

## ارزیابی روش هیبرید جهت تحلیل منطقه ای جریان کمینه در استان مازندران

محبوبه میرزاحسینی

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - بیابان زدایی دانشگاه تهران

محسن محسنی ساروی

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

غلامرضا زهتابیان

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۵

### چکیده

بی گمان خشکسالی از جمله اصلی ترین و قدیمی ترین بلیه های طبیعی است که انسانها از دیر باز با آن آشنا بوده اند. تحلیل جریانهای کمینه روشی برای برآورد خشکسالی هیدرولوژیک است که در مناطق فاقد آمار کافی، مورد استفاده قرار می گیرد و متکی بر آمار واقعی بوده و نتایج آن قابل اعتمادتر می باشد. یکی از روشها در تحلیل منطقه ای جریان کمینه، روش هیبرید می باشد که برای غلبه بر مشکلات کمبود آمار در مناطق با تعداد ایستگاههای هیدرومتری کم و یا عدم وجود آمار کافی در داشتن تعداد ایستگاهها مناسب است. هدف از این تحقیق ارزیابی روش هیبرید در برآورد جریان کمینه در استان مازندران می باشد. به همین منظور از روش جریان کمینه شاخص استفاده شد. در این مطالعه با بررسی کلیه ایستگاه های موجود در منطقه مورد مطالعه، ۲۴ ایستگاه هیدرومتری مناسب انتخاب گردید. سپس سری های جریان کمینه با تداوم هفت روزه محاسبه و مناسبترین تابع توزیع که تابع لوگ پیرسون تیپ ۳ بود بر داده ها برازش داده شد و دوره بازگشتهای مختلف برآورد گردید. منطقه مورد بررسی بر اساس نتایج تحلیل خوشه ای در روش جریان کمینه شاخص و بر اساس مساحت در روش هیبرید گروهبندی شد. سپس مدلهای منطقه ای جریان کمینه طبق هر دو روش مذکور تعیین و با آزمون خطا اعتبار دو روش بررسی شد. نتایج نشان داد که مدل هیبرید نسبت به روش جریان کمینه شاخص، روش دقیقتر و قابل اعتمادتری می باشد و استفاده از آن در ایستگاههایی که فاقد داده کافی هستند توصیه می شود.

کلمات کلیدی: تحلیل منطقه ای، جریان کمینه، مازندران، هیبرید.

### مقدمه

توسعه تلقی کرد. خشکسالی پدیده ایی استثنایی است که جوامع بشری، گیاهی و اکولوژی محیط را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. این پدیده دارای مکانیسم پیچیده ای بوده که ماهیت آن شناخته شده نیست. برآورد دقیق جریان کمینه به عنوان معیاری جهت اهداف مختلف در مدیریت منابع آب از جمله خشکسالی مورد نیاز می باشد.

در سطح جهان بیش از ۴۰ بلای طبیعی با زیر مجموعه های متعدد آن شناسایی شده اند که از این تعداد حدوداً ۳۰ مجموعه از این بلایای طبیعی، سرزمین ایران را تهدید می کند. بلایای طبیعی را می توان مهمترین دغدغه و نگرانی زندگی بشر بخصوص مردم کشورهای در حال



داد که روش هیبرید نسبت به روش سیل شاخص در تمامی دوره بازگشتها دقت کمتری دارد و روش هیبرید تنها در حوضه ای با مساحت کم و تا دوره بازگشت ۵۰ ساله قابل بررسی است. سیف (۱۳۸۲) به بررسی روش هیبرید در برآوردهای سیلابی در بخشی از جنوب غربی کشور پرداخت. در این تحقیق از سه روش سیل شاخص، روشهای رگرسیون چند متغیره و هیبرید استفاده نمود. پس از مقایسه این روشها مشخص شد که مدل هیبرید در دوره بازگشتهای کوتاه مدت، دقت بیشتری داشته است. عباسی زاده (۱۳۸۴) سه روش هیبرید، سیل شاخص و رگرسیون چند متغیره را مقایسه نمود. این مقایسات بر اساس شاخص میانگین قدر مطلق خطای نسبی صورت گرفت. نتایج نشان داد دقت مدلها ایجاد شده، در تمامی دوره های بازگشت بیشتر است و با افزایش دوره بازگشت میزان خطاها در هر سه روش افزایش می یابد. همچنین روش رگرسیون چند متغیره در تمامی دوره های بازگشت نسبت به دو روش دیگر دقت بالاتری داشت و روش هیبرید در دوره های بازگشت ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله نسبت به روش سیل شاخص نتایج دقیقتری ارائه داد.

### مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه بر اساس تقسیم بندی جامع آب ایران به سه حوضه تقسیم می شود:

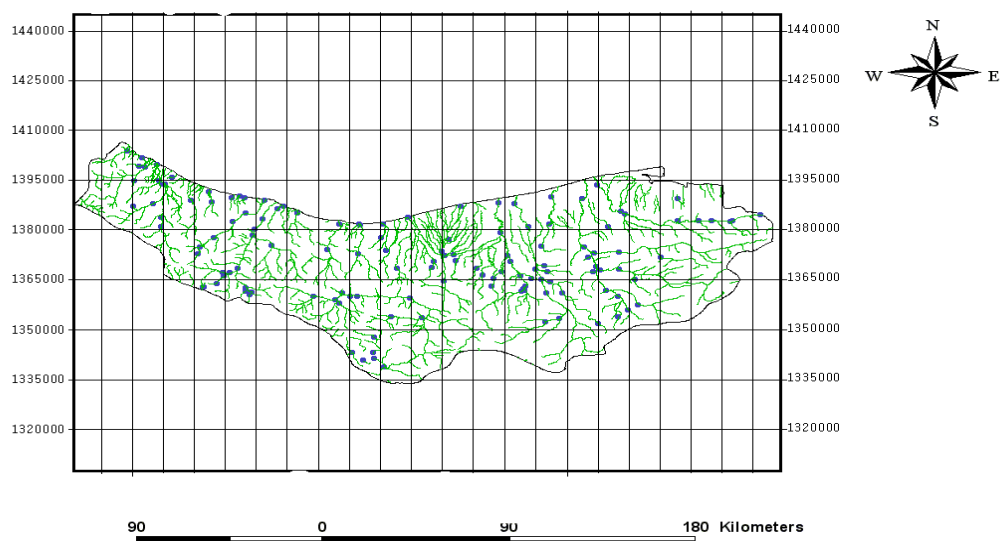
الف) حوضه آبخیز نکا رود، ب) حوضه آبخیز تالار، ج) حوضه آبخیز تجن

جدول (۱) وضعیت اطلاعاتی ایستگاههای آب سنجی منتخب در حوضه آبخیز مازندران را نشان می دهد. همچنین شکل (۱) وضعیت ایستگاههای آبسنجی در حوضه آبخیز استان مازندران را نمایش می دهد.

زیرا ممکن است جریانهای کمینه در هنگام وقوع خشکسالی تجربه شوند و بزرگی خشکسالی را مشخص کنند. از نظر کمی شاخص های جریان کمی که به وفور از آن یاد شده شاخص حداقل سالانه جریان متوسط  $n$  روزه است که وضعیت جریان رودخانه را از نظر وقوع یا عدم وقوع خشکسالی مشخص، و تداوم خشکسالی را تعیین می کند (smakhtin, 2001). برای به حداقل رساندن تاثیر نوسانات جریان کمینه اغلب آنرا به صورت کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی مانند ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰ روز در طول یک سال تعریف می کنند. در اغلب تحقیقات جریان کمینه با تداوم هفت روز در دوره بازگشت های مختلف بررسی شده است. تحلیل منطقه ای برآورد جریانها با دوره بازگشت مختلف، بر اساس مناسب ترین تابع توزیع منطقه ای صورت می گیرد. بنابراین شناخت تابع توزیع مناسب برای تحلیل فراوانی جریان کمینه ضروری است. لازم به ذکر است که دبی کمینه عبارت است از دبی متوسط روزانه حداقل در سال که با روشهای توزیع آماری به دوره بازگشت تبدیل شده است. تحقیقات زیادی در زمینه تحلیل منطقه ای جریان کمینه در مناطق فاقد آمار کافی صورت گرفته است که به کمک مدلها یا ایجاد رابطه بین آمار جریان و ویژگی های حوضه آبخیز، جریان کمینه برآورد می شود. (Kroll & vogel, 2002) تابع لوگ پیرسون سه پارامتری را برای جریان کمینه پیشنهاد کرد. (chaliz et al, 2003) برای برآورد جریان کمینه در مناطق فاقد ایستگاه از تحلیل رگرسیون چند متغیره داده های هیدرومتری و ویژگی های حوضه استفاده کردند و آنرا روشی مناسب برای ارزیابی منابع آب و آبیاری معرفی نمودند. نجاتی (۱۳۸۰) به بررسی کاربرد روش هیبرید در حوضه کرخه پرداخت. او در ابتدا، زیر حوضه های مورد مطالعه را همگن بندی نمود و سپس از روش سیل شاخص و روش هیبرید برای آنالیز داده ها استفاده کرد. نتایج نشان

