استفاده منطقی منابع آبی آن منطقه و ثانیاً جهت به دست آوردن داده‌های موردنیاز جهت تهیه ترازنامه‌های آبی عمومیت داده‌شده حوضه‌های بزرگ‌تر به‌صورت یک مجموعه بکار می‌رود. برخی مواقع ضرورت پیدا می‌کند که بیلان آبی برای تمام کشورها یا واحدهای اداری مستقل آن (ناحیه، ایالت، استان) و یا برای مناطقی که ازنظر اقتصادی مهم است، تهیه گردد. اصولاً علم هیدرولوژی، علمی است که جنبه عملی آن بیشتر از جنبه‌های تئوری آن است. معادله بیلان آبی و محاسباتی که به‌منظور تعیین بعضی و یا همه عامل‌های آن در دوره زمانی مختلف صورت می‌گیرد، اساس تجزیه‌وتحلیل هیدرولوژی را تشکیل می‌دهد. تهیه ترازنامه‌های آبی منطقه‌ای، مطالعات زیر بنائی طرح‌های بهره‌برداری از منابع آب را تشکیل می‌دهند (موحد دانش ۱۹۸۲). در سال‌های اخیر استفاده موضعی از منابع آب وسعت گرفته است لذا حفظ منابع آبی هر منطقه نیز ارزش بیشتری به خود گرفته است. عده‌ای از محققان، بیلان آب اتمسفری را برای تخمین تغییرات و شارش هیدرولوژیک بکار برده‌اند (اوکی و همکاران، ۱۹۹۵) بیلان آب سطحی، روشی است که عموماً در مطالعات هیدرولوژیک در مناطق غیر ساحلی در هر منطقه‌ای که به واحدهای حوضه‌ای تقسیم‌شده باشد و یک نقطه خروجی آب سطحی داشته باشد، بکار گرفته می‌شود، مشروط بر اینکه متوسط بارش و رواناب حوضه با دقت معقولی اندازه‌گیری شده باشد. کاهش‌های تبخیری سالانه از حوضه می‌تواند تخمین زده شود، البته با این فرض که تغییرات ذخیره ناچیز بوده و انتقال آب از طریق آب زیرزمینی یا سازه‌های انتقال آب ساخته دست بشر به داخل حوضه معنی‌دار نباشد. روابط تجربی اغلب برای تخمین متوسط سالانه یا متوسط جریان‌های ماهانه در مناطق بدون ایستگاه اندازه‌گیری بکار گرفته می‌شود. ترسیم نقشه جریان موضوع تحقیقات زیادی از طرف هیدرولوژیست ها بوده است (آرنل، ۱۹۹۵، چرچ و همکاران ۱۹۹۵، گری و همکاران ۱۹۹۵ و حصاری ۱۳۹۷).

اصولاً در بین عوامل بیلان، رواناب مطمئن‌ترین عامل است و در استان آذربایجان غربی بارش به دلایل توپوگرافی و نبود اطلاعات در ارتفاعات خیلی موثق نبوده و روش‌های رایج درون‌یابی مثل کرجینگ جوابگوی تحلیل ناحیه‌ای بارش نیست و در این تحقیق سعی برای تصحیح نقشه بارش از روی نقشه رواناب و همچنین تحلیل رفتار گرادیان بارش در دو سوی مرز بر پایه پدیده فون خواهد شد.

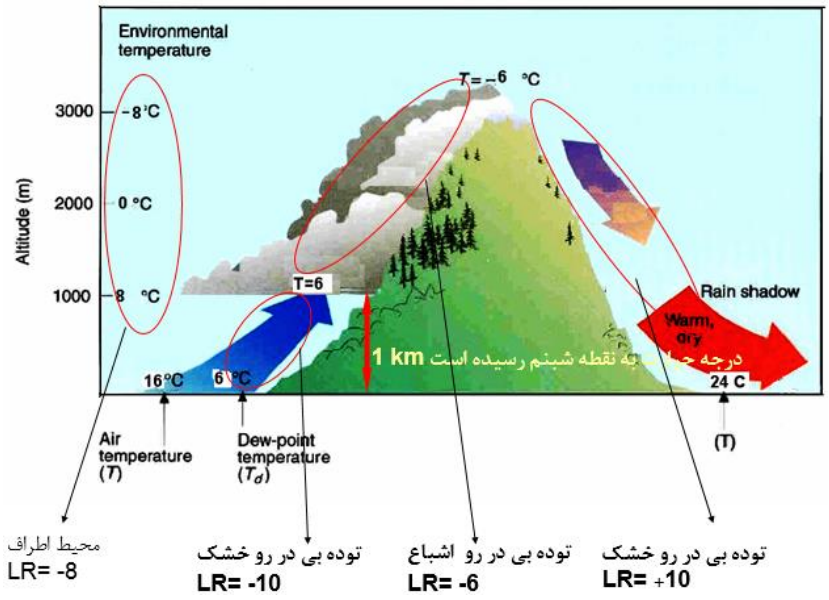
مواد و روش‌ها:

محدوده موردمطالعه مرز هیدرولوژیک استان آذربایجان غربی با مساحت ۴۹۳۵۶ کیلومترمربع (بدون احتساب دریاچه ارومیه) بوده که حوضه آبریز تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری در خارج از کشور یا استان قرار دارد. در این تحقیق جهت پردازش داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcGIS10.3 استفاده‌شده است. گام‌های اصلی این تحقیق به شرح زیر است:

- **بررسی اثر پدیده فون در بارش منطقه**

گرمباد، پدیده فون یا باد فون گونه‌ای از بادی با دمای به نسبت گرم و خشک است که در سمت بادپناه کوهستان، از ارتفاعات بیشتر به نقاط پایین‌دست نزول می‌کند و در طی این نزول دمایش افزایش می‌یابد. این هوا پس از بارش رطوبت خود را ازدست‌داده، هنگام نزول، مسیر دامنهٔ پشت به باد را با آهنگ افزایشی ۱۰ درجه به ازای هر ۱۰۰۰ متر طی می‌کند و در پای

کوه دمای هوا به ۳۰ درجه سلسیوس می‌رسد که ۲۰ درجه بیشتر از دمای هوای اولیه است. در اروپاها به این باد فون[1] اطلاق می‌شود. اصطلاح فون از کوه آلپ از کلمه لاتین fauonius یا باد غربی مشتق شده است. درحالی‌که در ایالات‌متحده و کانادا درشیب شرقی کوه راکی از واژه سرخپوستی چینوک ها برای نامیدن این باد استفاده می‌شود. در شمال ایران باد فون به گرمیچ معروف‌اند که برای آن‌ها جنوبی است. پدیده گرمباد در زمستان و بهار در دامنه‌های شمالی کوه آلپ قفقاز و آسیای مرکزی نیز به وجود می‌آید. در دامنه‌های شرقی کوه رشوز، آلپ نیوزیلند و کوه زاگرس نیز پدیده مشابه آن مشاهده می‌گردد (عزیزی و یوسفی، ۱۳۸۴). در شکل (۱)، نمایی از فرایند پدیده فون نشان داده‌شده است.



