ارزیابی عددی میزان دقت و حساسیت الگوریتم داده‌کاوی و اپریوری در تعیین تأثیر پل‌ها بر وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه شلمان‌رود)

رامتین صبح‌خیز فومنی: *دانشجوی دکتری گروه عمران، دانشکدهٔ فنی مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران*
علیرضا مردوخ‌پور[۱]: *استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران*
مونا مؤمنی: *کارشناس ارشد گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۷)
DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6

چکیده

مورفولوژی رودخانه، علم شناخت سامانهٔ رودخانه از نظر شکل و شکل مسطحِ، مشخصه‌های هیدرولیکی، راستا و نیمرخ طولی بستر و روند و سازوکار تغییرات این مشخصات است. از طریق بررسی ریخت‌شناسی رودخانه، می‌توان شرایط کنونی و توان تغییرات احتمالی آن را در آینده بهتر درک کرد. خصوصیات مورفولوژی با گذشت زمان تغییر می‌کند و تحت‌تأثیر عواملی همچون بده و سرعت جریان، میزان انتقال و خصوصیات رسوب، جنس مواد تشکیل‌دهندهٔ بستر و کناره‌ها، شرایط زمین‌شناسی و عوامل دیگر است. از طرفی، سازه‌های هیدرولیکی انواع مختلفی دارد و استفاده از آنها به نوع منبع آب و هدف مورد استفاده وابسته است. در هر صورت، به طور کلی از مهم‌ترین سازه‌های هیدرولیکی می‌توان به پل‌ها اشاره کرد. احداث پل‌ها در مسیر رودخانه‌ها به بروز تغییرات در رفتار مورفولوژیکی آنها منجر می‌شود؛ بنابراین، در این پژوهش با توجه به اهمیت بررسی ساخت سازه‌های هیدرولیکی بر بستر رودخانه‌ها، مدل‌سازی تأثیر این سازه‌ها بر رفتار مورفولوژی رودخانهٔ شلمان‌رود در استان گیلان بررسی شد. به‌منظور ایجاد مدل، در ابتدا الگوریتم به آنالیز داده‌های ارائه‌شده می‌پردازد تا انواع خاصی از الگوها یا روندها را جستجو کند. سپس از نتایج این آنالیز به‌دفعات استفاده می‌شود تا پارامترهای مطلوب برای ایجاد مدل داده‌کاوی حاصل شود. همچنین برای مقایسهٔ روش مورد استفاده در این پژوهش، از روش داده‌کاوی استفاده شد. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم داده‌کاوی اپریوری در مدل‌سازی تأثیر سازه‌های هیدرولیکی احداث شده بر بستر دو رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود روشی مناسب می‌باشد؛ زیرا هر سه شاخص دقت، حساسیت و ویژگی این الگوریتم از الگوریتم وکا بالاتر است.

واژگان کلیدی: ارزیابی عددی، ریخت‌شناسی، شبکه عصبی مصنوعی، شلمان رود، موانع جریان.

[۱] **نویسندهٔ مسئول :** **Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir**

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

۱ـ مقدمه

امروزه سازه‌های هیدرولیکی به‌عنوان یکی از عوامل دست‌ساز بشر، بر تغییر رفتار مورفولوژی رودخانه‌ها تأثیرات فراوانی دارد. سازه‌های هیدرولیکی که الگوی جریان را در اطراف خود تغییر می‌دهد، ممکن است به بروز آب‌شستگی محلی منجر شود؛ این بدان علت است که تغییر ویژگی‌های جریان (سرعت‌ها یا آشفتگی) به تغییر وضعیت حمل رسوب می‌انجامد که این خود به فقدان تعادل بین ظرفیت واقعی حمل رسوب و ظرفیتی که جریان رسوب را حمل می‌کند، منجر می‌شود. ممکن است در نهایت در پی شرایط هیدرولیکی تطبیق‌یافته با آب شستگی، تعادل جدیدی به وجود آید. از آنجا که اجرای بسیاری از طرح‌های سازه‌ای در رودخانه‌ها بدون در نظر گرفتن عوامل زیست‌محیطی صورت گرفته، این امر دگرگونی زیادی را در شرایط مورفولوژیکی رودخانه‌ها به همراه داشته‌است (Guide to the morphological studies of rivers, 2012). شناخت رفتار رودخانه، اجرای فعالیت‌های سازگار با طبیعت آن و اقدامات مهندسی به‌جا، همواره دغدغهٔ مهندسان درگیر با این رشته بوده و به ابزاری برای شبیه‌سازی پدیده‌های موردنظر در رودخانه نیازمند است. از طرفی، پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی در کاهش خسارت وارد شده به مزارع و شهرها یا تأسیسات در حال ساخت در اطراف رودخانه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (Danandeh Mehr et al, 2010). Asadinia و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی تأثیر پل‌های احداث‌شده بر رفتار هیدرولیکی رودخانهٔ شهر چای ارومیه پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی در کاهش خسارت وارد شده به مزارع و شهر یا تأسیسات در حال ساخت در اطراف رودخانه اهمیت ویژه‌ای دارد. علاوه بر آن، هر اقدامی که بر رودخانه اعمال می‌شود همانند ساخت سازه‌های متقاطع، کاهش عرض رودخانه و افزایش سرعت را در پی دارد. Ahmadi و Noormand (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای، تأثیر تغییر مشخصات جریان رودخانه در مواقع بروز سیلاب را با دوره‌های بازگشت دو تا صد سال، با در نظر گرفتن اقدامات انجام‌شده در رودخانهٔ زنجان‌رود و در مجاورت پل تاریخی میربها بررسی کردند. تحلیل تغییرات سرعت جریان، عدد فرود و شعاع هیدرولیکی رودخانه با جریان‌های مختلف نشان می‌دهد که در صورت بروز سیلاب، سازهٔ تقاطعی احداث‌شده در مجاورت بالادست پل میر بهاءالدین، مقطع ایجادشده در حدفاصل دو پل و بستر کانال سنگی ایجاد شده در محل، خطر تخریب اثر باستانی یادشده را کاهش داده‌است. Karimi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود، با استفاده از شبیه‌سازی دوبعدی و داده‌های سنجش از دور به ارزیابی هیدرودینامیک و مورفولوژی دلتای رودخانهٔ سفیدرود پرداختند. این محققان بیان کردند که هدف از این پژوهش، ارزیابی دینامیک امواج، جریان و روند تغییرات مورفولوژی و خط ساحلی دلتای سفیدرود است. مقایسهٔ نتایج، حاکی از پیشروی خط ساحلی غربی و شرقی دلتا به سمت ساحل و پس‌روی ساحل شمالی به سمت خشکی تحت‌تأثیر توأم کاهش تراز سطح آب دریا و انتقال رسوب است؛ بنابراین، با شناخت رفتار مورفولوژی سواحل دلتا و روند تغییرات تراز سطح آب دریا می‌توان تمهیدات لازم را برای مدیریت و حفاظت از سواحل دلتای سفیدرود انجام داد. Wu و همکاران (۲۰۱۲) برای شبیه‌سازی سرعت پاسخ مورفولوژیکی به آشفتگی‌های سیستم رودخانه‌ای، از چارچوبی کلی استفاده کردند. این مدل‌ها، ویژگی‌های رفتاری سیستم‌های رودخانه‌ای کلرادو و رودخانهٔ زرد را در طی زمان نشان می‌دهند که قسمتی از این آشفتگی‌ها یعنی

