نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال شانزدهم- شماره ۵۸- پاییز ۱۴۰۱

Vol. 16, No. 58, Fall 2022

ارزیابی کیفی تراکم ایستگاه‌های هیدرومتری استان کرمانشاه با استفاده از روش آنتروپی گسسته

محمد جوهری‌پور[1]، علی بافکار[2] و مریم حافظ‌پرست‌مودت[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۵/۰۲

چکیده

پایش پارامترهای کیفی رودخانه در مدیریت منابع آب سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های موثر در این زمینه تئوری آنتروپی است که در طراحی شبکه پایش کیفی قابلیت بسیار خوبی دارد. در این پژوهش از تئوری آنتروپی گسسته به‌منظور ارزیابی کیفی در فرکانس‌های زمانی و مکانی شبکه ایستگاه‌های هیدرومتری استان کرمانشاه با ۱۶ ایستگاه و دوره آماری مشترک ۲۹ساله استفاده‌گردید. میزان انتقال اطلاعات را بین هر ایستگاه و تمام ایستگاه‌های دیگر به‌طور دوبه‌دو محاسبه تا پوشش اطلاعاتی بین ایستگاه‌های شبکه مشخص شود. نتایج نشان داد که ایستگاه باوله در حوزه آبخیز سنقر با بیش‌ترین مقدار در رتبه‌دهی آنتروپی مرزی، کارآمدترین ایستگاه شبکه از نظر پتانسیل دادن اطلاعات است. ایستگاه‌های پیرسلمان، قورباغستان، دو آب مرگ و خرس‌آباد نیز از نظر پتانسیل گرفتن اطلاعات در وضعیت خوبی بوده، اما ایستگاه توتشامی در وضعیت نامناسبی قرار گرفته‌است. ایستگاه‌های پل‌چهر، بیار، سرپل ذهاب و پل جاده کمیش از نظر پتانسیل دادن اطلاعات وضعیت ضعیفی داشته و ایستگاه‌های پل چهر، پل جاده کمیش و بیار از نظر شاخص‌های کیفی مناسب نبوده و پوشش اطلاعاتی متغیرهای کیفی تقریباً در تمامی ایستگاه‌های حوزه آبخیز ضعیف می‌باشد. شاخص انتقال اطلاعات در سرتاسر محدوده مطالعه دچار کمبود بوده و لزوم بازنگری در شبکه وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: *آنتروپی گسسته، الگوی کشت، شاخص‌های کیفی، ایستگاه‌های هیدرومتری، انتقال اطلاعات*

مقدمه

پایش کیفی منابع آب سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی جهت تأمین آب جهت مصارف شرب و صنعت از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است. با توجه به اینکه ایران جزو کشورهای خشک محسوب می‌شود توسعه منابع آبی قابل استفاده، حفظ و بهبود کیفیت آن امری حیاتی است. شاخص‌های کیفی برای سنجش کیفیت آب یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده می‌باشند آخونی پورحسینی [۲]. واژه آنتروپی به‌عنوان یک مفهوم علمی در ابتدا توسط کلازیوس [۵] در ترمودینامیک مطرح شد. بولتزمن [٤] آنتروپی را به‌عنوان معیاری از بی‌نظمی در یک سامانه و میزان عدم قطعیت مربوط به یک حالت میکروسکوپی خاص بیان کرد. تعریف بولتزمان آنتروپی را به شکل احتمالی و به‌عنوان مفهوم اساسی ترمودینامیک غیرقطعی نشان داد. از این نظر پیشینه استفاده از تئوری آنتروپی به بحث‌های ترمودینامیک مربوط می‌شود موغیر [١٤]. هرمانجگلو و آل‌پسلن [۸] از تئوری آنتروپی جهت طراحی شبکه پایش کیفی آب استفاده کردند. آن‌ها معیارهای زمانی، مکانی و ترکیب زمانی و مکانی را بر پایه‌ی تئوری آنتروپی توسعه دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان‌دهنده قابلیت‌های فراوان استفاده از تئوری آنتروپی در طراحی شبکه پایش کیفی بود. این تحقیق به‌وسیله ازکول و همکاران [۱۷] نیز پیگیری شد. ازکول و همکاران[۱۷] با استفاده از تئوری آنتروپی پیوسته روشی برای ارزیابی سامانه پایش کیفی رودخانه‌ها ارائه دادند. درواقع آن‌ها کار هرمانجگلو و آل پسلن [۸] را برای بهتر تعریف کردن مناطقی با عدم قطعیت‌های اطلاعاتی زیاد در طول رودخانه توسعه دادند. این مدل تنها برای کاهش ایستگاه‌های اضافی یا کاهش تواتر نمونه‌برداری در یک سامانه پایش موجود یا اولیه مناسب است. موغیر و سینگ [۱۵] روشی را برای طراحی شبکه پایش کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از تئوری آنتروپی انتقالی توسعه دادند. آن‌ها هم‌چنین با استفاده از نقشه‌های خطوط همسان آنتروپی مرزی روشی برای ارزیابی سامانه‌های پایش کیفی آب‌های زیرزمینی ارائه کردند. موغیر و سینگ [١٦] و موغیر و همکاران [١٤] نشان دادند که از میان چهار نوع آنتروپی (مرزی، مشترک، شرطی و انتقال اطلاعات)، آنتروپی انتقال اطلاعات بهترین و مناسب‌ترین روش برای بررسی سامانه‌های پایش کیفی منابع آب زیرزمینی است. آن‌ها همچنین با استفاده از

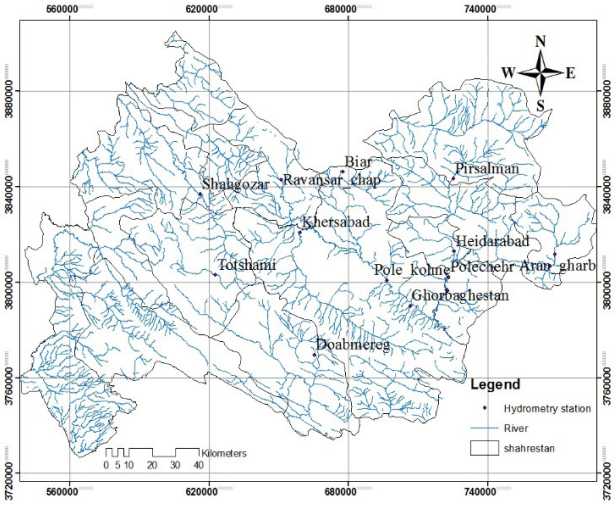
۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، ایران.
۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی،ایران. ایمیل alibafkar@yahoo.com
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، ایران.

