مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی وسنجش از دوردر برنامه ریزی،دوره ۱۳،شماره۴(پیاپی۵۰)زمستان ۱۴۰۱

تحلیل منطقه‌ای و ارزیابی شبکه ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه آبخیز جراحی–زهره با استفاده از آنتروپی انتقال اطلاعات گسسته

علمی پژوهشی

سید مرتضی طباطبائی [۱]، سید امیر شمس نیا[۲]، علیرضا والی پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

صفحات: ۴۴-۶۰

چکیده

ارزیابی کیفیت اطلاعات ثبت شده مربوط به بارش و آبدهی ایستگاه‌ها نقش مهمی در بهبود کارایی و اصلاح نواقص آنها دارد. به همین علت جهت ایجاد و توسعه شبکه‌هایی مناسب و بهینه، شبکه‌ها باید مرتبا و در بازه‌های زمانی منظم براساس نیا-زهای پیش‌رو مورد ارزیابی و پایش قرار گیرند. در پژوهش حاضر با استفاده از تئوری آنتروپی، ارزش منطقه‌ای ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه آبخیز جراحی- زهره مورد بررسی قرار گرفته است. با در نظر گرفتن گروهی از شاخص‌های آنتروپی، به تعیین ایستگاه‌های شاخص و مناطق ضعیف از نظر تبادل اطلاعات در شبکه پایش حوزه آبخیز پرداخته شده است و در نهایت پهنه‌بندی انجام گرفته است. براساس نتایج بدست آمده، ۷/۳۹ درصد از مساحت حوزه فاقد ایستگاه باران‌سنجی می‌باشد، در حالیکه نزدیک به ۵۳ درصد مساحت حوزه در کلاس کمبود، کمبود شدید و فاقد تبادل اطلاعات بوده و ۴۰ درصد از مساحت حوزه را کلاس متوسط، بالای متوسط و مازاد تشکیل داده است. بنابراین تراکم ۴۲ ایستگاه منتخب شبکه باران‌سنجی حوزه جراحی- زهره قابل قبول نمی‌باشد و ضروری است نسبت به پراکنش و چیدمان ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه تجدیدنظر جدی صورت گیرد. همچنین ۲۱/۱۶ درصد از مساحت حوزه فاقد ایستگاه آب‌سنجی می‌باشد. در حالیکه بالغ بر ۵/۷ درصد مساحت حوزه در کلاس کمبود، کمبود شدید و فاقد تبادل اطلاعات و بیش از ۷۳ درصد از مساحت حوزه را کلاس متوسط، بالای متوسط و مازاد تشکیل داده است. بنابراین تراکم ۱۶ ایستگاه منتخب شبکه آب‌سنجی حوزه جراحی- زهره بهینه می‌باشد.

واژگان کلیدی: بارش، تئوری آنتروپی، ایستگاه باران‌سنجی، شبکه آب‌سنجی

[۱] دانش آموخته گروه مهندسی آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

[۲] استادیار گروه مهندسی آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. ashamsnia_۸۲@yahoo.com

[۳] استادیار گروه مهندسی عمران، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

نویسنده مسئول:۲

مقدمه

اطلاعات بارش و آب‌سنجی یک حوزه جزء اطلاعات اولیه ای است که برای طراحی، اجرا، مدیریت سیستم‌های منابع آب، مطالعات تغییر اقلیم و مهیا نمودن داده‌های ورودی به مدل‌های عددی، مورد نیاز می‌باشد. براین اساس آمار و اطلاعات مربوط به بارش و آبدهی آبراهه کاربران بیشماری دارد. با توجه به پیچیدگی سامانه‌های منابع آب، در اغلب موارد تصمیم‌ها بدون اطلاعات کافی گرفته می‌شوند. معمولاً در تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر عدم قطعیت، تمایل به تصمیم‌گیری محافظه‌کارانه وجود دارد. تقریباً در تمامی موارد، اطلاعات کافی برای توصیف رفتار اتفاقی چنین سامانه‌هایی در دسترس نیست. لذا برای داشتن یک شبکه بهینه اطلاعاتی که بتواند مورد استفاده کاربران با اهداف مختلف باشد، بازنگری و ارزیابی شبکه‌های پایش امری ضروری می‌باشد. تولید اطلاعات صحیح و کارآمد همواره از مسائل و چالش‌های مهم زیر مجموعه منابع آب کشور بوده است. از این نظر چیدمان ایستگاه‌های پایش بجا و مناسب در یک حوزه حائز اهمیت فراوان بوده و در درک صحیح ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه، تأثیری عمیق و مستقیم دارد(فانی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین تولید حداکثر آمار و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از حداقل تعداد ایستگاه ها، به عنوان یک اصل مهم در طراحی صحیح شبکه ایستگاه‌های باران سنجی یک حوضه مطرح می باشد. براین اساس بررسی امکان حذف یا اضافه نمودن ایستگاه‌های شبکه پایش باران‌سنجی بحثی مهم در مدیریت منابع آب می‌باشد(کریمی گوغری و خلیفه، ۱۳۹۰). تئوری آنتروپی با نگرشی آماری-احتمالاتی به وضعیت ایستگاه‌های موجود در شبکه پایش و اطلاعات ثبت شده در آنها می‌پردازد. ضمن بررسی اطلاعات ایستگاه‌های موجود، امکان حذف ایستگاه‌های مازاد یا اضافه نمودن ایستگاه‌های جدید درمناطق دارای کمبود را نیز فراهم می‌کند. بنابراین می‌توان از این تئوری در مدیریت بهتر شبکه‌های پایش و چیدمان مناسب ایستگاه‌ها استفاده نمود. در ارزیابی کارایی شبکه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی سفیددشت با استفاده از تئوری آنتروپی وضعیت چاههای بحرانی مشخص گردید و پیشنهاداتی جهت بهینه سازی شبکه ارایه گردید(سیفی پور و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی مکانیابی بهینه ایستگاه‌های پایش کیفیت آب رودخانه با استفاده از آنتروپی انتقال اطلاعات گسسته انجام شده و نتایج، نشان دهنده کارایی رویکرد پیشنهادی در بهینه کردن تعداد و پراکندگی ایستگاه‌های پایش آب رودخانه است(رجایی و همکاران، ۱۴۰۰). با وجود آنکه استفاده از تئوری آنتروپی پیشینه طولانی در علوم هیدرولوژی و منابع آب ندارد، اما یکی از روش‌های کارآمد در تحلیل عدم قطعیت در سامانه‌های منابع آب محسوب می شود. تا نیمه اول قرن بیستم، به دلیل پیچیدگی مفهومی و محاسباتی این تئوری، محققان علاقه چندانی به کاربرد آن به عنوان یک روش آماری پیدا نکردند. تا اینکه تحقیقات گسترده ای درزمینه استفاده از این تئوری در زمینه های مختلف مهندسی مانند ارزیابی سری های زمانی اقتصادی و مباحث اکولوژیکی انجام گرفت و بسیاری از مفاهیم ناشناخته این تئوری توسعه داده شد(Shanon, ۱۹٤۸). در زمینه استفاده از تئوری آنتروپی تحقیقات مختلفی انجام گرفته است. تحقیقی در زمینه انتقال اطلاعات بین دو دسته اطلاعات مشاهداتی از دو ایستگاه پایش آبدهی انجام گرفته است. در این تحقیق استفاده از آنتروپی برای