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

رسوب‌گذاری در مجرا و کاهش مساحت و دبی مقطع پر، در اثر دخالت‌های انسانی مانند سدسازی، تغییرات کاربری اراضی و برداشت آب برای مصارف کشاورزی و شهری بوده‌است. Alexeevsky و همکاران (۲۰۱۳)، تغییرات مجرای رودخانه‌های بزرگ روسیه را در اثر عوامل طبیعی و انسانی بررسی کردند. نتایج نشان داد که این رودخانه‌ها عمدتاً به مداخلات انسانی حساس بوده‌اند؛ به طوری‌که در صد سال گذشته این عوامل طبیعی بود که به کنترل این تغییرات می‌پرداخت، اما در برخی از بازه‌ها مداخلات انسانی مانند ساخت سازهٔ ذخیرهٔ آب نظیر سدسازی بر مورفودینامیک رودخانه تأثیرگذار بوده‌است. بنابراین هدف از این پژوهش، مدل‌سازی تغییر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود ناشی از تأثیر احداث سازه‌های هیدرولیکی با الگوریتم منحصر به فرد داده‌کاوی اپریوری[1] است.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

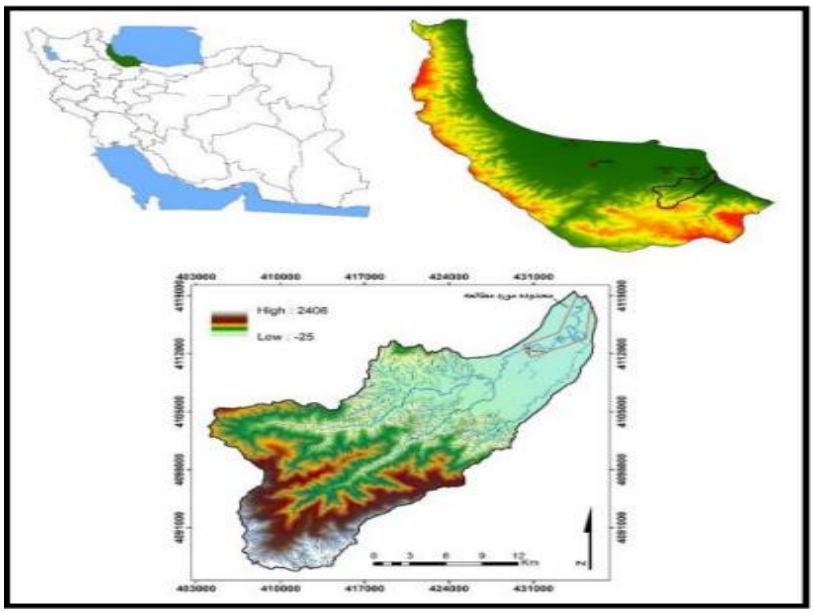
منطقهٔ مورد مطالعه (حوضه آبریز شلمان‌رود) در قسمت شرقی استان گیلان در بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقهٔ شرقی در محدودهٔ بین رودسر و لنگرود قرارگرفته‌است. مساحت حوضه آبریز شلمان‌رود تا دریای خزر، ۴۶۰ کیلومترمربع و حداکثر ارتفاع آن، ۲۴۰۰ متر است. میانگین بارش سالانه در ایستگاه‌های شلمان و کلچال ــ که هر دو ایستگاه در محدودهٔ جلگه‌ای حوضه قرار دارند ــ به ترتیب ۱۱۱۶ و ۱۱۶۸ میلی‌متر است. تقریباً ۴۰ درصد بارش حوضه در فصل پاییز است. میانگین دبی سالانهٔ شلمان‌رود، ۷/۶۶ مترمکعب در ثانیه و میانگین دبی با دوره بازگشت دو ساله، ۱۳۹ مترمکعب در ثانیه است (Ministry of Energy, 2011). پل‌های مورد بررسی در رودخانه‌های مورد سنجش نیز به ترتیب عبارتند از: خشتِ پلِ شلمان‌رود و درازلات. خشت پل شلمان‌رود در شهر شلمان ــ یکی از روستاهای توابع شهرستان لنگرود ــ واقع است که در مسیر اصلی بین شهرستان‌های لنگرود، رودسر و املش قرار دارد. شکل ۱ و ۲، نمایی از پل خشتی و موانع رودخانه را نشان می‌دهد (Ministry of Energy, 2011).