نقشه‌های خطوط هم‌مقدار آنتروپی مرزی، روشی برای ارزیابی سامانه‌های پایش کیفی آب‌های زیرزمینی ارائه‌کردند. خواجه‌زاده [۱۰] ضمن به‌کارگیری روش آنتروپی در ارزیابی سیستم‌های پایش رودخانه‌ها، موقعیت ایستگاه‌های جدید اندازه‌گیری کیفیت آب برای بهبود عملکرد سیستم پایش کیفی جریان رودخانه را مشخص کردند. معصومی و کراچیان [۱۳] با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته، کارایی سامانه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تهران را از نظر پایش مکانی و توالی زمانی نمونه‌برداری‌ها مورد ارزیابی قراردادند. مهجوری مجد و کراچیان [۱۱] از تئوری آنتروپی گسسته به‌منظور ارزیابی کارایی سامانه‌های پایش کیفی رودخانه‌ها (رودخانه جاجرود) استفاده کردند. آن‌ها با ایده گرفتن از محاسبه واریوگرام تجربی در روش کریجینگ و با استفاده از یک تئوری جدید آنتروپی به نام تئوری آنتروپی گسسته، محدودیت مذکور در تحقیقات قبلی را برطرف و ساختار جدیدی برای ارزیابی کارایی سامانه‌های پایش کیفی رودخانه‌ها ارائه‌کردند. اکبرزاده و قهرمان [۱] با استفاده هم‌زمان از آنتروپی و کریجینگ فضایی-زمانی به تعیین شبکه بهینه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مشهد پرداختند و اثبات گردید که با استفاده هم‌زمان از کریجینگ فضایی-زمانی و آنتروپی می‌توان شبکه بهینه پایش کیفی منابع آب زیرزمینی را تعیین نمود. صیفی‌پور و همکاران [۱۹] در مطالعه‌ایی، کارایی نظارت بر شبکه کیفیت منابع آب زیرزمینی در سفیددشت، استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از تئوری آنتروپی گسسته ارزیابی‌شد. برای این‌منظور ، شاخص‌های آنتروپی ، شامل ITI (i)، R (i)، S (i) و N (i) در سه کلاس مختلف ۶ ، ۹ و ۱۲ برای ۹ ایستگاه توزیع شده در دشت سفیددشت محاسبه شد. یزدی[۲۰] رویکردی برای شبکه اصلی زهکشی شهر تهران اعمال کرد و عملکرد آن را در مقایسه با شبکه حاضر مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد شایستگی روش آنتروپی در ارائه سطح بالایی از محتوای اطلاعاتی با تعداد قابل توجهی کمتر از سایت‌های نظارت نسبت به طراحی قبلی است. پژوهش آخونی و ابراهیمی [۲] ارزیابی کاربرد آنتروپی شانون در تعیین کیفیت آب‌های سطحی است. به‌منظور تخصیص وزن به هر یک از پارامترهای کیفیت آب از روش آنتروپی شانون و وزن‌دهی‌های سازمان بهداشت جهانی استفاده‌شد. نتایج نشان‌داد که آنتروپی شانون می‌تواند به‌خوبی وزندهی را انجام دهد و اختلاف جزئی بین وزندهی آنتروپی شانون و وزندهی‌های سازمان بهداشت جهانی وجود دارد. پانگ و همکاران [۱۸] تغییر آنتروپی اطلاعات در سیستم انتقال املاح آب سطحی را با داده‌های میدانی بررسی‌کردند. مشخص شد که فرآیند واکنش تحول به تدریج جای فرآیند انتشار را در فرآیند پیچیده کیفیت آب به عنوان عامل اصلی تأثیرگذار بر تغییر آنتروپی اطلاعات و روند قانون تغییر آنتروپی اطلاعات در فرآیند انتشار جز منفرد دیگر در کیفیت پیچیده آب وجود ندارد. کیوم و همکاران [۹] خلاصه‌ای از اصطلاحات آنتروپی رایج که در طراحی شبکه‌های نظارت بر آب استفاده شده‌است جمع‌آوری کردند. با این حال، برای تهیه استانداردها و دستورالعمل‌های طراحی برای استفاده عملیاتی، هنوز کار بیشتری لازم است. اصغری مقدم و ودیعتی [۳] کاربرد نظریه آنتروپی برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب را بررسی نمودند. به‌منظور جلوگیری از قضاوت‌های فردی در تعیین وزن پارامترهای مورد استفاده در روش شاخص کیفیت آب، از روش انتروپی استفاده‌شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه در غرب ایران در دو حوزه آبخیز بزرگ آبریز کرخه و سیروان واقع است. شکل۱ محدوده موردمطالعه ایستگاه‌های اندازه‌گیری کمی دبی و شبکه آبراهه‌ای در حوزه آبخیزهای استان کرمانشاه را نشان می‌دهد. دوره‌ای که بهترین وضعیت را هم از لحاظ وضعیت نقص آماری و هم‌چنین بیش‌ترین تعداد ایستگاه و طول دوره برداشت، دوره ۲۹ ساله بین سال‌های آبی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۹ با ۱۶ ایستگاه مشخص شد. جدول ۱ الگوی کشت محصولات مرتبط و شکل ۱ منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعاتی ایستگاه‌های کیفی

Fig 1. Case study area of quality stations

آنتروپی پیوسته و گسسته

وقایع با احتمال وقوع زیاد اطلاعات کمتری از خود نشان می‌دهند و برعکس هرچقدر احتمال وقوع یک رخداد کمتر باشد، اطلاعات حاصل از آن بیشتر است. با اطلاعات جدید، در واقع عدم قطعیتها کاهش یافته و ارزش اطلاعات جدید برابر با مقداری است که از عدم قطعیت کاسته شده‌است. در نتیجه عدم قطعیت و اطلاعات پارامترها وابسته به‌هم هستند. از تئوری آنتروپی می‌توان به‌عنوان شاخصی برای کمی کردن میزان عدم آگاهی و دانش نسبت به مشخصات یک سامانه، استفاده‌کرد. در آنتروپی پیوسته، فرض بر این است که توزیع احتمالاتی متغیرها از توزیع نرمال یا لوگ نرمال

جدول ۱- الگوی کشت و سطح زیر کشت دشت‌های تحت پوشش ایستگاه‌های مطالعاتی

Table 1. Cultivation pattern and area under cultivation of plains covered by study stations

Plain name	Total cultivation area	Agriculture products								
Plain	Total	Clover	Alfaalfa	Tomato	Onion	Potato	Sugerbeet	Maize	Barely	Wheat
Paveh	158	12	48	-	-	-	-	-	-	98
Kerend	273	-	-	-	-	-	-	-	-	273
Salas	1282	-	10	-	-	-	-	-	-	1272
Sarpol	14441	-	-	160	-	-	20	2189	98	11974
Sarpol	14441	-	-	160	-	-	20	2189	98	4
Sarpol	14441	-	-	160	-	-	20	2189	98	
Gilan	6145	-	-	-	-	-	-	1875	-	4270
Sahaneh	13882	257	145	319	-	6	2351	158	2348	8398
Ravansar	10928	-	-	1831	100	315	20	2374	-	6288
Ravansar	10928	-	-	1831	100	315	20	2374	-	6288
Kermanshah	64461	-	6643	3376	885	2887	2513	6457	1662	40048
Kermanshah	64461		6643	3376	885	2887	2513	6457	1662	40048
Sahaneh	13882	157	145	319	-	6	2351	158	2348	8398
Songhor	12220	-	6651	-	-	-	-	-	1552	4017
Sahaneh	13882	157	145	319	-	6	2351	158	2348	8398
Songhor	18670	6450	6651	-	-	-	-	-	1552	4017

پیروی می‌کند. درحالی‌که در حالت گسسته با توجه به بازه تغییرات مقادیر متغیرها، اطلاعات گسسته‌سازی شده و جداول توزیع متغیرها تهیه می‌شوند. سپس با استفاده از آن جداول، مقادیر احتمال رخداد در هر حالت محاسبه می‌شود. آنتروپی پیوسته و گسسته به چهار آنتروپی مرزی، مشترک، شرطی و انتقال اطلاعات تقسیم می‌شود موغیر و سینگ [۱٤].

