بررسی و شناخت ویژگی‌های عمومی رودخانه‌های استان خراسان رضوی در زیرحوزه‌های کویر مرکزی، کویر نمک و نمکزار خواف

سید حسین رجائی[1*]، کاظم اسماعیلی[2]، علی باقریان کلات[3]، زهره شیبانی‌زاده[4]، علی واحدی طرقی[5]

۱ و ۳- محقق بخش تحقیقات آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی *(h.rajaei@areeo.ac.ir)*

۲- دانشیار گروه مهندسی آب – دانشگاه فردوسی مشهد

۴ و ۵- کارشناس بخش تحقیقات آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

چکیده

بررسی و شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها در حوضه‌های آبخیز یکی از الزامات مدیریت کلان منابع اب است. در این تحقیق ضمن بررسی حوضه‌های آبریز اصلی کشور بر اساس تقسیم‌بندی تماب در نیمه جنوبی استان خراسان شامل حوضه کویر مرکزی، کویر نمک و نمکزار خواف، اطلاعات عمومی رودخانه‌ها و مسیل‌های موجود تدوین و استخراج شده است. تعداد ۴۲ زیر حوضه آبریز در این تقسیم‌بندی وجود دارد که اطلاعات به تفکیک برای هر زیرحوضه تدوین شد. شبکه آبراهه‌ها بر اساس نقشه‌های مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ بطور کامل براساس توپوگرافی زمین تدقیق شده و در محیط GIS پردازش شد. بر اساس نتایج حاصل در این سه حوضه مجموعاً ۲۱۲۰۴/۵ کیلومتر آبراهه وجود دارد. از این مقدار ۶۳/۳ درصد آبراهه مستقیم، ۳۶/۷ درصد آبراهه شریانی است. در این حوضه‌ها آبراهه با مسیر پیچانرودی وجود ندارد. همچنین ۵۵/۹ درصد آبراهه‌ها جوان، ۳۶ درصد بالغ و ۸/۱ درصد نیز آبراهه پیر هستند. رژیم جریان رودخانه‌های استان در این سه حوضه اصلی، رژیم فصلی و سیلابی است.

واژه‌های کلیدی: پلان رودخانه، حوضه آبخیز، حوضه شرق ایران، طبقه‌بندی رودخانه، فلات مرکزی

مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تأمین کننده آب در هر منطقه به عنوان شریان اصلی حیات در اکوسیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند. حفاظت و بهره برداری به‌ینه از آنها و همچنین حراست از بستر و حریم رودخانه‌ها از مهم‌ترین مسئولیت‌های بهره‌برداران در یک حوضه‌ی آبخیز می‌باشد. چنانچه این مواهب خدادادی به طور مطلوبی حفظ نشوند، خسارات اقتصادی و اجتماعی را در پی دارد. به طور کلی حفظ منابع طبیعی می‌تواند ضمن تأمین پایداری رژیم آبی رودخانه‌ها و ویژگی‌های هندسی رودخانه‌ها، موجب بهره‌برداری به‌ینه از منابع طبیعی را فراهم کند. این عمل جز با برنامه ریزی و مدیریت صحیح امکان ندار د (تلوری، ۱۳۸۳). یکی از مهمترین عوامل در مدیریت حوضه‌های آبخیز، داشتن اطلاعات مناسب و کافی و شناخت شرایط و ویژگی‌های خاص هر حوضه است. در خصوص مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبخیز، ویژگی‌های عمومی رودخانه ها و مسیل‌های موجود در یک حوضه در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مدیران بسیار

اهمیت دارد. سطح برنامه‌ریزی در هر مسئله باتوجه به گستردگی حوزه مدیریتی متفاوت است. در خصوص مدیریت رودخانه‌ها در بعد کلان ملی و منطقه‌ای در هر استان لزوم شناخت کلی از وضعیت رودخانه‌ها از الزامات تصمیم‌گیری است. از مباحث عمده و مهم در علم مهندسی رودخانه، شناخت سیستم رودخانه است که از نظر شکل کلی، ابعاد هیدرولیکی، رژیم طولی و نیز روند مکانیزم تغییرات آن، ریخت شناسی رودخانه نامیده می‌شود، به عبارت دیگر عواملی مانند زمین شناسی، تکتونیکی و توپوگرافی بر مورفولوژی رودخانه‌ها و پیش بینی روند تغییرات رودخانه‌ای تأثیر دارند. برخورد با رودخانه باید کاملاً هوشیارانه و مبتنی بر قواعد خاص حاکم بر آن باشد، زیرا هر گونه تغییر هرچند موضعی در ساختار رودخانه موجب یکسری تحولات جدید در محدوده گسترده‌تری از آن خواهد بود که لازم است قبل از اعمال هر نوع اقدامی، عکس‌العمل رودخانه به آن پیش‌بینی گردد(عباسی، ۱۳۸۸). در راستای شناخت ویژگی‌ها و مشخصات رودخانه‌های کشور طرح پژوهشی "بررسی و شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها و مسیل‌های استان خراسان رضوی" در قالب یک طرح ملی در استان خراسان رضوی به انجام رسید این پژوهش در چهار زمینه‌ی ویژگی‌های عمومی رودخانه‌ها، فرسایش و رسوب، پوشش گیاهی و سازه به انجام رسیده است. در این مقاله سعی شده است در قالب بخشی از این طرح، ویژگی‌های عمومی رودخانه‌ها و مسیل‌های استان خراسان مورد بررسی و ارزیابی قرارگیرد. نتایج این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر مدیران در برنامه‌ریزی‌ها و کارهای اجرایی کمک کند.