مسائل چند متغیره توسعه داده شده است و یک تعریف ریاضی از آنتروپی چند متغیره درحالت متغیرهای مستقل و غیرمستقل ارائه گردید(Harmancioglu, ۱۹۸۱). در تحقیقی از تئوری آنتروپی جهت طراحی شبکه پایش کیفی آب استفاده گردید(Harmancioglu and Alpaslan, ۱۹۹۲). نتایج تحقیقات ایشان نشان دهنده قابلیت-های فراوان استفاده از تئوری آنتروپی در طراحی شبکه پایش کیفی بود، چرا که با استفاده از تئوری آنتروپی اطلاعات به‌دست آمده به صورت کمی بیان شد. در تحقیقی دیگر از تئوری آنتروپی برای کمی-کردن عدم قطعیت شبکه پایش بارندگی سراسر ژاپن استفاده گردید(Kawachi, ۲۰۰۱) و نقشه هم‌آنتروپی ژاپن را تهیه و آنرا با نقشه هم‌باران منطقه مقایسه نمودند. معصومی و کراچیان (۱۳۸۷) با استفاده از تئوری آنتروپی، روشی را برای ارزیابی کارآیی شبکه پایش مکانی آبهای زیرزمینی دشت تهران ارائه دادند. در تحقیقات مختلفی در نقاط مختلف جهان از تئوری آنتروپی جهت ارزیابی سامانه-های پایش کیفی آب استفاده شده است(مهجوری مجد و کراچیان، ۱۳۸۷؛ Mogheir and Singh, ۲۰۰۲؛ Mogheir et al., ۲۰۰٤؛ Karamoz et al., ۲۰۰۵). فانی و همکاران(۱۳۹۴) با درنظر گرفتن گروهی از شاخص‌های آنتروپی به تعیین ایستگاه‌های شاخص و مناطق ضعیف ازنظر تبادل اطلاعات درشبکه پایش حوضه آبریز کارون بزرگ پرداختند. تحلیل حساسیت نحوه کلاس‌بندی اطلاعات نشان داد که مقادیر شاخص‌های آنتروپی به تغییر فاصله کلاس‌بندی اطلاعات حساس، اما رتبه‌بندی ایستگاه‌ها حساسیت بسیار کمی را ازخود نشان داد. در نهایت، نتایج حاکی ازاین است که تئوری آنتروپی قابلیت خوبی برای کمی‌کردن ارزش منطقه‌ای ایستگاه‌های باران‌سنجی در یک شبکه دارد. در تحقیقی دیگر از روش تئوری آنتروپی به منظور ارزیابی ارزش منطقه‌ای ایستگاه‌های پایش رودخانه‌ای در ایالت ایلی‌نویز آمریکا استفاده گردید(Markus et al., ۲۰۰۳) و نتایج هر دو روش را با هم مقایسه و مدل ترکیبی از دو روش را پیشنهاد کردند. در تحقیقی در شمال تایوان روشی مرکب از زمین‌آمار (کریجینگ) و آنتروپی برای تعیین تعداد و توزیع مکانی بهینه ایستگاه‌های باران‌سنجی ارائه گردید(Chen et al., ۲۰۰۸). در این روش از کریجینگ برای درون‌یابی مقادیر مشاهده شده ماهانه بارندگی به‌منظور بررسی تغییرات‌مکانی بارندگی و تعیین مقدار بارندگی در موقعیت‌های جدید باران‌سنج‌ها (گره‌های یک شبکه) و از آنتروپی، برای یافتن تعداد کافی باران‌سنج‌ها به‌طوری که معرف پدیده بارندگی ماهانه باشند، استفاده و با محاسبه آنتروپی انتقال اطلاعات و آنتروپی مشترک، درجه اهمیت ایستگاه‌ها تعیین گردید. با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته شبکه‌های هیدرومتری حوزه‌های کانادا مورد ارزیابی قرار گرفت(Mishra and Coulibaly, ۲۰۱۰). ابتدا با استفاده از مقادیر شاخص انتقال اطلاعات، ارزیابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های هیدرومتری انجام و سپس پهنه‌بندی آن به روش Spline در حوزه‌های کانادا انجام گرفت و درجه اهمیت مناطق از این نظر تعیین گردید. سپس با استفاده از نتایج به‌دست آمده کارایی شبکه‌های پایش سراسر کانادا بررسی و نتایج نشان داد که اکثر شبکه‌های پایش کانادا با کمبود تعداد ایستگاه هیدرومتری مواجه هستند و نیاز به بازنگری مجدد دارند. در تحقیقی به بررسی تکنیک‌ها، ابزارها و روش‌های به کارگرفته شده در پایش منابع آب

پرداخته شده است. در این تحقیق ضمن معرفی ضعف و قوت‌های تحقیقات قبلی، به ارایه پیشنهادتی برای تحقیقات آتی پرداخته شده است(Jiang et al., ۲۰۲۰). درپژوهشی با هدف بررسی شبکه باران‌سنج و رتبه‌بندی ایستگاه‌های باران‌سنج در جنوب غربی دریاچه‌ارومیه، با استفاده از رویکرد آنتروپی از داده‌های به‌دست‌آمده از شش ایستگاه باران‌سنجی در حوضه سیمینه‌رود در شمال غرب ایران بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۸، اثرات متقابل ایستگاه‌ها بررسی شد. برآورد شاخص‌های ITI و N(i) هرایستگاه با استفاده از تئوری آنتروپی، کمبود ایستگاه‌ها را در منطقه مورد بررسی نشان داد. ایستگاه‌ها براساس شاخص ITI در حالت متوسط، بالاتر از متوسط و مازاد قرار داشتند. رتبه‌بندی مربوط به شاخص N(i) نشان داد که ایستگاه داشبند از نظر ارتباط با سایر ایستگاه‌ها، مناسبترین ایستگاه است (Tabatabaei et al., ۲۰۲۲). در بسیاری از تحقیقات ذکر شده از تئوری آنتروپی پیوسته استفاده گردیده و در آنتروپی پیوسته فرض بر توزیع احتمالاتی نرمال یا لوگ‌نرمال اطلاعات است که این فرض در بسیاری از متغیرهای هیدرولوژیکی صدق نمی‌کند (کریمی گوغری و خلیفه، ۱۳۹۰؛ فانی و همکاران، ۱۳۹۴). تئوری آنتروپی به دو صورت گسسته و پیوسته تعریف شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. درآنتروپی پیوسته، فرض بر این است که توزیع احتمالاتی متغیرها، از توزیع نرمال یا لوگ‌نرمال پیروی می‌کند. ولی در حالت گسسته باتوجه به بازه تغییرات مقادیر متغیرها، اطلاعات موجود گسسته سازی شده و جداول توزیع متغیرها تهیه می‌شوند. اما تحقیقات اخیر(Mogheir and Singh, ۲۰۰۳) نشان داده است که تابع توزیع احتمال بسیاری از متغیرهای کمی و کیفی در سامانه‌های منابع آب از توزیع‌های نرمال یا لوگ نرمال تبعیت نمی‌کنند. آنتروپی گسسته راهی برای اصلاح این نقیصه مهم درکاربرد آنتروپی در مسائل مربوط به آب است. تعریف شاخص‌های آنتروپی گسسته مشابه آنتروپی پیوسته است، تنها تفاوت در شکل معادلات است که در ادامه تشریح گردیده‌اند(فانی و همکاران، ۱۳۹۴).