آنتروپی مرزی

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{\infty} P(x_i) \ln P(x_i) \quad (۱)$$

آنتروپی مشترک

$$H(X,Y) = -\sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} P(x_i, y_i) \ln(x_i, y_i) \quad (۲)$$

در روابط فوق $P(x)$ احتمال روی دادن $P(x,y)$،x احتمال روی دادن مشترک x و y و $P(x|y)$ احتمال رخ دادن x به‌شرط y است.

آنتروپی شرطی

$$H((X|Y) = -\sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p(x_i, y_i) \ln p((x_i|y_i) \quad (۳)$$

$$T(x,y) = -\sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p(x_i, y_i) \, ln \frac{p(x_i, y_i)}{p(x_i) p(y_i)} \quad (٤)$$

$$R(X,Y) = \frac{T(X,Y)}{H(X)} \quad (۵)$$

به‌طور مشابه اطلاعات ارسالی از x به y نیز به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S(X,Y) = \frac{T(x,y)}{H(Y)} \quad (٦)$$

آنتروپی انتقال اطلاعات

شاخص‌های جدید آنتروپی گسسته

در این تحقیق علاوه بر شاخص‌های معرفی‌شده در آنتروپی گسسته، از ۳ شاخص دیگر که مارکوز و همکاران [۱۲] تعریف کردند استفاده شده‌است. بر اساس این تعریف یک تبدیل کسری آنتروپی x با R(x,y) که یک کاهش عدم قطعیت از x اگر y معلوم باشد یا اطلاعات دریافتی توسط x از y به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

معادلات بالا روابط بین دو متغیر x و y را توصیف می‌کنند که با برهان یکسان می‌توان در شبکه هیدرومتری و برای بررسی اطلاعات دریافتی و ارسالی ایستگاه i ام نیز آن‌ها را به‌صورت رابطه ۷ تعریف نمود:

$$R(i) = R(x(i), \hat{x}(i)) \quad (۷)$$

$$\hat{x}(i) = a(i) + \sum_{j=1}^{I-1} y_{j(i)} \times b_{j(i)} \quad (۸)$$

x(i) بیان‌کننده داده‌های ایستگاه iام $\hat{x}$ (i) توسط رابطه رگرسیون چندگانه خطی ۸ به دست می‌آید: y(i) ماتریس داده‌ها از تمام ایستگاه‌های دیگر، a(i) وb(i) پارامترهای رگرسیون بین ایستگاه i ام و تمام ایستگاه‌های دیگر با فرض برقراری رابطه خطی یا نزدیک به خطی است. به‌طور مشابه رابطه ۹ داریم:

$$S(i) = S((x(i), \hat{x}(i)) \quad (۹)$$

$$N(i) = S(i) - R(i) \quad (۱۰)$$

بر اساس این شاخص ارزش هر ایستگاه با مقدار N(i) سنجیده می‌شود. به‌گونه‌ای که ایستگاه‌های دارای مقادیر مثبت N(i) دارای ارزش بیش‌تری خواهند بود و با احتمال بیش‌تری در شبکه حفظ خواهند شد.

انتخاب متغیرهای کیفی شاخص و وزن دهی آن

در این پژوهش وضعیت اطلاعاتی ٤ شاخص کیفی آب مورد ارزیابی قرار گرفت که انتخاب این چهار شاخص بر اساس حساسیت محصولات کشاورزی الگوی کشت نسبت به این شاخص‌ها و هم‌چنین منابع در دسترس برای استناد به آن در قسمت وزن‌دهی شاخص‌ها انجام‌شد. متغیرهای کیفی مورد استفاده در این پژوهش Ec, Cl, ESP, Mg می‌باشند. وزن‌دهی متغیرهای کیفی شاخص بر اساس نیاز کشاورزی دشت‌های واقع در پایین‌دست ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه انتخاب شده‌است، در واقع با تهیه‌ی آمارنامه کشاورزی دشت‌های محدوده طرح از طریق جهاد کشاورزی شهرستان، الگوی کشت دشت‌ها مشخص و در همین راستا و بر اساس حساسیت محصولات الگوی کشت و سطح زیر کشت در هر دشت، مقادیر آنتروپی مرزی هر شاخص در تمام ایستگاه‌ها وزن‌دهی شد فرزی [٦] . بدین‌صورت که با تهیه‌ی جداول حساسیت محصولات و دسته‌بندی بر اساس حساسیت، امتیاز هر یک از شاخص‌ها در تمام ایستگاه‌ها مشخص و بر اساس آن رتبه‌بندی ایستگاه‌ها انجام شد. ایستگاهی که بیش‌ترین آنتروپی مرزی را دارا است، رتبه اول را به خود اختصاص می‌دهد.

تعیین فواصل بهینه بین ایستگاه‌ها

برای هر متغیر کیفی، فاصله‌ای که در آن انتقال اطلاعات بین ایستگاه‌ها دیگر وجود ندارد یا ناچیز است، به‌عنوان حداقل فاصله موردنیاز بین ایستگاه‌ها برای اندازه‌گیری آن متغیر کیفی است و درصورتی‌که فاصله ایستگاه‌ها بیش از این مقدار باشد، سیستم پایش به‌خوبی تغییرات مکانی مقدار متغیرهای کیفی را پوشش نمی‌دهد.

نتایج

در جدول ۲ مقادیر آنتروپی مرزی متغیرهای کیفی شاخص برای تمام ایستگاه‌ها ارائه‌شده‌است. با بررسی نتایج جدول مشخص است که تقریباً تمامی ایستگاه‌ها دارای مقدار پتانسیل اطلاعاتی بیش‌تری در شاخص EC نسبت به بقیه‌ی شاخص‌های دیگر دارند.