شکل ۱: پل خشتی

[1] Apriori

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]



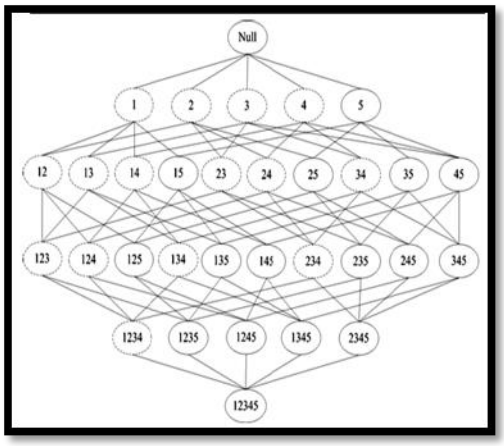
شکل ۲: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شلمان‌رود و محدودهٔ مورد مطالعه

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ الگوریتم اپریوری

این الگوریتم از اولین الگوریتم‌هایی است که از آن برای یافتن مجموعه اقلام مکرر استفاده می‌شود. نام این الگوریتم برگرفته از شیوه‌ای است که از آن استفاده می‌کند. الگوریتم Apriori، یک الگوریتم جستجوی سطحی است که با پایان کاوش در سطح (مرحلهٔ) K ام به مرحلهٔ بعدی K+1 می‌رود. این عمل تا محقق شدن شرط یا شروط پایانی تکرار می‌شود و در مرحلهٔ ام، مجموعه اقلام دوتایی تولید خواهد شد. پس از محاسبهٔ مقدار پشتیبان برای هرکدام و مقایسهٔ آن با مقدار uninsulp، الگوهای مکرر دوتایی شناسایی می‌شود. در مرحلهٔ بعدی، الگوریتم با کمک الگوهای مکرر دوتایی، مجموعه اقلام (K+۱) تایی کاندید را که بالقوه می‌توانند مکرر باشند، تولید می‌کند؛ به همین ترتیب با توجه به مقدار minsup برخی حذف‌شده و مجموعه اقلام مکرر (k+۱) تایی تشکیل خواهد شد. این عمل تا یافتن آخرین مجموعه قلم مکرر ادامه می‌یابد. شکل ۳، کل فضای جستجو را نشان می‌دهد (Krishnan et al, 2018).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]



شکل ۳: فضای جستجو برای یک مجموعه‌ای با پنج قلم داده در الگوریتم Apriori

۳ـ۲ـ شناسایی الگوریتم Apriori

قالب کلی قوانین انجمنی، به‌صورت A آنگاه B بیان می‌شود که نوعی پیشامد هم‌زمان بین A و B را بیان می‌کند. A و B دو مجموعه قلم دلخواه از انباره داده‌ها است که به ترتیب، مقدم و تالی قانون نامیده می‌شود. معیارهای متفاوتی برای سنجش میزان صحت و ارزشمندی قوانین ارائه شده‌است که بر اساس آنها می‌توان قوانین جذاب را از میان مجموعهٔ وسیعی از قوانین ممکن انتخاب کرد. معروف‌ترین و پرکاربردترین این معیارها، دو معیار حداقل درجهٔ پشتیبانی و حداقل درجهٔ اطمینان است. پشتیبانی یک مجموعه شاخص مانند A عبارت است از: نسبت تعداد تراکنش‌های شامل تمام شاخص موجود در A به تعداد کل تراکنش‌ها.

$$Support\ (A \rightarrow B) = \frac{|A \cup B|}{N}$$ رابطهٔ ۱

درجه اطمینان یک قانون A آنگاه B هم به‌صورت نسبت تعداد دفعات تکرار هم‌زمان A و B به تعداد تکرار A به‌تنهایی تعریف می‌شود؛ یعنی کسری از تراکنش‌های شامل A که B را نیز شامل می‌شود.

$$(A \rightarrow B) = \frac{|A \cup B|}{|A|}$$ رابطهٔ ۲

در مجموع، قوانینی مورد قبول است که برای هر دو معیار فوق، مقادیر قابل قبولی داشته باشد. در مرحلهٔ بعد، به استخراج قوانین با پشتیبانی بالاتر از ۲۰ و اطمینان بالاتر از ۵۰ پرداخته می‌شود. پشتیبان، بیانگر آن است که یک مجموعه اقلام چند بار در پایگاه تکرار شده‌است. این مقدار، کسر رکوردهای شامل XUY بر کل تعداد رکوردها در پایگاه داده- است. همچنین اطمینان شامل کسر تعداد تراکنش‌های حاوی XUY به‌کل تعداد رکوردهای شامل **x** است. این مقدار، مقیاسی از استحکام قواعد وابستگی است. اساساً، الگوریتم اپریوری بخش‌هایی از یک پایگاه دادهٔ بزرگ‌تر را دریافت می‌کند و «امتیازدهی» به آنها را انجام می‌دهد، یا آن بخش‌ها را با دیگر مجموعه‌ها به شیوهٔ مرتب‌شده‌ای مقایسه می‌کند.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

از میان ۵۳ قانون انتخاب‌شده، قوانین منتخب با عدد اطمینان و پشتیبانی بالا به‌صورت زیر انتخاب می‌شوند و قوانینی که در محدودهٔ عدد اطمینان و پشتیبانی مناسب نیستند، حذف می‌شوند.