شکل (۱): نمایی از فرایند پدیده فون

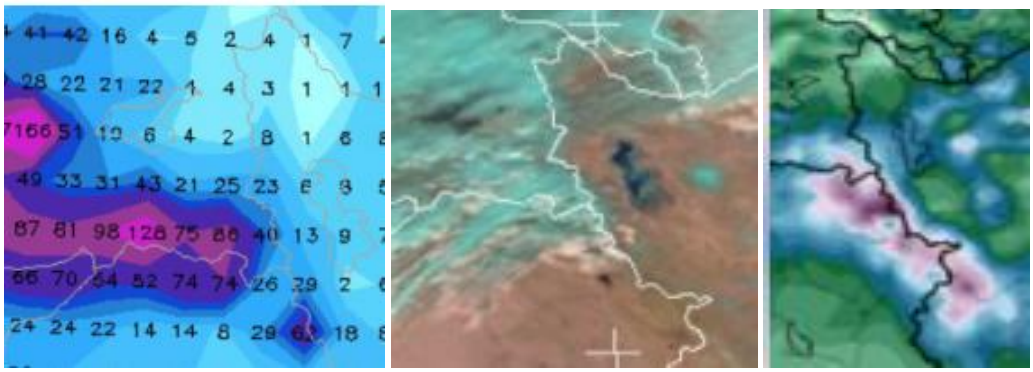
در این منطقه شواهد زیادی وجود داشته که بارش شمال عراق و شرق ترکیه خیلی بیشتر از بارش‌های حوضه دریاچه ارومیه است. هسته‌های بارش عمدتاً در پشت مرز تشکیل و پس از بارش، وارد مرز غربی ایران می‌گردند که نمونه‌هایی از آن در سال‌های اخیر مشاهده‌شده است. بارش ارتفاعات این حوضه‌ها زیادتر از مقدار نتایج کریجینگ است که از روی آمار ثبت‌شده حاصل‌شده است. نقشه بارش کشور ترکیه در مرزها و نقشه منطقه جنوب غربی آسیا که در شکل (۲) نشان داده شده مؤید بارش زیاد منطقه است که می‌توان به هسته‌های بارش نقشه مذکور اشاره کرد. هیچ‌گونه آمار و اطلاعاتی در ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر منطقه در دسترس نیست.

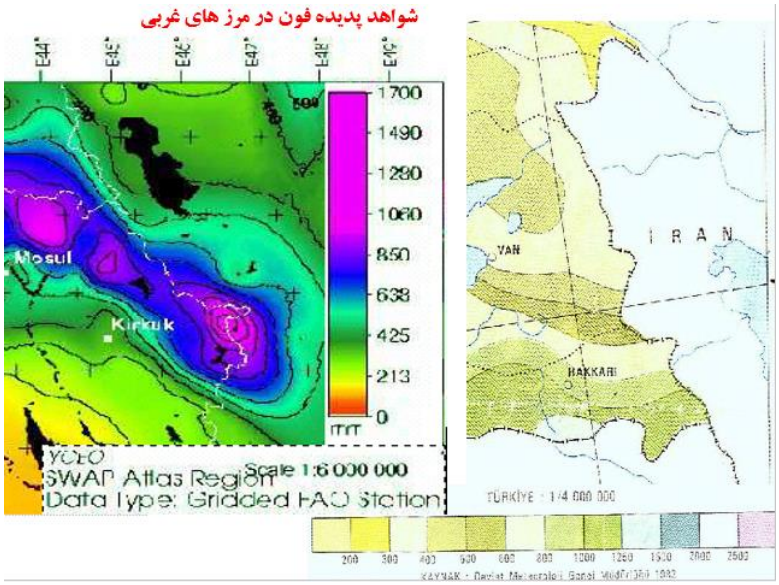
- **توده‌های بارش زای منطقه**

توده‌های بارش زای منطقه موردمطالعه مطابق شکل (۲) شامل: ۱- توده‌هوای قطبی بحری یا MP که از بخش شمال غربی پس از پیمایش دریای سیاه به ناحیه وارد می‌شود. ۲-توده‌هوای مدیترانه‌ای که ویژگی‌های هوای بحری را دارد و از سمت غرب و جنوب غرب منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.۳-توده‌هوای حاره‌ای بری یا CT که مبدأ آن صحرای بزرگ آفریقاست و از سمت جنوب غرب به محدوده مطالعاتی می‌رسد. با استقرار این توده‌هوا بر روی دریای عمان و خلیج‌فارس و کسب رطوبت در ایران سبب بارندگی‌های از نوع ناپایداری شدید شده و حتی باران‌های سیل‌آسا ایجاد می‌کند و اگر رطوبت کافی نداشته باشد همراه با گردوخاک و بارندگی خفیف خواهد بود. توده‌های قطبی قارهای روسیه و سیبری به دلیل رطوبت پایین بارندگی ایجاد

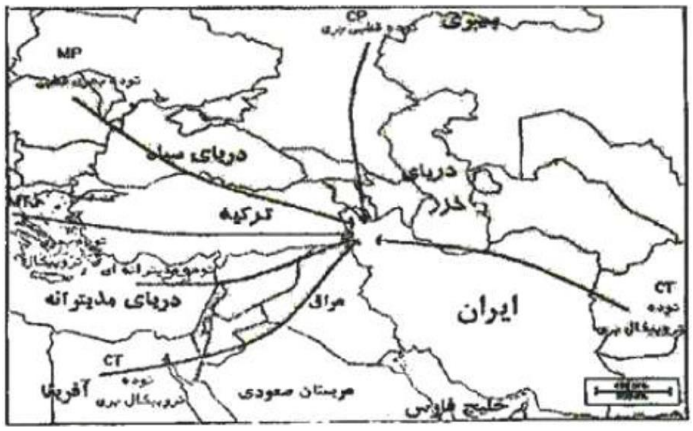
[1] Foehn Wind

نمی‌شود و فقط کاهش دما رخ می‌دهد. منشأ عمده بارندگی‌ها در حوضه موردمطالعه، جریانات هوای مرطوبی است که به همراه توده‌های کم‌فشار مهاجر از قطاع جغرافیایی غرب از طریق سوریه (۴۱٪)، ترکیه (۲۹٪)، صحرای بزرگ آفریقا (۲۲٪) و دریای سیاه (۳/۱٪) به آن نفوذ می‌نمایند. علاوه بر این کم‌فشارهای سطوح فوقانی نیز ۵٪ حالات را به خود تخصیص می‌دهند.