جدول۲- میانگین متغیرهای کیفی و مقادیر آنتروپی مرزی شاخص در ایستگاه های مطالعاتی

Table 2. The average of the qualitative variables and Boundary entropy values of the index in the study stations

	average of the qualitative variables				Boundary entropy values			
Station	CL	Mg	Ec	Esp	CL	Mg	Ec	Esp
Doab	31	0.73	363.49	9.72	1.82	2	2.24	2.18
Miankal	32	1.55	475	6.24	1.77	1.85	1.65	1.96
Totshami	26	1.21	436.42	5.44	2.23	2.48	2.24	2.53
Shahgozar	35	1.76	497.94	10.15	1.99	2.18	2.22	2.44
Piran	27	1.15	414.83	5.63	2.43	1.98	2.4	2.4
Polshah	31	1.69	487.11	6.51	1.31	2.48	1.93	1.94
Polchehr	56	1.41	507.89	12.63	2.2	2.29	1.93	1.89
Khersabad	74	3.19	724.06	17.19	1.76	2.32	2.42	2.12
Sarpo-e Zahab	32	1.56	501.44	5.54	2.28	2.36	2.35	2.08
Doab-eMereg	41	1.31	495.75	9.09	2.27	2.15	2.39	2.32
Ghorbaghestan	72	1.55	612.47	15.91	1.68	2.44	1.78	2.32
Polejadeh	93	1.93	630.42	17.15	2.19	2.37	2.48	2.28
Biar	33	0.94	413.89	9.11	2.54	2.55	2.40	2.04
Pirsalman	49	1.54	548.22	12.16	2.36	2.31	2.45	1.68
Heidarabad	31	1.04	422.38	8.2	2.36	2.43	2.44	2.32
Baveleh	4	1.75	529.08	11.7	1.78	2.11	2.46	1.13

جدول ۲ مقادیر آنتروپی مرزی وزنی هر یک از ایستگاه‌های محدوده‌ی موردمطالعه را نشان می‌دهد، ایستگاهی که بیش‌ترین آنتروپی مرزی را دارا است، بالاترین رتبه را گرفته و محل این ایستگاه با بیش‌ترین عدم قطعیت در تغییرات کیفیت آب رودخانه شناخته می‌شود که بیش‌ترین پتانسیل را نیز برای به دست آوردن اطلاعات دارا است یا به عبارتی کارآمدترین ایستگاه ازنظر کسب اطلاعات است.

رتبه‌بندی آنتروپی مرزی ایستگاه‌ها بر اساس مقادیر وزنی آنتروپی هر ایستگاه صورت گرفت که برای این منظور اطلاعات الگوی کشت و سطح زیر کشت دشت یا دشت‌های تحت پوشش هر ایستگاه و بر مبنای حساسیت محصولات الگوی کشت به هر متغیر کیفی شاخص مورداستفاده قرارگرفت. ایستگاه باوله با گرفتن بیش‌ترین مقدار در رتبه‌دهی آنتروپی مرزی، کارآمدترین ایستگاه شبکه ازنظر پتانسیل ایستگاه برای به دست آوردن اطلاعات است ایستگاه‌های پیرسلمان، قورباغستان، دو آب مرگ و خرس آباد نیز از نظر پتانسیل در وضعیت خوبی قرار داشته، اما ایستگاه توتشامی در وضعیت نامناسب، همچنین ایستگاه‌های پل چهر، بیار، سرپل ذهاب و پل جاده کمیش از نظر پتانسیل دادن اطلاعات در وضعیت ضعیف قرار داشته، در اینجا نکته‌ای که قابل‌ذکر است این‌که با توجه به نتایج حاصله در قسمت کمی این پژوهش ایستگاه‌های پل چهر، پل جاده کمیش و بیار به‌عنوان ایستگاه‌های با وضعیت مناسب شناخته شدند ولی در موردانداز‌ه‌گیری شاخص‌های کیفی وضعیت این ایستگاه‌ها مناسب نبوده و لزوم بررسی بیشتر و انجام بازدیدهای کارشناسی مبنی بر علل این اختلاف لازم و ضروری است تا علل این موضوع مشخص گردد، چراکه ممکن است مشکل از ثبت ناصحیح اطلاعات کیفی در این ایستگاه‌ها ناشی شده یا علل طبیعی موجب این تغییرات گردیده‌است.

مقادیر شاخص انتقال اطلاعات دوبه‌دو ایستگاه‌ها

پس از محاسبه مقادیر آنتروپی مرزی ایستگاه‌ها، مقادیر شاخص انتقال اطلاعات برای تک‌تک ایستگاه‌ها به‌صورت دوبه‌دو با تمام ایستگاه‌های دیگر محاسبه‌شد. نتایج جداول ۳ تا ۸ نشان داد که پوشش اطلاعاتی متغیرهای کیفی تقریباً در تمامی ایستگاه‌های حوزه آبخیز ضعیف بوده و این نارسایی و وجود خطا در سیستم پایش کیفی را می‌رساند؛ که این کمبود اطلاعات می‌تواند ناشی از عوامل متعددی باشد. ازجمله عواملی که به کاهش اطلاعات در شبکه می‌انجامد می‌توان به زیاد بودن فواصل بین ایستگاه‌ها، تواتر نمونه‌برداری‌ها، اشکالات در ثبت اطلاعات توسط متصدیان، موانع و منابع طبیعی و ... اشاره‌کرد که در این تحقیق بررسی تخمین زمانی و مکانی فواصل نمونه‌برداری انجام شد. شاخص انتقال اطلاعات برای ٦ ایستگاه پیرسلمان، قورباغستان، پل چهر، پل جاده کمیش، پل شاه و سرپل ذهاب به‌صورت دوبه‌دو با تمام ایستگاه‌های دیگرمورد بررسی قرار گرفت. در این طبق بندی شاخص انتقال اطلاعات در سرتاسر محدوده مطالعه دچار کمبود بوده و لزوم بازنگری در شبکه وجود دارد. در قسمت آنتروپی مرزی وزنی ایستگاه‌ها اشاره‌شد که ایستگاه‌های باوله، پیرسلمان، قورباغستان، دوآب مرگ و خرس آباد در وضعیت پتانسیل خوب اطلاعات قرار داشته و ایستگاه‌های توتشامی، پل چهر، بیار، سرپل ذهاب و پل جاده کمیش در ردیف ایستگاه‌های با کمترین پتانسیل دادن اطلاعات می‌باشند، اما با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که این ایستگاه با حداکثر آنتروپی مرزی لزوماً بیش‌ترین انتقال اطلاعات را نداشته و بستگی به یک سری عوامل از جمله فواصل مکانی ایستگاه‌ها و فواصل زمانی نمونه‌برداری داشته و عوامل طبیعی و خطاهای برداشت و ثبت اطلاعات نیز در این عوامل تأثیرگذار بوده و مقادیر انتقال اطلاعات را کم و زیاد می‌کند.