جدول (۱): وضعیت اطلاعاتی ایستگاههای آب سنجی منتخب در حوضه آبخیز مازندران

ردیف	کد	نام ایستگاه	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)	مساحت ( $km^2$ )
۱	۱۴-۷۱۸	پایین زرندین	نکا	۵۳ ۱۹	۳۶ ۳۷	۱۹	۱۸۸۷
۲	۱۳-۰۰۶	نودر آباد	نکا	۵۳ ۱۵	۳۶ ۳۷	۱۰	۱۹۹۲
۳	۱۳-۰۰۳	شمشیر بر	نکا	۵۳ ۵۴	۳۶ ۴۹	۱۰۸۰	۹۴۴
۴	۱۶-۰۲۵	سرداب رود	سرداب رود	۵۱ ۲۴	۳۶ ۳۵	۱۳۳۰	۴۴۳
۵	۱۶-۰۲۳	رودبارک	سرداب رود	۵۱ ۰۷	۳۶ ۴۰	۱۳۸۰	۱۹۷
۶	۱۴-۰۱۱	قران طالار	بابل رود	۵۲ ۴۷	۳۶ ۲۹	۱۵۰	۴۰۳
۷	۱۳-۰۲۷	گرم رود	سالم رود	۵۳ ۱۰	۳۶ ۱۷	۲۰۰	۸۹۴
۸	۱۴-۶۱۱	خینسک	تجن	۵۲ ۲۶	۳۶ ۲۶	۹۸۰	۴۵۶
۹	۱۳-۰۲۹	کردخیل	تجن	۵۲ ۷	۳۶ ۱۶	۴۰۰	۴۰۲۸
۱۰	۱۵-۰۰۷	پلور	لار	۵۲ ۰۳	۳۶ ۴۳	۲۲۶۵	۱۲۵۰
۱۱	۱۴-۴۱۴	میان شت	تجن	۵۳ ۶	۳۵ ۵۲	۵۵۰	۱۴۶۰
۱۲	۱۶-۰۰۳	تنگه لایچ	لایچ	۵۲ ۰۳	۳۶ ۴۰	۵۰۰	۱۰۴
۱۳	۱۴-۲۱۷	گانک سر	تجن	۵۳ ۳۰	۳۶ ۲۴	۶۳۴	۱۲۰۰
۱۴	۱۶-۰۱۳	گرم رودبار	گرم رود بار	۵۱ ۱۸	۳۵ ۴۲	۲۰۰۰	۹۸۰
۱۵	۱۶-۰۳۵	عباس آباد	کاظم رود	۵۱ ۰۵	۳۶ ۱۳	۷۹۹	۱۹۰
۱۶	۱۶-۰۵۱	رامسر	صفا رود	۵۰ ۲۸	۳۶ ۴۳	۱۳۰	۱۳۶
۱۷	۱۳-۰۱۹	سلیمان تنگه	تجن	۵۳ ۱۴	۳۶ ۵۵	۴۰۰	۱۲۷۷
۱۸	۱۳-۰۰۹	گلورد	نکا	۵۳ ۳۶	۳۶ ۱۵	۶۰۰	۱۵۱۸
۱۹	۱۳-۰۰۵	سپید چاه	نکا	۵۳ ۵۴	۳۶ ۳۵	۱۰۰۰	۱۰۴۳
۲۰	۱۳-۰۲۱	واستان	لاجیم دره	۵۳ ۱۰	۳۶ ۳۵	۱۳۰۰	۱۲۶
۲۱	۱۳-۰۰۱	بازکلا	نکا	۵۴ ۰۴	۳۶ ۲۰	۱۳۳۰	۸۲۵
۲۲	۱۳-۰۲۳	ورن	چهار دانگه	۵۳ ۱۲	۳۶ ۳۸	۲۳۰	۱۱۸۶
۲۳	۱۳-۰۲۵	ریگ چشمه	تجن	۵۳ ۱۰	۳۶ ۲۱	۲۰۰	۲۷۱۵
۲۴	۱۳-۰۰۷	پچیم	نکا	۵۴ ۴۴	۳۶ ۳۶	۹۰۰	۱۳۲۸