۱- آنتروپی مرزی:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{\infty} p(x_i) \ln p(x_i) \qquad (۱)$$

۲- آنتروپی مشترک:

$$H(x,y) = -\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty} p(x_i,y_j) \ln p(x_i,y_j) \qquad (۲)$$

۳- آنتروپی شرطی:

$$H(x|y) = -\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty} p(x_i,y_j) \ln p(x_i|y_j) \qquad (۳)$$

۴- آنتروپی انتقال اطلاعات:

$$T(x,y) = -\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j.1}^{\infty} p(x_i,y_j) \ln\left[\frac{p(x_i,y_j)}{p(x_i)p(y_j)}\right] \qquad (۴)$$

در روابط بالا $p(x)$ احتمال روی‌دادن x، $p(x,y)$ احتمال روی دادن مشترک x و y و $p(x|y)$ احتمال رخ‌دادن x به شرط y می‌باشد.اگر چه $T(x,y)$ به عنوان شاخصی برای تعیین انتقال اطلاعات مطرح است اما شاخص زیر برای نرمال کردن شاخص آنتروپی انتقال اطلاعات معرفی و شاخص انتقال اطلاعات[۱] نامیده شد(Mogheir et al., ۲۰۰۴).

$$ITI = \frac{T(x,y)}{H(x,y)} \qquad (۵)$$

در نهایت نکته‌ای که باید بدان اشاره شود آن است که شاخص‌های فوق حسب بیت[۲] محاسبه می‌شوند. به

[۱] Information Transfer Index (ITI)
[۲] Bits

همین دلیل در روابط و معادلات از لگاریتم مبنای ۲ به جای لگاریتم طبیعی استفاده شده است.

لذا در تحقیق حاضر با توجه به اینکه اطلاعات باران‌سنجی و آب‌سنجی از توزیع نرمال یا لوگ‌نرمال پیروی نمی‌کند و این موضوع محدودیت استفاده از تئوری آنتروپی پیوسته به‌حساب می آید، توانایی تئوری آنتروپی گسسته در تعیین ارزش منطقه‌ای ایستگاه‌های آب‌سنجی و باران‌سنجی و مقایسه آن‌ها در شبکه پایش حوزه آبخیز جراحی-زهره مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین‌منظور با این فرضیه که جهت به‌دست آوردن فهم و آگاهی بهتر از توزیع مکانی ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی می توان از روش تئوری آنتروپی گسسته استفاده نمود، هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی شبکه باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه زهره با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته، حصول اطمینان یا عدم اطمینان از کارایی شبکه، رتبه‌بندی ایستگاه‌های موجود بر پایه اهمیت و ارزش آنها و ارزیابی منطقه‌ای تراکم ایستگاه‌های شبکه باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه می باشد. در نهایت بر پایه نتایج به‌دست آمده پیشنهادهایی در خصوص سازماندهی بهتر شبکه و حذف ایستگاه‌های غیرضروری ارائه گردیده است.

روش پژوهش

در حوزه آبخیز جراحی-زهره،۶۶ ایستگاه باران‌سنجی‌و۴۳ ایستگاه‌آب‌سنجی توسط سازمان تحقیقات منابع آب ایران نصب گردیده که۶۰ ایستگاه باران‌سنجی و۲۶ ایستگاه آب‌سنجی آن فعال می‌باشند. مجموع بارش سالیانه و میانگین آبدهی ایستگاه‌ها به عنوان آمار و اطلاعات ثبت شده در هر ایستگاه مد نظر قرارگرفته است. اولین مرحله در بررسی آمار و اطلاعات شبکه ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی یک حوزه، تشکیل دوره آماری مشترک است. در این ارتباط و براساس آمار و اطلاعات موجود، دوره آماری۲۶ سال با تعداد ۱۶ ایستگاه برای ارزیابی و پایش شبکه آب‌سنجی و دوره آماری ۳۱سال با تعداد ۴۲ ایستگاه برای بررسی و ارزیابی شبکه باران‌سنجی تشکیل گردید. در تشکیل دوره‌آماری یاد شده بازسازی آمار نیز صورت گرفته است. بدین منظور ابتدا رابطه رگرسیون خطی بین ایستگاه فاقدآمار و سایر ایستگاه‌ها برقرار گردید. سپس رابطه دارای بهترین ضریب تبیین، انتخاب و با استفاده از آن آمار ایستگاه فاقد آمار بازسازی شد. البته میزان بازسازی آمار در همه ایستگاه‌ها کمتر از ٪۲۰ طول دوره آماری بوده است. در تئوری آنتروپی در حالت گسسته، با توجه به بازه تغییرات مقادیرمتغیرها، اطلاعات موجود گسسته‌سازی شده و جداول توزیع فراوانی مشاهدات متغیرها تهیه می‌شوند(جدول ۳). سپس با استفاده از این جداول، مقادیر احتمال رخداد درهر حالت محاسبه می‌شود(جدول ۴). اعداد داخل جدول، تعداد تکرار مقادیر یک متغیر مثل x را در یک بازه مشخص، زمانی که متغیر y در یک بازه دیگر قرار دارد، نشان می‌دهد. البته این دو بازه یکسان در نظر گرفته شده‌اند. از رابطه زیر که به نام دستور استورجس[۳] مشهور است تعداد کلاس‌های مناسب محاسبه شده است:

$$NCI = 1 + 3.322\log(n) \qquad (۶)$$

در رابطه بالا، n تعداد مشاهدات و NCI تعداد کلاس‌بندی در سری زمانی متغیر مورد نظر است. بعد ازمحاسبه تعداد بازه‌ها، سری زمانی دو ایستگاهی که

[۳] Storeajse

قرار است جدول توزیع احتمال آنها بررسی شود، ترسیم شده و با مشاهده تعداد تکرارها در هر بازه، جدول (۳) تکمیل می‌شود. با استفاده از جدول (۴) می‌توان شاخص‌های مختلف آنتروپی گسسته را محاسبه نمود.