۳ـ۳ـ الگوریتم داده‌کاوی

این الگوریتم، مجموعه‌ای از الگوریتم‌های روز یادگیری ماشینی و ابزارهای پیش‌پردازش داده‌ها است. این نرم‌افزار به گونه‌ای طراحی شده‌است که می‌تواند روش‌های موجود را به سرعت و به صورت انعطاف‌پذیری روی مجموعه‌های جدید داده آزمایش کند. داده‌های مورد استفاده برای تحلیل در این الگوریتم، داده‌هایی است که از آن در الگوریتم اپریوری استفاده می‌شود. مرحلهٔ اول در اجرای الگوریتم، مرحلهٔ KNN است. در این مرحله با اعمال داده‌های تعیین شده در الگوریتم، فرآیند جستجوی نزدیک‌ترین همسایه انجام شد. جستجوی نزدیک‌ترین همسایه ــ که با نام‌های جستجوی مجاورت، جستجوی همسانی یا جستجوی نزدیک‌ترین نقطه نیز شناخته می‌شود ــ یک مسأله بهینه‌سازی برای یافتن نزدیک‌ترین نقطه‌ها در فضاهای متریک است. برای اجرای دسته‌بندی نیز از الگوریتم‌های دسته‌بندی درخت تصمیم استفاده می‌شود. درخت تصمیم از مجموعه‌ای از قوانین ساده تشکیل شده‌است. درخت‌های تصمیم غیر پارامتری است؛ زیرا به هیچ تخمینی از توزیع متغیرهای هر کلاس نیاز ندارد. درخت تصمیم، از یک درخت برای ساخت یک مدل پیش‌بینی (تخمین) استفاده می‌کند که مشاهدات دربارهٔ یک مورد را به نتیجه‌گیری‌هایی دربارهٔ مقدار هدف آن مورد نگاشت می‌کند. بنابراین، از داده‌های آموزشی برای ساخت درخت استفاده می‌شود و در نهایت، در برگ سطح آخر در یک کلاس قرار می‌گیرد. در نرم‌افزار Weka، درخت تصمیم با J48 اجرا شده‌است که J48 یکی از فرمت‌های ID3 است. ویژگی‌های اضافه شده‌ی J48 ، محاسبهٔ ارزش‌های از دست رفته، هرس درخت تصمیم، محدودهٔ مقدار ویژگی مداوم، استخراج قوانین و غیره است. در ابزار داده‌کاوی Weka، J48 یک پیاده‌سازی متن باز جاوا از الگوریتم C4.5 است ... در مرحلهٔ بعد به اعمال الگوریتم Kstar پرداخته شد. برای ارزیابی شاخص‌های به کار رفته نیز از دو پارامتر استفاده شد که پارامتر اول، دقت[1] است. دقت می‌تواند به عنوان یک معیار اندازه‌گیری دقیق تصور شود؛ به عنوان مثال، چه درصدی از تاپل‌های برچسب گذاشته شده در واقع مثبت است. دقت یک پارامتر عمومی است که برای اندازه‌گیری میزان مفید بودن الگوریتم پیشنهادی به کار می‌رود و به صورت رابطهٔ ۳ است.

$$Precision = \frac{T_h \cap T_r}{T_r}$$ رابطهٔ ۳

پارامتر مورد بررسی دیگر، Recall است؛ یک پارامتر عمومی که برای ارزیابی میزان سودمندی الگوریتم پیشنهادی به کار می‌رود و به صورت معادلهٔ ۴ عمل می‌کند. این پارامتر نسبت تعداد رکوردهای بازیابی شدهٔ مرتبط به تعداد کل سوابق مربوطه در پایگاه داده است که معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود.

$$\text{Recall} = \frac{T_h \cap T_r}{T_r}$$ رابطهٔ ۴

[1] Precision

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

در این معادله پارامتر Th، مجموعه اعضای داخل هر کلاس است که توسط فرد باتجربه به دست آمده و Tr، مجموعه اعضای داخل الگوریتم است که توسط سیستم به دست آمده‌است.

۴ـ یافته‌ها

۴ـ۱ـ قوانین استخراج‌شده به کمک الگوریتم اپریوری

در اجرای این الگوریتم، با قرار دادن مورفولوژی رودخانه در قسمت تالی و در نظر گرفتن پارامترهای فاصله از پایین‌دست (برحسب km)، مساحت مقطع عرضی (برحسب m^2)، عرض مقطع پر (برحسب m)، حداکثر عمق مقطع پر (برحسب m)، متوسط عمق مقطع پر (برحسب m) و نسبت عرض به عمق (برحسب m) در سمت مقدم، وارد گام پنجم می‌شود که با قرار دادن عدد حداقل ۲۰ درصد برای معیار پشتیبانی و عدد حداقل ۵۰ درصد برای معیار اطمینان، ۵۱۵ قانون تولید می‌شود که در جدول ۱، تعدادی از آنها نمایش داده شده‌است. مراحل استفاده از این الگوریتم نیز در ادامه شرح داده و دقت قوانین استخراج شده نیز با مقادیر پشتیبان و اطمینان برای هر یک از قوانین استخراج شده سنجیده شد. همچنین برای ورود به گام آخر، تحلیل قوانین به‌دست‌آمده و استخراج قوانین مفیدتر با توجه به معیارهای اطمینان و پشتیبانی، تعدادی از قوانین که جذابیت بیشتری داشتند، انتخاب شدند و این نتایج در جدول ۳ نشان داده شد.

جدول۱: مقادیر وردی خشت پل

پارامتر	فاصله از پایین دست (Km)	مساحت مقطع عرضی m^2	عرض مقطع پر (m)	حداکثر عمق مقطع پر (m)	متوسط عمق مقطع پر (m)	نسبت عرض به عمق (m)
Min	۲/۵	۱۴/۴	۱/۳۱	۸/۱	۴/۲	۰/۳۱
Max	۴/۸	۱۸/۶	۳/۶۸	۱۲/۵	۶/۳	۰/۵۸
Mean	۳/۳	۱۶/۹	۲/۵۲	۱۰/۱	۵/۵	۰/۴۵

جدول ۲: مقادیر وردی دراز لات

پارامتر	فاصله از پایین‌دست (Km)	مساحت مقطع عرضی m^2	عرض مقطع پر	حداکثر عمق مقطع پر (m)	متوسط عمق مقطع پر (m)	نسبت عرض به عمق (m)
Min	۱/۱۱	۱۰/۹	۰/۹۸	۶/۳	۲/۳	۰/۲۲
Max	۳/۶۸	۱۲/۳	۲/۱۵	۹/۵	۵/۹	۰/۴۸
Mean	۲/۷۶	۱۱/۶	۱/۶	۷/۲	۴/۱	۰/۳۶