شکل (۱): نقشه حوضه آبخیز استان مازندران و موقعیت ایستگاههای آبسنجی

رود، تنگه لایوچ، کلاردشت، عباس آباد، پایین زرندين، گرم رودبار، رامسر، نوذرآباد، خینسک، پلور، گانک سر، و استان. منطقه همگن دو: کردخیل، شمشیربر، بار کلا، سپید چاه، ریگ چشمه، قران طالار، سلیمان تنگه، ورن، گرم رود.

### تعیین مناطق همگن به روش هیبرید

تعیین مناطق همگن پایه و اساس روش هیبرید است. در این روش برای تقسیم بندی منطقه به مناطق همگن، بایستی شروط زیر رعایت شوند. ۱- حداقل صد ایستگاه - سال داده مشاهداتی مورد نیاز است. ۲- از مهمترین ویژگی های حوضه آبخیز استفاده شود. ۳- حداقل سه منطقه همگن مورد نیاز می باشد. بنابراین طبق رابطه (۱) و براساس مساحت که مهمترین عامل هیدرولوژیکی است انجام گرفت.

$$J \leq \frac{NF}{100} \quad (1)$$

در این رابطه J تعداد طبقات و NF تعداد کل داده های آماری در هر طبقه می باشد. بنابراین منطقه مورد مطالعه به سه گروه همگن بر اساس مساحت های کمتر از ۱۵۰ کیلومتر مربع، مساحت های بین ۱۵۰-۵۵۰ کیلومتر مربع و مساحت های بیشتر از ۵۵۰ کیلومتر مربع تقسیم شد.

که گروه اول واجد سه ایستگاه که شامل ایستگاههای رامسر، تنگه لایوچ، و استان.

گروه دوم واجد پنج ایستگاه که شامل ایستگاههای عباس آباد، خینسک، قران طالار، سرداب رود، رودبارک. گروه سوم واجد ۱۶ ایستگاه می باشند و شامل ایستگاههای ریگ چشمه، سلیمان تنگه، سپید چاه، گانک سر، میان دشت، گلورد، کردخیل، پچیم، پلور، بارکلا، شمشیر بر، گرم رود، پایین زرندين، نوذر آباد، گرم رودبار، ورن.

### مدلهای منطقه ای برآورد جریان کمینه

#### ۱- روش هیبرید

مهمترین مزایای روش هیبرید در مقایسه با سایر روشهای معمول عبارت است از: ۱- این روش تمامی داده های مشاهده ای موجود در سطح اعتماد مورد نظر را مورد استفاده قرار می دهد. ۲- با ترکیب داده های مشاهده شده در ایستگاههای همگن یک آمار طولانی مدت به دست می آید، برازش توزیع های آماری با آن بهتر انجام گرفته و از

روش هیبرید یکی از روشهایی است که در تحلیل منطقه ای سیلاب استفاده شده و مبتنی بر روش ایستگاه سال می باشد و برای نخستین بار توسط (Jalmarson, 1992) جهت غلبه بر مشکلات موجود در مناطق خشک از قبیل سالهای خشک و کمبود آمار ارائه گردید. برای جمع آوری اطلاعات محدوده مورد مطالعه از نقشه های رقومی جاماب استفاده گردیده است. جهت تعیین ایستگاههای آب سنجی نیز از شناسنامه های فنی رایانه ای تهیه شده در امور آبهای سطحی وزارت نیرو (تماب) به تفکیک حوضه آبخیز استفاده شده است. ایستگاههای موجود در هر حوضه (از حوضه های سه گانه فوق) با کد پنج رقمی مشخص شده اند. آمار مربوط به ایستگاهها یک دوره آمار ۳۰ ساله است که از سال ۱۳۴۵ تا سال ۱۳۷۵ می باشد. همچنین اطلاعات مربوط به هر یک از سه حوضه از گزارشات نهایی طرحهای پژوهشی توجیهی و تفضیلی - اجرایی موجود در سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور اخذ شده است. بر اساس جریان کمینه با تداوم هفت روز در هر یک از ایستگاهها با برازش هشت تابع توزیع نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، مقدار حد نوع یک، مقدار حد نوع سه، پیرسون تیپ سه، لوگ پیرسون تیپ سه و گامای دو پارامتری به داده ها، با استفاده از برنامه HYFA، توزیع لوگ پیرسون نوع سوم به عنوان مناسبترین توزیع برای برازش به داده های جریان کمینه با تداوم هفت روز انتخاب و تحلیل فراوانی جریان کمینه به کمک این توزیع انجام شد.