جدول ۳- مقادیر و رتبه‌بندی آنتروپی مرزی وزنی ایستگاه‌ها

Table 3. Values and rankings of weighted boundary entropies of stations

Station	Rank	Plain	weighted boundary entropies	UTMx	UTMy
Doab-e Nosod	7	Paveh	0.95	612386.69	3886676.96
Totshami	1	Kerend	0.73	624135.56	380363.08
Shahgozar	8	Salas-e Babajani	0.96	616055.57	3836808.56
Piran	6	Sarpol-e Zahab	0.92	585684.40	3814254.95
Miankal	7	Sarpol-e Zahab	0.95	581126.29	3814254.95
Sarpol-e Zahab	2	Sarpol-e Zahab	0.81	579595.57	3814241.72
Pol-e Shah	5	Gilan-e Gharb	0.91	584371.41	3793952.33
Pol-e Chehr	2	Sahneh	0.81	723811.88	3803647.00
Khersab	9	Ravansar	0.97	659102.71	3820809.32
Doab-e Mereg	10	Ravansar	0.98	663627.49	3824586.06
Biar	10	Kermanshah	0.98	676895.45	3850718.95
Ghorbaghestan	10	Kermanshah	0.98	707232.48	3790317.78
Pol-e Jadeh	3	Sahneh	0.88	72245.53	3796215.69
Pirsalman	11	Songhor	1.03	724403.7	3842507.31
Heidarabad	4	Sahneh	0.89	725121.78	3812927.4
Baveleh	12	Songhor	1.08	748284.11	3863473.13

جدول ٤- میزان انتقال اطلاعات بین ایستگاه قورباغستان وپل شاه با دیگر ایستگاه‌ها

Table 4 . The amount of information transfer between Ghorbaghistan and poleshah stations and other stations

Station	Ec	Esp	CL^-	Mg^{2+}	Station	EC	ESP	CL^-	Mg^{2+}
	ITI	ITI	ITI	ITI		ITI	ITI	ITI	ITI
Ghorbaghests-Polechehr	0.09	0.11	0.10	0.11	Poleshah-Polechehr	0.10	0.09	0.08	0.11
Ghorbaghestan-Biar	0.17	0.12	0.10	0.11	Poleshah-Kherabad	0.11	0.11	0.11	0.11
Ghorbaghestan-	0.15	0.09	0.12	0.17	Poleshah-Sarpol	0.10	0.16	0.15	0.13
pirsalman	0.15	0.11	0.07	.016	Poleshah-Doabemereg	0.10	0.13	0.11	0.14
Ghorbaghestan-Hiedarabad	0.09	0.08	0.10	0.10	Poleshah-Ghorbaghestan	0.11	0.11	0.12	0.10
Ghorbaghestan-Baveleh	0.10	0.09	0.08	0.08	Poleshsh-Polejadeh	0.12	0.07	0.10	0.11
Ghorbaghestan-Doabenosod	0.14	0.11	0.12	0.10	Poleshah-Razavar	0.09	0.14	0.13	0.09
Ghorbaghestan- Miankal	0.13	0.08	0.11	0.10	Poleshah-Pirsalman	0.12	0.11	0.13	0.11
Ghorbaghestan-Totshami	0.14	0.09	0.10	0.14	Poleshah-Hiedarabad	0.13	0.08	0.10	0.14
Ghorbaghestan-Shahgozar	0.13	0.11	0.11	0.08	Poleshah-Baveleh	0.12	0.09	0.11	0.10
Ghorbaghestan-Piran	0.11	0.11	0.12	0.10	Poleshah-Doabenosod	0.10	0.14	0.10	0.14
Ghorbaghestan-Poleshah	0.15	0.10	0.10	0.14	Poleshah-Miankal	0.14	0.15	0.10	0.10
Ghorbaghestan-Polechehr	0.13	0.09	0.12	0.15	Poleshah-Totshami	0.10	0.11	0.09	0.14
Ghorbaghestan-Khersabad	0.17	0.08	0.16	0.14	Poleshah-Shahghozar	0.09	0.13	0.14	0.08
Ghorbaghestan-Sarpol	0.13	0.08	0.16	0.16	Poleshah-Piran	0.13	0.13	0.09	0.12

جدول ٥ – میزان انتقال اطلاعات بین ایستگاه پل جاده کمیش و پیرسلمان با دیگر ایستگاه‌ها

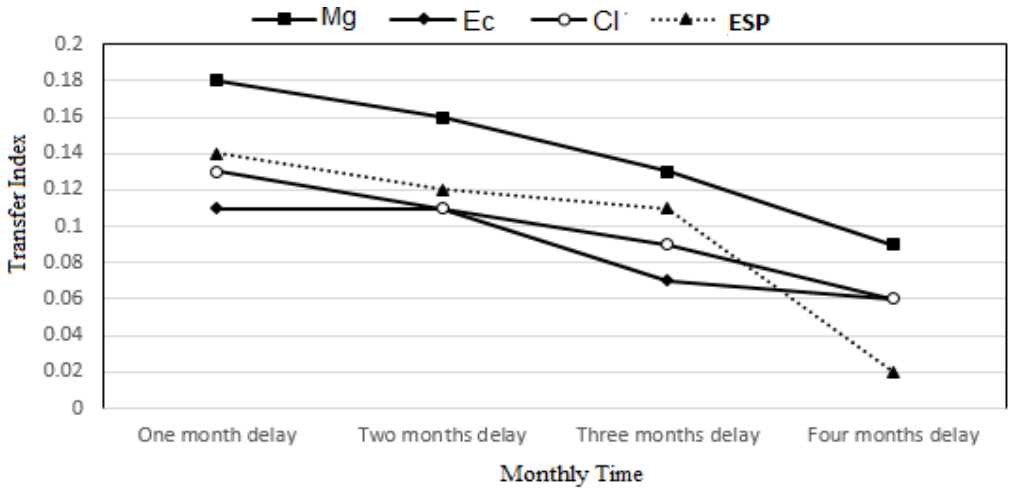
Table5 . The amount of information transfer between Pol-jade-Kamish and pirsalman stations and other stations