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

جدول۳: نمایی از شش قانون حاصل از دوازده قانون انتخاب‌شده با جذابیت بیشتر

شمارهٔ قانون	تالی	مقدم	پشتیبانی (٪)	اطمینان(٪)
۱	مورفولوژی رودخانه =G	فاصله از پایین‌دست =G مساحت مقطع عرضی =M عرض مقطع پر =M متوسط عمق مقطع پر =M	۹۳/۵۶	۷۲/۱۴
۲	مورفولوژی رودخانه =G	فاصله از پایین‌دست =G مساحت مقطع عرضی =M عرض مقطع پر =M نسبت عرض به عمق =M	۸۱/۲۵	۸۴/۴۴
۳	مورفولوژی رودخانه =G	فاصله از پایین‌دست =G مساحت مقطع عرضی =M عرض مقطع پر =M حداکثر عمق مقطع پر =M	۷۵/۶۴	۷۹/۳۹
۴	مورفولوژی رودخانه =G	مساحت مقطع عرضی =G عرض مقطع پر =M متوسط عمق مقطع پر =M نسبت عرض به عمق =M	۷۱/۰۲	۷۷/۴۰
۵	مورفولوژی رودخانه =G	مساحت مقطع عرضی =G عرض مقطع پر =M متوسط عمق مقطع پر =M حداکثر عمق مقطع پر =M	۶۸/۴۸	۷۲/۶۵
۶	مورفولوژی رودخانه =G	عرض مقطع پر =G متوسط عمق مقطع پر =M حداکثر عمق مقطع پر =M نسبت عرض به عمق =M	۶۵/۱۴	۷۴/۳۲

۴-۲- مقایسهٔ قوانین به‌دست‌آمده با استفاده از الگوریتم اپریوری

نتایج الگوریتم اپریوری به صورت قانون، استخراج و در جدول ارائه شده‌است. برترین قانون‌ها نیز در جدول‌های بعدی وجود دارد. در این پژوهش، دقت قوانین استخراج شده با مقادیر تالی و اطمینان برای هر یک از قوانین استخراج و بررسی شد. دقت روش نیز از طریق سنجش میانگین اطمینان و شرکت در قوانین استخراجی بررسی شده‌است.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

در جدول ۴، مقایسه‌ای بین شاخص‌های موردنظر ــ از بعد تحلیل‌های آماری و نتایج به‌دست‌آمده از عملیات داده‌کاوی ــ دیده می‌شود که نکات مهمی را در بردارد.

جدول۴: مقایسهٔ قوانین به‌دست‌آمده

ردیف	شاخص	محاسبات آماری		عملیات داده‌کاوی	
		میانگین تأثیرگذاری (٪)		میانگین اطمینان (٪)	میزان شرکت در قوانین استخراجی (٪)
۱	حداکثر عمق مقطع پر	۶۵	G	۹۲	۲۵
۲	نسبت عرض به عمق	۶۱	G	۸۸	۲۴
۳	مساحت مقطع عرضی	۶۰	M	۸۵	۲۱
۴	عرض مقطع پر	۵۸	M	۷۹	۱۵
۵	متوسط عمق مقطع پر	۵۵	M	۷۷	۱۰
۶	فاصله از پایین‌دست	۵۰	M	۷۵	۵

همان‌گونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود، شاخص حداکثر عمق مقطع پر در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۶۵ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۹۲ درصد، بالاترین اثرگذاری یک سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود را نشان می‌دهد. این شاخص در قوانین استخراجی نیز با مقدار ۲۵ درصد بالاترین اثرگذاری را دارد. پس از آن شاخص نسبت عرض به عمق در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۶۱ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۸۸ درصد، میزان اثرگذاری یک سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود است. این شاخص در قوانین استخراجی نیز اثرگذاری با مقدار ۲۴ درصد دارد. سپس شاخص مساحت مقطع عرضی در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۶۰ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۸۵ درصد، دارای اثرگذاری یک سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود است. این شاخص در قوانین استخراجی نیز اثرگذاری با مقدار ۲۱ درصد دارد. در ادامه، شاخص عرض مقطع پر در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۵۸ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۷۹ درصد، دارای اثرگذاری یک سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود است. این شاخص در قوانین استخراجی نیز اثرگذاری با مقدار ۱۵ درصد دارد. همچنین شاخص متوسط عمق مقطع پر در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۵۵ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۷۷ درصد، دارای اثرگذاری سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود است. این شاخص در قوانین استخراجی نیز اثرگذاری با مقدار ۱۰ درصد دارد و در انتها، شاخص فاصله از پایین‌دست در محاسبات آماری با میانگین تأثیرگذاری ۵۰ درصد و در عملیات داده‌کاوی با میانگین اطمینان ۷۵ درصد، دارای اثرگذاری یک سازهٔ هیدرولیکی بر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود است. این شاخص در قوانین استخراجی نیز با مقدار ۵ درصد کمترین اثرگذاری را دارد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

۴-۳- بررسی دقت نتایج حاصل از الگوریتم وکا

بر اساس نتایج، هر قدر میزان دقت یا Precision بیشتر باشد، آن قانون از اولویت و ارجحیت بیشتری برخوردار است. پس قانون شمارهٔ اول که از ترکیب مورفولوژی رودخانه در کنار شاخص نسبت عرض به عمق، مساحت مقطع عرضی و حداکثر عمق مقطع پر شکل گرفته‌است، بالاترین دقت را در میزان اثرگذاری سازه‌های احداث شده بر رفتار مورفولوژیک رودخانه دارد. در جدول ۶، میزان دقت و سودمندی شاخص‌های استفاده شده در الگوریتم وکا بیان شده‌است.