### تعیین مناطق همگن به روش جریان کمینه شاخص

نتایج تحلیل منطقه ای در صورتی معتبر خواهد بود که منطقه مورد بررسی همگن باشد. برای بررسی همگنی منطقه در روش جریان کمینه شاخص از روش تحلیل خوشه ای استفاده شد (Brison, 1998). ابتدا با روش تحلیل عاملی، ۱۸ متغیر از ویژگی های حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه استخراج شدند که از این تعداد سه متغیر زمان تمرکز، مساحت و شیب متوسط که حدود ۸۸ درصد واریانس را توجیه می کردند، انتخاب گردیدند. این متغیرها برای استخراج مناطق همگن مورد تحلیل خوشه ای قرار گرفته و نهایتاً مناطق همگن در روش جریان کمینه شاخص استخراج و به شرح زیر می باشند:

منطقه همگن یک: گلورد، میان دشت، پچیم، سرداب

$$S_{ijk} = \frac{Q_{ijk}}{A_{ijk}^b} \quad (3)$$

که در آن:

$S_{ijk}$ : دبی کمینه استاندارد  $k$  در ایستگاه  $j$  و در طبقه  $I$

$Q_{ijk}$ : دبی کمینه سالیانه  $k$  در ایستگاه  $j$  و در طبقه  $I$

$A_{ijk}^b$ : میانگین وزنی سطح  $k$  در ایستگاه  $j$  و در طبقه  $I$  می باشد .

مقادیر  $Sti$  (جریان کمینه با دوره بازگشت  $t$ ) در هر طبقه با استفاده از یک فرمول توزیع تجربی تعیین می شود. جهت بدست آوردن مقادیر دبی کمینه در دوره بازگشت  $t$  در هر طبقه می بایست مقدار  $Sti$  به دست آمده طبق رابطه (۴) غیر استاندارد کرد:

$$Q_{ti} = Sti(\bar{A}_i)^p \quad (4)$$

که در آن

$Q_{ti}$ : دبی کمینه با دوره بازگشت  $t$  در طبقه  $I$

$Sti$ : دبی کمینه استاندارد طبقه  $I$  در دوره بازگشت  $t$

$\bar{A}_i$ : میانگین وزنی سطح طبقه  $i$  (۳) می باشد.

مولفه  $b$  در نخستین تکرار مساوی یک در نظر گرفته می شود و متغیر وابسته  $Q_{ti}$  در هر مرحله از فرآیند تکراری تغییر می کند تا زمانیکه مولفه  $b$  به مقدار ثابت برسد. مولفه جدید  $bt$  برای دوره بازگشت مورد نظر عبارت است از (رابطه ۵):

$$bt = \frac{\sum_{i=1}^f \bar{A}_i Q_{ti} - \left[ \sum_{i=1}^f \bar{A}_i \sum_{i=1}^f Q_{ti} \right]}{f} \quad (5)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^f \bar{A}_i^p - \left[ \sum_{i=1}^f \bar{A}_i \right]}{f}$$

مراحل بعدی فرآیند با قرار دادن  $b$  طبق رابطه (۵) آغاز می شود و آنقدر این فرآیند تکرار می شود که مقدار  $b$  ثابت شود. معمولاً "مولفه  $b$  پس از یک تکرار ثابت می شود و در صورتیکه پس از چند بار تکرار مقدار  $b$  ثابت نشود نشان دهنده آن است که رابطه خطی بین این دو پارامتر و دبی کمینه وجود ندارد و لذا از این پارامتر در مدل استفاده

دقت بیشتری برخوردار است. ۳- استفاده از طول آماري بلند مدت، نیاز به برون یابی روابط بدست آمده برای برآورد دبی های نادر مثل ۱۰۰ ساله را برطرف می کند. ۴- تاثیر قضاوتهای شخصی در تطبیق روابط فوق با مقادیر مشاهده شده به حداقل می رسد.