Station	Ec	Esp	CL^-	Mg^{2+}	Station	EC	ESP	CL^-	Mg^{2+}
	ITI	ITI	ITI	ITI		ITI	ITI	ITI	ITI
Polejadeh -Biar	0.11	0.08	0.07	0.10	Pirsalman - Hiedarabad	0.12	0.07	0.10	0.12
Polejadeh -Pirsalman	0.14	0.09	0.08	0.16	Pirsalman -- Baveleh	0.10	0.09	0.11	0.11
Polejadeh - Hiedarabad	0.10	0.08	0.14	0.10	Pirsalman - Doabenosod	0.12	0.09	0.09	0.07
Polejadeh - Baveleh	0.10	0.08	0.11	0.09	Pirsalman -Miankal	0.13	0.09	0.11	0.10
Polejadeh - Doabenosod	0.09	0.10	0.11	0.13	Pirsalman - Totshami	0.11	0.08	0.11	0.12
Polejadeh -Miankal	0.12	0.11	0.11	0.11	Pirsalman - Shahghozar	0.12	0.07	0.09	0.14
Polejadeh - Totshami	0.10	0.10	0.09	0.11	Pirsalman - Piran	0.10	0.05	0.10	0.08
Polejadeh - Shahghozar	0.12	0.07	0.10	0.12	Pirsalman - Poleshah	0.12	0.10	0.12	0.11
Polejadeh - Piran	0.12	0.09	0.11	0.11	Pirsalman - Polechehr	0.08	0.11	0.05	0.11
Polejadeh -Poleshah	0.12	0.07	0.10	0.11	Pirsalman - Kherabad	0.09	0.04	0.14	0.14
Polejadeh -Polechehr	0.11	0.14	0.05	0.11	Pirsalman - Sarpol	0.07	0.04	0.11	0.13
Polejadeh -Kherabad	0.11	0.09	0.10	0.10	Pirsalman - Doabemereg	0.12	0.09	0.12	0.11
Polejadeh -Sarpol	0.09	0.10	0.21	0.12	Pirsalman - Ghorbaghestan	o.15	0.09	0.12	0.15
Polejadeh -Doabemereg	0.10	0.12	0.09	0.12	Pirsalman - Polejadeh	0.14	0.09	0.08	0.16
Polejadeh -Ghorbaghestan	0.09	0.11	0.11	0.11	Pirsalman -Biar	0.09	0.06	0.15	0.11
Polejadeh -Poleshah	0.12	0.07	0.10	0.11	Pirsalman - Kherabad	0.09	0.04	0.14	0.14
Polejadeh -Polechehr	0.11	0.14	0.05	0.11	Pirsalman - Sarpol	0.07	0.04	0.11	0.13
Polejadeh -Kherabad	0.11	0.09	0.10	0.10	Pirsalman - Doabemereg	0.12	0.09	0.12	0.11

جدول ٦- میزان انتقال اطلاعات بین ایستگاه پل چهر وسرپل ذهاب با دیگر ایستگاه‌ها

Table6 . The amount of information transfer between Pole-chehr and Sarpolezahab stations and other stations

Station	EC	ESP	CL^-	Mg^{2+}	Station	EC	ESP	CL^-	Mg^{2+}
	ITI	ITI	ITI	ITI		ITI	ITI	ITI	ITI
Polechehr - Khersabad	0.161426	0.13	0.07	0.12	Sarpol- Doabemereg	0.09	0.10	0.08	0.09
Polechehr -- Sarpol	0.105747	0.11	0.07	0.17	Sarpol- Ghorbaghestan	0.17	0.08	0.12	0.14
Polechehr - Dabemereg	0.135135	0.11	0.07	0.09	Sarpol- Polejadeh	0.08	0.10	0.16	0.12
Polechehr -Ghorbaghestan	0.155102	0.10	0.08	0.14	Sarpol- Biar	0.12	0.15	0.12	0.13
Polechehr - Polejadeh	0.105809	0.14	0.03	0.11	Sarpol- Pirsalman	0.07	0.05	0.09	0.12
Polechehr - Biar	0.12381	0.10	0.08	0.14	Sarpol- Hiedarabad	0.10	0.08	0.16	0.13
Polechehr - Pirsalman	0.084189	0.11	0.02	0.11	Sarpol- Baveleh	0.08	0.08	0.09	0.09
Polechehr - Hiedarabad	0.166667	0.07	0.03	0.11	Sarpol- Doabenosod	0.08	0.14	0.05	0.10
Polechehr - Baveleh	0.139344	0.14	0.02	0.12	Sarpol- Miankal	0.08	0.09	0.07	0.09
Polechehr- Doabenosod	0.107296	0.11	0.15	0.11	Sarpol- Totshami	0.07	0.09	0.15	0.13
Polechehr- Miankal	0.161826	0.11	0.05	0.09	Sarpol- Shahghozar	0.10	0.10	0.11	0.12
Polechehr- Totshami	0.103194	0.09	0.08	0.10	Sarpol- Piran	0.16	0.09	0.07	0.09
Polechehr- Shahghozar	0.128755	0.08	0.08	0.10	Sarpol- Poleshah	0.09	0.15	0.15	0.13
Polechehr- Piran	0.137931	0.09	0.05	0.13	Sarpol- Polechehr	0.10	0.11	0.10	0.17
Polechehr- Poleshah	0.105747	0.09	0.05	0.11	Sarpol-Khersabad	0.09	0.13	0.13	0.11



شکل ۲- منحنی تغییرات شاخص انتقال بین گام‌های زمانی ماهانه در ایستگاه پیران

Fig 2. Curve of changes in the transfer index between monthly time steps in Piran Station

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی فرکانس‌های زمانی نمونه‌برداری

برای انجام تحلیل‌های زمانی برای ارزیابی فروانی‌های نمونه‌برداری با توجه به گام زمانی نمونه‌برداری های موجود، لازم است میزان انتقال اطلاعات بین اندازه‌گیری‌ها در گام‌های زمانی مختلف محاسبه شود. برای این منظور، با توجه به اصول محاسبه شاخص انتقال اطلاعات در تئوری آنتروپی گسسته، می‌توان میزان هم‌پوشانی اطلاعات بین مقادیر اندازه‌گیری شده یک متغیر کیفی در گام‌های زمانی مختلف را محاسبه نمود. در این حالت به‌جای استفاده از سری زمانی اطلاعات ایستگاه‌های مختلف، از سری زمانی یک ایستگاه با ایجاد تأخیرهای زمانی مختلف استفاده می‌شود و از نمودارهای شاخص انتقال اطلاعات – گام زمانی برای انجام تحلیل‌ها استفاده می‌شود هاو [۷]. فراوانی نمونه‌برداری یک‌ماهه زیاد نیست و از این‌جهت اطلاعات مازادی در سیستم وجود ندارد. برای تعیین دقیق فراوانی نمونه‌برداری لازم است طی یک دوره زمانی محدود، کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های موجود به‌صورت

روزانه یا هفتگی پایش شود و مجدداً تحلیل‌های آنتروپی زمانی انجام گیرد. در مورد شاخص‌های کلر، درصد سدیم قابل‌جذب و شوری، گفتنی است که این متغیرها تغییرپذیری زمانی بیش‌تری نسبت به منیزیم داشته، به‌طوری‌که حتی در برداشت‌های ماهانه نیز نقصان اطلاعات در شبکه کیفی وجود داشته و در تأخیرهای بیشتر از یک ماه نمایه‌ی انتقال اطلاعات بسیار ناچیز و پوشش اطلاعاتی شبکه بسیار ضعیف است.