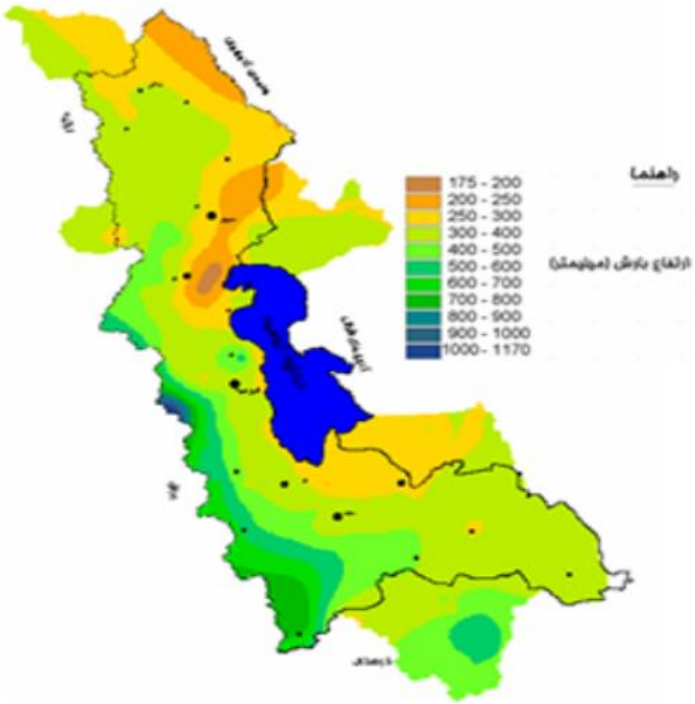


شکل (۲): هسته‌های بارش در ورودی مرز (توده‌های موردی)، نقشه متوسط درازمدت بارش منطقه



شکل (۲): توده‌های غالب منطقه

در خصوص تهیه نقشه بارش و تعیین متوسط بارش سالانه در هر حوضه، بهترین برازش با کمترین خطا در محل ایستگاه‌ها مربوط به روش کریجینگ بوده که بارش هر زیر حوضه از روی آن در تعیین گردید. در شکل (۳) نقشه بارش استان ارائه‌شده است.



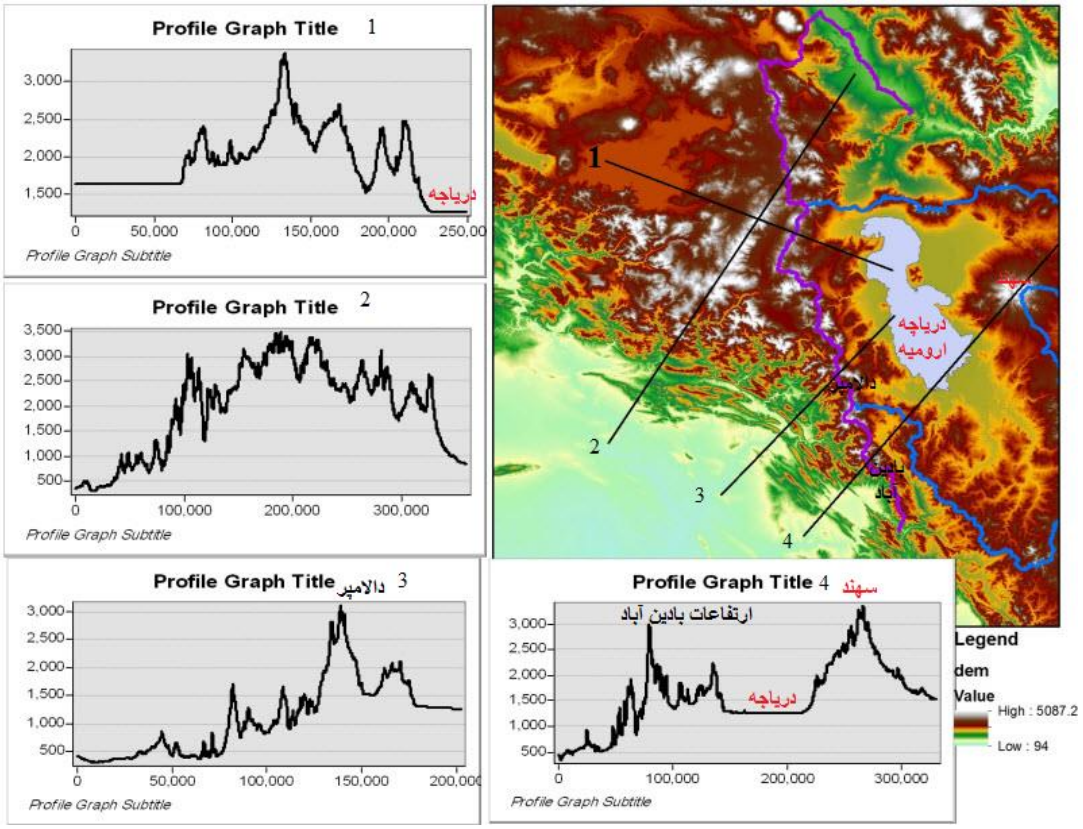
شکل (۳): نقشه بارش از روش کریجینگ برحسب میلی‌متر

- **توپوگرافی مسیر توده‌های ورودی به حوضه**

مدل ارتفاعی رقومی DEM[۲] در فرمت رستری از SRTM تهیه‌شده که در آن برای سلول ۹۰ متری مقدار ارتفاعی ذخیره می‌گردد. با ابزار 3D Analyst پروفیل‌های ۱ تا ۵ زده‌شده که در شکل (۴) ارائه‌شده است. پروفیل شماره ۱(مسیر توده‌های دریای سیاه): کوههای داخلی ترکیه تا مانع رسیدن این توده‌ها به منطقه سلماس شده و عمدتاً رطوبت تخلیه می‌گردد. بارش ارتفاعات سلماس خیلی پائین تر از بارش ارتفاعات زیوه، دالامپر و پیرانشهر است. پروفیل شماره ۲ (مسیر توده‌های دریای مدیترانه و شمال آفریقا): رشته کوه‌های داخلی ترکیه مانع رسیدن این توده‌ها مدیترانه‌ای به منطقه سلماس و خوی شده و عمدتاً رطوبت تخلیه می‌گردد. این روند در نقشه بارش هم کاملاً مشخص است که بارش به زیر ۳۰۰ میلی‌متر افتاده است. بین این رشته‌کوه و مرز ایران تا کوه شهیدان دالانی تشکیل‌شده که توده عملاً به تله می‌افتند و بارش دره را تقویت می‌کنند. بارش بالای ۸۰۰ میلی‌متر و وجود یخچال‌های برفی در دالامپر و کوه شهیدان مؤید این قضیه هست. پروفیل شماره ۳(مسیر توده‌های دریای مدیترانه و شمال آفریقا در مرز ایران – ترکیه – عراق): در این منطقه ارتفاعات دالامپر تنها کوه مرزی است و هم توده‌های گرم شمال آفریقا و هم توده‌های مرطوب مدیترانه به منطقه می‌رسند که ترکیب و به هم رسیدن هم‌زمان این دو توده بیشترین بارش را در منطقه می‌دهد. اگرچه اطلاعات بارش سازمان آب قادر به شناسایی هسته‌های بارش نیست ولی رواناب‌های ثبت‌شده در پائین‌دست شواهد قطعی برای بارش بالای این ارتفاعات است. اثر این توده‌ها در رواناب گدار چای (پی