جدول ۶: میزان دقت و سودمند بودن شاخص‌های استفاده شده در الگوریتم

ردیف	شاخص	عملیات داده‌کاوی	
		Precision	(%) Recall
۱	نسبت عرض به عمق	۰/۹۱۹	۲۱/۵
۲	مساحت مقطع عرضی	۰/۸۶۴	۱۹/۳
۳	حداکثر عمق مقطع پر	۰/۸۰۳	۱۷/۸
۴	متوسط عمق مقطع پر	۰/۷۹۵	۱۶/۶
۵	فاصله از پایین دست	۰/۷۴۴	۱۴/۳
۶	عرض مقطع پر	۰/۶۸۱	۱۰/۵

بر اساس نتایج از میان شاخص‌های مورد استفاده، نسبت عرض به عمق از بالاترین دقت و در الگوریتم وکا از بالاترین سود و ارزش برخوردار است. به همین ترتیب شاخص‌های مساحت مقطع عرضی، حداکثر عمق مقطع پر، متوسط عمق مقطع پر، فاصله از پایین‌دست و عرض مقطع پر نیز در این رتبه‌بندی قرار دارد. هر قدر میزان دقت و سودمندی بالاتر باشد، آن شاخص اثرگذاری بیشتری دارد که از میان این شش شاخص، نسبت عرض به عمق از این ویژگی برخوردار است.

۴-۴- مقایسهٔ نتایج حاصل از الگوریتم اپریوری و وکا

برای اینکه مشخص شود کدام یک از دو الگوریتم مورد بررسی اثرگذاری بیشتری دارد، به سنجش میزان دقت، حساسیت و ویژگی دو الگوریتم مورد استفاده پرداخته شد که این موضوع در جدول ۷ بیان شده‌است.

جدول ۷: مقایسهٔ نتایج به دست آمده با روش‌های داده‌کاوی

نام الگوریتم	دقت	حساسیت	ویژگی
الگوریتم داده‌کاوی اپریوری	٪ ۹۵/۲	٪ ۹۳/۵	٪ ۹۴/۷
الگوریتم داده‌کاوی وکا	٪ ۹۴/۶	٪ ۹۱/۶	٪ ۹۳/۱

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

برای تعیین دقت دسته‌بندی، در هر کدام از این دسته‌ها علاوه بر دقت، به میزان صحت یا میزان حساسیت ــ که برای هر کدام از الگوریتم‌های موجود قابل محاسبه است ــ نیز توجه شد. در واقع این معیار، درصد موفقیت روش دسته‌بندی-کننده را در تشخیص نمونه‌های مربوط به هر کدام از دسته‌ها نشان می‌دهد. میزان فراخوانی با ویژگی که همانند معیار قبل برای هر کدام از دسته‌های موجود محاسبه می‌شود، درصد قابلیت اعتماد به خروجی روش دسته‌بندی‌کننده را نشان می‌دهد. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم داده‌کاوی اپریوری در مدل‌سازی تأثیر سازه‌های هیدرولیکی احداث شده بر بستر دو رودخانهٔ شلمان‌رود و پل‌رود مناسب است؛ زیرا هر سه شاخص دقت، حساسیت و ویژگی این الگوریتم بالاتر از الگوریتم وکا است.

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

برای بررسی کارایی این الگوریتم‌ها نسبت به سایر روش‌های ارائه شده در جهت تأثیر سازه‌های هیدرولیکی احداث شده بر رفتار مورفولوژیک رودخانه‌ها، به مقایسهٔ این الگوریتم با سایر روش‌های مدل‌سازی اثر سازه‌ها بر رفتار مورفولوژیک رودخانه‌ها پرداخته شد. تأکید نوآوری این پژوهش مدل‌سازی در زمینهٔ تغییر رفتار مورفولوژیک رودخانهٔ شلمان‌رود، ناشی از تأثیر احداث سازه‌های هیدرولیکی با الگوریتم منحصر به فرد داده‌کاوی Apriori است. نتایج موردی این پژوهش عبارتند از:

۱ــ مقایسهٔ قوانین به دست آمده با استفاده از الگوریتم اپریوری نشان داد که از میان دوازده شاخص مورد بررسی در عملیات داده‌کاوی، به ترتیب شاخص‌های حداکثر عمق مقطع پر با میانگین اطمینان ۹۲ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۲۵ درصد در رتبهٔ اول قرا دارد. به ترتیب نسبت عرض به عمق با میانگین اطمینان ۸۸ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۲۴ درصد در رتبهٔ دوم، شاخص مساحت مقطع عرضی با میانگین اطمینان ۸۵ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۲۱ درصد در رتبهٔ سوم، شاخص عرض مقطع پر با میانگین اطمینان ۷۹ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۱۵ درصد در رتبهٔ چهارم، شاخص متوسط عمق مقطع پر با میانگین اطمینان ۷۷ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۱۰ درصد در رتبهٔ پنجم و شاخص فاصله از پایین دست با میانگین اطمینان ۷۵ درصد و میزان شرکت در قوانین استخراجی با میانگین ۵ درصد در رتبهٔ ششم قرار دارد. Royal و Reynolds (2020) در پژوهش خود با استفاده از الگوریتم داده‌کاوی کلونی مورچگان، به بررسی پاسخ مورفولوژیکی به کاهش تخلیه در کانال نیمه رها شدهٔ رودخانهٔ کاتابا در ایالت‌های کارولینای شمالی در کشور آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که سطح مقطع کانال، عمق کانال و حجم مقدار آبی که در آن جابه‌جا می‌شود، به تغییرات موروفولوژیکی در رودخانهٔ مورد بررسی منجر شده‌است که این موضوع با نتایج پژوهش حاضر تطابق دارد. اما تفاوت میان این دو نتیجه به بالا بودن تعداد پارامترهای بررسی شده بازمی‌گردد.