جدول ۳: توزیع فراوانی مشاهدات متغیرها (Mogheir and Singh, ۲۰۰۳:۷)

x	Y ۱	۲	۳	.....	u	Total
۱	f_{11}	f_{12}	f_{13}	.....	f_{1u}	$f_{1.}$
۲	f_{21}	f_{22}	.....	.....	f_{2u}	$f_{2.}$
۳	f_{31}	.....	.....	.....	f_{3u}	$f_{3.}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
v	f_{v1}	f_{v2}	f_{v2}	.....	.....	$f_{v.}$
Total:	$f_{.1}$	$f_{.2}$	$f_{.3}$	.....	$f_{.u}$	

جدول ۴: توزیع احتمالاتی متغیرها (Mogheir and Singh, ۲۰۰۳:۷)

x	Y ۱	۲	۳	.....	u	Total:
۱	p_{11}	p_{12}	p_{13}	.....	p_{1u}	$p_{1.}$
۲	p_{21}	p_{22}	.....	.....	p_{2u}	$p_{2.}$
۳	p_{31}	.....	.....	.....	p_{3u}	$p_{3.}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
v	p_{v1}	p_{v2}	p_{v2}	.....	.....	$p_{v.}$
Total:	$p_{.1}$	$p_{.2}$	$p_{.3}$	.....	$p_{.u}$	

پهنه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات ((ITI(i)) در حوزه آبخیز:

اساس پهنه‌بندی بر درون‌یابی استوار است. درون‌یابی فرآیند به‌دست آوردن نقاط مجهول توسط نقاط معلوم است. داده‌هایی که به عنوان ورودی در عملیات درون‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند، از نوع داده‌های نقطه‌ای می‌باشند. در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی حوزه مطالعاتی بر اساس شاخص ITI(i)، روش میان‌یابی Spline استفاده گردید. در این روش مقادیر مجهول از طریق یک تابع ریاضی تخمین زده می‌شوند. این تابع با عبور دادن یک منحنی از نقاط معلوم این عمل را انجام می‌دهد. در نهایت براساس حدود ذکر شده در جدول (۵) برای شاخص ITI(i) در حوزه آبخیز پهنه‌بندی انجام شده است.

ل ۵: طبقه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات ITI(i) (Mishra and Coulibaly, ۲۰۱۰)

درجه اهمیت منطقه	شاخص ITI
کمبود شدید	۰/۰-۰/۲
کمبود	۰/۲-۰/۴
متوسط	۰/۴-۰/۶
بالای متوسط	۰/۶-۰/۸
مازاد	۰/۸ و بالاتر

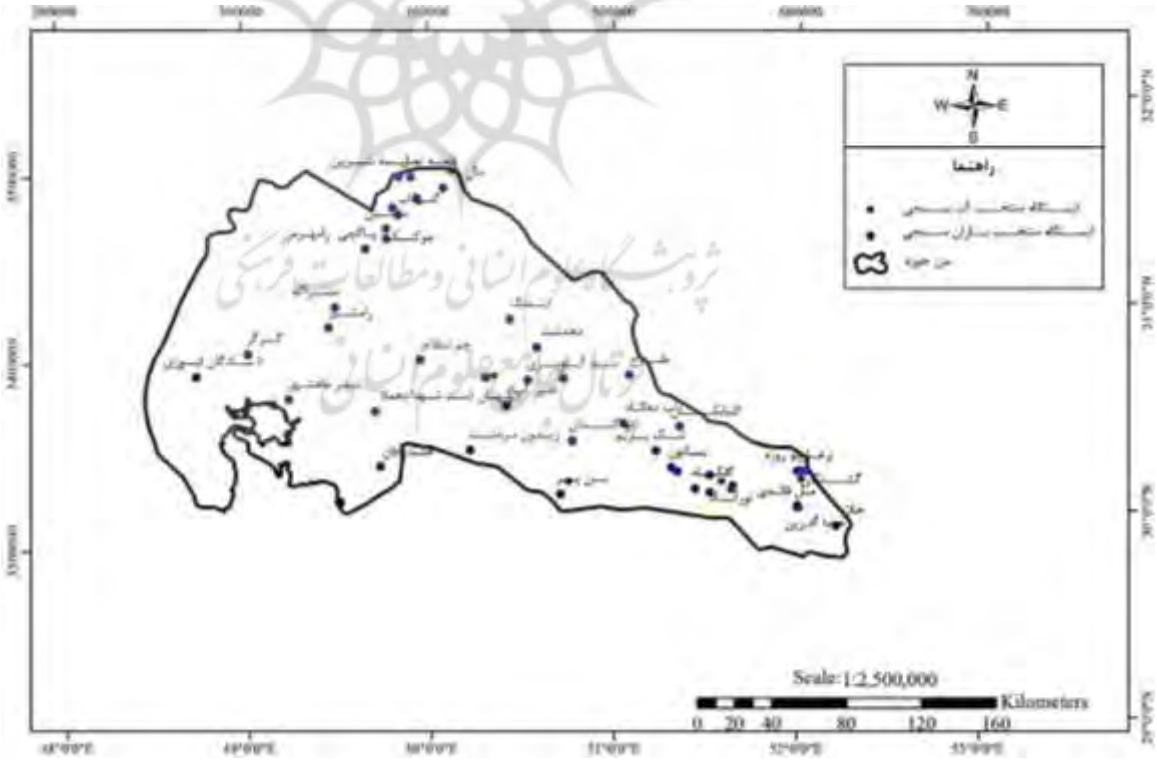
ارزیابی منطقه‌ای تراکم ایستگاه‌های شبکه باران‌سنجی حوزه

بررسی تراکم ایستگاه‌های شبکه حوزه توسط آنالیز کردن مقادیر شاخص انتقال اطلاعات(i)ITI توسط درون‌یابی مکانی و کلاس بندی مقادیر آن طبق جدول (۵) صورت می‌پذیرد. بر پایه این آنالیز، تراکم ایستگاه‌های یک شبکه هنگامی که درصد زیادی از مساحت حوزه در کلاس‌بندی متوسط (۰/۴-۰/۶) باشد قابل قبول و چنانچه درصد زیادی از مساحت حوزه در کلاس‌بندی بالای متوسط (۰/۶-۰/۸) باشد، بهینه می‌باشد(Mishra and Coulibaly, ۲۰۱۰).

محدوده مورد مطالعه:

حوزه آبخیز جراحی-زهره یکی از ۳۰ حوزه آبریز درجه دو کشور و بخشی از حوزه آبریز اصلی خلیج فارس می‌باشد که در محدوده جغرافیایی ۲۴۹۰۸۴/۵ تا ۶۲۶۸۰۹/۹ متر طول شرقی و ۳۲۹۷۰۵۲/۱ تا ۳۵۰۵۴۵۴/۹ متر عرض شمالی منطقه ۳۹ سامانه UTM معادل ″۴۸°۲۳′۲ تا ″۵۲°۱۸′۵۰ درجه طول شرقی و ″۲۹°۴۷′۵۳ تا ″۳۱°۴۰′۵۲ درجه عرض شمالی گسترش یافته است. مساحت این حوزه برابر با ۴۱۲۹۴/۹ کیلومترمربع و محیط آن برابر ۱۳۷۰/۸ کیلومتر است(شکل ۱). براساس آمار و اطلاعات موجود، دوره آماری ۲۶ سال با تعداد ۱۶ ایستگاه برای ارزیابی و پایش شبکه آب‌سنجی و دوره آماری ۳۱ سال با تعداد ۴۲ ایستگاه برای بررسی و ارزیابی شبکه باران‌سنجی تشکیل گردید(شکل ۲).

شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز جراحی- زهره



شکل ۲: پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاه های منتخب باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه جراحی- زهره

نتایج و بحث

ارزیابی ارزش منطقه‌ای ایستگاه‌ها

کارایی تئوری آنتروپی در رتبه‌بندی و تحلیل منطقه‌ای ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی در حوزه آبخیز جراحی-زهره مورد ارزیابی قرارگرفت و نتایج رتبه‌بندی ایستگاه‌ها براساس مقادیر شاخص‌های متفاوت آنتروپی ارائه شده است. چنانچه درجدول ۶ و ۷ دیده می‌شود ایستگاه‌های آب‌سنجی دهملا، خیرآباد و چم نظام و ایستگاه‌های باران‌سنجی دوگنبدان، گلبابکان و بن‌پیر از آنجا که بالاترین رتبه‌ها را در میان سایر ایستگاه‌ها به‌خود اختصاص داده‌اند، ایستگاه مهم آب‌سنجی و باران‌سنجی حوزه شناخته شده‌اند که مفیدترین اطلاعات در شبکه پایش را تولید می‌نمایند و به صورت فعال در شبکه باقی خواهند ماند. از سوی دیگر ایستگاه‌های آب‌سنجی ششپیر ملقائدی، پل-منجنیق و ماشین و همچنین ایستگاه‌های باران‌سنجی رامشیر، دهملا، زیدون سردشت و چم نظام ضمن کسب رتبه‌های پایین در شبکه، وضعیتی بحرانی داشته و ادامه فعالیت آنها مستلزم تجدید نظر جدی است.

جدول ۶: رتبه‌بندی ایستگاه‌های آب‌سنجی حوزه جراحی- زهره بر اساس مقادیر شاخص‌های آنتروپی

نام ایستگاه	رتبه	$ITI(i)$	رتبه	$H(x(i),\hat{x}(i))$	رتبه	$H(\hat{x}(i))$	رتبه	$H(x(i))$
تنگ بریم	۸	۰/۶۵	۱۲	۲/۹۱	۱۴	۲/۴۵	۸	۲/۳۵
پل زهره	۱۳	۰/۷۸	۹	۲/۷۲	۱۳	۲/۴۲	۱۴	۲/۴۳
گراب	۱۲	۰/۷۱	۸	۲/۷۱	۸	۲/۳۲	۷	۲/۳۳
کوسنگان	۵	۰/۶۱	۱۴	۳/۰۰	۱۰	۲/۳۷	۱۵	۲/۴۵
کرکر	۴	۰/۶۰	۱۶	۳/۱۷	۱۶	۲/۵۵	۱۶	۲/۵۳
بهبهان	۱۰	۰/۶۶	۱۳	۲/۹۱	۱۵	۲/۴۶	۱۱	۲/۳۷
دهملا	۱۶	۱/۰۰	۱	۲/۰۱	۱	۲/۰۱	۲	۲/۰۱
خیر آباد	۱۵	۰/۸۰	۶	۲/۶۷	۱۱	۲/۳۸	۱۳	۲/۴۱
جو کنک	۹	۰/۶۵	۲	۲/۴۵	۵	۲/۱۱	۱	۱/۹۵
پل منجنیق	۳	۰/۵۹	۵	۲/۶۴	۳	۲/۰۷	۵	۲/۱۱
چم نظام	۱۴	۰/۷۸	۷	۲/۷۰	۱۲	۲/۴۱	۱۲	۲/۴۱
ایدنک	۱۱	۰/۷۰	۳	۲/۵۸	۶	۲/۲۳	۶	۲/۱۶
ماشین	۱	۰/۳۷	۱۵	۳/۰۴	۴	۲/۱۰	۳	۲/۰۶
چم چنار	۷	۰/۶۴	۱۰	۲/۸۵	۹	۲/۳۳	۹	۲/۳۵
سید آباد	۶	۰/۶۱	۱۱	۲/۸۶	۷	۲/۲۵	۱۰	۲/۳۶
ششپیرمل قائدی	۲	۰/۵۸	۴	۲/۶۱	۲	۲/۰۵	۴	۲/۰۸

جدول ۷: رتبه‌بندی ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه جراحی- زهره بر اساس مقادیر شاخص‌های آنتروپی

نام ایستگاه	رتبه	ITI(i)	رتبه	H($X(i), \hat{X}(i)$)	رتبه	H($\hat{X}(i)$)	رتبه	H($X(i)$)
مل قائدی	۳۶	۰/۶۱	۶	۲/۷۸	۸	۲/۲۶	۸	۲/۲۱
باتون	۳۳	۰/۵۴	۱۲	۳/۱۴	۳۴	۲/۴۶	۲۵	۲/۳۷
کوسنگان	۳۴	۰/۵۴	۱۱	۳/۱۲	۳۸	۲/۴۹	۲۰	۲/۳۳
برغان	۳۰	۰/۴۸	۲۵	۳/۳۹	۴۰	۲/۵۱	۳۸	۲/۴۹
مو روزه	۳۸	۰/۸۲	۵	۲/۶۶	۳۳	۲/۴۴	۲۹	۲/۳۹
بن پیر	۴۰	۱/۰۰	۲	۲/۴۰	۲۴	۲/۴۰	۳۱	۲/۴۰
نورآباد	۵	۰/۲۶	۳۸	۳/۶۹	۱۶	۲/۳۰	۲۳	۲/۳۶
تنک بریم	۳۱	۰/۵۱	۲۱	۳/۳۵	۳۹	۲/۵۱	۴۱	۲/۵۴
گلبابکان	۴۱	۱/۰۰	۳	۲/۴۱	۲۵	۲/۴۱	۳۳	۲/۴۱
آب دهگاه	۱۰	۰/۳۱	۳۹	۳/۷۷	۳۱	۲/۴۴	۳۹	۲/۵۰
بویری	۳۲	۰/۵۴	۹	۲/۹۷	۱۰	۲/۲۶	۱۵	۲/۳۰
سید آباد	۱۴	۰/۳۴	۳۷	۳/۶۸	۳۶	۲/۴۸	۳۶	۲/۴۴
طسوج	۱۷	۰/۳۷	۳۲	۳/۵۰	۲۶	۲/۴۱	۳۰	۲/۳۹
گشنکان	۸	۰/۲۸	۳۴	۳/۵۲	۱۴	۲/۲۹	۹	۲/۲۱
دو گنبدان	۴۲	۱/۰۰	۴	۲/۴۱	۲۸	۲/۴۱	۳۴	۲/۴۱
خدا آفرین	۲۶	۰/۴۲	۲۸	۳/۴۳	۳۰	۲/۴۳	۳۷	۲/۴۶
گلکاه	۲۴	۰/۴۲	۳۰	۳/۴۷	۴۱	۲/۵۳	۳۲	۲/۴۰
پل فهلیان	۱۱	۰/۳۲	۳۵	۳/۶۱	۲۰	۲/۳۷	۲۴	۲/۳۷
برد نگان	۹	۰/۲۸	۴۰	۳/۸۳	۲۸	۲/۴۱	۴۰	۲/۵۰
زیدون سردشت	۳	۰/۲۴	۳۶	۳/۶۳	۱۲	۲/۲۷	۱۱	۲/۲۴
دهملا	۱	۰/۱۲	۴۲	۴/۱۵	۱۷	۲/۳۱	۱۹	۲/۳۲
خیر آباد	۳۵	۰/۵۶	۷	۲/۸۱	۵	۲/۲۰	۷	۲/۱۸
دهدشت	۲۸	۰/۴۵	۱۷	۳/۲۳	۲۱	۲/۳۸	۱۸	۲/۳۱
ایدنک	۲۳	۰/۴۱	۱۶	۳/۲۱	۱۳	۲/۲۸	۱۲	۲/۲۵
هندیجان	۱۳	۰/۳۳	۳۱	۳/۴۹	۴۲	۲/۵۵	۴	۲/۱۰
بهبهان	۲۵	۰/۴۲	۱۳	۳/۱۹	۱۹	۲/۳۵	۶	۲/۱۸
چم نظام	۴	۰/۲۵	۲۳	۳/۳۶	۱	۲/۱۱	۳	۲/۰۹
بندر ماهشهر	۱۵	۰/۳۴	۲۰	۳/۳۲	۱۸	۲/۳۳	۵	۲/۱۳
شادگان	۳۹	۱/۰۰	۱	۲/۲۷	۱۲	۲/۲۷	۱۳	۲/۲۷
باغ ملک	۳۷	۰/۶۵	۸	۲/۸۶	۲۲	۲/۳۸	۲۱	۲/۳۳
کرکر	۱۲	۰/۳۲	۲۲	۳/۳۶	۶	۲/۲۲	۱۰	۲/۲۲
رامشیر	۲	۰/۲۲	۱۹	۳/۲۹	۴	۲/۱۹	۲	۱/۸۲
مشراگه	۶	۰/۲۷	۱۰	۳/۰۷	۷	۲/۲۴	۱	۱/۶۶
پاگچی	۷	۰/۲۸	۴۱	۳/۸۵	۳۷	۲/۴۸	۳۵	۲/۴۳
جوکنک	۱۹	۰/۳۸	۲۷	۳/۴۰	۲۸	۲/۴۱	۱۴	۲/۲۹
ماشین	۲۰	۰/۳۸	۲۶	۳/۳۹	۱۵	۲/۲۹	۲۸	۲/۳۸
گنداب	۲۹	۰/۴۷	۱۸	۳/۲۸	۳۲	۲/۴۴	۲۶	۲/۳۸
ده سادات	۲۷	۰/۴۴	۳۰	۳/۴۷	۳۵	۲/۴۶	۴۲	۲/۵۵
مال آقا	۲۲	۰/۳۹	۱۵	۳/۱۹	۳	۲/۱۴	۱۷	۲/۳۱
چشمه شیرین	۲۲	۰/۳۹	۱۵	۳/۱۹	۳	۲/۱۴	۱۷	۲/۳۱
قلعه تل	۱۸	۰/۳۸	۲۴	۳/۳۷	۹	۲/۲۶	۲۸	۲/۳۸
خلار	۱۶	۰/۳۵	۳۳	۳/۵۱	۲۳	۲/۳۸	۲۲	۲/۳۵