بررسی فرکانس‌های مکانی نمونه‌برداری متغیرهای کیفی

برای هر متغیر کیفی فاصله‌ای که در آن انتقال اطلاعات بین ایستگاه‌های دیگر وجود ندارد یا ناچیز است به‌عنوان حداقل فاصله موردنیاز بین ایستگاه‌ها برای اندازه‌گیری آن متغیر کیفی است و در صورتی‌که فاصله ایستگاه‌ها بیش از این مقدار باشد، سیستم پایش به‌خوبی تغییرات مکانی مقدار متغیرهای کیفی را پوشش نمی‌دهد. در همین راستا بر اساس نتایج آنتروپی مرزی ایستگاه‌ها و شاخص انتقال اطلاعات بین ایستگاه‌ها تعیین فاصله بهینه نمونه‌برداری متغیرهای کیفی انجام‌شد. در واقع در این بخش از نتایج ایستگاه‌هایی که از نظر آنتروپی مرزی وزنی وضعیت ضعیفی داشتند به علت عدم وجود عدم قطعیت در ثبت و نمونه‌برداری اطلاعات این ایستگاه‌ها صرف‌نظر شد و تعیین فواصل بهینه ایستگاه‌ها بر اساس ایستگاه‌هایی که وضعیت نرمالی از لحاظ شاخص آنتروپی مرزی وزنی داشتند انجام شد. بدین‌صورت که نقاط ایستگاه‌ها و شبکه آبراهه‌ای حوزه آبخیز در نرم‌افزار گوگل ارث روی‌هم اندازی شده و با اندازه‌گیری فواصل نقاط با انتقال اطلاعات قابل‌قبول که در یک امتداد قرار گرفتند، فواصل مکانی بهینه نمونه‌برداری مشخص گردید. ایستگاه‌های توتشامی، پل چهر، بیار، سرپل ذهاب و پل‌جاده‌کمیش از لحاظ آنتروپی مرزی در وضعیت ضعیفی قرار داشته و لذا ارزیابی مکانی بر اساس سایر ایستگاه‌ها انجام‌گرفته تا عدم قطعیت تصمیم‌گیری کاهش‌یافته و نتایج با اطمینان بیش‌تری حاصل شود. همچنین ایستگاه شاه گذر با توجه به این‌که طی نتایج قسمت کمی این پژوهش وضعیت غیر نرمال داشته و در ناحیه‌ی کمبود شدید قرار گرفت لذا در تحلیل نتایج این قسمت از این ایستگاه نیز استفاده نشده و تحلیل‌ها برای یافتن فواصل بهینه بر اساس ایستگاه‌های با وضعیت به نسبت نرمال انجام گرفت. در جدول ۷ فواصل بهینه پیشنهادی اندازه‌گیری متغیرهای کیفی شاخص ارائه شده‌است.

جدول۷- فواصل مکانی بهینه نمونه‌برداری متغیر شاخص Ec,ESP,CL,MG

Table 7. Optimal spatial distances of variable sampling of Ec,ESP,CL,MG index

ایستگاه‌های منتخب Selected Station	فواصل ایستگاه‌ها (کیلومتر) Station Distances (km)	مقدار شاخص انتقال اطلاعات ITI(i) Value of the data transfer index
Shahgozar-Doab-e Nosod	50.3	0.15
Pirsalman-Ghorbaghestan	50.6	0.15
Kherabad-Doab-e Mereg	52.2	0.12
Ghorbaghestan-Pol-e Chehr	20.9	0.16
	ESP	
Baveleh-Heidarabad	56	0.16
Biar-Heidarabad	60	0.14
Biar-doab-e Nosod	76	0.17
Biar-Doab-e Mereg	29.79	0.16
Kherabad-Pol-Chehr	68.99	0.13
Doab-e Nosod-Pol-e Shah	103.53	0.14
	CL	
Totshami-Shahgozar	35.48	0.13
Shahgozr-Pol-e Shah	52.03	0.14
Pol-e Shah-Sarpol-e Zahab	30.77	0.15
Shahgozr-Khersabad	45.12	0.15
Kherabad-Ghorbaghestan	57.6	0.12
Sarpol-e Zahab-Totshami	67.32	0.15
Doab-e Mereg-Khersabad	52.24	0.15
Biar-Pirsalman	49.01	0.15
	MG	
Miankal-Shahgozar	42.04	0.15
Doab-Miankal	83.11	0.13
Totshami-Piran	40.29	0.14
Totshami-Miankal	40.93	0.13
Shahgozar-Khersabad	45.12	0.14
Shahgozar-Doab	48.38	0.13
Shahgozar-Totshami	34-58	0.13
Shahgozar-Piran	39.5	0.14
Totshami-Polshah	46.09	0.14
Khersabad-Biar	34.99	0.14
Ghorbaghestan-Pirsalman	50.63	0.17
Khersabad-Doab	52.24	0.15
Pirsalman-Khersabad	69.68	0.14

فواصل مکانی بهینه نمونه‌برداری متغیر شاخص Ec

از بررسی نتایج جدول۷ مشخص است که برای متغیر کیفی EC بهترین فاصله نمونه‌برداری در وضعیت کمبود شدید انتقال اطلاعات (وضعیت کنونی شبکه) حداکثر فاصله ۵۰ کیلومتر است و در این شرایط شبکه دچار کمبود اطلاعاتی است و همچنین رنج تغییرات تقریبی این شاخص در ایستگاه‌های نرمال شبکه، در حدود ٤٥ کیلومتر مناسب به نظر می‌رسد. شاخص ESP نسبت به شاخص Ec حساسیت کمتری داشته و مطابق مقادیر شاخص انتقال اطلاعات و فاصله، تغییرپذیری این شاخص در فواصل کمتر بوده و فواصل حدود ۵۵ کیلومتر برای نمونه‌برداری این شاخص مناسب است. برای شاخص CL فاصله ۵۷ کیلومتر برای این شاخص، انتقال اطلاعات ۰/۱۲ داشته و دچار کمبود شدید است، همچنین فاصله ۵۲ کیلومتر، انتقال اطلاعات مقدار ۰/۱۵ داشته و لذا برای داشتن انتقال اطلاعات در حد قابل‌قبول و اصلاح شاخص انتقال اطلاعات لازم است فواصل کمتر از ۵۰ کیلومتر برای نمونه‌برداری این شاخص در نظر گرفته‌شود. مقادیر شاخص انتقال اطلاعات برای متغیر کیفی منیزیم، در فاصله ۵۲ کیلومتر برابر ۰/۱۵ بوده، در فاصله ٦٩ کیلومتری برابر ۰/١٤ و در فاصله ۵۰ کیلومتری ۰/۱۷ است، با توجه این مقادیر این‌چنین استدلال می‌شود که این شاخص تا فواصل حدود ۵۵ کیلومتر قابل‌اندازه‌گیری بوده و پوشش اطلاعاتی در شبکه وجود دارد.