مدل مورد استفاده در روش هیبرید به صورت زیر است:

$$Qt = \alpha A^b B^c C^d \dots$$

که در آن  $Qt$  دبی با دوره بازگشت معین

$\alpha$  مقداری ثابت

$A, B, C$  پارامترهای مستقل اقلیمی و فیزیکی مورد استفاده در حوضه و  $b, c, d$  مولفه های رگرسیون می باشند.

مطالعات مختلف نشان داده است که سطح حوضه بهترین و پر معناترین متغیر مستقلی است که بر خصوصیات جریان کمینه اثر می گذارد. بنابراین سطح حوضه در اولین فرآیند استاندارد کردن پارامترها و جهت تعیین مولفه  $b$  مورد استفاده قرار می گیرد. وسایر پارامترها ( $B$  و  $C$ ) معادل با یک در نظر گرفته می شود. سطح حوضه در هر طبقه طبق رابطه (۲) بدست می آید:

$$At = ANTILOG \left[ \frac{\sum_{i=1}^f \sum_{k=1}^h Log A_{ijk}}{gh} \right] \quad (2)$$

که در آن  $At$  میانگین وزنی سطح حوضه در طبقه  $I$  و  $A_{ijk}$  سطح حوضه برای ایستگاه  $j$  در طبقه  $I$  و در ایستگاه - سال  $k$  می باشد.

$f=1,2,3,\dots$  تعداد طبقات و  $g=1,2,3,\dots$  تعداد ایستگاههای موجود در طبقه  $I$  و  $h=1,2,3,\dots$  تعداد سالهای ایستگاه  $j$  در طبقه  $I$  می باشد.

اولین مرحله از فرآیند تکراری برای پارامتر سطح حوضه با استاندارد کردن دبی های کمینه سالیانه شروع می شود. طبق رابطه (۳) با تقسیم هر دبی به سطح حوضه مربوطه، دبی های سالیانه استاندارد می شوند. مقدار  $b$  برای تکرار اولیه معادل یک در نظر گرفته می شود:

نمی شود. به جای عامل سطح همچنین می توان از پارامترهای دیگری نظیر ارتفاع و شیب حوضه نیز استفاده کرد.

بدین ترتیب که فرآیند تکراری از رابطه (۲) آغاز شده و در این حالت جهت تعیین مولفه C سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته می شوند.

## ۲- روش جریان کمینه شاخص

در این روش رابطه منطقه ای بین میانگین جریان کمینه سالانه و ویژگی های حوضه آبخیز با استفاده از رگرسیون چند متغیره بدست می آید.

### محاسبه خطا

برای ارزیابی روشها و مقایسه آنها با یکدیگر، از اندازه گیری جذر مربعات میانگین خطا<sup>۱</sup> (RMSE) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (6)$$

که در این رابطه  $O_i$  مقادیر مشاهده شده در زمان  $t_i$ ،  $P_i$  مقادیر برآوردی، و  $n$  تعداد داده هاست. این رابطه فقط بزرگی مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده را نشان می دهد و برای مقایسه دو مدل ایجاد مشکل می کند. (Thompson, 1999) شاخصی را به نام شاخص توافق<sup>۲</sup> (d) برای بیان توافق و همگنی داده های برآوردی و اندازه گیری شده ارائه کرد. مقادیر d بین صفر و یک هستند.

هر چه شاخص به یک نزدیکتر باشد، بین مقادیر مشاهده ای و پیش بینی شده هماهنگی بیشتری وجود دارد (Thompson, 1999).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i| + |O_i|)^2} \quad (7)$$

### نتایج

#### مدلهای منطقه ای جریان کمینه شاخص

بهترین روابط برای مناطق همگن یک و دو به ترتیب روابط (۸) و (۹) می باشد.

(۸)

$$MQ_7(1) = 0.23 \times 10^{-4} A + 2.54 \times 11^{-2} R + 3.213$$

(۹)

$$MQ_7(2) = 1.34 \times 10^{-4} A + 3.05 \times 11^{-2} R + 3.665$$

که در آن  $MQ(1,2)$  میانگین جریان کمینه با تداوم ۷ روز بر حسب متر مکعب بر ثانیه، A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع، R بارش سالانه به میلیمتر می باشد.