مروری بر منابع

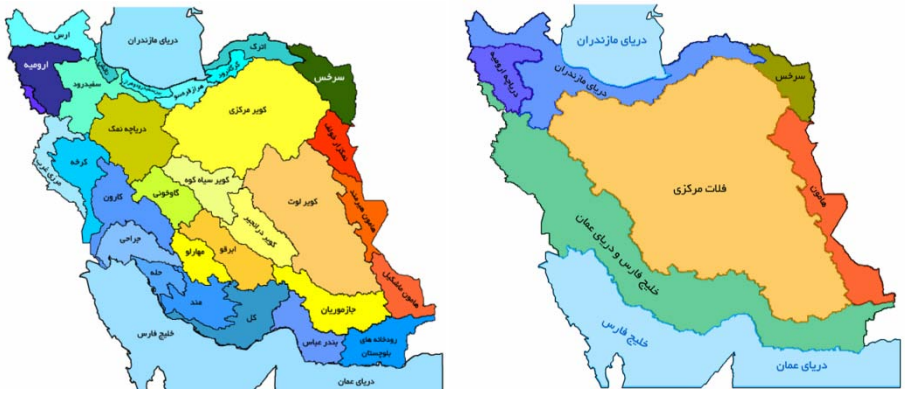
شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها ابتدا مبتنی بر درک مفاهیم اولیه هندسه و هیدرولیک رودخانه‌ها بود. در این رابطه لین (۱۹۵۵) تغییرات مورفولوژی رودخانه ناشی از اصلاح آن و تغییر دبی آب و رسوب را مطالعه نمود. گزارش‌های مشابه و جامع‌تری برای بیان واکنش‌های رودخانه نسبت به تغییر شرایط حاکم بر آن، به وسیله مادوک و لئوپولد(۱۹۵۳)، شیوم(۱۹۷۱) و سانتوس و کایادو(۱۹۷۲) ارائه شده است. نتیجه کلی تحقیقات موارد عمومی در خصوص روابط دبی آب و دبی رسوب، رابطه ابعاد جریان و دبی، نسبت عمق و عرض جریان، رابطه دبی رسوب و شیب رودخانه و پلان مسیر رودخانه را بیان می‌کرد. لئوپولد و میلر(۱۹۵۶) وضعیت هیدرولیکی - هندسی بخش‌های پایاب رودخانه‌های فصلی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند در یک دبی با دوره بازگشت ثابت غلظت رسوبات معلق بر ابعاد هندسی پایین دست مؤثر است. روزگن(۱۹۹۴) انواع رودخانه‌های همگن را در کانادا و نیوزلند طبقه‌بندی کرد. در این طبقه‌بندی براساس ۷ عامل عمده‌ی مورفولوژیکی جریان در بازه‌های همگن تقسیم شد و با استفاده از سیستم طبقه بندی سلسله مراتبی، رودخانه‌ها مورد تقسیم‌بندی قرار گرفت. پارسونز و همکاران(۲۰۰۲) با مرور کلی روش‌های ارزیابی فیزیکی رودخانه، سیستم طبقه بندی رایج در استرالیا را مورد بررسی قراردادند. آنها همچنین توانایی انطباق سیماهای ذاتی ژئومورفولوژی و شرایط حاکم بر رودخانه‌های استرالیا را مورد ارزیابی قرار دادند. مکدول و هیوز(۲۰۰۳) پس از طبقه بندی کانال‌های رودخانه‌ای و رقومی کردن عکس‌های هوایی در محیط GIS با پردازش داده‌های رقومی، سیستم طبقه‌بندی جدیدی ارائه کردند. در خصوص طبقه‌بندی رودخانه‌ها راموس و جوناس(۲۰۱۰) موضوع را با رویکرد سیستمی جامع مورد بررسی قرار دادند و موضوعات مختلف اعم از هیدرولیک جریان، فرسایش و رسوب، اکوسیستم رودخانه و مورفولوژی را دریک فرایند جامع ضامن موفقیت دانستند. حسینی و همکاران(۱۳۸۵)، یک طرح تحقیقاتی با عنوان «بررسی ویژگی‌های رودخانه‌ها و مسیل‌های کشور» را در ۱۰ استان کشور در سه مرحله انجام دادند. در مرحله نخست نقشه های پایه توپوگرافی، زمین شناسی و...مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، در مرحله دوم، اطلاعات جمع آوری شده با در نظر گرفتن شاخص‌های تخصصی و بر اساس ویژگی‌هایی مانند مورفولوژی رودخانه، پوشش گیاهی اطراف رودخانه، نوع فرسایش، رژیم رودخانه، سیل و... دسته‌بندی کردند. در مرحله سوم، بر اساس دسته بندی‌های انجام گرفته و با توجه به سیاست گذاری‌های توسعه‌ای کشور، اولویت‌های تحقیقاتی و اجرایی مهندسی رودخانه در هر یک از مناطق مورد مطالعه ، ارائه دادند. بوستانی و اسماعیلی(۱۳۹۴) ضمن بررسی رویکردهای علم مهندسی رودخانه در گذشته و چشم انداز

آینده آن، بیان می‌کنند که مهندسی رودخانه عموماً می‌تواند به عنوان کاربرد عملی علوم مرتبط با مهندسی آب برای شناخت رفتار رودخانه‌ها در آینده تعریف شود. متخصصین این حوزه در حال حاضر باید بر علومی نظیر هیدرولوژی، هیدرولیک مجاری روباز، مدلهای فیزیکی و هیدرولیکی، هیدرولیک رسوب و سازه‌های هیدرولیکی احاطه‌ی کامل داشته باشند. بافینگتون و مونتگموری(۲۰۱۳) انواع طبقه‌بندی رودخانه‌ها را در دو گروه عمده توصیفی و فرایندی تقسیم کردند. بر اساس نظر آنها اکثر روش‌های طبقه‌بندی موجود در گروه طبقه‌بندی توصیفی قرار می‌گیرند. هر چند در این روش‌ها بررسی‌های کمی و اندازه‌گیری انجام می‌شود ولی فرایندی که مولد وضع موجود باشد مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد. هابرساک و همکاران(۲۰۱۶) موضوع چالش‌های مدیریتی در یک حوضه رودخانه را بررسی کردند و به عنوان نمونه رودخانه دانوب را مبنای مطالعه قرار دادند. در این تحقیق تغییرات مورفولوژیک رودخانه در طی سال‌های گذشته بررسی شد. نتایج نشان داد بر اساس تغییرات ایجاد شده باید محدوده‌ی رودخانه دانوب به چهار بازه مختلف تقسیم شود و در مدیریت آنها بصورت جداگانه طرح‌های اجرایی تعریف شود. استفاده از دانش‌های نوین در مدیریت رودخانه‌ها نیز ازجمله مباحث مرتبط با رودخانه‌ها و مسیل‌ها در یک حوضه است. در این خصوص می‌توان به مطالعات سیویگلیا و کروساتو(۲۰۱۶) اشاره کرد که موضوع روش‌های عددی در مدل‌سازی مورفودینامیک رودخانه را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها مدل‌های مورفودینامیکی موجود را بررسی کردند. بر اساس نظر آنها عدم اطمینان در نتایج مدل‌های مورفودینامیکی هنوز وجود دارد. آنها نیاز این مدل‌ها به طیف وسیعی از اطلاعات زمانی و مکانی اولیه به عنوان ورودی مدل را علت این امر بیان کردند. چاکرابورتی(۲۰۱۷) تغییرات پیرامونی رودخانه کوما در کیوشو ژاپن را مورد بررسی قرار داد و نشان داد تغییر سبک زندگی از حالت سنتی به زندگی مدرن در حوضه رودخانه کوما در طی دهه‌های گذشته چه تغییراتی در شرایط اکوسیستمی رودخانه و همچنین حاشیه و مورفولوژیک رودخانه داشته است. وی‌آل و کوک(۲۰۱۷) موضوع مدیریت یکپارچه رودخانه را به عنوان رویکرد نوین مهندسی رودخانه بیان و به عنوان نمونه روند تاریخی مدیریت رودخانه بزرگ (Grand River) در جنوب آنتاریو از دهه ۱۹۳۰ تا کنون را به بحث گذاشتند. و چهار دوره اصلی در مدیریت این رودخانه در کانادا را بیان کردند.

آنچه تا کنون بیان شد نشان می دهد مدیریت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها و مسیل‌ها نیازمند جامع‌نگری در همه ابعاد است و در این خصوص داشتن اطلاعات کافی و بانک جامع اطلاعات در زمینه‌های مختلف مرتبط با رودخانه از ضروریات است. در تحقیق حاضر با نگاه کلی به روش‌های قبلی سعی شده است ویژگی‌های کلی رودخانه‌های استان بر اساس مفاهیم پایه بررسی شود و بانک اطلاعاتی مربوطه فراهم گردد تا در تحقیقات آتی بسته به اهداف پژوهش‌های مختلف از آن استفاده شود. قطعاً این تحقیق نیاز به تکمیل اطلاعات در سایر بخش‌ها و فرایندهای مرتبط با رودخانه‌های استان خواهد داشت. در این مقاله ویژگی‌های عمومی رودخانه‌ها و مسیل‌های استان در نیمه جنوبی استان که از نظر اقلیمی مشابهت دارند در سه حوضه آبریز کویر مرکزی، کویر نمک و نمکزار خواف ارائه شده است.

مواد و روشها

شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها و مسیل‌های استان خراسان بر اساس تقسیمات حوضه‌های اصلی آبریز کشور طی دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول مطالعات در حوضه آبریز قره‌قوم و حوضه اترک در سال ۱۳۸۵ انجام شد و در مرحله دوم مابقی مساحت استان که با حوضه‌های آبریز فلات مرکزی و حوضه شرق کشور منطبق بود مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا مبنای تقسیمات حوضه‌های آبریز ارائه می‌شود. بر اساس تقسیم‌بندی انجام شده توسط موسسه تحقیقات منابع آب کشور (تماب)، حوضه‌های اصلی آبریز ایران به شش حوضه تقسیم شده است که عبارتند از ۱- حوضه آبریز دریای مازندران، ۲- حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان، ۳- حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ۴- حوضه آبریز فلات مرکزی، ۵- حوضه آبریز شرق کشور و ۶- حوضه آبریز قره‌قوم(سرخس). این شش حوضه در تقسیم‌بندی رتبه دو به ۳۰ زیرحوضه دیگر تقسیم شده است. شکل ۱ وضعیت این شش حوضه رتبه ۱ و رتبه ۲ را نشان می‌دهد.



(ب) (الف)

شکل ۱- (الف) حوضه‌های شش‌گانه رتبه یک، (ب) حوضه‌های رتبه دو

این حوضه‌ها بر اساس شرایط توپوگرافی و شبکه‌ی آبراهه‌ها به ۶۰۹ واحد مطالعاتی کوچکتر تقسیم شده است. در آخرین تقسیم‌بندی ۱۱۱۷ حوضه آبریز مستقل که عمدتاً منطبق بر دشت‌های کشور است، در این واحدهای مطالعاتی تفکیک شده است. مبنای برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای در خصوص مسائل آب بر مبنای این حوضه‌های ۱۱۱۷گانه است. در فعالیت‌های اجرایی در مقیاس محلی و شهرستانی متناسب با موضوع، حوضه‌های آبریز کوچکتر تعریف و مطالعه می‌شود. استان خراسان رضوی بر اساس این تقسیمات با پنج حوضه از حوضه‌های آبریز رتبه دو شامل ۱- قره قوم، ۲- اترک، ۳- کویر مرکزی، ۴- کویر نمک و ۵- نمکزار خواف تلاقی دارد. شکل ۲ وضعیت استان در این‌خصوص و جدول ۱ مساحت هریک از این بخش‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۲- وضعیت حوضه‌های آبریز اصلی کشور در استان خراسان رضوی

جدول ۱- مساحت حوضه‌های آبریز در استان

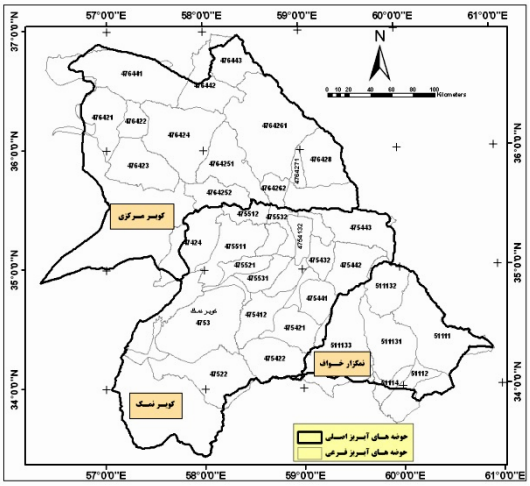
نام حوضه	مساحت حوضه (Km^2)
اترک	۱۸۱۲/۷۹
قره‌قوم	۴۳۷۶۴/۴۲
کویر مرکزی	۳۵۰۸۷/۷۹
کویر نمک	۲۳۰۸۵/۰۹
نمکزار خواف	۱۱۷۷۷/۲

در این مطالعه بخش جنوبی استان که از نظر اقلیمی مشابه یکدیگر هستند و شامل حوضه‌های کویر مرکزی، کویر نمک و نمکزار خواف می‌شود، ارائه شده است. تقسیم بندی نتایج مطالعات نیز بر اساس کوچکترین تقسیمات حوضه‌های آبریز انجام شده است. باتوجه به عدم انطباق مرز حوضه‌های آبریز با حدود تقسیمات کشوری استان، حوضه‌هایی که بیش از ۵۰ درصد مساحت آنها در داخل مرز سیاسی استان

خراسان رضوی قرار داشته است مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس تعداد ۴۲ حوضه آبریز منطبق بر محدوده مطالعات بود که به تفکیک در جدول ۲ و نقشه محدوده‌ها در شکل ۳ ارائه شده است. کدهای ارائه شده در جدول و نقشه بر اساس کدبندی حوضه‌ها در تقسیمات تماب است.

جدول ۲- کد حوضه‌های آبریز مطالعاتی

کویر مرکزی		کویر نمک			نمکزار خواف
4764262	47424	475443	475421	47521	51111
4764271	476421	475511	475422	47522	51112
4764272	476422	475512	475431	4753	511131
476428	476423	475521	475432	475411	511132
476441	476424	475522	475433	475412	511133
476442	4764251	475531	475441	4754131	51114
476443	4764252	475532	475442	4754132	
	4764261				



شکل ۳- نقشه تطابق حوضه‌های آبریز بر اساس تقسیمات تماب در مطالعه حاضر

شبکه آبراهه‌ها

پس از مشخص شدن محدوده‌ی مطالعات باتوجه به گستردگی شبکه‌ی آبراهه‌های موجود و سطح کار، مقیاس مطالعه بر اساس نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری انتخاب شد. نقشه‌های رقومی در این مقیاس موجود است ولی باتوجه به فرایند رقومی سازی نقشه های مذکور نیاز به اصلاحات زیادی دارد. فایل‌های رقومی نقشه شبکه آبراهه‌های فعلی دارای اشکالات متعددی است که برخی از آنها به شرح زیر است: عدم پیوستگی آبراهه‌ها، عدم تطابق مسیر برخی آبراهه‌ها با توپوگرافی زمین، عدم اتصال سرشاخه‌ها با آبراهه اصلی، عبور برخی آبراهه‌ها از مرز حوضه، انشعاب رودخانه به سمت پایین‌دست، ابهام در مسیرهای شریانی، اشکالات مرزی حوضه‌های آبریز. این موارد موجب شد ابتدا نسبت به رفع نواقص موجود اقدام شود و نقشه پایه و یک‌پارچه شبکه آبراهه‌های استان تهیه شود. در این خصوص با توجه به اینکه در نقشه‌های مذکور مسیر آبراهه‌ها بعضاً اختلافاتی با مسیرهای طبیعی رودخانه دارد، جهت تدقیق مسیرها، کلیه‌ی رودخانه‌ها از نقشه‌ی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ استخراج شد و سپس این لایه‌ی اطلاعاتی با نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰۰ موجود مطابقت داده‌شد و مسیرهای موجود از روی لایه‌ی اطلاعاتی مربوط به نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ مجدداً استخراج شد. سپس به کمک اطلاعات موجود ابتدا برای کلیه‌ی سطح استان نقشه ی DEM براساس داده‌های ماهواره‌ی راداری SRTM با دقت پیکسل‌سایز ۲۸ متر تهیه شد. سپس با ترکیب نقشه شبکه آبراهه‌ها، مواردی که مسیر آبراهه از محل خط‌القعر عبور نمی‌کرد اصلاح شد. همچنین باتوجه به وضعیت شیب، مرزهای حوضه در محل‌هایی که بر خط‌الراس منطبق نبود اصلاح شد. درخصوص محل اتصال سرشاخه‌ها به مسیر اصلی باتوجه به نقشه ی DEM و شیب آبراهه کلیه‌ی نقاط اتصال اصلاح گردید. این امر بیشتر در نواحی دشتی مشاهده می‌شد. جهت اصلاح مسیر آبراهه نیز به کمک تصاویر ماهواره در نرم‌افزار Googel Earth و قرار دادن لایه‌ی رقومی مسیر آبراهه بر روی آن، مسیر صحیح و خط‌سیر اصلی آبراهه مشخص شد.

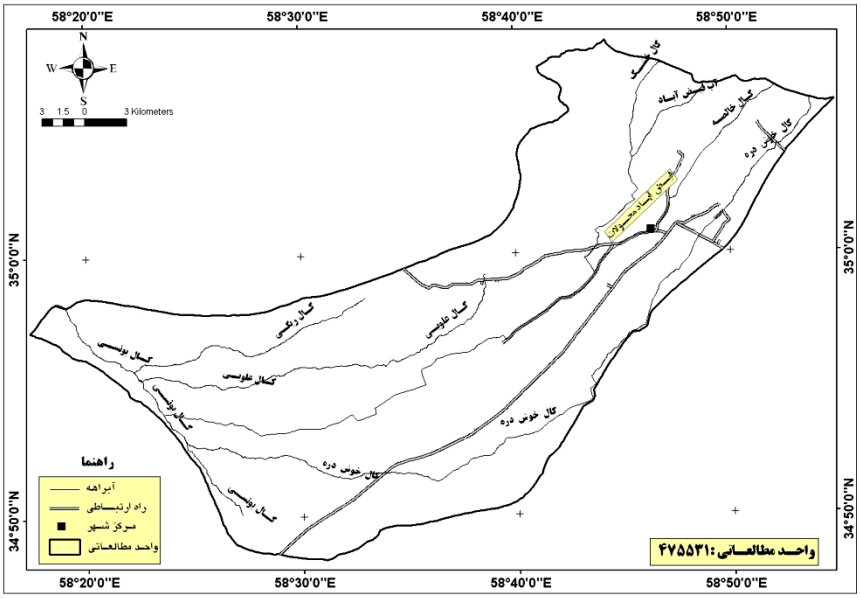
همزمان در این مرحله پیوستگی کلیه‌ی آبراهه‌ها و نحوه اتصال شاخه‌های مختلف رودخانه‌ها نیز اصلاح شد. در پایان این مرحله شبکه کامل رودخانه‌ها و مسیل‌های استان در حوضه‌های آبریز فلات مرکزی و حوضه شرق ایران با رعایت تطابق با توپوگرافی زمین و پیوستگی مسیرها حاصل شد.

تکمیل اطلاعات رودخانه‌ها

الف- مشخصات عمومی حوضه‌ها

در این بخش برای هر حوضه آبریز اطلاعات زیر استخراج شد:

- *نام حوضه اصلی:* به نام حوضه‌ی اصلی کشور از حوضه‌های ششگانه است که محدوده‌ی مطالعاتی این طرح در خراسان رضوی با حوضه‌ی فلات مرکزی و حوضه‌ی آبریز شرق کشور منطبق است.
- *نام حوضه آبریز رتبه ۲:* در حوضه اصلی فلات مرکزی، دو زیر حوضه کویر مرکزی و کویر نمک و در حوضه شرق کشور، زیرحوضه نمکزار خواف قرار داشت.
- *کد حوضه آبریز:* این کد منطبق بر جدول کدگذاری تماب است.
- *مشخصات هندسی حوضه‌ها:* در این بخش اطلاعات عمومی شامل مساحت حوضه (برحسب کیلومتر مربع)، مجموع طول آبراهه‌های حوضه (برحسب کیلومتر)، رقوم حداکثر و حداقل آبراهه در حوضه (ارتفاع از سطح دریا- متر)، شیب حداقل و حداکثر آبراهه در حوضه (برحسب درصد). برای کلیه حوضه‌های آبریز نقشه کامل شبکه آبراهه‌ها به تفکیک تهیه شده است که نمونه آن در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- نقشه شبکه آبراهه‌های حوضه آبریز با کد ۴۷۵۵۳۱ (منطقه فیض‌آباد)

ب- مشخصات مورفولوژیک رودخانه‌ها

در این رابطه اطلاعات زیر استخراج شده‌است، البته این اطلاعات نیاز به تعریف و ارزیابی داشت که در ادامه بیان می‌شود:

- *نوع آبراهه از لحاظ کیفی (جوان، بالغ و پیر):* در این خصوص با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و کنترل میدانی وضعیت آبراهه مشخص شد. عمده‌ی آبراهه‌هایی که در شبکه آبراهه‌ها بر اساس روش استرالر از نظر رتبه بندی در رتبه ی ۱ قرار داشتند آبراهه‌ی جوان و آبراهه‌هایی که در حد کوه و دشت واقع شده‌بودند آبراهه‌ی بالغ و آبراهه های انتهای دشت‌ها و همچنین خروجی حوضه‌های اصلی آبراهه‌ی پیر بودند. از نظر شکل با توجه به بازدیدهای میدانی آبراهه‌های جوان دارای شیب طولی بیشتری نسبت به آبراهه‌های بالغ هستند. همچنین شکل مقطع آبراهه‌های جوان بصورت حرف V و آبراهه‌های بالغ بصورت حرف U انگلیسی هستند. آبراهه‌های پیر مشابه آبراهه‌های بالغ هستند ولی در عرض رودخانه کشیده‌تر می‌باشند. شیب طولی آبراهه در حالت پیر کمتر از ۲ تا ۳ درصد است. در این خصوص در هر حوضه مجموع طول آبراهه‌های جوان، بالغ و پیر محاسبه شده است.

- *پلان طولی آبراهه (مستقیم، شریانی و پیچانرودی):* در این خصوص تقسیم‌بندی آبراهه بر اساس طول مستقیم، طول پیچانرودی و همچنین طول شریانی انجام شده است. باتوجه به تعاریف موجود چنانچه به دلیل عبور مسیر رودخانه از مسیرهای فرسایش‌پذیر در اراضی با شیب کم، مسیر آبراهه بصورت حلقه‌های پیچانرودی تبدیل می‌شود و این قوس‌ها و انحناها بصورت متوالی و در بازه‌های زمانی مختلف جابجا می‌شوند. پیچانرودی عمدتاً در جلگه‌ها و مصب رودخانه‌ها در نزدیکی دریاها و دریاچه‌ها تشکیل می‌شود. نکته‌ی قابل توجه در این خصوص این است که هر انحنایی یک پیچانرود محسوب نمی‌شود. به عنوان مثال ممکن است در یک مسیر کوهستانی به دلیل قرار گرفتن دو یا چند کوه در مسیر رودخانه و عبور آن در بین این ارتفاعات مسیر رودخانه در پلان بصورت منحنی مشاهده شود. این انحناها یک مسیر پیچانرودی محسوب نمی‌شود، چرا که این مسیر در طول زمان تغییر نمی‌کند و ثابت است درصورتی که جابجایی حلقه پیچان در طول زمان از مختصات تعریف پیچانرودی است. مسیرهای شریانی نیز عموماً در محدوده‌ی دشت‌ها با بستر آبرفتی مشاهده می‌شوند. از مشخصات عمومی این نوع آبراهه عبور رودخانه در یک بستر عریض با ارتفاع دیواره‌های کم و همچنین بستر فرسایش پذیر است. این نوع آبراهه معمولاً در خروجی حد کوه و دشت قبل از رسیدن آبراهه به مسیر اصلی زهکش دشت مشاهده می‌شود. این مسیرها برروی مخروط افکنه‌های دوران چهارم زمین‌شناسی قرار دارند. مسیر مستقیم آبراهه ها نیز در تمام شرایط قابل مشاهده است. و مشخصه‌ی خاصی در تفکیک اولیه ندارد. در هر حوضه مجموع طول آبراهه‌ها بر اساس مستقیم یا شریانی بودن ارائه شده است. بنابه تعاریف موجود در حوضه‌های مورد مطالعه رودخانه شریانی مشاهده نشد.

- *رژیم هیدرولیکی رودخانه:* رودخانه‌های موجود از نظر رژیم هیدرولوژیکی به سه صورت دائمی، فصلی و سیلابی تقسیم می‌شوند. شرایط جریان در طی یک سال بر روابط طراحی تأثیر دارد. بسته به طول مدت جریان در طی سال آبراهه‌ها به سه حالت دائمی، فصلی و سیلابی تقسیم می‌شوند. مفاهیم فوق دارای تعریف مشخصی نیست. در ادامه تعاریف ارائه شده توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) ارائه می‌شود. *جریان دائم:* جریانی است که بصورت دائم در رودخانه همواره برقرار است. جریان دائم با تراز و دبی متغیر در طول سال مشاهده می‌شود. *جریان فصلی یا متناوب:* یک جریان در رودخانه است که در بخشی از فصول سال از منبع چشمه‌ها یا سایر منابع نظیر ذوب برف در مناطق کوهستانی تأمین می‌شود. *جریان سیلابی یا خشکه رود:* یک جریان است که صرفاً پس از وقوع بارندگی مشاهده می‌شود و در سایر اوقات سال جریانی در مسیر کانال وجود ندارد. در محدوده‌ی مطالعاتی خراسان رضوی با توجه به تعاریف فوق در زیرحوضه‌های کویر مرکزی، کویر نمک و نمکزار خواف رودخانه با جریان دائم مشاهده نمی‌شود. عمده‌ی رودخانه‌های استان بصورت فصلی و سیلابی است.

نتایج و بحث

باتوجه به بررسی‌های انجام شده مجموع طول آبراهه‌های موجود در استان خراسان، منطبق بر شبکه آبراه‌ها در مقیاس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ در حوضه‌های فلات مرکزی و حوضه‌ی شرق کشور معادل ۲۱۲۰۴/۵۴ کیلومتر است. این شبکه آبراهه مجموعاً در مساحت

۷۴۰۶۸/۷۰ کیلومتر مربع از سطح استان خراسان رضوی قرار دارد. مقادیر شیب حداکثر، شیب حداقل، رقوم حداکثر و رقوم حداقل آبراهه به تفکیک در حوضه‌های آبریز اصلی بصورت جدول ۳ است.

جدول ۳- مشخصات عمومی حوضه‌های اصلی

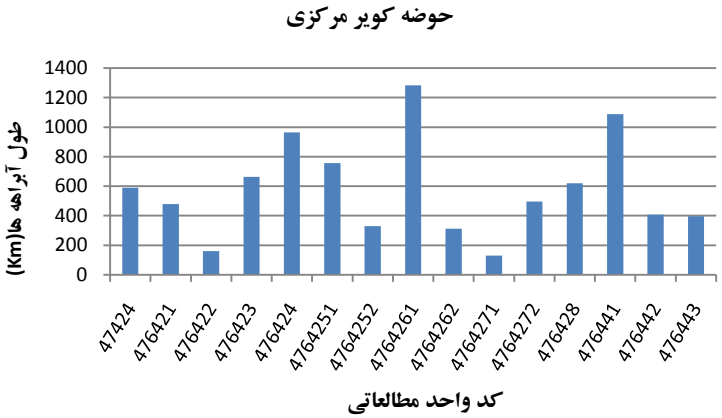
نام حوضه اصلی	نام زیر حوضه	مساحت حوضه (Km^2)	طول کل آبراهه‌ها(Km)	شیب حداقل آبراهه(٪)	شیب حداکثر آبراهه(٪)	رقوم حداقل آبراهه(m)	رقوم حداکثر آبراهه(m)
فلات مرکزی	کویر مرکزی	31472.85	8677.20	0.1	18.9	791	2965
فلات مرگزی	کویر نمک	25391.99	8466.89	0.1	26.4	798	2472
حوضه شرق کشور	نمکزار خواف	17203.87	4060.45	0.1	21.1	598	2373
کل محدوده مطالعات		**74068.70**	**21204.54**	**0.1**	**26.4**	**598**	**2965**

درخصوص مشخصات مورفولوژیکی رودخانه‌ها می‌توان گفت از نظر کیفی ۵۵/۹ درصد طول آبراهه‌های مورد مطالعه جوان، ۳۶ دصد بالغ و ۸/۱ درصد آبراهه‌ها پیر هستند. این نسبت‌ها در بین سه زیرحوضه چندان تغییر نمی کند. همچنین ۶۳/۳ درصد طول آبراهه‌ها از نظر پلان طولی مستقیم و ۳۶/۷ درصد نیز دارای وضعیت شریانی هستند. در این بین حوضه نمکزار خواف با ۵۴/۷ درصد مسیر شریانی بیشترین مقدار و حوضه کویر مرکزی با ۱۶ درصد کمترین مسیر شریانی را دارد. در این حوضه‌ها مسیر مئاندری مشاهده نشد. در مجموعه رودخانه‌های موجود در حوضه‌های مورد مطالعه رودخانه دارای رژیم دائم وجود ندارد. نتایج این بخش به تفکیک حوضه های اصلی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- وضعیت مشخصات مورفولوژیک رودخانه‌ها در حوضه‌های آبریز

نام حوضه اصلی	نام زیر حوضه	طول آبراهه‌ها از نظر کیفی(Km)			پلان طولی آبراهه(Km)	
		پیر	بالغ	جوان	طول مسیر شریانی	طول مسیر مستقیم
فلات مرکزی	کویر مرکزی	661.25	3365.40	4650.55	1391.86	7285.36
فلات مرگزی	کویر نمک	758.93	2839.33	4868.63	4167.01	4299.88
حوضه شرق کشور	نمکزار خواف	298.08	1434.35	2328.02	2221.94	1838.52
کل محدوده مطالعات		**1718.26**	**7639.08**	**11847.20**	**7780.81**	**13423.75**

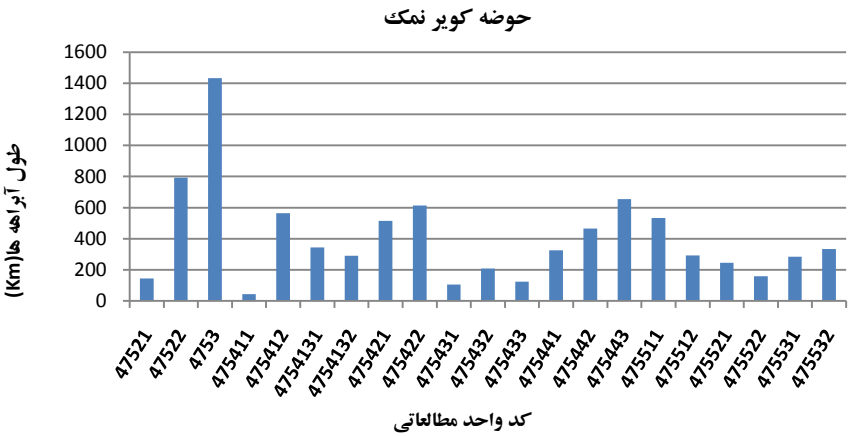
مقایسه جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهد در مجموع محدوده مورد مطالعه در استان خراسان رضوی، در امتداد شمال شرق-جنوب غرب است، حوضه‌های آبریز به سمت کاهش ارتفاع پیش‌رفته و فلات‌گونه می‌شوند و اختلاف حداقل و حداکثر آبراهه‌ها کاهش می‌یابد. باتوجه به کاهش ارتفاع و افزایش سهم مساحت دشت‌ها نسبت به مساحت کوهستانی در حوضه‌های آبریز، سهم مسیرهای شریانی افزایش می‌یابد. نتایج مربوط به هر حوضه‌ی آبریز در تقسیم‌بندی نهایی تهیه شده است که در جداول ۵ تا ۷ ارائه شده است. همچنین مقایسه طول آبراهه‌های موجود در حوضه‌های آبریز در شکل‌های ۵ تا ۷ ارائه شده است.



شکل ۵- طول آبراهه‌های موجود در زیرحوضه‌های حوضه کویر مرکزی

جدول ۵- حوضه کویر مرکزی

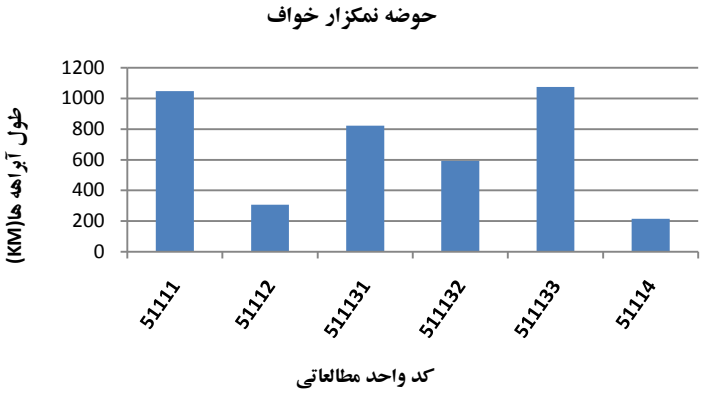
کد واحد مطالعاتی	مساحت واحد مطالعاتی	طول کل آبراهه‌ها	رقوم حداکثر آبراهه	رقوم حداقل آبراهه	شیب حداکثر آبراهه	شیب حداقل آبراهه	طول مسیر مستقیم	طول مسیر شریانی	طول آبراهه‌های جوان	طول آبراهه‌های بالغ	طول آبراهه‌های پیر
47424	**2529.57**	590.17	1881	817	4	0.1	467.40	122.77	280.41	274.13	35.63
476421	**1943.79**	479.60	2098	791	13.1	0.1	413.02	66.58	230.80	212.06	36.74
476422	716.05	160.59	1313	833	3.6	0.1	60.52	100.07	74.01	86.58	0
476423	2202.98	662.32	1994	824	5.7	0.1	476.76	185.55	398.92	236.35	27.05
476424	3565.93	963.52	1912	839	7.9	0.1	747.46	216.06	492.33	379.85	91.34
4764251	2265.11	756.28	2573	1000	16.9	0.1	635.39	120.89	388.12	274.34	93.82
4764252	1238.04	329.12	2092	1268	8.1	0.4	328.11	1.02	204.47	107.33	17.33
4764261	5131.90	1283.06	2965	1058	18.9	0.1	1178.94	104.12	769.31	424.33	89.42
4764262	570.38	312.96	2056	1094	7.9	0.4	253.35	59.61	212.14	100.82	0.00
4764271	355.88	129.64	1569	1161	3	0.4	121.48	8.16	41.97	66.29	21.37
4764272	1522.54	496.35	2431	1292	11.4	0.1	450.84	45.50	240.03	256.32	0.00
476428	1804.49	618.74	2446	1161	18	0.1	617.14	1.60	359.12	243.50	16.12
476441	4217.13	1088.88	2523	876	17.9	0.1	784.68	304.20	520.06	412.85	155.97
476442	1890.34	408.43	2007	1114	9.7	0.1	362.11	46.33	218.62	141.80	48.01
476443	1518.71	397.54	2739	1149	7.1	0.4	388.16	9.38	220.23	148.87	28.44
کل حوضه	**31472.85**	**8677.20**	**2965**	**791**	**18.9**	**0.1**	**7285.36**	**1391.86**	**4650.55**	**3365.40**	**661.25**



شکل ۶- طول آبراهه‌های موجود در زیرحوضه‌های حوضه کویرنمک

جدول ۶- حوضه کویر نمک

کد واحد مطالعاتی	مساحت واحد مطالعاتی	طول کل آبراهه‌ها	رقوم حداکثر آبراهه	رقوم حداقل آبراهه	شیب حداکثر آبراهه	شیب حداقل آبراهه	طول مسیر مستقیم	طول مسیر شریانی	طوا آبراهه‌های جوان	طول آبراهه‌های بالغ	طول آبراهه‌های پیر
47521	474.81	144.11	985	804	1.2	0.1	85.78	58.33	70.54	19.51	54.06
47522	2922.57	793.15	2262	815	5	0.1	385.66	407.49	511.39	215.39	66.37
4753	3971.73	1432.28	1908	798	3.4	0.1	445.45	986.82	878.85	413.08	140.34
475411	293.94	43.21	828	806	0.05	0.05	0.09	43.12	0	0	43.21
475412	1472.92	565.05	1544	806	3	0.1	134.47	430.58	352.31	125.74	86.99
4754131	662.55	344.34	1219	810	1.5	0.1	129.21	215.14	134.36	209.98	0
4754132	692.75	290.09	1809	879	5.2	0.5	267.50	22.58	140.17	149.92	0
475421	1384.27	513.87	1577	842	2.6	0.1	116.43	397.44	260.55	209.08	44.24
475422	1881.41	612.91	2126	916	5.4	0.4	245.02	367.90	443.48	169.44	0
475431	352.62	104.57	1114	848	1.2	0.1	3.23	101.35	32.57	22.91	49.09
475432	724.46	207.89	1273	960	1.4	0.2	158.39	49.50	130.27	63.17	14.45
475433	450.59	124.12	2400	1129	26.4	0.7	124.12	0	58.17	65.95	0
475441	1073.44	325.04	1116	847	1.7	0.1	24.90	300.15	212.46	57.01	55.58
475442	1653.66	464.85	1773	907	10	0.2	333.61	131.24	234.98	153.88	75.99
475443	2055.73	654.93	2324	1235	8.2	0.1	590.48	64.45	436.80	210.12	8.01
475511	2047.04	532.65	1906	801	14.7	0.1	433.05	99.60	254.54	200.06	78.04
475512	637.88	292.68	2286	1277	12	0.6	292.69	0	197.28	95.40	0.00
475521	660.15	244.21	1067	801	3.1	0.1	59.41	184.80	118.44	83.23	42.54
475522	526.97	159.01	1727	967	3.7	0.6	131.89	27.12	126.75	32.26	0
475531	812.13	284.54	1439	805	1.5	0.1	117.97	166.56	103.23	181.31	0
475532	640.37	333.38	2472	810	11.9	0.5	220.54	112.85	171.50	161.89	0
کل حوضه	**25391.99**	**8466.89**	**2472**	**798**	**26.4**	**0.05**	**4299.88**	**4167.01**	**4868.63**	**2839.33**	**758.93**



شکل ۷- طول آبراهه‌های موجود در زیرحوضه‌های حوضه نمکزار خواف

جدول ۷- حوضه نمکزار خواف

کد واحد مطالعاتی	مساحت واحد مطالعاتی	طول کل آبراهه‌ها	رقوم حداکثر آبراهه	رقوم حداقل آبراهه	شیب حداکثر آبراهه	شیب حداقل آبراهه	طول مسیر مستقیم	طول مسیر شریانی	طوا آبراهه‌های جوان	طول آبراهه‌های بالغ	طول آبراهه‌های پیر
51111	3551.21	1047.31	2077	598	18.2	0.1	370.04	677.28	545.29	428.72	73.30
51112	5131.90	306.16	1986	603	9.2	0.2	89.22	216.94	140.77	126.81	38.58
511131	2337.83	822.69	1554	668	3.4	0.1	407.88	414.82	585.91	136.32	100.46
511132	1606.82	593.10	2373	823	21.1	0.1	463.27	129.84	286.00	260.73	46.38
511133	4004.06	1075.38	1669	830	5.2	0.1	401.76	673.62	665.34	374.51	35.54
51114	572.03	215.80	1238	678	3.8	0.2	106.35	109.45	104.70	107.27	3.82
کل حوضه	**17203.87**	**4060.45**	**2373**	**598**	**21.1**	**0.1**	**1838.52**	**2221.94**	**2328.02**	**1434.35**	**298.08**

نتایج نشان می‌دهد در حوضه آبریز کویر مرکزی، زیرحوضه‌های ۴۷۶۴۲۵۲ و ۴۷۶۴۲۸ با ۹۹/۷ درصد بیشترین طول مسیر مستقیم و زیرحوضه ۴۷۶۴۲۲ با ۶۲/۳ درصد بیشترین طول مسیر شریانی را دارد. از لحاظ کیفی زیرحوضه ۴۷۶۴۲۶۲ با ۶۷/۸ درصد آبراهه جوان، زیرحوضه ۴۷۶۴۲۲ با ۵۳/۹ درصد آبراهه بالغ و زیر حوضه ۴۷۶۴۲۷۱ با ۱۶/۵ درصد آبراهه پیر، رکورددار کیفی در سطوح مختلف هستند. در خصوص حوضه آبریز کویر نمک زیرحوضه‌های ۴۷۵۴۳۳ و ۴۷۵۵۱۲ با ۱۰۰ درصد بیشترین طول مسیر مستقیم و زیرحوضه ۴۷۵۴۱۱ با ۹۹/۸ درصد بیشترین طول مسیر شریانی را دارد. از لحاظ کیفی زیرحوضه ۴۷۵۴۲۲ با ۷۲/۴ درصد آبراهه جوان، زیرحوضه ۴۷۵۵۳۱ با ۶۳/۷ درصد آبراهه بالغ و زیر حوضه ۴۷۵۴۱۱ با ۱۰۰ درصد آبراهه پیر، شرایط مختلف کیفی در سطوح مختلف را دارا هستند. در حوضه نمکزار خواف این نتایج بدین صورت است که زیرحوضه‌ی ۵۱۱۱۳۲ با ۷۸/۱ درصد بیشترین طول مسیر مستقیم و زیرحوضه ۵۱۱۱۲ با ۷۰/۹ درصد بیشترین طول مسیر شریانی را دارد. از لحاظ کیفی در زیرحوضه ۵۱۱۱۳۱ با ۷۱/۲ درصد آبراهه جوان، زیرحوضه ۵۱۱۱۴ با ۴۹/۷ درصد آبراهه بالغ و زیر حوضه ۵۱۱۱۲ با ۱۲/۶ درصد آبراهه پیر، بالاترین میزان هر یک از کیفیت‌ها مشاهده می‌شود.

منابع

۱. احمدیان یزدی، محمد جواد، ۱۳۸۶، بررسی و شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها و مسیل‌های حوضه‌ی قره‌قوم، انتشارات مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.

۲. بوستانی، آرمین. اسماعیلی، کاظم. ۱۳۹۴، مهندسی رودخانه ازگذشته تا آینده(بررسی رویکردها وچشم‌انداز)، مجله آب و توسعه پایدار، سال اول، شماره ۳، ص ۶۷-۷۲.

۳. تقوایی، علی اصغر، ۱۳۸۶، بررسی و شناخت ویژگی‌های رودخانه‌ها و مسیل‌های حوضه‌ی اترک، انتشارات مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.

۴. تلوری، عبدالرسول، ۱۳۶۸، بررسی پدیده پیچان رود (مئاندر) و فرسایش رودخانه ای در قسمتی از رودخانه کارون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۵. تلوری، عبدالرسول،۱۳۸۳،اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری).

۶. جعفر زاده، محمدرضا، ۱۳۸۸، مکانیک رودخانه، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۷. حسینی، سید احمد، حبیبی، مهدی، ۱۳۸۵، بررسی ویژگی‌های رودخانه ها و مسیل‌ها در ۱۰ استان کشور، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

۸. شیرانی، کورش، چاوشی، ستار و محمد رضا یزدانی(۱۳۸۵)، ایجاد و توسعه پایگاه اطلاعات رودخانه ها و مسیل‌های استان اصفهان، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

۹. عباسی، اسماعیل. ۱۳۸۸، بررسی روند تغییرات مورفولوژی رودخانه های مناطق خشک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۱۰. غریب‌رضا، محمدرضا، معصومی، حمیدرضا، ۱۳۸۵، مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه،ص ۹-۱.

۱۱. نجفی، محمد رضا و جمیری، محمد جعفر، ۱۳۸۴، برآورد دبی‌های سیلابی بر اساس خصوصیات هندسی و هیدرولیکی مقاطع رودخانه، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۶، شماره ۲۴، ص ۱۱۱-۱۲۲.

۱۲. ولایتی، سعدالله، ۱۳۷۰، منابع و مسائل آب استان خراسان، انتشارات آستان قدس رضوی.

13. Chakraborty, S., & Chakraborty, A. (2017). Satoyama Landscapes and Their Change in A River Basin context: Lessons for Sustainability. Issues in Social Science, 5(1), 38.
14. Habersack, H., Hein, T., Stanica, A., Liska, I., Mair, R., Jäger, E., ... & Bradley, C. (2016). Challenges of river basin management: Current status of, and prospects for, the River Danube from a river engineering perspective. Science of the Total Environment, 543, 828-845.
15. Lane, E. W., (1955), Design of stable canals. Transactions, ASCE, Vol. 120, pp. 1234-1260.
16. Leopold, L. B. and Maddock, Thomas, Jr. (1953) the hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. US Geol. Survey Prof. Paper 252, 57 pp.
17. Remus, J. I., & Jonas, M. (2010). River Engineering: Past, Present and Future–A Comprehensive Systems Approach.
18. Schumm, S. A (1971) Fluvial Geomorphology P. (4), 1-30. In H. W. Shen (Ed) River Mechanics, Vol. L, Colorado State University Fort. Collins.
19. Siviglia, A., & Crosato, A. (2016). Numerical modelling of river morphodynamics: Latest developments and remaining challenges. Advances in Water Resources, 93(A), 1-3.
20. Veale, B., & Cooke, S. (2017). Implementing integrated water management: illustrations from the Grand River watershed. International Journal of Water Resources Development, 33(3), 375-392.