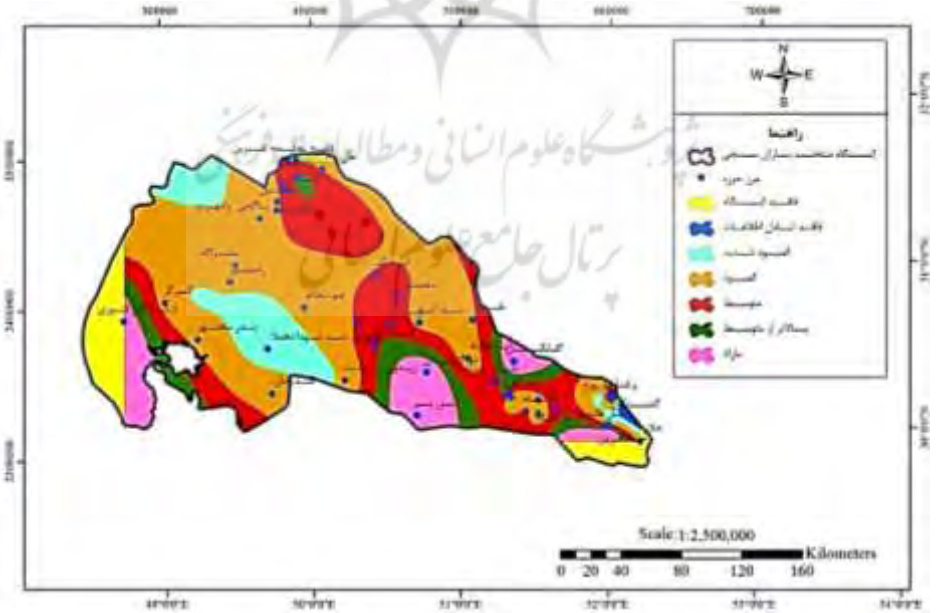
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ارزیابی منطقه‌ای تراکم ایستگاه‌های شبکه باران‌سنجی حوزه آبخیز

بر اساس نتایج بدست آمده از پهنه بندی مقادیر شاخص انتقال اطلاعات ITI(i) (جدول ۸ و شکل ۳)، ۷/۳۹ درصد از مساحت حوزه فاقد ایستگاه باران‌سنجی می‌باشد؛ در حالیکه نزدیک به ۵۳ درصد مساحت حوزه در کلاس کمبود، کمبود شدید و فاقد تبادل اطلاعات بوده و مابقی آن به عبارتی دیگر ۴۰ درصد از مساحت حوزه را کلاس متوسط، بالای متوسط و مازاد تشکیل داده است. بنابراین تراکم ۴۲ ایستگاه منتخب شبکه باران‌سنجی حوزه جراحی- زهره قابل قبول نمی‌باشد و ضروری است نسبت به پراکنش و چیدمان ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه تجدید نظر جدی صورت گیرد.

جدول ۸: طبقه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات ITI(i) برای شبکه باران‌سنجی

درصد مساحت	مساحت(کیلومترمربع)	درجه اهمیت منطقه
۷/۳۹	۳۰۵۰/۹۴	فاقد ایستگاه
۰/۲۱	۸۸/۶۶	فاقد تبادل اطلاعات
۱۰/۲۳	۴۲۲۵/۸۹	کمبود شدید
۲/۳۳	۱۷۴۷۸/۲۵	کمبود
۲۳/۵۳	۹۷۱۶/۰۲	متوسط
۷/۲۶	۲۹۹۶/۲۷	بالای متوسط
۹/۰۵	۳۷۳۸/۹۲	مازاد