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی کیفی در فرکانس‌های زمانی و مکانی شبکه ایستگاه‌های هیدرومتری استان کرمانشاه برای هر متغیر کیفی، فاصله‌ای که در آن انتقال اطلاعات بین ایستگاه‌های دیگر وجود ندارد یا ناچیز است، به‌عنوان حداقل فاصله موردنیاز بین ایستگاه‌ها برای اندازه‌گیری آن متغیر کیفی است و درصورتی که فاصله ایستگاه‌ها بیش از این مقدار باشد، سیستم پایش به‌خوبی تغییرات مکانی مقدار متغیرهای کیفی را پوشش نمی‌دهد که انتخاب این متغیرها در واقع بر اساس اول اهمیت و حساسیت الگوی کشت و دوم بر اساس منابع در دسترس به‌منظور رجوع برای تصمیم‌گیری در مرحله وزن‌دهی صورت گرفت. در نهایت فاصله ایستگاه‌ها با توجه به شاخص‌های آنتروپی گسسته در اندازه‌گیری پارامترهای کیفی تعیین گردید. نتایج این پژوهش در هم‌خوانی با نتایج پژوهش کیوم و همکاران[۹] نشان می‌دهد پوشش اطلاعاتی در شبکه پایش کیفی تا فاصله ۵۵ کیلومتری وجود دارد.

منابع

1. Akbarzadeh, M. and Ghahraman, b. 2013. Simultaneous use of entropy and space-time kriging to determine the optimal groundwater quality monitoring network of Mashhad plain. Journal of Water and Soil. 27(3): 613-629.

2. Akhoni Pourhosseini, F. Ebrahimi, K. 2020. Shannon's Entropy Evaluation on Determination of Surface Water Quality, Case Studies: Karun and Babolrood Rivers. Water and Irrigation Management, 9(2): 171-183.

3. Asghari Moghaddam, A. Vadiati, M. 2016. Groundwater Quality Ranking of Sarab Plain for Drinking Purpose Using Entropy Method. Water and Soil Science, 26(3-2): 1-13.

4. Boltzmann, L. 1877. On the nature of gas molecules. The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science 3(18), 320P.

5. Clausius, R. 1867. The mechanical theory of heat: with its applications to the steam-engine and to the physical properties of bodies London: J. van Voorst.

6. Farzi, S. and Golabi, M. and Radmanesh, F. 2019. Determining the optimal cultivation pattern based on water footprint index (Case study: Kermanshah province). Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 13 (3): 588-602.

7. Hao, L. Su, X. Singh, VP. Ayantobo, OO.2017. Spatial Optimization of Agricultural Land Use Based on Cross-Entropy Method. Entropy, 19(11):592.

8. Harmancioglu, N. B. and Alpaslan, N. 1992. Water quality monitoring network design: a problem of multi-objective decision making. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 28(1): 179-192.

9. Keum, J. Kornelsen, KC. Leach, JM. Coulibaly, P. 2017. Entropy Applications to Water Monitoring Network Design: A Review. Entropy.19(11):613. https://doi.org/10.3390/e19110613

10. Khajehzadeh, A. 2005. Optimal design of river quality monitoring system, Master Thesis, Faculty of Environmental Engineering, University of Tehran, 345-352.

11. Mahjorimajd, N. And Karachian, R. 2008. Evaluating the efficiency of river quality monitoring systems using discrete entropy theory, the second conference and specialized exhibition of environmental engineering, University of Tehran: 37-45.

12. Marcus, M. Knapp, H. V. and Tasker, G. D. 2003. Entropy and generalized least square methods in assessment of the regional value of stream gages. Journal of Hydrology, 283: 107-121.

13. Masoumi, F. And Karachian, R. 1386. Optimizing the location of groundwater quality monitoring stations using entropy theory, Journal of Water and Wastewater,9(1): 2-13(IN Persian).

14. Mogheir, Y.and Singh, V. P. 2002. Application of information theory to groundwater quality monitoring networks. Water Resources Management, 16(1): 37-49.

15. Mogheir, Y. De Lima, J. L. M. P. Singh, V. P. 2003. Assessment of spatial structure of groundwater quality variables based on the entropy theory. Hydrology and Earth System Sciences

Discussions, 7(5): 707-721.

16. Mogheir, Y. De Lima, J. L. M. P. Singh, V. P. 2004. Characterizing the spatial variability of groundwater quality using the entropy theory: I. Synthetic data. Hydrological processes, 18(11): 2165-2179.

17. Ozkul, S. Harmancioglu, N. B. Singh, V. P. 2000. Entropy-based assessment of water quality monitoring networks. Journal of hydrologic engineering, 5(1): 90-100.

18. Pang, T.Jiang, J. Sivakuamr, B. Zheng, Y. Zheng, Tong. 2020. The Information Entropy Prisms on Riverine Water Quality Evolution, 22nd EGU General Assembly, held online 4-8

19. Seifipour, K. Mirabbasi, R. Mirzaei, M. 2020. Application of Entropy Theory in Assessing Groundwater Quality Monitoring Network of Sefiddasht. Hydrogeology, 4(2): 63-73.

20. Yazdi, J .2018. Water quality monitoring network design for urban drainage systems, an entropy method, Urban Water Journal, 15(3): 227-233.

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 16, No. 58, Fall 2022
سال شانزدهم- شماره ۵۸- پاییز ۱۴۰۱

Qualitative Assessment of Hydrometric Station Density Kermanshah Province Using the Discrete Entropy

M.Joharipour[1], A.Bafkar[2] and M.Hafezparast Mavaddat[3]

Received: 15-12-2020 Accepted: 24-07-2021

Abstract

Monitoring the quality parameters of the river is very important in the management of surface water resources. One of the effective methods in this field is entropy theory which has a very good capability in designing quality monitoring network. In this research, discrete entropy theory has been studied and monitored in order to qualitatively evaluate the temporal and spatial frequencies of the network of hydrometric stations in Kermanshah province with 16 stations and a 29 years common statistical period. The amount of data transfer between each station and all other stations is calculated in two to determine the information coverage between the network stations. The results showed that Bavleh station on The Gavehrud River in Kermanshah province is the most efficient network station in terms of potential of data giving by getting the highest amount in border entropy ranking. Pirsalman, Ghorbaghestan, Doab-mereg and Khersabad stations were also in good condition in terms of potential for information capture, but Totshami station is in poor condition. Polchehr, Biar, Sarpol-e Zahab and Kamish Road Bridge stations have poor status in terms of potential of giving information, bridge stations, Quantified road bridges and biyar in terms of quality indicators are not suitable and the information coverage of qualitative variables in almost all stations in the field is weak. Information transfer index is deficient throughout the study area and there is a need to revise the network. . In terms of optimal sampling distances, EC variable can maintain the effective quality of this index, considering that it is in a state of severe lack of information transmission (current network situation) up to 50 km distance. Esp index is less sensitive to distance than Ec index and according to data transfer index and distance, the variability of this index is less at distances and distance of 55 km is suitable and for Cl the distance of less than 50 km was obtained for sampling. According to the data transfer index for mg quality variable, there is appropriate information coverage in the network at a distance of 55 km.

Keywords: Discrete Entropy, Crop Pattern, Quality Indexes, Hydrometric Stations, Information Transfer

1.Graduated student, Department of Water Engineering, Faculty of science and agricultural engineering, Razi University, Iran
2. Corresponding author and Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of science and agricultural engineering, Razi University, Iran. Email: alibafkar@yahoo.com
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of science and agricultural engineering, Razi University, Iran