[2] Digital Elevation Model

قلعه)، رواناب بادین‌آباد و ایستگاه‌های هیدرومتری پیرانشهر کاملاً مشهود است. کوه دالامپر به‌عنوان نقطه مشترک مرز ایران، عراق و ترکیه تنها یخچال طبیعی شمال غرب کشور در مرز ترکیه است که سرتاسر سال دارای برف است. پروفیل شماره ۴(مسیر توده‌های دریای مدیترانه و شمال آفریقا در مسیر رودخانه زاب تا سهند): در این منطقه ارتفاعات بلند در مرز وجود داشته و در سمت شمال عراق مانع بزرگی وجود ندارد و توده‌ها در شمال عراق ریزش و قسمت زیادی هم به داخل ایران می‌رسد. در این محدوده هسته‌های قوی بارش وجود دارد که متوسط باران تا ۲۰۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. در رودخانه زاب، ارتفاعات پیرانشهر و بادین‌آباد بسیار پر بارش و سمت راست رودخانه زاب بسیار پر آب با رواناب بالای ۱۰۰۰ میلی‌متر وجود دارد. سمت چپ دره زاب داری پتانسیل بارش کمی است. پس از عبور توده‌ها از زاب به حوضه دریاچه ارومیه وارد می‌گردد. ناهمواری‌ها و کوه‌های این منطقه قادر به تله اندازی توده‌های عبوری هستند. کوه سهند هم دوباره درگیر همان پدیده است.

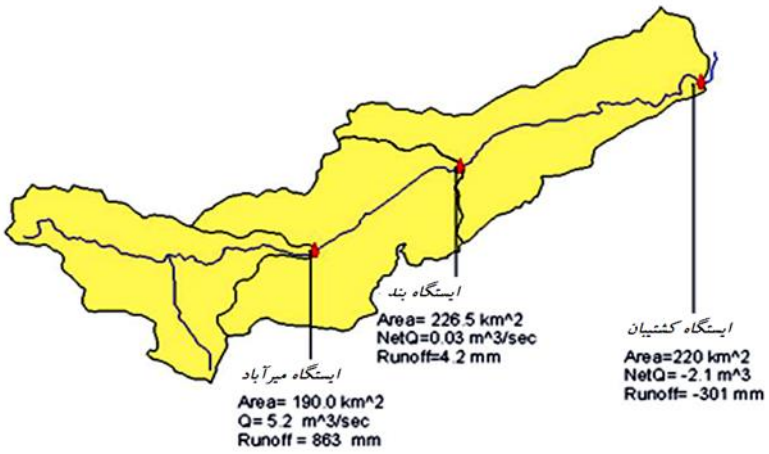


شکل (۴): پروفیل ارتفاعی در مسیر حرکت توده‌ها (محور x فاصله از ابتدای خط برحسب متر و y ارتفاع از سطح دریا)

- **تصحیح نقشه بارش**

برای این منظور مراحل کار شامل: ۱- انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره آماری مناسب در سطح استان. ۲ - فرآیند ایجاد و ساخت DEM استان و رقومی نمودن مرز حوضه ایستگاه‌های منتخب. ۳- تعیین رواناب خالص هر حوضه. ۴ – تعیین متوسط بارش سالانه در هر حوضه از روی نقشه تهیه‌شده بارش استان. ۵-ترسیم نمودار رواناب در واحد سطح، در مقابل بارش هر زیر حوضه و اشتقاق تابع رواناب "مورد انتظار". ۶ - ایجاد شبکه رواناب مورد انتظار و رواناب حقیقی (حصاری و کریم زادگان، ۱۳۹۷ و Reed et al. 1994).

در این مرحله ابتدا تکمیل و تطویل آمار ایستگاه‌های هیدرومتری ناقص از روش‌های همبستگی بین بارش و دبی (نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها) و همبستگی با ایستگاه‌های مجاور و روش نسبت میانگین انجام شد. این محاسبات برای یک دوره بلندمدت ۲۵ ساله در منطقه انجام‌شده است. در مرحله بعدی موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری بر روی نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی تعیین و مرز حوضه‌ها رقومی گردید. برای تعیین رواناب خالص، حوضه مابین دو ایستگاه هیدرومتری به‌عنوان یک زیر حوضه مستقل فرض نموده و آب ورودی از بالادست، از آبدهی ایستگاه هیدرومتری پائین‌دست کم شده و به‌صورت رواناب برحسب میلی‌متر تبدیل می‌گردد. برای مثال در حوضه شهر چای که شکل (۵) ارائه گردیده، زیر حوضه بین بند و میرآباد دارای رواناب ۵/۵ میلی‌متر و زیر حوضه بین بند و کشتیبان دارای رواناب ۲۳۳- است و این بدین معنی است که مصرف و تلفات (شامل کلیه برداشت‌ها، تبخیر و آبدهی خود زیر حوضه) در این زیر حوضه حدود ۲/۱۲ مترمکعب یا ۲۳۳- میلی‌متر است یعنی علاوه بر اینکه توانائی تولید آبدهی را ندارد بلکه آب واردشده از بالادست نیز به مصرف می‌رسد.



شکل (۵): رواناب خالص زیر حوضه‌های رودخانه شهر چای

مقادیر رواناب در مقابل بارش هر زیر حوضه تهیه شد. در این نمودار یک‌روند افزایشی رواناب با بارش مشاهده می‌شود که تعدادی از این مقادیر خارج از حد بوده و به بررسی بیشتری نیاز دارند و وضعیت هیدرولوژیک و صحت داده‌های هر زیر حوضه بایستی بررسی گردد. نقاط خارج از حد اغلب در زیر حوضه‌هایی مشاهده گردیده که تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر شهرسازی، برداشت و انحراف برای مصارف کشاورزی زیاد بوده است. رابطه بین بارش و رواناب نرمال در استان به شرح ذیل ارائه‌شده است (شکل ۶).

$$\text{Expected Runoff} = 0.0044*P*\text{Exp}(0.0118*P)\ P<390\ \text{mm}\quad R=0.853\quad df=10\quad sigf=0.001 \qquad (1)$$

$$\text{Expected Runoff} = 0.671*P-92.73\ P>=390\text{mm}\quad R=0.85\quad df=11\quad sigf=0.000 \qquad (2)$$