۲ــ از الگوریتم دیگری نیز برای بررسی تأثیر سازه‌های احداث شده بر رفتار مورفولوژیک رودخانه‌های سنجش شده استفاده شد که الگوریتم وکا است. الگوریتم وکا مجموعه‌ای از روش‌ها را در برمی‌گیرد؛ از جمله دسته‌بندی، خوشه‌بندی،

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

قوانین انجمنی و انتخاب ویژگی. بر اساس این الگوریتم، ده قانون از مجموعه داده‌های استفاده شده استخراج شد که به ترتیب قانون اول با دقت ۰/۸۸۳ شامل مورفولوژی رودخانه، نسبت عرض به عمق، مساحت مقطع عرضی و حداکثر عمق مقطع پر است. قانون دوم با دقت ۰/۸۶۷ شامل مورفولوژی رودخانه، مساحت مقطع عرضی، عرض مقطع پر و فاصله از پایین‌دست و قانون سوم با دقت ۰/۷۶۹ شامل شاخص‌های مورفولوژی رودخانه، مساحت مقطع عرضی، عرض مقطع پر و حداکثر عمق مقطع پر است. بر اساس نتایج به دست آمده از میزان دقت و سودمندی شاخص‌ها، شاخص نسبت عرض به عمق دارای سودمندترین حالت در قوانین استخراجی است (Jun et al, 2020). در پژوهشی دیگر، بر اساس الگوریتم داده-کاوی وکا به تأثیر احداث سازه‌ها بر تغییرات مورفولوژیکی در رودخانهٔ گاگوک واقع در ساحل شرقی کره پرداخته شد. نتایج نشان داد که آنها با استفاده از الگوریتم داده‌کاوی وکا و روش رگرسیونی ــ که شامل برازش منحنی، پیش‌بینی، مدل‌سازی روابط علمی و آزمایش فرضیه‌های علمی در زمینهٔ روابط بین متغیرها است ــ توانستند شش قانون را بین احداث سازه با رفتار مورفولوژیک رودخانه ارائه دهند؛ در حالی که براساس الگوریتم اپریوری به استخراج دوازده قانون پرداخته شد که این امر بیانگر ارجحیت این الگوریتم است.

منابع

1. Ahmaddar, R.; Ahmadmir, S.; & S. Ahmad Romshoo, 2019. Influence of geomorphic and anthropogenic activities on channel morphology of River Jhelum in Kashmir Valley, NW Himalayas, *Quaternary International*, 570 (11), 333-341.

2. Ahmadi, S. B., & B. Normand., (2016). Analysis of the Impact of Structural and Non-Structural Measures in Zanjan River on the Historic Bridge of Mir Bahauddin. Conference on Civil Engineering. Architecture and Urban Planning of Islamic World Countries. Tabriz. Tabriz University Shahid Madani University of Azerbaijan - Tabriz Municipality University of Applied Sciences. (in persian)

3. Alexeevsky, N. I.; Chalov, R. S.; Berkovich, K. M.; & S. R. Chalov, 2013. Channel changes in largest Russian rivers: natural and anthropogenic effects, *International Journal of River Basin Management*, 11 (2), 175- 191.

4. Asadinia, A.; Mohammadi, M.; & F. Vojoudi Mehrabani, 2016. Investigation of the effect of constructed stairs on the hydraulic behavior of the inner city river (Case study: Shahrchay river), *Journal of Construction Engineering and Management*, First Year, Fourth Issue, Winter. (in persian)

5. Bisoyi, N.; Gupta, H.; Padhy, N. P.; & G. J. Chakrapani, 2019. Prediction of daily sediment discharge using a back propagation neural network training algorithm: A case study of the Narmada River, India, *International Journal of Sediment Research*, 34 (2), 125-135.

6. Christner, J., 2009. An assessment of land use impacts on channel morphology in a western Minnesota watershed, ProQuest, Ph.D thesis. Faculty of the Graduate School, The University of Minnesota.

7. Danandeh Mehr, A., & Gh. Niksefat., (2010). Principles of River Engineering, Dibagaran Publications, Tehran, Iran.100 (in persian)

8. Guide to the morphological studies of rivers, 2012. Publication No. 592, Ministry of Energy (in persian)

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

9. Jun, K. W.; Kim, S. D.; Lee, H. J.; & J. H. Choi, 2020. Monitoring of Morphological Changes in an Estuary based on Time-Series Analysis of Sediment Discharge Using a Hydrophone, *Journal of Coastal Research*, 95, 516–521.
10. Karimi, M.; Valisamani, J.; & M. Mazaheri, 2015. Hydrodynamics and morphology evaluation of Sefidrood river delta using two-dimensional simulation and remote sensing data, *Journal of Oceanography*, 9 (33), 1-12 (in persian).
11. Kong, D.; Latrubesse, E. M.; Miao, C.; & R. Zhou, 2020. Morphological response of the Lower Yellow River to the operation of Xiaolangdi Dam, China, *Geomorphology*, 350 (5), 106-119.
12. Krishnan, R.; Shineraj, G.; & K. Anver Muhammed, 2018. Application of Data Mining, *IJCSN International Journal of Computer Science and Network*, 15, 2277-5420.
13. Li, X.; Zhou, Y.; Zhang, L.; & R. Kuang, 2014. Shoreline change of Chongming Dongtan and response to river sediment load: A remote sensing assessment, *Journal of Hydrology*, 511, 432-442.
14. Mendoza, A.; Soto-Cortes, G.; Priego-Hernandez, G.; & F. Rivera-Trejo, 2019. Historical description of the morphology and hydraulic behavior of a bifurcation in the lowlands of the Grijalva River Basin, Mexico, *Catena*, 176 (5), 343-351.
15. Mahapatra, M.; Ratheesh, R.; & Rajawat, 2013. Shoreline change monitoring along the south Gujarat coast using remote sensing and GIS techniques, *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 3(2), 115-120.
16. Ministry of Energy, 2011. Shalman Rud River morphology report, Guilan Regional Water Company, 38 (in persian).
17. Ostadi, F.; Majdzadeh Tabatabai, M.; & S. Ali Mohammadi, 2015. Optimization model for designing the dimensions of river breakwaters and its role in morphological stabilization of the river, *Journal of Hydraulics*, 9 (4), 55-72. (in persian).
18. Reynolds, F., & D. Royall., (2020). Morphological Response to Discharge Reduction in a Partially Abandoned Channel of the Catawba River, North Carolina, USA. *Geomorphology*. 351 (7), 106-119.
19. Vakil Monfared, K., & N. Josheideh., (2015), Study of morphological changes of Anzali port coastline before and after port development, 3rd International Congress of Civil Engineering. Architecture and Urban Development. Tehran. Permanent Secretariat of International Congress of Civil Engineering. Architecture and Urban Development. Shahid Beheshti University. (in persian)
20. Zakharova, E.; Nielsen, K.; Kamenev, G.; & A. Kouraev, 2020. River discharge estimation from radar altimetry: Assessment of satellite performance, river scales and methods, *Journal of Hydrology*, 583 (2), 124-135.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

Numerical Evaluation of the Accuracy and Sensitivity of Data Mining and a priori Algorithm in Determining the Effect of Bridges on the Morphological Status of the River (Case Study: Shalman River)

Ramtin Sobhkhiz Foumani**:** *PhD Student of Civil Engineering Department, University of Qom, Qom, Iran*
Alireza Mardookhpour[1]**:** *Assistant Professor of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*
Mona Momeni**:** *M.sc of Civil Engineering Department, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*

Article History (Received: 2021/05/26 **Accepted:** 2021/9/8**)**

Extended Abstract

1- Introduction

Changes in river pattern is one of the most important issues of river engineering that affects the activities and structures of the river bank. It is important to study the morphological changes of river channels in order to find appropriate control solutions to solve the dynamic problems of these areas. The morphology of the riverbed pattern over time is a function of various factors such as geological formations, flood discharge, changes caused by human factors, vegetation, topography and tectonic movements. Statistical studies of river patterns have presented the morphology of a number of geostatistical rules. In this regard, the sinusoidal pattern of the riverbed depends on the dominant role of processes and a set of factors that are applied over time. A hydraulic structure refers to a structure in which all or part of the body of water is in contact with water in a way that changes the natural flow of water. These structures are used for purposes such as transmission, energy dissipation and flow cessation. There are different types of hydraulic structures and their use depends on the type of water source and the purpose used. In any case, in general, stair is one of the most important hydraulic structures. The construction of bridges in the course of rivers causes changes in the morphological behavior of rivers.

2- Methodology

The two most important rivers in Gilan province are Plorud and Shalmanrud located in the east of Gilan. Data mining algorithm was used to model the effect of hydraulic structures. The algorithm determines the method used to search for the pattern in the data and is, in fact, like a mathematical procedure for solving a particular problem. Data mining algorithms refer to a set of inferences and calculations that provide a model of the data. In order to create a model, the algorithm first analyzes the presented data to search for specific types of patterns or trends. It then uses the results of this analysis several times to achieve the desired parameters to create a data mining model. In the next step, these parameters are used to extract accurate operational patterns and statistical processes in the entire data set. One of the most efficient algorithms used in the data mining process is the use of a priori algorithm. For modeling through a priori algorithm, six parameters of distance from bottom to bottom, cross-sectional area, full cross-section width, maximum full cross-sectional depth, average full cross-sectional depth and width-to-depth ratio were used. Another algorithm used to investigate the effect of constructed structures on the morphological behavior of measured rivers is Veca algorithm. The Weka algorithm consists of a set of methods such as categorization, clustering, and association rules and feature selection. In categorization, each data is assigned to a predefined class, but in clustering there is no information about the classes in the data. Therefore, considering the importance of investigating

[1] **Corresponding Author: Alireza.mardookhpour@liau.ac.ir**

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]

construction of hydraulic structures on riverbeds, modeling the effect of hydraulic structures on the morphological behavior of Shalmanrud River in Guilan province will be evaluated in this study.

3- Result

Of the 53 rules obtained, 12 were more attractive and accurate based on the data. Comparison of the rules obtained by using the a priori algorithm showed that among the six indicators measured in data mining operations, the indicators of maximum depth of section with average confidence of 92% and 25% of the participation rates in the extractive laws are in the first place; width to depth ratio with an average confidence of 88% and 24% participation rate in extractive laws is in the second rank; cross-sectional area index with an average confidence of 85% and 21% participation rate in extraction laws is in the third place; full cross-sectional index with an average 79% confidence and 15% participation rate in extractive laws is in the fourth rank; average depth of full section with an average confidence of 77% and 10% participation rate in extraction laws is in the fifth rank and downstream distance index with an average confidence of 75% 55 Percentage of participation in extraction laws is in the sixth place. Based on this algorithm, ten rules were extracted from the data set used. The first rule with an accuracy of 0.883 includes river morphology, width-to-depth ratio, cross-sectional area and maximum full cross-sectional depth. The second law with an accuracy of 0.867 includes river morphology, cross-sectional area, full cross-sectional width and distance from the downstream. The third rule with 0.769 accuracy includes river morphology, cross-sectional area, full cross-sectional width and maximum full cross-sectional depth. Based on the results obtained from the accuracy and usefulness of the indicators, the width-to-depth ratio index has the most beneficial mode in the extraction rules.

4- Discussion and Conclusion

In order to determine which of the two tested algorithms is more effective, the accuracy, sensitivity and specificity of the two algorithms used were measured along with the accuracy, sensitivity and specificity that can be used for each of the available algorithms. These indices were calculated to determine the accuracy of the classification for each of the categories. In fact, this criterion indicates the success rate of the classifier method in identifying samples related to each category. The call rate with the attribute, which is calculated as the a priori criterion for each of the available categories, shows the percentage of reliability of the output of the classifier method. In general, the results indicated the appropriateness of using the a priori data mining algorithm in modeling the impact of hydraulic structures on the bed of the two rivers Shalmanerood and Plerood because all three indicators of accuracy, sensitivity and specificity of this algorithm were higher than the Weka algorithm.

Key Words: Artificial neural network, Flow barriers, Morphology, Numerical evaluation, Shalman River

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.2.6]