#### مدلهای منطقه ای هیبرید

نتایج استخراج شده از معادلات هیبرید به شرح زیر می باشد:

جدول (۲) - مقادیر b در تکرار آخر در منطقه مورد مطالعه

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
b	۱/۳۲	-۰/۳۳	-۰/۰۳	-۰/۲۱	-۰/۱۸	-۰/۰۶	-۰/۰۸

1. Root Mean Square Error  
2. Index of Agreement

جدول (۳) - مقادیر  $S_{ijk}$  در نواحی مورد مطالعه در تکرار آخر

$S_{ijk}$	طبقه یک	طبقه دو	طبقه سوم
۲	۱/۲۸	۰/۴۵	۰/۱۸
۵	۱/۳۸	۰/۵۶	۰/۲۰
۱۰	۱/۴	۰/۶۲	۰/۲۴
۲۰	۱/۴۱	۰/۶۸	۰/۳
۲۵	۱/۴۱	۰/۶۹	۰/۳۲
۵۰	۱/۴۱	۰/۷۵	۰/۴
۱۰۰	۱/۴۱	۰/۸	۰/۵

جدول (۴) - مقادیر C در نواحی مورد مطالعه

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
C	۲/۲۴	۲/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۱	۱/۱۳

جدول (۵) - مدل‌های منطقه ای جریان کمینه به روش هیبرید

مدل هیبرید در کل منطقه	دوره بازگشت
$Q_2 = 120A^{1.32} H^{1.13}$	۲
$Q_5 = 1.72A^{-0.33} H^{1.21}$	۵
$Q_{10} = 1.58A^{-0.30} H^{1.23}$	۱۰
$Q_{20} = 1.60A^{-0.21} H^{1.24}$	۲۰
$Q_{25} = 6.37A^{-0.18} H^{2.24}$	۲۵
$Q_{50} = 6.94A^{-0.06} H^{2.24}$	۵۰
$Q_{100} = 9.87A^{0.08} H^{2.24}$	۱۰۰

جدول (۶) - مقایسه مقادیر خطا در روش هیبرید و روش جریان کمینه شاخص

دوره بازگشت						معیار مقایسه	روش برآورد
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲		
۰/۰۲۲	۰/۱۳۰	۰/۱۲۵	۰/۰۷۳	۰/۰۶۴	۰/۱۲۳	RMSE D	هیبرید
۰/۵۰۵	۰/۵۵۴	۰/۴۴۳	۰/۸۳۰	۰/۷۶۶	۰/۶۵۶		
۰/۵۳۰	۰/۶۳۴	۰/۴۳۲	۰/۵۴۳	۰/۵۵۰	۰/۴۴۵	RMSE D	جریان کمینه
۰/۳۷۷	۰/۳۷۶	۰/۲۲۲	۰/۱۶۷	۰/۰۰۳	۰/۴۷۸		

## نتیجه گیری

برای برآورد خطا از سه ایستگاه که کیفیت و طول دوره آماری مناسب داشتند و در مدل منطقه ای شرکت داده نشده بودند، استفاده شد. ایستگاه رامسر از منطقه همگن یک، ایستگاه عباس آباد از منطقه همگن دو و ایستگاه پایین زرندين از منطقه همگن سه انتخاب و تحلیل فراوانی در آنها انجام شد. همچنین بسته به قرار گیری در مناطق همگن با مدل‌های منطقه ای روش هیبرید و جریان کمینه شاخص مورد تحلیل منطقه ای قرار گرفتند. سپس مقادیر خطای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص توافق (d) برای آنها محاسبه شد و مقادیر آنها در جدول (۶) ارائه گردید. نتایج نشان می دهد با توجه به جذر میانگین مربعات خطا، روش هیبرید در تمام دوره بازگشتها نسبت به روش جریان کمینه شاخص، برتری دارد. همچنین مقادیر شاخص توافق در روش هیبرید بیشتر بوده و به عدد یک نزدیک تر است، که بیانگر همگنی بیشتر بین مقادیر مشاهده ای و روش پیش بینی شده در این روش می باشد. در روش هیبرید جریان های کمینه پنج ساله و ده ساله دارای خطای ۰/۰۶۴ و ۰/۰۷۳ و شاخص توافق ۰/۷۶۶ و ۰/۸۳۰ می باشد که در مقایسه با سایر دوره بازگشتها نتایج