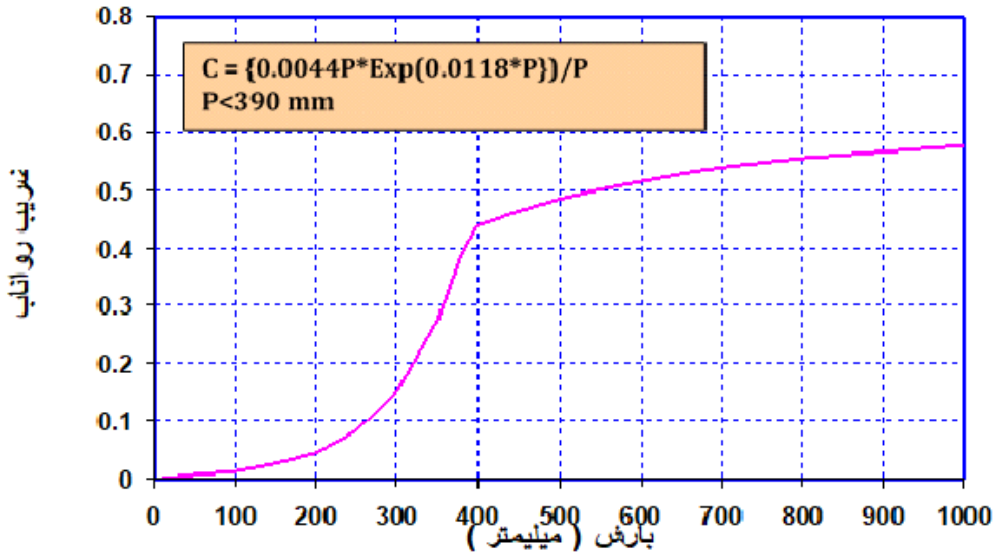
در خروجی این حوضه‌ها با رفتار غیر نرمال هیدرولوژیک، اطلاعاتی از بارش به خاطر واقع‌شدن در دشت‌ها و وجود ایستگاه باران‌سنجی در اطراف آن‌ها قابل‌دستیابی است و این نواحی توانائی تولید چنین رواناب‌های بزرگی را ندارند و چون شیبشان در آن قسمت‌ها کم می‌شود بالطبع ضریب جریان کمتری خواهند داشت. برای رفع این مشکل این حوضه‌ها به دو قسمت بر اساس توپوگرافی و نتایج نقشه تلفات شکسته و رواناب مشاهداتی قسمت خروجی بر اساس آمار مشاهداتی ایستگاه‌های مجاور تصحیح و بر اساس آن رواناب قسمت بالادست بر اساس میانگین وزنی تصحیح گردید که نتایج در جدول (۲) و شکل (۷) ارائه‌شده است. نقشه تلفات از اختلاف نقشه رواناب از بارش و نقشه ضریب جریان از تقسیم نقشه رواناب به نقشه بارش موجود

به‌دست‌آمده است. در بررسی نقشه تلفات (۷) در حوضه هائی با رواناب بسیار بزرگ مثل میرآباد، پی قلعه، سیلوه و بادین‌آباد یک مسئله مهم قابل‌مشاهده است. چون دبی مشاهداتی در سطح حوضه به‌طور یکسان پخش‌شده رواناب بزرگی در خروجی حوضه وارد می‌شود، این عمل باعث می‌شود در نقشه تلفات این نواحی دارای اعداد منفی بزرگی باشند که در عمل چنین نیست. این مشکل در اثر متراکم نبودن ایستگاه‌های هیدرومتری و نبود اطلاعات در سرشاخه‌ها به وجود میاید.

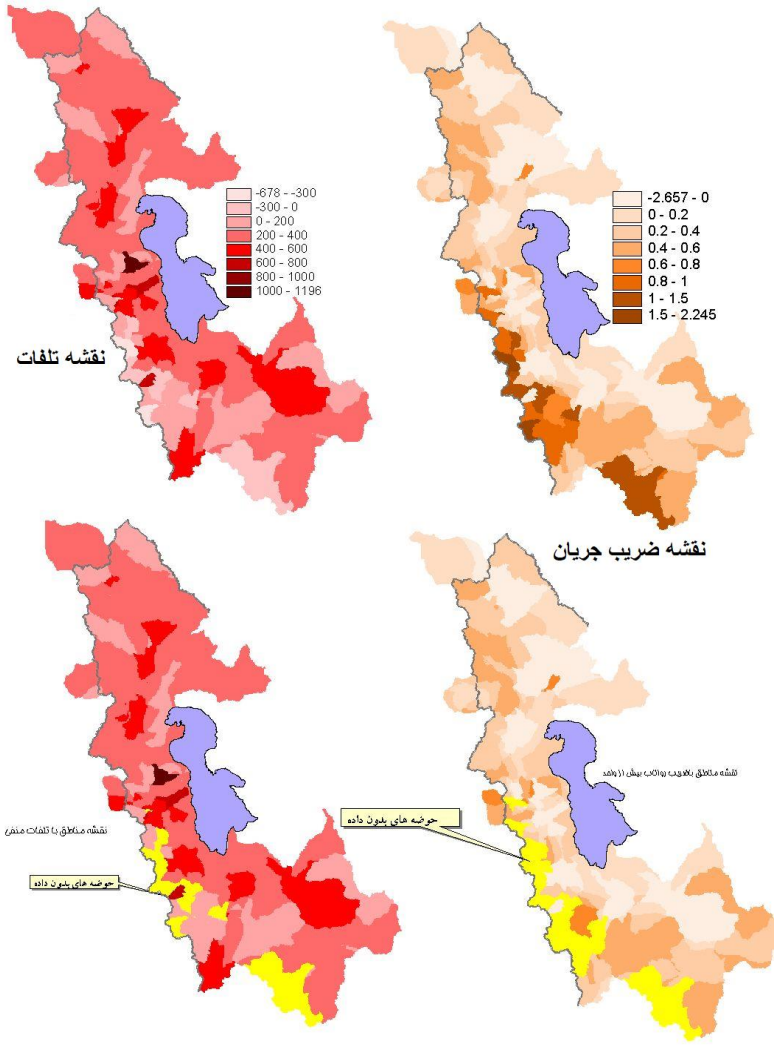
جدول (۲) مقادیر رواناب برآوردی در خروجی حوضه‌هایی با رفتار هیدرولوژیک غیر نرمال

شماره زیر حوضه	کد ایستگاه	نام ایستگاه در خروجی زیر حوضه	مساحت خالص زیر حوضه	بارش زیر حوضه	رواناب تولیدی زیر حوضه	دبی خالص و آبخیزی زیر حوضه	مساحت حوضه در قسمت خروجی	رواناب در قسمت خروجی	مساحت حوضه در قسمت بالادست	رواناب در قسمت بالادست
31	35009	میرآباد	190	924	863	5.20	26	600	164	905
39	34011	پی قلعه	251	599	1226	9.74	36	850	215	1289
47	21925	سیلوه	250	634	876	6.95	38	600	212	926
50	21927	بادین‌آباد	216	688	1341	9.17	34	900	182	1423

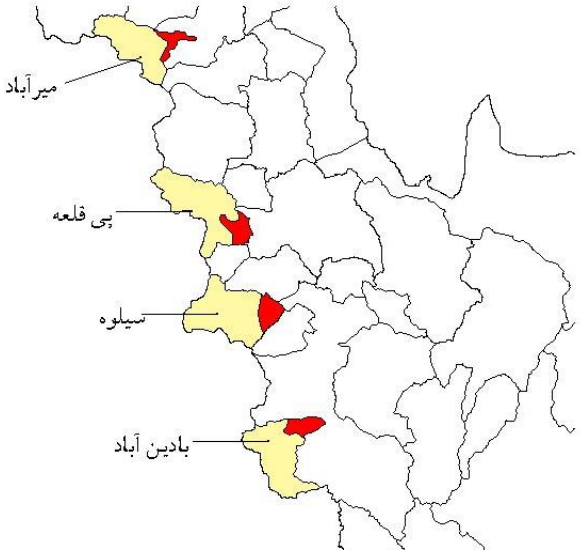
به استناد فرضیات فوق‌الذکر، برای تصحیح نقشه بارش، تنها فرضی که شده این است که ایستگاه‌های مشکل‌دار شامل (حوضه میرآباد شهر چای، پی قلعه گدار، بی بکران (هاشم‌آباد) باراندوز چای، بادین‌آباد ذاب و پل آنیان زرینه‌رود) دارای شرایط هیدرولوژیک نرمال هستند. با بحثی که در مورد ایستگاه هیدرومتری پی قلعه شد، این‌یک فرض معقولی است و دور از انتظار نیست. با این فرض رابطه بین بارش و رواناب نرمال در استان برای این مناطق قابل‌استفاده بوده و با عمل برعکس و با اعمال رابطه بالا به نقشه رواناب نهائی در ارتفاعات بالای ۱۸۰۰ متر استان و در نظر گرفتن ضریب جریان در حوضه‌های نرمال، نقشه تصحیح‌شده بارش به دست خواهد آمد. برای تصحیح نقشه بارش، حوضه هائی که دارای رفتار هیدرولوژیک نرمال نبودند شناسایی گردید و برای آن‌ها ضریب جریان از روی شکل ۶ تعیین گردید که نتایج در جدول (۳) و شکل ۸ ارائه‌شده است. این ضرایب در شرایط کاربری اراضی و بادهای موسمی متوسط ارائه و با توجه به طبیعت فصلی منطقه اصلاح می‌شود.



شکل (۶): ضریب رواناب مورد انظار سالانه



شکل (۷): نقشه تلفات و ضریب جریان سالانه



شکل (۸): نحوه تقسیم حوضه‌هایی با رفتار غیر نرمال

جدول (۳): برآورد ضریب جریان در زیر حوضه‌های با رفتار هیدرولوژیک غیر نرمال

نام زیر حوضه	ضریب جریان برآوردی	محدوده اعمال‌شده
گلکنی- نازلو	0.50	>1800
میرآباد- شهرچای	0.75	کل
هاشم‌آباد- باراندوزچای	0.60	>1800
پی قلعه- گدار	0.75	کل
درود- گدار	0.55	>1800
سیلوه - زاب	0.75	کل
گرژال-زاب	0.75	>1800
بادین‌آباد- زاب	0.75	کل
وزینه- زاب	0.60	>1800
قبقبلو-زرینه	0.75	>1800
پل آنیان- زرینه	0.75	>1800
سنته- زرینه	0.40	>1800
آلاسقل راست- زرینه	0.40	>1800
دیزج- باراندوزچای	0.30	>1800

با اعمال ضرایب بالا به نقشه رواناب در محدوده‌های موردنظر، نقشه تصحیح‌شده بارش به دست آمد. برای این کار فرض شده که توزیع بارش در نقشه اصلاح‌شده از توزیع رواناب در حوضه‌ها که خود تابع نقشه بارش غیر اصلاح‌شده است پیروی می‌کند. درنهایت با ترکیب نقشه قدیمی و جایگزینی نقشه جدید، یک درون‌یابی مجدد انجام گردد تا نقشه هموارتری به دست آید. با نقشه رواناب در ارتفاعات حوضه‌های دارای مشکل، نقشه بارش اصلاح گردید. برای حذف تغییرات ناگهانی بارش در ارتفاعات و دشت‌ها نقشه بارش با نقشه قبلی ادغام[3] گردیده و از تابع Smooth استفاده گردید. در جدول (۴)، مقادیر تصحیحات بارش بر اساس داده‌های موجود برای حوضه‌های مدنظر ارائه‌شده است.

جدول (۴): تصحیحات بارش بر اساس داده‌های موجود

نام ایستگاه یا حوضه	نام رودخانه	کل مساحت بالادست ایستگاه	رواناب	بیلان از آمار موجود سازمان آب (میلی‌متر)			بیلان از بارش اصلاح‌شده (میلی‌متر)		
		km^2	mm	بارش کریجینگ	تلفات	ضریب جریان	بارش اصلاح‌شده	تلفات	ضریب جریان
میرآباد	شهر چای	190.0	863.0	924.3	61.3	0.93	1131.6	268.6	0.76
بند ارومیه	شهر چای	416.5	396.0	722.5	326.5	0.55	819.2	423.2	0.48
هاشم‌آباد (بی بکران)	باراندوز چای	415.2	593.2	606.7	13.5	0.98	830.1	236.8	0.71
دیزج	باراندوز چای	660.7	409.5	574.9	165.4	0.71	720.0	310.5	0.57
پی قلعه	گادار چای	250.6	1225.8	599.0	-626.8	2.05	1519.7	293.9	0.81
اشنویه	گلاز چای	101.6	443.9	490.0	46.1	0.91	503.6	59.8	0.88
محدوده سیاسی استان		37614.0	114.3	374.5	260.2	0.31	396.6	282.4	0.29
محدوده کل آبریز استان		49356.6	123.7	375.4	251.7	0.33	399.8	276.1	0.31

بحث و نتیجه‌گیری

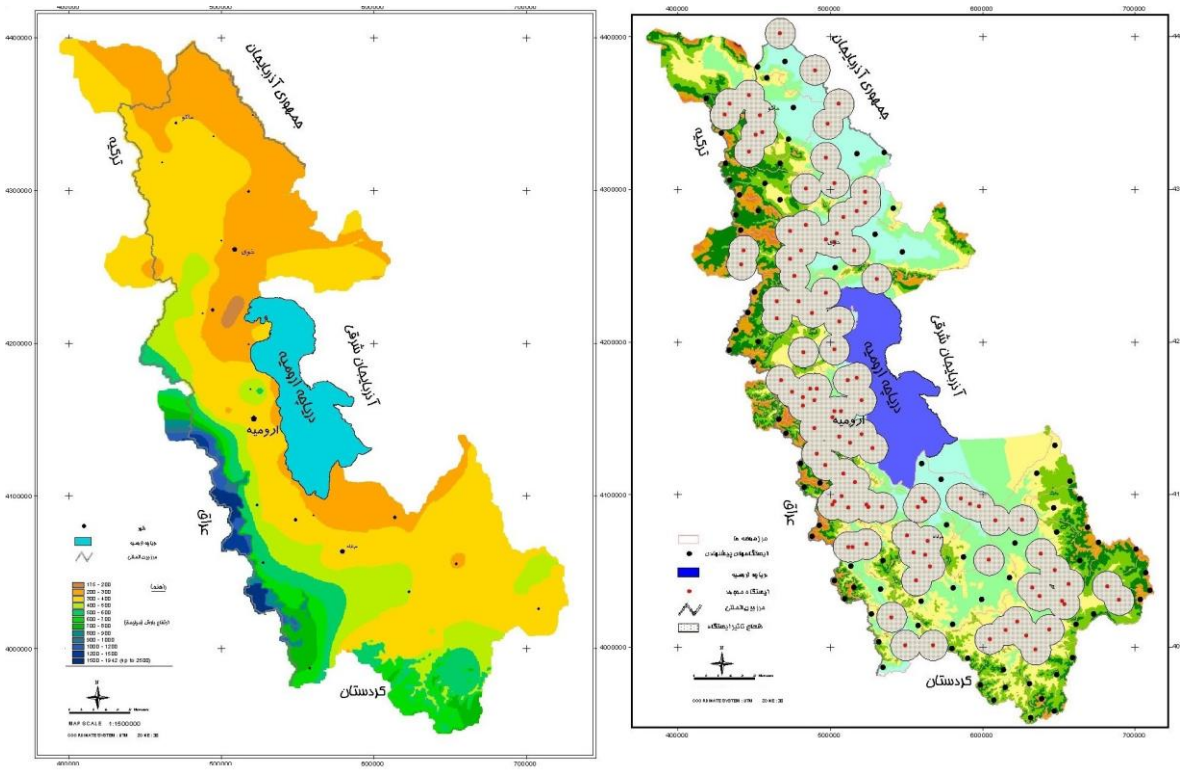
الف) پدیده فون در منطقه: به خاطر موانع بزرگ ناهمواری، عملاً در مسیر توده‌های ورودی، پدیده فون وجود دارد. وقتی توده‌ها به ارتفاعات می‌رسند با صعود اروگرافیک (صعود در اثر برخورد با یک سطح شیب‌دار) به دمای فوق اشباع رسیده و باران

[3] Merge

ریزش و از رطوبت آن کاسته می‌شود و عملاً سایه بارش به سمت دیگر کوه می‌رسد. هرچقدر به عرض‌های جنوبی نزدیک‌تر شده و به کوه‌های گدار چای و پیرانشهر می‌رسیم امکان تداخل توده‌های آفریقایی و مدیترانه‌ای فراهم‌تر گشته و هسته‌های قوی بارش شکل می‌گیرد. همچنین هر چه از غرب به سمت شرق می‌رویم مقدار بارش کمتر گردیده و در دریاچه ارومیه به حداقل رسیده و حلقه‌های ایزوکرن (خطوط هم باران) در دور دریاچه شکل می‌گیرد. دوباره با شروع مجدد ارتفاعات به سمت سبلان مقدار باران ارتفاعات زیاد می‌گردد. کوه سبلان در سمت غرب و به سمت حوضه دریاچه به‌صورت پدیده فون عمل کرده و توده‌ها را می‌گیرد ولی در پشت کوه سبلان عملاً باران دوباره کاهش پیدا می‌کند. در تمام ناهمواری‌ها و حتی کوه‌های نه خیلی بلند این پدیده قابل‌مشاهده و قابل‌شناسایی است (در گردنه قوشچی به‌عنوان‌مثال سمت رو به توده‌های ورودی پرباران‌تر از دامنه‌های مقابل است).

ب) تصحیح بارش در منطقه: علاوه بر نقشه‌های بارندگی، رواناب‌های مشاهده و ثبت‌شده در اولین ایستگاه‌های هیدرومتری پس از مرز، نشان از پدیده فون در منطقه است. روند بارش نه‌تنها در حوضه دریاچه ارومیه، در مدیترانه، ترکیه و شمال عراق روند نزولی دارد و چون توده‌های استان از سمت غرب وارد منطقه می‌گردند؛ عملاً باعث کاهش بارش حوضه گردیده است. پس از بررسی نقشه بارش و رواناب واقعی معلوم شد در سرشاخه رودخانه‌های جنوبی استان، ضریب جریان بزرگ‌تر از ۱ بوده و این بدین معنی است که مقدار بارش آن نواحی همان طوری که پیش‌بینی می‌شد، واقعی نبوده و نتایج روش کریجینگ برای بارش ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر به دلیل عدم همخوانی با مقادیر دبی مشاهده‌شده صحیح نیست. حوضه‌های مشکل‌دار شامل حوضه میرآباد شهر چای، پی قلعه گدار، بی بکران (هاشم‌آباد) باراندوز چای، بادین‌آباد ذاب و پل آنیان زرینه‌رود است که در نزدیکی مرز ترکیه و عراق قرارگرفته‌اند. دراین‌ارتباط می‌توان دو فرض زیر را ارائه نمود: ۱) نفوذ آب از کشور ترکیه و عراق وجود داشته باشد. ۲) بارش ارتفاعات این حوضه‌ها زیادتر از مقدار نتایج کریجینگ است که از روی آمار ثبت‌شده حاصل‌شده است. نقشه بارش کشور ترکیه در مرز غربی استان با مقدار بارش ۱۲۵۰ میلی‌متری و نقشه منطقه جنوب غربی آسیا (SWAP) که در شکل (۲) نشان داده‌شده مؤید بارش زیاد منطقه است که می‌توان به هسته‌های بارش نقشه مذکور اشاره نمود (۲۱). یکی از مسائلی که در این مناطق باید موردتوجه باشد مقدار برف و رواناب حاصل از ذوب برف است که غالباً به دلیل نبود آمار مورد چشم‌پوشی قرار می‌گیرد. برای اثبات فرض اول هیچ‌گونه آمار و اطلاعاتی در دسترس نیست مگر به‌طور توصیفی که می‌توان به بارش و ارتفاع بالای منطقه مشرف‌به حوضه‌های جنوبی استان و گسل‌های موردی (گسل پیرانشهر) اشاره نمود. در اثبات فرض اول تناقضی نیز می‌توان یافت بطوریکه در منطقه چشمه هائی با دبی چند مترمکعب دیده نشده است. مثلاً اگر حوضه پی قلعه با دبی ۹/۷ مترمکعب در ثانیه با سطح ۲۵۰ کیلومترمربع دارای رواناب ۱۲۲۵ میلی‌متر و بارش ۶۰۰ میلی‌متر باشد (نقشه کریجینگ و اطلاعات سازمان آب) و ضریب رواناب آن به‌طور نرمال ۰/۵ باشد باید ۹۲۵ میلی‌متر یا دبی ۷/۳ مترمکعب از طریق نفوذ از کشور ترکیه در هرسال وارد شود که اولاً چنین چشمه هائی در منطقه مشاهده نمی‌شود و اصولاً غیرممکن است این حجم از دبی از طریق آب زیرزمینی به‌طور سالانه در سطح ۲۵۰ کیلومترمربعی منتقل شود. با استناد به شواهد موجود بایستی فرض دوم را دنبال کرده و نقشه بارش استان در حوضه‌های مشکوک اصلاح گردد. این تصحیح در ارتفاعات کاملاً ضروری است. حوضه‌هایی که به‌نوعی ارتفاع غالب آن‌ها از ۲۰۰۰ متر بیشتر است دارای آمار بارش نادرست می‌باشند که دلیل این ادعا دبی مشاهده‌شده در محل ایستگاه‌های هیدرومتری است. برای تصحیح نقشه بارش تنها فرضی که شده این بوده که ایستگاه‌های مشکل‌دار شرایط هیدرولوژیک نرمال دارند لذا نقشه بارش بر اساس نقشه رواناب و مفهوم ضریب جریان تصحیح گردید. ضریب جریان از رابطه ضریب جریان مورد انتظار که در شکل ۹ ارائه‌شده و با توجه به نقشه قابلیت اراضی استان تعیین

گردید.. در شکل (۹ سمت چپ) نقشه بارش اصلاح‌شده استان ارائه‌شده است. نتایج حاصل از نقشه اصلاح‌شده بارش بسیار قابل‌توجه است. اولاً این نقشه کاملاً توجیه‌کننده مقادیر جریان مشاهده‌شده در ایستگاه‌های هیدرومتری است. این نقشه با نقشه بارش کشور ترکیه در مرز غربی استان و نقشه منطقه جنوب غربی آسیا (SWAP) که در شکل (۸) ارائه‌شده همخوانی بسیار خوبی نشان می‌دهد که می‌توان به هسته‌های بارش اشاره نمود. نقشه اصلاح‌شده بارش برای مناطقی که هیچ‌گونه داده‌ای نداشته باشند اطلاعات قابل‌اعتمادی را در اختیار محققان قرار می‌دهد. این نقشه در هر حوضه با رواناب مشاهداتی واسنجی شده است. مقدار رواناب هر حوضه نامعلوم با ترسیم مرز آن حوضه در GIS و بریدن نقشه رستری رواناب و متوسط گیری از سلول‌های آن قابل‌استخراج است. نتایج این روش اصلاح نقشه بارش، تابع دقت داده‌های ورودی و تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه است. بر اساس نقشه‌های بارش و رواناب اصلاح‌شده، ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری جدید در نقاط فاقد آمار پیشنهاد گردید. درنهایت، شعاع تأثیر ایستگاه‌های باران‌سنجی در استان ۱۰ کیلومتر تعیین شد. درجاهای فاقد ایستگاه باران‌سنجی، با لحاظ کردن فاصله و ارتفاع، فراوانی ایستگاه‌های هواشناسی و شعاع تأثیر ایستگاه‌ها، محل ایستگاه‌های برای تأسیس ایستگاه به‌صورت نقطه توپر پیشنهاد گردید (شکل. ۹ سمت راست)



شکل (۹): نقشه اصلاح‌شده بارش و تحلیل شعاع تأثیر در تعیین محل ایستگاه‌های بارندگی پیشنهادی

منابع

۱- خسروشاهی، م. ۱۳۷۷. بررسی کارایی چند فرمول تجربی مهم برای محاسبه بیلان آبی در حوضچه‌های آبخیز فاقد ایستگاه آب‌سنجی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. فصلنامه تحقیقات جغرافیائی. شماره ۲ و ۳. شماره پیاپی ۵۰-۴۶.

۲- حصاری ب.، کریم زادگان س.، ۱۳۹۷، تهیه DEM هیدرولوژیک و کاربرد آن در تولید نقشه پیوسته جریان رودخانه مطالعه موردی حوضه بالادست سد کرخه. سنجش از دور و GIS ایران دانشگاه شهید بهشتی، شماره (۱۰)۴.

۳- عزیزی، ق.، یوسقی، ی. ۱۳۸۴. گرمباد (باد فون) و آتش‌سوزی جنگل در استان‌های مازندران و گیلان (نمونه: آتش‌سوزی تاریخ ۲۵- ۳۰ آذر ۱۳۸۴). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی . ۲۸-۳.

۴- موحد دانش، ع. ۱۹۸۲. روش‌های محاسبه بیلان آبی، راهنمای بین‌المللی برای تحقیق کاربرد. از سری نشریات مرتبط با دهه جهانی هیدرولوژی. انتشارات ذوقی تبریز.

۵- موحد دانش، ع. ۱۳۷۳. هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران. انتشارات سمت.

6- Arnell، N.W.، ، 1995, "Grid Mapping of River Discharge،" Journal of Hydrology، 167، 39-56

7- Church، M. R.، G.D. Bishop، and D.L. Cassell, 1995، "Maps of Regional Evapotranspiration and Runoff/Precipitation Ratios in the Northeast United States،" Journal of Hydrology، 168، 283-298،.

8- Gray . D ، Bishop . M، Church .R ،– " Mapping long – term regional runoff in the eastern United States Using automated approaches "،Journal of Hydrology ، 169 ، 189 – 207.1995

9- Oki، T.، K. Musiake، H. Matsuyama، K. Masuda ،1994.، "Global Atmospheric Water Balance and Runoff from Large River Basins،" Scale Issues in Hydrological Modeling، Chapter 24، 411-434،

10- Olivera F.، Maidment R. D.، 1996" Runoff computation using spatially distributed terrain parameters "، ASCE،22-28،.

11- Reed, S., Maidment, D. & Patoux, J., 1994,Spatial Water Balance in Texas, Texas Water Resources Institute. Center for Research in Water Resources University of Texas , Austin. Resources.arcgis.com, 2017, Surface Water ArcGIS Resource Center.

12- Sundar Kumar, P. and Rishi, K.H. 2013.Simulation of rainfall runoss SCS & RRL(case study: Tadepalli Mandal),international journal of engineering researchand jeneral science, Vol 1, Pp 1- 11.

13- Satheeshkumar, S. Venkateswaran, S. Kannan,R. 2017. Rainfall–runoff estimationusing SCS- CN and GIS approach in the Pappiredipattin watershed of the Vaniyar sub basin, South India, Modeling Earth Systems and Environment, Vol 3 (24), Pp 1- 8.

Rainfall map correction based on runoff map and study of the precipitation of region behavioral in comparison with the adjacent basins in Turkey and northern Iraq

Behzad Hessari*[1], Morteza Samadian [2]

1. Assistant Professor of Hydrology, Water Engineering Department, Urmia University, and Urmia Lake Research Institute
2. Ph.D. Candidate of Water Resources Science and Engineering, Tabriz University
3. Graduated with a PhD in water structures engineering, West Azerbaijan Regional Water Company

* (Email of the responsible author: b.hessari@urmia.ac.ir)

Abstract

In recent years, the ecological and environmental situation of Lake Urmia has faced major challenges with a sharp drop in the water level. One of the phenomena that has affected this body of water is the issue of rainfall and comparing its rainfall with the rainfall in Turkey and northern Iraq. The lack of rain gauge stations in high altitudes is one of the major problems of hydrologists in producing reliable precipitation maps. In this article, there are two main questions about the rainfall of Lake Urmia, which include: Why is the rainfall on the Turkish side high and is there a Foehn phenomenon in this area? How can the precipitation map can be corrected using the recorded discharges of hydrometric stations? The results of the investigation show that the Foehn phenomenon exists in the region, and evidence including satellite maps, long-term rainfall maps of Turkey and northern Iraq, rainfall data in northern Iraq and recorded discharges show that the Foehn phenomenon and the rain shadow event exist in the region. This identified the area with a very steep slope of 1000 mm to 250 mm at a distance of 50 km from the border to the Urmia lake. Finally, the investigation of surface water and the analysis of the flow coefficient will help to correct the precipitation map of the heights in a justified way. In the meantime, by using the recorded hydrometric data and drawing the surface runoff map, the correction of the precipitation map was done, and finally, by using the analysis of the effective radius, suggestions were made regarding the establishment of new stations in the areas with no data.