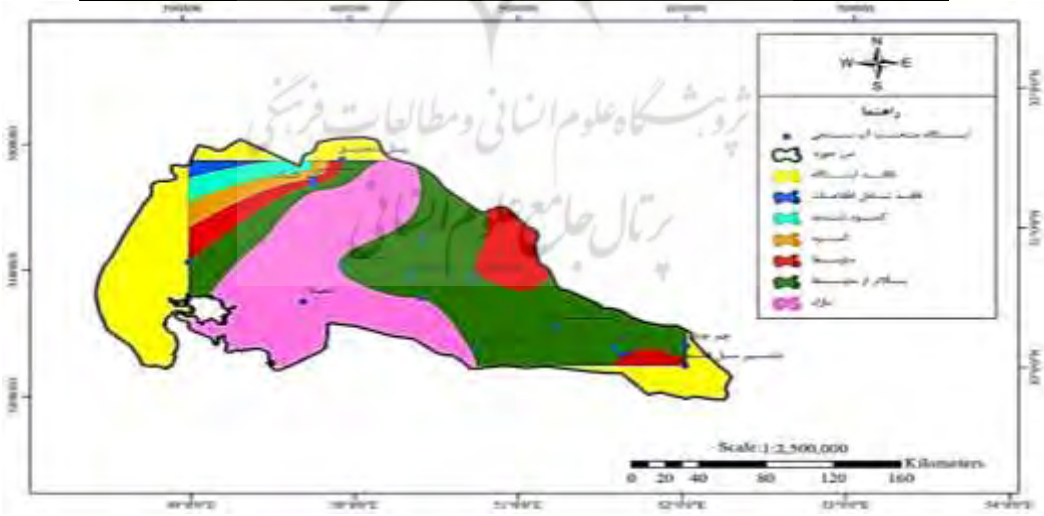
شکل ۳: پهنه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات ITI(i) ایستگاه‌های باران‌سنجی در حوزه

ارزیابی منطقه‌ای تراکم ایستگاه‌های شبکه آب‌سنجی حوزه آبخیز

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پهنه بندی مقادیر شاخص انتقال اطلاعات (ITI(i) (جدول۹ و شکل ۴)، ۲۱/۱۶ درصد از مساحت حوزه فاقد ایستگاه آب‌سنجی می‌باشد. در حالیکه بالغ بر ۵/۷ درصد مساحت حوزه در کلاس کمبود، کمبود شدید و فاقد تبادل اطلاعات و مابقی آن به عبارتی دیگر بیش از ۷۳ درصد از مساحت حوزه را کلاس متوسط، بالای متوسط و مازاد تشکیل داده است و با توجه به این که بیش از ۶۴ درصد از مساحت حوزه مناطقی با درجه اهمیت بالای متوسط و مازاد است بنابراین تراکم ۱۶ ایستگاه منتخب شبکه آب‌سنجی حوزه جراحی- زهره بهینه می‌باشد و می‌توان سایر ایستگاه‌های فعال آب سنجی را از شبکه پایش حوزه حذف نمود.

جدول ۹: طبقه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات (ITI(i برای شبکه آب‌سنجی

درصد مساحت	مساحت(کیلومترمربع)	درجه اهمیت منطقه
۲۱/۱۶	۸۷۳۸/۳۹	فاقد ایستگاه
۰/۷۸	۳۲۲/۰۴	فاقد تبادل اطلاعات
۲/۳۸	۹۸۴/۶۴	کمبود شدید
۲/۵۳	۱۰۴۲/۷۲	کمبود
۸/۸۲	۳۶۴۴/۱۵	متوسط
۳۴/۰۵	۱۴۰۵۹/۸۸	بالای متوسط
۳۰/۲۸	۱۲۵۰۳/۱۲	مازاد



شکل ۴:پهنه‌بندی شاخص انتقال اطلاعات (ITI(i ایستگاه‌های آب‌سنجی در حوزه

مقایسه درجه اهمیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه آبخیز جراحی-زهره

باتوجه به مطالب فوق می‌توان چنین استنباط نمود که ایستگاه دهملا و چم نظام، ایستگاه‌های ضعیف شبکه‌باران‌سنجی به‌شمار می‌آیند؛ درحالیکه درشبکه‌آب‌سنجی‌حوزه از ایستگاه‌های مهم شبکه می‌باشند. از این نظرصحت اطلاعات ثبت شده در این ایستگاه موردتردید می‌باشد. دلایل عدم ارتباط مناسب اطلاعات این ایستگاه با سایر ایستگاه‌ها در شبکه باران‌سنجی نیز ممکن است سهل‌انگاری در جمع‌آوری و ثبت آمار و اطلاعات باشد. البته تفاوت رفتار در ایستگاه‌های خیرآباد، جوکنک و سیدآباد نیز مشاهده می‌شود(جدول۱۰). به همین دلیل ضروری است محل نصب و نحوه ثبت آمار و اطلاعات ایستگاه‌ها به دقت مورد بررسی قرارگرفته و سپس درخصوص حذف و یاجابجایی آنها تصمیم‌گیری شود. درصورت تشخیص کارشناسان و مسئولان مربوطه تغییر محل ایستگاه نیز قابل طرح و بررسی است.

جدول ۱۰: مقایسه درجه اهمیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه جراحی- زهره

نام ایستگاه	درجه اهمیت ایستگاه در شبکه آب‌سنجی	درجه اهمیت ایستگاه در شبکه باران‌سنجی
تنگ بریم	بالاتر از متوسط	متوسط
پل زهره	بالاتر از متوسط	--------
گراب	بالاتر از متوسط	--------
کوسنگان	بالاتر از متوسط	متوسط
کرکر	متوسط	کمبود
بهبهان	بالاتر از متوسط	متوسط
دهملا	مازاد	کمبود شدید
خیر آباد	مازاد	متوسط
جو کنک	بالاتر از متوسط	کمبود
پل منجنیق	متوسط	-------
چم نظام	بالاتر از متوسط	کمبود
ایدنک	بالاتر از متوسط	متوسط
ماشین	کمبود	کمبود
چم چنار	بالاتر از متوسط	-------
سید آباد	بالاتر از متوسط	کمبود
ششپیر مل قائدی	متوسط	--------

نتیجه‌گیری

دراین پژوهش ازتئوری آنتروپی‌گسسته به‌منظور ارزشیابی منطقه‌ای ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی حوزه جراحی-زهره استفاده شده است. نتایج این ارزیابی حاکی از وجود۵ ایستگاه بحرانی دهملا، چم نظام، خیرآباد، جوکنک و سیدآباد است‌که ضمن کسب درجه اهمیت‌های متفاوت در شبکه‌های

باران‌سنجی و آب‌سنجی، وضعیتی بحرانی داشته و ادامه فعالیت آنها مستلزم تجدیدنظر جدی است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از پهنه‌بندی مقادیر شاخص انتقال اطلاعات ITI(i)، تراکم ۴۲ ایستگاه منتخب شبکه باران‌سنجی حوزه‌آبخیز قابل قبول نبوده و ضروری است نسبت به پراکنش و چیدمان ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه تجدید نظر صورت گیرد. اما تراکم ۱۶ ایستگاه منتخب شبکه آب‌سنجی حوزه جراحی-زهره بهینه می‌باشد و می‌توان سایر ایستگاه‌های فعال آب-سنجی را از شبکه پایش حوزه حذف نمود. در پژوهشی که توسط فانی و همکاران(۱۳۹۴) نیز انجام شده است کارایی تئوری آنتروپی گسسته تایید شده و براساس نتایج حاصل شده تراکم بهینه ایستگاه‌ها مشخص شده است. به طورکلی همانگونه که در این پژوهش نیز دیده شد، تئوری آنتروپی ایده‌های مهمی را در خصوص چگونگی تولید اطلاعات در شبکه پایش و همچنین وضعیت ایستگاه‌های موجود در شبکه طرح و بحث نموده است. البته با توجه به ماهیت آماری و احتمالاتی این روش ممکن است علل و عوامل برخی تفاوت‌ها و مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های این روش مفهوم و یا واضح نبوده و ارتباط روشنی با واقعیت‌های فیزیکی شبکه پایش و یا ایستگاه مورد بررسی نداشته باشد. بدیهی است انجام بازدیدهای میدانی و استفاده از سایر روش‌های علمی در کنار این روش می‌تواند در درک بعضی از مغایرت‌های عددی به‌دست آمده با واقعیت‌های موجود در شبکه موثر باشد.