بهتر است. یعنی با توجه به خطای کمتر، بین مقادیر برآوردی و مشاهده ای همگنی بیشتری وجود دارد. مقدار و فراوانی وقایع غیر منتظره در هیدرولوژی مانند محاسبه خشکسالی هیدرولوژیک در اکثر نقاط جهان از اهمیت زیادی برخوردار است. امروزه نیاز به طراحی اقتصادی پروژه ها ما را بر آن می دارد که از روشهای تحلیل وقایع غیر منتظره در هیدرولوژی کمک بگیریم. بهترین و دقیقترین راه، استفاده از داده های ایستگاههای آب سنجی مستقر بر رودخانه ها میباشد. ولی متأسفانه در اکثر کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران شبکه های داده برداری که بتوانند مقادیر دقیقی از دبی، بخصوص مقادیر دبی حداقل را ارائه دهند، ناقص می باشند. روش هیبرید از روشهای جدید تحلیل منطقه ای جریان کمینه است که در این تحقیق بکار گرفته شد. این روش برای غلبه بر معضل کمبود داده در مناطقی که تعداد ایستگاههای هیدرومتری کم است و یا به هر دلیلی خلا آماری وجود دارد مناسب است و می توان تعداد ایستگاههای هیدرومتری بیشتری را در مقایسه با سایر روشهای تحلیل منطقه ای در نظر گرفت. به همین دلیل این روش برای مناطقی که فاقد آمار کافی باشند توصیه می شود.

## منابع

۱. اکرامی نسب، ن. ۱۳۸۶. نقش آموزش در بحران. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه طبیعی. ص ۳۵۵-۳۶۵
۲. چاووشی، س. ۱۳۸۰. تحلیل منطقه ایی جریان در مناطق خشک به روش هیبرید، پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی. ص ۹۰.
۳. سیف، آ. ۱۳۸۲. بررسی روش مقایسه ایی داده در برآورد جریان سیل در قسمت جنوب غربی کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۱۴.
۴. عباسی زاده، م. ۱۳۸۴. آنالیز منطقه ایی جریان به روش هیبرید در البرز جنوبی، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران ۹۸ص.
۵. نجاتی، آ. ۱۳۸۰. استفاده از روش هیبرید در زیر حوضه کرخه. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری. دانشگاه تهران. ۱۰۰ص.
6. Brison, G. and Bates, F. 1998. Climatic and physical factors that influence the homogeneity of regional floods in southeastern Australia, Water Resource Research, v 34, n 12, p 3369-3381
7. Chalise Kansakar, S. R. ؛ G. Rees ؛ K. Croker and M. Zaidman. 2003. Management of water resources and low flow estimation for the Himalayan basins of Nepal. J. of Hydrology, v 282, n 1-4, p 25-35.
8. Fuller, W. E. 1914. flood flows. Trans. Guide lines for determining floods frequency . U.S. Water Resources Council Bulletin press. M.J. 256-617.



9. Jalmarson, H.W.; M. ASCE and B. T. Tomas. 1992. Regional flood frequency relation for stream with many years of no flow American Society of civil Engineering's. New York., 483-488.
10. Koloskov, P. I. 1925. Climatologically Basis of Agriculture in the province of Amur. Blagoveshohesk. 440pp.
11. Kroll, C. N. and R. M. Vogel. 2002. "Probability Distribution of low stream flow series in the United States." J. of Hydrologic Engrg., ASCE 7(2), 137-146.
12. Smakhtin, D. E.; E. Wallance and J. Land. 2001. Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. Water resources bulletin. 13(1):217-238.
13. Thompson, S. A. 1999. Hydrology for Water Management, A. A. Balkema Publication, Rotterdam, 362 pp.

## Regional Analysis of Low Flow by Hybrid Method in Mazandaran Province

### Abstract

Drought is one of the oldest natural calamities which has been known by human. Analysis of low flows is a method for estimating the hydrologic drought in the reigns which don't have enough data. This study evaluates hybrid method for estimating low flow with index low flow method. The first, all the stations in case study reign was investigated and 24 suitable hydrometric stations were chosen. Then, low flow series with duration 7 days were estimated and was fitted distribution function suitable (log pyrson III) and calculated different return period. Case study was divided in index low flow based cluster analysis and in the hybrid method based area. Then low flow regional method was determined based both method and compared using train and error. Result show that hybrid method enjoys high degree as a compared to index low flow and is recommended in station that haven't suffusion data.

**Key words:** Regional analysis, Low flow, Mazandaran, Hybrid