منابع:

۱- رجایی، طاهر.، معصومی، ف. و احمدی سیاوشانی، فاطمه سادات (۱۴۰۰). مکانیابی بهینه ایستگاه‌های پایش کیفیت آب سیستم رودخانه‌ای با استفاده از آنتروپی انتقال اطلاعات گسسته. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۲(۱۵): ۲۹۵-۳۰۶. صفحه ۲۹۵.

۲- سیفی پور، کوثر.، میرعباسی نجف آبادی، رسول. و میرزایی، م. (۱۳۹۸). کاربرد تئوری آنتروپی در ارزیابی کارایی شبکه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی سفیددشت. *نشریه هیدروژئولوژی*. ۴(۲): ۶۳-۷۳. صفحه ۶۹.

۳- فانی، مرتضی.، خلیفه، سمیه.، خلیفه، ابراهیم. و افلاطونی، محمد. (۱۳۹۴). ارزیابی شبکه ایستگاه های باران سنجی با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته (مطالعه موردی: حوضه آبریز کارون بزرگ). *مجله علوم و مهندسی آبیاری*. ۳۸(۴): ۱-۱۳. صفحه ۲.

٤- کریمی گوغری، شهرام. و خلیفه، سمیه. (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی شبکه آب‌سنجی با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته (مطالعه موردی: حوزه بختگان و مهارلو). *پژوهشنامه*

مدیریت حوزه آبخیز. ۲(۳): ۳۴-۵۰. صفحه ۳۵.

۵- معصومی فریبرز. و کراچیان رضا. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی مکان‌یابی ایستگاه‌های پایش کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تئوری آنتروپی. *مجله علمی و پژوهشی آب و فاضلاب*. ۶۵: ۲-۱۲. صفحه ۲.

۶- مهجوری مجد، نجمه. و کراچیان، رضا. (۱۳۸۷). ارزیابی کارایی سیستم‌های پایش کیفی رودخانه‌ها با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته(رودخانه جاجرود). دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. اردیبهشت ۸۷. صفحه ۲.

۷- Chen, Y.C., Weiand C. Yeh, H.C. (۲۰۰۸). Rainfall network design using kriging and entropy. Hydrological Processes ۲۲:۳۴۰-۳۴۶. Page ۳٤۰.

۸- Harmancioglu, N.B. (۱۹۸۱). Measuring the information content of hydrological processes by the entropy concept. J. Civil Engineering, ۱۳, ۸۸-۹۲. Page ۹۰.

۹- Harmancioglu, N. B. Alpaslan, N. (۱۹۹۲). Water quality monitoring network design: a problem of multi-objective decision making. AWRA Water Resources Bulletin ۲۸(۱): ۱۷۹-۱۹۲. Page ۱۷۹.

۱۰- Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine, D. Zheng, Y. (۲۰۲۰). A comprehensive review on case study. Environmental monitoring and assessment. ۱٦۱(٤): ۲٤۷-۲٥۷. Page ۲٥۰.

۱۱- Karamouz, M., Hafez, B. Kerachian, R. (۲۰۰٥). Water quality monitoring network for river systems using geostatistical methods. Proceedings of ASCE-EWRI, World Water and Environmental Resources Congress. Alaska. USA.

۱۲- Kawachi, T. (۲۰۰۱). Rainfall entropy for delineation of water resources zones in Japan. Journal of Hydrology ۲٤٦: ۳٦-٤٤. Page ۳۷.

۱۳- Mishra, A.K. & Coulibaly, P. (۲۰۱۰). Hydrometric network evaluation for Canadian watersheds. Journal of Hydrology ۳۸۰: ٤۲۰-٤۳۷. Page ٤۲۰.

۱۴- Markus, M., Knapp, H.V. Tasker, G.D. (۲۰۰۳). Entropy and generalized least square methods in assessment of the regional value of stream gages. Journal of Hydrology ۲۸۳: ۱۰۷-۱۲۱. Page ۱۰۷.

۱۵- Mogheir, Y., Lima, J.L. Singh, V.P. (۲۰۰٤). Characterizing the special variability of groundwater quality using the entropy theory. Hydrological Process ۱۸: ۲۱٦٥-۲۱۷۹. Page ۲۱٦٦.

۱۶- Mogheir, Y. Singh, V.P. (۲۰۰۲). Application of information theory to groundwater quality monitoring system. Water Resources Management ۱٦(۱): ۳۷- ٤۹. Page ۳۷.

۱۷- Mogheir, Y. Singh, V.P. (۲۰۰۳). Specification of information needs for groundwater management planning in developing country. Groundwater Hydrology.

Balema Publisher. Tokyo ۲: ۳-۲۰. Page ٤.

۱۸- Shannon, C. E. (۱۹٤۸). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal ۲۷: ۳۷۹-٤۲۳. Page ۳۷۹.

۱۹- Tabatabaei, S.M. Dastourani, M. Eslamian, S. Nazeri Tahroudi, M. (۲۰۲۲). Ranking and optimizing the rain-gauge networks using the entropy–copula approach (Case study of the Siminehrood Basin, Iran). A

۲۰- ppl Water Sci ۱۲: ۲۱٤.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Regional analysis and evaluation of the rain-gauge and hydrometric station networks of Jarrahi- Zohre Basin using discrete transinformation entropy

Syed Murtaza Tabatabai [۱], Syed Amir Shams Nia [۲], Alireza Walipour [۳]

Abstract

Assess the quality of rainfall and stream flow information have an important role in improving the efficiency and correct their deficiencies. For an optimal monitoring network design, they should be reviewed periodically based on the information needs and future water resources development plans. In this study evaluates regional values of rain-gauges and stream-gauges in Jarrahi- Zohre basin using the discrete entropy. To determine the regional value of each station within a region, several information parameters, were calculated to identify essential rain gauge and critical area. Based on the obtained results, ۳۹,۷٪ of the area of the area does not have a rain-gauge station, while nearly ۵۳٪ of the area of the area is in the class of lack, severe lack and lack of information exchange, and ٤۰٪ of the area of the area is in the middle class. Therefore, the density of the ٤۲ selected stations of the rain gauge network in Jarrahi - Zohre basin is not acceptable and it is necessary to seriously reconsider the distribution and layout of the rain-gauge stations in the area. Also, ۲۱,۱٦٪ of the area of the area does not have a water measuring station. While more than ۵,۷٪ of the district area is in the class of deficiency, severe deficiency and lack of information exchange, and more than ۷۳٪ of the area of the district is in the middle, upper middle and surplus class. Therefore, the density of the ۱٦ selected stations of the water measurement network is optimal and other active water measurement stations can be removed from the monitoring network of the area.

Keywords: Rainfall, Discrete Entropy, Rain-gauge, Hydrometric network.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی