پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، شماره ٤، بهار ١٣٩٣
صص. ٥٣-٣٧

ارزیابی و تحلیل شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌ی لاویج با استفاده از شاخص کیفیت مورفولوژیکی

رضا اسماعیلی* ـ استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه مازندران
ساره ولی خانی– کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ١٣٩٢/٠١/٢٠ تأیید نهایی: ١٣٩٢/١٠/١٧

چکیده

استفاده انسان از رودخانه و نوع دخالت آن، می‌تواند موجب تغییراتی در کانال رود و حاشیه آن گردد. در این تحقیق کیفیت مورفولوژیکی رودخانه لاویج در البرز شمالی مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد. جهت انجام این کار از روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی رود(MQI) استفاده شده است. در این روش رودخانه به بازه‌های همگن تقسیم‌بندی می‌شود و سه مؤلفه اصلی کیفیت عملکرد مورفولوژیکی، سازه‌های مصنوعی و تعدیل کانال مورد بررسی قرار می‌گیرد. این سه مؤلفه شامل مجموعه‌ای از ٢٨ شاخص هستند که در آن‌ها پیوستگی طولی و عرضی، الگوی کانال، مقطع عرضی، ساختار بستر و پوشش گیاهی حاشیه رودخانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در رودخانه لاویج شش بازه مشخص گردید و سپس شاخص‌های فوق برای هر یک از بازه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بازه‌های ١، ٣، ٤ و ٥ به علت دخالت کم عوامل انسانی امتیاز بیش از ٠/٨٥ کسب نموده و در گروه بسیارخوب طبقه‌بندی شده‌اند. بازه ٢ به علت دخالت‌های انسانی محدود امتیاز ٠/٧٦ کسب نموده و در طبقه خوب قرار گرفت. بازه ٦ به علت دخالت‌های زیاد انسان مانند معدن شن و ماسه، تغییر شیب، عرض و الگوی کانال و ایجاد سازه‌های مهندسی مانند آبشارهای کوتاه، کف بند بتونی و ایجاد خاک ریزهای مصنوعی بیشترین تغییرات را تحمل نموده و امتیاز ٠/٢٢ را کسب نموده که در طبقه بد قرارگرفته است. اگرچه این روش در ایتالیا مورد استفاده قرارگرفته است. با وجود این در رودخانه مورد مطالعه به طور مناسبی کیفیت مورفولوژیکی رود را ارزیابی نموده است.

واژگان کلیدی: طبقه‌بندی رود، شاخص کیفیت مورفولوژیکی(MQI)، رودخانه لاویج، استان مازندران.

* نویسنده مسئول: ٠٩١١١٢٠٨٢٢٥ E-mail: r.esmaili@umz.ac.ir

مقدمه

رودخانه‌ها به طور طبیعی و در طی زمان بستر و کناره‌های خود را تغییر می‌دهند. اما دخالت انسان‌ها در محیط و بهره‌برداری از رودخانه‌ها، فرایند تغییر را تسریع نموده و از روال طبیعی خارج می‌نماید، به طوری که در برخی از موارد روند قبلی قابل بازیابی نخواهد بود. از این رو، جهت استفاده مطلوب از رودخانه‌ها، حفظ ویژگی‌های مورفولوژیکی رودها، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب، حفظ اکوسیستم‌های رودخانه نیاز به مدیریت رود می‌باشد. در طی دهه‌های اخیر ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به عنوان ابزارتجربی و مفید به مدیریت رودخانه وارد شده است (نیوسون ولارج[1]، ۲۰۰۶).

اصطلاح هیدرومورفولوژی توسط WFD[2] اتحادیه اروپا(۲۰۰۰) برای بررسی هر نوع تغییرات در رژیم جریان، حمل رسوب، مورفولوژی رود و جابجایی‌های جانبی کانال معرفی گردید و به صورت یک موضوع میان‌رشته‌ای بین هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و اکولوژی درآمد و دیدگاه‌ها و فرصت‌های جدیدی را برای توجه به فرایندهای فیزیکی در مدیریت رودخانه به وجود آورد (رینالدی و همکاران ۲۰۱۳). یکی از راهکارهای سریع جهت درک عملکرد رودخانه، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی رود می‌باشد. طبقه‌بندی رودها می‌تواند واکنش کانال‌ها را در بازه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دهد تا خطرات ناشی از فرایندهای رودخانه‌ای را به حداقل برساند. در واقع طبقه‌بندی، سبب درک سریع شرایط ژئومورفیکی کانال و ارزیابی و تقویت درک مدیریت رود می‌شود (روزگن[3]، ۱۹۹۴).

تاکنون پژوهش‌های متعددی توسط محققین در زمینه طبقه‌بندی رود انجام شده است. بافینگتن ومونتگمری[4](۲۰۱۳) این روش‌ها را در ۸ گروه تقسیم‌بندی نموده‌اند که عبارتند از:

۱- رتبه‌بندی رود مانند روش هورتون(۱۹۴۵) و استرالر(۱۹۵۷).

۲- فرایند مبنا: رودخانه را به مناطق حفر، انتقال و نهشته‌گذاری رسوب برحسب فرایندهای رودخانه‌ای تقسیم بندی می‌کند (پاوستیان[5] و همکاران ۱۹۹۲، روزگن ۱۹۹۴و۱۹۹۶)

۳- الگوی کانال: بیشترین طبقه‌بندی رودخانه‌ای براساس الگوی کانال می‌باشد که می‌تواند به دو روش روابط کمی (لئوپلد و ولمن[6] ۱۹۵۷، بیچی[7] و همکاران۲۰۰۶) و چهارچوب مفهومی(شوم[8] ۱۹۸۵، چورچ[9] ۲۰۰۶) تقسیم شود.

۴- رابطه متقابل کانال- دشت سیلابی: این نوع طبقه‌بندی اثرات متقابل رودخانه و دشت سیلابی را مورد بررسی قرارمی دهد(نانسون و کروک[10] ۱۹۹۲ و فریرس و بریرلی[11] ۲۰۱۰).

۵- مواد رسوبی بستر و حرکت آن : از جمله این طبقه‌بندی می‌توان به کار وایتینگ و برادلی[1] ۱۹۹۳، ماسونگ[2] و مونتگمری۲۰۰۰ و مونتگمری و بافینگتن۲۰۱۲ اشاره نمود.

---

[1] -Newson and Large
[2] - Water Framework Directive
[3] - Rosgen
[4] - Buffington and Montgomery
[5] - Paustian
[6] - Leopold and Wolman
[7]- Beechie
[8] - Schumm
[9] - Church
[10] - Nanson and Croke
[11] - Fryirs and Brierley

۶- واحدهای کانال: این نوع طبقه بندی، اشکال ژئومورفیک کانال را تقسیم‌بندی می‌نمایند که می‌توان به روش‌های بیسون[3] و همکاران ۱۹۸۲، گرنت[4] و همکاران ۱۹۹۰و مونتگمری وبافینگتن ۱۹۹۷ اشاره کرد.
۷- طبقه‌بندی سلسله مراتبی: در این حالت، طبقه‌بندی رود براساس حوضه آبریز و کانال انجام می‌شود و درک همه جانبه‌ای را از فرایندهای حوضه فراهم می‌سازد مانند روش استیل رود بریرلی و فریرس ۲۰۰۵.
۸- طبقه‌بندی آماری: در این حالت طبقه‌بندی و پیش‌بینی مورفولوژی کانال براساس روش‌های آماری می‌باشد (بلدستو و واتسون[5] ۲۰۰۱، تامسون[6] و همکاران ۲۰۰۶، میلنر[7] ۲۰۱۰).
جدیدترین طبقه‌بندی رود توسط رینالدی[8] و همکارانش (۲۰۱۳) در مورد شاخص کیفیت مورفولوژیک[9] (MQI) رود در کشور ایتالیا ارائه شده است. این روش با در نظر گرفتن اشکال و فرایندهای رودخانه‌ای، به ارزیابی کیفیت مورفولوژیک رودخانه می‌پردازد. ویژگی‌های اصلی و جنبه‌ی نوآوری MQI را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد(رینالدی و همکاران ۲۰۱۳):
- استفاده از این روش نسبتاً ساده بوده و بیش از حد وقت‌گیر نیست. اما استفاده از آن باید توسط افراد آموزش‌دیده با زمینه‌ی مناسب و مهارت‌های کافی در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای انجام پذیرد.
- این روش فقط با توجه به اشکال کانال طراحی نشده بلکه همه‌ی فرآیندها مانند تداوم در شار رسوب و چوب، فرسایش کرانه، جابجایی جانبی و تعدیل کانال در نظر گرفته شده است.
- در این روش جهت استفاده از عامل زمان، تجزیه و تحلیل تاریخی در شاخص‌های ارزیابی کیفیت مورفولوژیک رودخانه مورد توجه قرارگرفته است.
- با توجه به مقیاس فضایی، یک رویکرد سلسله مراتبی مورد استفاده قرارگرفته است.
- شرایط مرفولوژیکی منحصراً برحسب فرآیندهای طبیعی ارزیابی‌شده بدون اینکه استدلالی در مورد پیامدها یا کاربردهای آن در وضعیت زیست‌محیطی داشته باشد. این بدین مفهوم است که کیفیت مورفولوژیکی بالا، لزوماً به معنی شرایط زیست‌محیطی خوب نیست. اگرچه دینامیک ژئومورفیک یک رودخانه و کارکرد فرآیندهای فیزیکی طبیعی آن، ایجاد و نگهداری زیستگاه‌ها را تضمین می‌نماید.
در این تحقیق با توجه به وجود ایستگاه هیدرومتری بر روی رودخانه لاویج و وجود پایگاه داده مناسب از حوضه و رودخانه مذکور، از شاخص کیفیت مورفولوژیک رود استفاده شده است تا از طرفی، کیفیت هیدرومورفولوژیکی رودخانه لاویج و از طرف دیگر، کارایی این روش در منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز و رودخانه لاویج به عنوان منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در استان مازندران و جنوب شهر نور در دامنه‌های شمالی البرز قرارگرفته است (شکل ۱). مساحت تقریبی حوضه آبریزلاویج رود تا خروجی از کوهستان حدود ۱۴۶کیلومترمربع می‌باشد. طول رودخانه اصلی از مرتفع‌ترین نقطه (۳۴۰۰ متر) تا ارتفاع۱۰۰ متر ۲۹ کیلومتر می‌باشد.

[1] - Whiting and Bradley
[2] - Massong
[3] - Bisson
[4] - Grant
[5] - Bledsoe and Watson
[6] - Thompson
[7] - Milner
[8] - Rinaldi
[9] - Morphological Quality Index (MQI)

میانگین دبی سالانه رودخانه لاویج ۱/۷ مترمکعب در ثانیه است. از نظر توپوگرافی محدوده مورد مطالعه از سه واحد کوهستان، کوهپایه و دشت تشکیل‌شده است و نمونه‌های مورد مطالعه از همه‌ی واحدهای مذکور انتخاب‌شده‌اند.

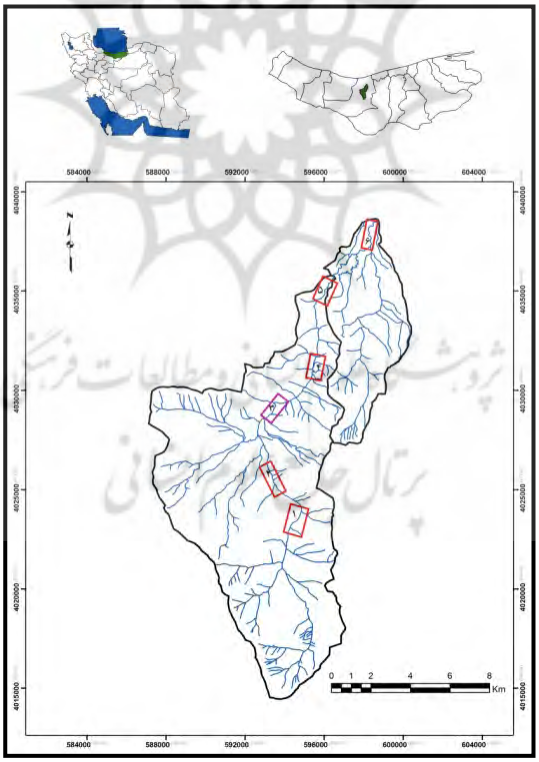
۳- مواد و روش‌ها

روش شاخص کیفیت مورفولوژیک رود (MQI) از دو فاز اصلی و چند مرحله فرعی تشکیل‌شده است. در فاز اول موقعیت عمومی منطقه مورد بررسی قرارگرفته و در فاز دوم با استفاده از شاخص‌های مختلف کیفیت مورفولوژیکی رود مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۱- فاز اول

فاز اول روش MQI شامل چهار مرحله می‌باشد(جدول ۱) که عبارتند از :

- مرحله اول : در این مرحله ویژگی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، آب و هوا و کاربری اراضی کل حوضه آبریز مورد بررسی قرار می‌گیرد که نتیجه‌ی آن شناسایی واحدهای فیزیوگرافی است(معادل واحد چشم‌انداز در روش استیل رود بریرلی و فریرس، ۲۰۰۵).



شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه آبریز لاویج، شماره‌های روی نقشه نشان‌دهنده‌ی شماره بازه‌های مورد مطالعه می‌باشد.

- مرحله دوم : در مرحله دوم، محدودیت جانبی رود با جزئیات بیشتری بررسی‌شده و سه موقعیت محدود، نسبتاً محدود و نامحدود (از طرفین آزاد) شناسایی می‌شوند(بریرلی و فریرس، ۲۰۰۵). این اصطلاحات درباره دره‌های طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به صورت جانبی پهنای آن‌ها به دامنه‌ها یا تراس‌های قدیمی محدود می‌شود. در حالی که عوامل مصنوعی (محافظ کرانه رود، سنگچین‌ها و مناطق شهری) به عنوان

عوامل محدودکننده در نظر گرفته نمی‌شوند . محدودیت‌های جانبی با اندازه‌گیری «درجه محدودیت[1]» یعنی درصدی از کرانه‌ها که با دامنه‌ها یا تراسهای قدیمی در تماس بوده و به طور مستقیم در تماس با دشت سیلابی نیستند(بریرلی و فریرس ۲۰۰۵) و «شاخص محدودیت[2]» که نسبت بین عرض دشت آبرفتی و عرض کانال می‌باشد، تعریف می‌شوند (رینالدی و همکاران ۲۰۱۲).

– مرحله سوم : در این مرحله مورفولوژی کانال بر اساس محدودیت کانال و الگوی پلانیمتری رود به هفت طبقه‌ی مستقیم، سینوسی، پیچانرودی، تک‌کانالی، شریانی سرگردان، شریانی و آناستوموسینگ تقسیم می‌شوند. برای کسب جزئیات بیشتر در این مرحله می‌توان برای محدوده تک کانالی از روش پیکربندی بستر رود(مونتگمری و بافینگتن،۱۹۹۷) استفاده نمود.

– مرحله چهارم: با توجه به وجود ناپیوستگی‌ها در کانال رود مانند ناپیوستگی‌های هیدرولوژیکی (زیرشاخه‌های رود، سدها)، شیب بستر(خصوصاً برای بازه‌های محدود)، تغییرات مرتبط با عرض کانال، پهنای دشت آبرفتی و بار رسوب رودخانه به بازه‌های نسبتاً همگن تقسیم‌بندی می‌شود. این بازه‌ها معمولاً به طول چند کیلومتر نشان‌دهنده‌ی واحدهای اولیه برای ارزیابی شرایط مورفولوژیک می‌باشند.

جدول ۱ : خلاصه‌ای از موقعیت عمومی و روش تقسیم‌بندی رود

مراحل	معیار	خروجی
مرحله ۱ : موقعیت عمومی و شناسایی واحدهای فیزیوگرافی	ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی	– واحد فیزیوگرافی – بخش‌ها
مرحله ۲: تعریف انواع محدودیت‌های دره	محدویت جانبی	انواع حالت‌های محدودیت رود – محدود (C) – نسبتاً محدود(PC) – نامحدود (U)
مرحله ۳ : شناسایی تیپ‌های مختلف مورفولوژیکی	ویژگی پلانیمتری (شاخص‌های سینوسی، شریانی، آناستوموسینگ)	تیپولوژی مورفولوژیکی – محدود : تک کانالی، شریانی سرگردان، آناستوموسینگ نسبتاً محدود و نامحدود: مستقیم، سینوسی، پیچانرودی، سینوسی با موانع متناوب، شریانی، سرگردان، آناستوموسینگ انشعابی
مرحله ٤ : تقسیم‌بندی بازه‌های کانال رود	ناپیوستگی‌های بیشتر در هیدرولوژی شیب بستر، عرض کانال، عرض دشت آبرفتی، رسوبات بستر	بازه‌ها

۳-۲- فاز دوم : ساختار و شاخص‌های ارزیابی

برای ارزیابی کیفیت مورفولوژیک بازه‌های رودخانه‌ای سه جنبه زیر مورد توجه بوده است:

۱) پیوستگی فرایندهای رودخانه‌ای، شامل پیوستگی طولی و عرضی

۲) شرایط مورفولوژیکی کانال شامل الگوی کانال، شکل مقطع عرضی و رسوبات بستر

[1] - degree of confinement
[2] - confinement index

۳) پوشش گیاهی

ایـن جنبـه‌هـا در قالـب سـه مؤلفـه‌ی ۱) عملکردهـای ژئومورفولـوژیکی فرآینـدها و اشـکال رودخانـه‌ای(F)، ۲) مصنوعی(A) و ۳) تعدیل‌های کانال(CA)، مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

مجموعـه‌ی ۲۸ شـاخص مـورد اسـتفاده در روش MQI بـه صـورت شـماتیک در جـدول ۲ نشـان داده شـده اسـت که شامل جنبه‌ها (در سطرها) و مؤلفه‌ها (در ستون‌ها) می‌شود.

جدول ۲ : فهرست شاخص‌ها به عنوان یک تابع از جنبه‌های اصلی (پیوستگی، مورفولوژی و پوشش گیاهی) و اجزای ارزیابی (عملکردی، مصنوعی و تعدیل کانال)

		عملکردی(F)	مصنوعی(A)	تعدیل‌های کانال(CA)
پیوستگی	**طولی**	F1	A1,A2,A3,A4 ,A5	
مورفولوژی	**جانبی**	F2,F3,F4,F5	A6,A7	
	الگوی کانال	F6,F7,F8	A8(A6)	CA1
	مقطع عرضی	F9	(A4,A9,A10)	CA2,CA3
	رسوبات بستر	F10,F11	A9,A10,A11	
پوشش گیاهی		F12,F13	A12	

در فـاز تقسـیم‌بنـدی رود براسـاس محـدودیت کانـال، سـه طبقـه‌ی ۱) محـدود ۲) نسـبتاً محـدود و ۳) نامحـدود قابـل‌شناسـایی اسـت(جـدول ۱). امـا در ایـن روش، جهـت ارزیـابی شـاخص‌هـا از دو طبقـه‌ی ۱- محـدود(c) و ۲- نسبتاً محدود(PC) و نامحدود(U) اسـتفاده مـی‌شـود. ایـن بـدین معنـی اسـت کـه برخـی از شـاخص‌هـا بـرای هـردو طبقه فوق اشتراک داشته و برخـی فقـط بـرای گـروه خاصـی مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد مـثلاً وجـود و گسـترش دشت سیلابی جدید فقـط در کانـال‌هـای نسـبتاً محـدود و نامحـدود مـورد توجـه قرارگرفتـه و در کانـال‌هـای محـدود بررسی نمی‌شوند.

شاخص ارزیابی کیفیت مورفولوژیکی رود

گـروه اول شـامل شـاخص‌هـای عملکـردی ژئومورفولـوژیکی اسـت. ایـن مجموعـه شـاخص‌هـا(F1-F13) بـرای بررسی اینکه آیا اشکال و فرآیندهای کانال منطبـق بـا نـوع مورفولـوژی مـورد انتظـار هسـتند یـا خیـر، مـورد ارزیـابی قرار می‌گیرنـد. نـوع مورفولـوژی در مرحلـه ۳ فـاز اول «موقعیـت عمـومی» مشـخص مـی‌شـوند. جـدول ۳ پارامترهـا، روش‌هـای ارزیـابی و محـدوده کـاربرد هـر یـک از شـاخص‌هـا را نشـان مـی‌دهـد. در جـدول ۴ نیـز هـر یـک از شاخص‌ها طبقه‌بندی شده و طبقات و امتیازهای آن‌ها توصیف و تعیین می‌گردند.

شـاخص‌هـای گـروه دوم (A1-A12)، شـاخص‌هـای مصـنوعی هسـتند و عناصـر مصـنوعی را در حوضـه و امتـداد بازه‌ها ارزیابی می‌کنند. ایـن عناصـر مصـنوعی هـم در سـه جنبـه پیوسـتگی (ایجـاد سـدها و تغییـرات دبـی و رسـوب از بالادست به پایین‌دست)، مورفولـوژی (ماننـد سـازه‌هـای عرضـی، کـف بنـدها، محـافظ‌هـای کرانـه، خـاک ریزهـای مصنوعی و غیره) و پوشش گیـاهی(جابجـایی واریـزه‌هـای چـوبی موجـود در بـازه و قطـع و تخریـب گیاهـان حاشـیه

رود به وسیله انسان) مورد بررسی قرار می‌گیرند(جداول ۳ و ۵). شاخص‌های گروه سوم (CA1-CA3) تغییرات و تعدیل الگوی کانال، عرض و سطح اساس بستر رود را برای رودهای با عرض بیش از ۳۰ متر مورد ارزیابی قرار می‌دهند(جداول ۳ و ۶).

جدول ۳ : تعریف پارامترها، روش‌های ارزیابی و محدوده کاربرد هر یک از شاخص‌های ارزیابی

شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی	روش‌های ارزیابی	محدوده کاربرد
F1- پیوستگی طولی در شار رسوب و چوب، وجود سازه‌های عرضی (سدهای سیم و توری، سدهای کنترلی، پل‌ها و...) به صورت بالقوه ممکن است شار طبیعی رسوب و چوب را در امتداد رود تغییر دهد.	سنجش از راه دور و یا پایگاه داده مداخلات سازه‌های عرضی؛ بررسی میدانی؛ ارزیابی گیرش رسوب به صورت جزیی یا کلی (کیفی).	همه‌ی انواع رود
F2- وجود یک دشت سیلابی جدید، عرض و طول یک دشت سیلابی جدید	- سنجش از راه دور و GIS: اندازه‌گیری از بخش طولی و عرضی(کمی) بررسی میدانی؛ شناسایی/ بررسی از دشت سیلابی جدید(کیفی)	PC-U: در مورد رودخانه‌های کوهستانی با شیب بیش از ۳٪ و مخروط افکنه ها بررسی نمی‌شود.
F3- پیوستگی رودخانه و دامنه و وجود عناصر قطع کننده (مثلاً جاده‌ها) در حریم ۵۰ متری از رودخانه	سنجش از راه دور و GIS ؛ شناسایی و اندازه‌گیری طول عناصر قطع کننده (کمی)، بررسی میدانی؛بررسی عناصر قطع کننده (کیفی)	C
F4- فرایندهای پسروی کرانه، وجود یا عدم وجود پسروی کرانه	سنجش از دور / ویا بررسی میدانی؛ شناسایی کناره‌های در حال فرسایش(کیفی)	PC-U: در مورد کانال‌های مستقیم- سینوسی با انرژی کم (رودخانه‌های پایین‌دست، کم شیب و یا بار بستری) محاسبه نمی‌شود.
F5- عرض و طول کریدور فرسایش پذیر یعنی محدوده بدون سازه‌های مرتبط(مثلاً محافظ‌های کرانه و خاکریزها) یا زیرساخت‌ها مانند جاده‌ها و خانه‌ها	سنجش از راه دور و GIS: اندازه‌گیری از عرض و طول (کمی)	PC-U
F6- پیکربندی بستر مرتبط با شیب دره (یعنی کاسکاد، سکو، چالاب و...) شناسایی پیکربندی بستر در مورد وجود ساختارهای عرضی و مقایسه با پیکر بندی مورد انتظار بر اساس شیب دره	نقشه های توپوگرافی : میانگین شیب دره(کمی) بررسی میدانی: شناسایی پیکر بندی بستر(کیفی)	تک کانالیC: برای رودهای سنگ بستری و برای رودهای عمیق جایی که مشاهده بستر امکان‌پذیر نمی‌باشد ارزیابی نمی‌شود.
F7- اشکال و فرآیندهای خاص الگوی کانال: درصد طول مسیر با تغییرات طبیعی و ناهمگنی اشکال مورد انتظار برای آن نوع رود که به وسیله عوامل انسانی ایجاد شده است.	سنجش از راه دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری از طول بخش‌های تغییریافته(کمی) بررسی میدانی: شناسایی / کنترل(کیفی)	PC-U: کانال‌های با موانع طولی یا C:چند کانالی
F8- وجود اشکال رودخانه‌ای نمونه در دشت آبرفتی، وجود/عدم وجود اشکال رودخانه در دشت آبرفتی (به عنوان مثال: دریاچه نعلی شکل ،کانال‌های ثانویه...)	سنجش از راه دور یا بررسی میدانی: شناسایی کنترل اشکال رودخانه(کیفی)	PC-U: تنها در مورد رودخانه‌های پیچانرودی در دشت پست (کم شیب) ارزیابی می‌شود.
F9- تغییرپذیری مقطع عرضی: درصد طول بازه با تغییرات طبیعی ناهمگن مقاطع عرضی مورد انتظار برای آن نوع رودخانه که به وسیله عوامل انسانی ایجاد شده است.	بررسی میدانی: شناسایی/ کنترل (کیفی) سنجش از راه دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری از طول قسمت‌های تغییریافته(کمی)	همه‌ی انواع رود: در مورد کانال‌های مستقیم، سینوسی یا پیچانرودی که به صورت طبیعی فاقد موانع باشند (رودخانه‌های مناطق پست، کم شیب و یا بار بستری کم) ارزیابی نمی‌شود.
F10-ساختار بستر کانال: وجود یا عدم وجود تغییرات رسوبات بستر(بستر زره مانند، فراوانی رسوبات ریزدانه ، رخنمون سنگ بستری، بستر سنگ‌چین)	بررسی میدانی: ارزیابی بصری(کیفی)	همه‌ی انواع رود: برای رودهای سنگ بستری یا بستر ماسه‌ای و یا برای کانال های عمیق که مشاهده بستر امکان‌پذیر نیست ارزیابی نمی‌شود
F11- وجود چوب‌های بزرگ در کانال: وجود و یا عدم وجود چوب‌های بزرگ	بررسی میدانی: ارزیابی بصری(کیفی)	همه‌ی انواع رود: در بالاتر از مرز جنگل در رودهای با عدم وجود گیاهان ری پارین(حاشیه رود) ارزیابی نمی‌شود.
F12- محدوده‌ی گیاهان عملکردی: میانگین عرض (یا سطح گسترش) گیاهان در کریدور رودخانه که بالقوه با فرایندهای رودخانه‌ای ارتباط دارد.	سنجش از راه دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری عرض متوسط پوشش گیاهی خودرو (کمی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان طبیعی وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.

F13-گسترش خطی پوشش گیاهی عملکردی: امتداد پوشش گیاهی طبیعی در امتداد کرانه‌های متصل به کانال	سنجش از راه دور و GIS: شناسایی و اندازه‌گیری امتداد طولی پوشش گیاهی در حاشیه رود(کمی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان طبیعی وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.
A1- تغییرات در بالادست جریان رود: مقدار تغییرات در دبی که به علت مداخلات در بالادست رود رخ داده است (سدها، بندهای انحرافی....)	داده‌های هیدرولوژیکی: ارزیابی افزایش/کاهش دبی که به علت مداخلات ایجاد شده است (کمی) در صورت فقدان داده‌های موجود ارزیابی براساس مداخلات موجود و کاربرد آن می‌باشد(کیفی)	همه‌ی انواع رود
A2- تغییر در بالادست دبی رسوب: وجود، نوع و مکان(مساحت زهکشی) سازه‌های مرتبط که موجب گیر افتادن بار بستر می‌شود(سد، بند تنظیمی، سد کوچک)	سنجش از راه دور و GIS یا پایگاه داده مداخلات ، شناسایی ساختارها و مساحت زهکشی مربوطه (کمی)	همه‌ی انواع رود
A3-تغییر جریان در بازه: مقدار تغییرات دبی که به وسیله مداخلات انسانی در بازه ایجاد شده است.	مراجعه کنید بهA1	همه‌ی انواع رود
A4-تغییر دبی رسوب در بازه: تیپولوژی و تراکم فضایی سازه‌های گیرنده‌ی بار بستر در امتداد بازه. (بند تنظیمی، سد کوچک)	سنجش از راه دور، GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی نوع سازه‌ها (کمی)	همه‌ی انواع رود
A5 سازه‌های عرضی: تراکم فضایی سازه‌های عرضی(پل‌ها، پایاب‌ها، پل آب گذر)	سنجش از راه دور، GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی و تعداد سازه‌ها (کمی)	همه‌ی انواع رود
A6-محافظت کناره: طول کرانه‌های محافظت‌شده(دیوارها،پوشش‌های سنگی، تور سنگی یا گابیون، سازه آبشکن، کارهای زیست مهندسی)	سنجش از راه دور، GIS و پایگاه داده مداخلات: طول سازه‌ها (کمی)	همه‌ی انواع رود
A7- خاکریز های مصنوعی: طول و فاصله کانال از خاکریزهای مصنوعی	سنجش از راه دور، GIS و پایگاه داده مداخلات: طول و فاصله سازه‌ها (کمی)	PC-U
A8- تغییرات مصنوعی در مسیر رودخانه: درصد طول بازه با تغییرات مصنوعی مسیر رود به صورت مستند (قطع‌شدگی مئاندر، اشغال مجدد کانال رود...)	اطلاعات تاریخی و کتابخانه‌ای و یا پایگاه داده از مداخلات انسانی (کمی)	PC-U
A9- سایر سازه‌های تثبیت‌کننده بستر: وجود، تراکم فضایی و تیپولوژی سایر سازه‌های تثبیت‌کننده بستر(کف‌بند و رمپ)	سنجش از راه دور، GIS و پایگاه داده مداخلات: شناسایی، تعداد یا طول سازه‌ها (کمی)	همه‌ی انواع رود
A10- جابجایی رسوبات: وجود و شدت نسبی فعالیت‌های معادن رسوب قدیمی(از دهه‌ی ۱۹۵۰ با تمرکز در طی ۲۰ سال اخیر)	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم‌شده توسط ادارات دولتی: برداشت میدانی و یا سنجش از دور: شواهد غیرمستقیم(کیفی)	همه‌ی انواع رود: در مورد رودهای سنگ بستری ارزیابی نمی‌شود.
A11- جابجایی چوب: وجود و شدت نسبی (ناقص یا کامل) جابجایی چوب از کانال در طول ۲۰ ساله گذشته.	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم آمده توسط ادارات دولتی؛ برداشت میدانی: شواهد بیشتر (کیفی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان ری پارین (حاشیه رود) وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.
A12- مدیریت پوشش گیاهی: وجود و شدت نسبی قطع (انتخابی یا کلی) گیاهان ری پارین(حاشیه رود) که طی ۲۰ سال اخیر	پایگاه داده مداخلات و یا اطلاعات فراهم آمده توسط ادارات دولتی؛ برداشت میدانی: شواهد بیشتر (کیفی)	همه‌ی انواع رود: در بالای مرز جنگل و در رودخانه‌هایی که گیاهان ری پارین (حاشیه رود) وجود ندارد ارزیابی نمی‌شود.
CA1- تعدیل الگوی کانال: تغییرات در الگوی کانال از دهه‌ی ۱۹۵۰، براساس تغییرات شاخص‌های سینوسی و شریانی و آناستوموسینگ	سنجش از راه دور و GIS (کمی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال‌های بزرگ انجام می‌گیرد (W>30)
CA2- تعدیل عرض کانال: تغییرات در پهنای کانال از دهه ۱۹۵۰	سنجش از راه دور و GIS (کمی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال‌های بزرگ انجام می‌گیرد (W>30)
CA3- تعدیل سطح اساس بستر: تغییرات سطح اساس بستر طی ۱۰۰سال گذشته	مقطع عرضی یا پروفیل طولی(چنانچه قابل‌دسترس باشد)؛ برداشت میدانی: نشانه‌های از حفر یا رسوب‌گذاری (به صورت کیفی یا کمی)	همه‌ی انواع رود: ارزیابی تنها برای کانال بزرگ انجام می‌گیرد (W>30) جایی که شواهد میدانی یا اطلاعات قابل‌دسترس باشد

جدول ٤ : شاخص عملکردی ژئومورفولوژیکی : توصیف طبقه‌ها و تعریف امتیازات

شاخص‌ها	طبقه‌ها	امتیازات
F1	A: عدم تغییرات در تداوم حمل رسوب و چوب B: تغییرات کم (موانع، سیلاب را به هر حال جلوگیری نمی‌کند) C: تغییرات قابل ملاحظه(کاملاً از حرکت رسوب و چوب جلوگیری می‌کند)	۰ ۳ ۵
F2	A: وجود دشت سیلابی پیوسته و عریض (>۶۶٪ از طول بازه) و عریض‌تر از nW که Wعرض کانال و n ضریبی است که برای کانال شریانی ۱و منفرد ۲ است. B: وجود یک دشت سیلابی ناپیوسته (۱۰ – ۶۶٪) با هر عرضی یا بیش از۶۶٪ طول بازه اما باریک C: عدم وجود دشت سیلابی یا قابل اغماض (کمتراز۱۰٪ پهنا)	۰ ۳ ۵
F3	A: اتصال کامل بین دامنه‌ها و رودخانه بیش از ۹۰٪ B: اتصال به یک بخش قابل‌ملاحظه‌ای از بازه (۳۳– ۹۰٪) C: اتصال به یک بخش کوچکی از بازه کمتر از ۳۳٪	۰ ۳ ۵
F4	A: وجود پسروی‌های مکرر کرانه خصوصاً در امتداد خمیدگی‌های بیرون کرانه B: پسروی‌های کمترکرانه‌ها به علت محافظت از کرانه‌ها و یا دینامیک کانال C:عدم وجود پسروی کرانه‌ها یا گسترش کرانه‌های ناپایدار به علت حرکات توده‌ای	۰ ۲ ۳
F5	A: وجود یک کریدور بالقوه فرسایش پذیر (EC) برای بیش از ۶۶٪ طول بازه و عرض (بیش ازnW که Wعرض کانال و n ضریبی است که برای کانال شریانی ۱وکانال منفرد۲ است). B: وجود یک EC باریک(nW >) در ۶۶٪ طول بازه یا EC عریض در ۳۳–۶۶٪ طول بازه C:وجود یکEC بالقوه با هر عرضی در کمتر از ۳۳٪ طول بازه	۰ ۲ ۳
F6	A: اشکال بستری سازگار با میانگین شیب دره B: اشکال بستری ناسازگار با میانگین شیب دره C: دگرگونی کامل اشکال بستر به واسطه وجود یک بستر مصنوعی	۰ ۳ ۵
F7	A: فقدان(کمتر از ۵٪) تغییر نامتجانس اشکال طبیعی مورد انتظار برای آن نوع رودخانه B: تغییر بخش محدودی از بازه (کمتر از ۳۳٪) C: تغییرات پایدار برای بخش مهمی از بازه (بیش از ۳۳٪)	۰ ۳ ۵
F8	A: حضور اشکال دشت آبرفتی (دریاچه نعلی شکل، کانال فرعی و...) B: وجود بقایای اشکال دشت آبرفتی (متروکه بعد از دهه‌ی ۱۹۵۰) اما با احتمال فعالیت مجدد C:عدم وجود اشکال دشت آبرفتی	۰ ۲ ۳
F9	A: فقدان (≤۵٪) تغییرات مقطع عرضی طبیعی ناهمگن (پهنا و عمق) B: وجود تغییرات برای یک قسمت محدود از بازه (کمتر از۳۳٪) C: وجود تغییرات برای یک قسمت قابل ملاحظه از بازه (بیشتر از۳۳٪)	۰ ۳ ۵
F10	A: ناهمگنی طبیعی از رسوب بستر و بدون رسوبات ریزدانه مشخص B: بستر زره مانند قابل رویت (تنهاpc-u) یا رسوبات ریزدانه فراوان در قسمت‌های مختلف از سایت C1: بستر زره مانند قابل رویت و گسترده (بیش از۹۰٪)(فقط برایpc-u یا رسوبات ریزدانه فراوان یا رخنمونهای رسوبی اتفاقی (فقطpc-u) C2: رخنمون های سنگی گسترده (بیش از۳۳٪ از بازه)تنها(PC-U) یا تغییرات بستری گسترده ایجادشده توسط سنگ چینی بستر(< ۳۳٪ از بازه)	۰ ۲ ۵ ٦
F11	A: وجود چوب‌های بزرگ B: فقدان یا وجود ناچیز چوب‌های بزرگ	۰ ۳
F12	A: پوشش گیاهی عملکردی عریض (nW > که مقدار n، ۱ و ۲ به ترتیب برای کانال‌های شریانی و کانال‌های منفرد است و W= عرض کانال) B: عرض متوسط پوشش گیاهی مرتبط با کانال فعال (۰/۵W - nW) C: پهنای کم پوشش گیاهی مرتبط با کانال کمتر از ۰/۵W	۰ ۲ ۳
F13	A: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال بیش۹۰٪ از حداکثر طول قابل‌دسترس B: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال ۳۳– ۹۰٪ از حداکثر طول قابل‌دسترس C: گسترش خطی پوشش گیاهی فعال کمتر از ۳۳٪ از حداکثر طول قابل‌دسترس	۰ ۳ ۵

جدول ۵ : شاخص‌های مصنوعی: توصیف طبقه‌ها و تعریف امتیازات

شاخص‌ها	طبقه‌ها	امتیازات
A1	A: بدون تغییرات مشخص (≥ ۱۰٪)دبی شکل‌دهنده‌ی کانال و دبی با دوره‌ی بازگشت بیشتر از ۱۰سال	۰
	B: تغییرات مشخص (بیش از۱۰٪) از دبی با دوره بازگشت بیشتر از ۱۰ سال	۳
	C: تغییرات مشخص(بیش از ۱۰٪) دبی شکل‌دهنده‌ی کانال	٦
A2	A: فقدان یا وجود ناچیز سازه‌هایی که از شار رسوب جلوگیری می‌کنند.	۰
	B1: وجود سدهایی برای ۵- ۳۳٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک یا بندهای تنظیمی با جلوگیری کامل بار بستر و در ۳۳-۶۶٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک یا بند تنظیمی با جلوگیری بخشی از بار بستر و سطح زهکشی بیش از ۳۳٪ (نواحی دشتی یا تپه‌ها) یا بیش از۶۶٪ در نواحی کوهستانی	۳
	B2: وجود سدها برای ۳۳- ۶۶٪ سطح زهکشی و یا سدهای کوچک و بندهای تنظیمی با جلوگیری کامل از بار بستر و سطح زهکشی بیش از ۶۶٪	٦
	C1: وجود سدها برای سطح زهکشی بیش از ۶۶٪	۹
	C2: وجود یک سد در بالادست بازه	۱۲
A3	A: تغییرات ناچیز (≥ ۱۰٪) دبی شکل‌دهنده‌ی کانال و دبی با دوره بازگشت بیشتر از ۱۰سال	۰
	B: تغییرات مهم (<۱۰٪) از Q با دوره بازگشت بیشتر از ۱۰سال	۳
	C: تغییرات قابل ملاحظه بیش از ۱۰٪ دبی شکل‌دهنده‌ی کانال	٦
A4	A: عدم وجود سازه‌های جلوگیری کننده از شار رسوب (سدهای تنظیمی، بندها، سدهای کوچک)	۰
	B : وجود بندهای تنظیمی تثبیت‌شده یا باز با تراکم نسبتاً کم (کمتر از ۱مورد در هر n که در مناطق کوهستانی ۲۰۰ متر و در نواحی دشتی یا تپه‌ای ۱۰۰۰ متر است).	٤
	C: وجود سدهای کوچک یکپارچه با تراکم بالا (بیشتر از ۱ مورد در هر n)	٦
	- اگر تراکم کل سازه‌های عرضی، شامل کف بندها و رمپ‌ها بسیار زیاد باشد یعنی بیش از یک مورد در ۱۰۰ متر در مناطق کوهستانی یا بیش از یک مورد در هر ۵۰۰ متر در نواحی دشتی و کوهپایه‌ای امتیاز ۱۲ هم به امتیازهای قبلی اضافه می‌شود.	
A5	A: عدم وجود سازه‌های عرضی (پل‌ها، پایاب‌ها، آبگذرها)	۰
	B: وجود تعدادی سازه عرضی (≥ ۱ مورد در هر ۱۰۰۰ متر در بازه)	۲
	C: وجود سازه‌های عرضی متعدد بیش از ۱ مورد در هر ۱۰۰۰ متر در بازه)	۳
A6	A: فقدان یا وجود محافظهای کناره به صورت محلی (≥ ۵٪ طول کل کناره‌ها)	۰
	B: وجود حفاظهای کرانه برای ≥ ۳۳٪ طول کل از کناره‌ها (مجموع دو کناره)	۳
	C: وجود حفاظهای کرانه برای بیش از ۳۳ ٪ طول کل کناره‌ها (مجموع دو کناره)	٦
	- در مواردی که حفاظهای کرانه‌ای بیش از ۸۰ درصد طول بازه باشند امتیاز ۱۲ به سایر امتیازات اضافه می‌شود.	
A7	A: عدم وجود خاکریز یا فاصله‌دار بودن آن‌ها و یا وجود خاکریزهای نزدیک به رودخانه در کمتر از ۱۰٪ طول کل کناره‌ها	۰
	B: وجود خاکریزهای نزدیک و یا در تماس با رود (در تماس بودن ≥ ۵۰٪ طول کل کناره)	۳
	C: وجود خاکریزهای زیاد در نزدیکی و یا در تماس با رود (در تماس بودن بیش از ۵۰٪ طول کل کناره)	٦
	- در مواردی که خاکریزها بیش از ۸۰ درصد در تماس با رود هستند امتیاز ۱۲ به سایر امتیازات اضافه می‌شود.	
A8	A: عدم وجود تغییرات مصنوعی در مسیر رودخانه در گذشته (بریدگی حلقه مئاندر، تغییرمسیر کانال و...)	۰
	B: وجود تغییرات در کمتر از ۱۰ درصد طول بازه	۲
	C: وجود تغییرات در بیش از ۱۰ درصد طول بازه	۳
A9	A: عدم وجود سازه‌ها (کف‌بندها یا رمپ‌ها) و فقدان سنگچین‌ها یا محلی بودن آن‌ها (کمتر از۵٪)	۰
	B: وجود کم سازه‌ها (≥ ۱ مورد در n که مقدار n در نواحی کوهستانی۲۰۰ متر و در نواحی دشتی یا تپه‌ای ۱۰۰۰متر است) و یا سنگفرش‌های کمتر از ۱۵ درصد نفوذناپذیر یا کمتر از ۲۵ درصد نفوذپذیر	۳
	C1:وجود سازه‌های زیاد (بیش از ۱ مورد در هرn) و یا سنگفرش قابل ملاحظه در بستر (کمتر از ۳۳٪ نفوذ ناپذیر و یا کمتر از ۵۰٪ نفوذ پذیر)	٦
	C2: وجود سنگفرش‌های نفوذ ناپذیر در بستر (بیش از ۳۳٪) و یا سنگفرش نفوذپذیر بیش از ۵۰٪	۸
	- در مورد سنگفرش‌های گسترده در بستر رود (بیش از ۸۰٪) امتیاز ۱۲ به سایر امتیازات اضافه می‌شود.	

A10	PC-U A : عدم وجود فعالیت‌های جابجایی رسوب، جدید (۲۰ سال اخیر) و قدیمی (از دهه‌ی ۱۹۵۰) B: فعالیت‌های متوسط جابجایی رسوب در گذشته (از دهه‌ی ۱۹۵۰) و عدم وجود این فعالیت‌ها در طی ۲۰ سال گذشته، یا عدم وجود این فعالیت‌ها در گذشته و وجود آن طی ۲۰ سال اخیر C: فعالیت شدید در گذشته یا فعالیت متوسط در گذشته و فعال در طی۲۰سال اخیر = C A : عدم وجود فعالیت‌های جابجایی رسوب در طی۲۰سال اخیر B: فعالیت جابجایی رسوب به صورت محلی در طی۲۰سال اخیر C: فعالیت گسترده جابجایی رسوب طی۲۰سال اخیر	۰ ۳ ۶ ۰ ۳ ۶
A11	A: عدم جابجایی مواد چوبی حداقل در طی ۲۰ سال اخیر B: برش‌های انتخابی یا برش‌های واضح در کمتر از۵۰٪ بازه‌ها طی۲۰سال اخیر C: جابجایی کل مواد چوبی طی۲۰سال اخیر	۰ ۲ ۵
A12	A: عدم مداخله انسان در قطع پوشش گیاهی کنار رود در طول۲۰سال اخیر B: قطع انتخابی و یا قطع واضح درختان در کمتر از ۵۰٪ از بازه در طول۲۰سال اخیر C: قطع واضح گیاهان حاشیه رود در بیش از ۵۰٪ از بازه در طول۲۰سال اخیر	۰ ۲ ۵

جدول ٦ : شاخص‌های تعدیل کانال: توضیح طبقه‌ها و تعریف امتیازات

شاخص‌ها	طبقه‌ها	امتیازات
CA1	A: فقدان تغییرات در الگوی کانال از دهه‌ی۱۹۵۰ B: تغییر یک الگوی کانال مشابه از دهه‌ی ۱۹۵۰ (PC-U) یا تغییر الگوی کانال از دهه‌ی ۱۹۵۰ (C) C: تغییر با یک الگوی کانال متفاوت از دهه‌ی ۱۹۵۰ (فقطPC-U)	۰ ۳ ۶
CA2	A: عدم وجود تغییرات یا تغییرات محدود (≤۱۵٪) از دهه‌ی۱۹۵۰ B: تغییرات متوسط (۱۵-۳۵٪) از دهه‌ی۱۹۵۰ (PC-U) یا تغییرات بیش از ۱۵٪ از دهه‌ی ۱۹۵۰ (C) C: تغییرات شدید(بیش از ۳۵٪) از دهه‌ی ۱۹۵۰(فقط PC-U)	۰ ۳ ۶
CA3	A: تغییرات ناچیز سطح اساس بستر (کمتر از ۰/۵ متر) B: تغییرات محدود یا متوسط سطح اساس بستر (۰/۵- ۳ متر) C1: تغییرات شدید سطح اساس بستر(بیش از ۳ متر) C2: تغییرات خیلی شدید سطح اساس بستر(بیش از ۶ متر)	۰ ۴ ۸ ۱۲

پس از امتیازدهی شاخص‌ها، ابتدا با استفاده از رابطه زیر شاخص تغییرات مورفولوژیک [۱](MAI) محاسبه می‌گردد:

$$MAI=S_{tot} / S_{max}$$

که S_{tot}: مجموع امتیازات و S_{max}: حداکثر امتیاز طبقه C هر شاخص است. بنابراین، دامنه‌ی MAI از ۰ (بدون تغییرات) تا ۱ (حداکثر تغییرات) شامل می‌شود. سپس با رابطه زیر، شاخص کیفیت مورفولوژیک محاسبه می‌گردد :

$$MQI=1-MAI$$

[۱] - Morphological Alteration Index

بنابراین شاخص، نسبت مستقیمی باکیفیت بازه و نسبت معکوسی با تغییرات بازه دارد و از ۰ (حداقل کیفیت) تا ۱ (حداکثر کیفیت) متغیر است. طبق این ساختار، شرایط مرجع (یعنی طبقه A هر شاخص برابر است با MQI=1) که به صورت زیر مشخص می‌شود:

۱- عملکرد کامل فرایندهای ژئومورفیک در طول بازه

۲- عدم وجود یا وجود ناچیز عناصر مصنوعی در طول بازه یا کمی گسترش در سطح حوضه (برحسب شار جریان آب و رسوب)

۳- عدم وجود تعدیل‌های مشخص در کانال(پیکر بندی بستر، عرض و ارتفاع بستر) در یک دوره زمانی حدود ۱۰۰سال

در نهایت مقادیر MQI به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (۱) خیلی خوب : $۰/۸۵ \leq MQI \leq ۱$؛ (۲) خوب : $۰/۷ \leq MQI < ۰/۸۵$؛ (۳) متوسط : $۰/۵ \leq MQI < ۰/۷$؛ (۴) ضعیف : $۰/۳ \leq MQI < ۰/۵$ ؛ (۵) بد : $۰ \leq MQI < ۰/۳$

نتایج

با توجه به مباحث مطروحه در قسمت مواد و روش‌ها، ویژگی‌های شش بازه در رودخانه لاویج (شکل ۱) با توجه به شاخص‌های کیفیت مورفولوژیکی رود به صورت زیر تشریح می‌شود:

بازه ۱: در این بازه، رودخانه از یک‌طرف در مجاورت حاشیه دره (۵۰ تا ۹۰ درصد) قرار داشته و از طرف دیگر دارای دشت‌سیلابی می‌باشد. شیب رود حدود ۰/۰۸ متر بر متر بوده و بستر کانال از رسوبات قلوه‌سنگی و ریگ تشکیل‌شده و دارای مورفولوژی سکو-چالاب[۱] می‌باشد(شکل۲ الف). عرض کانال از۳ تا۱۰متر متغیر بوده و الگوی آن به صورت تک‌کانالی با سینوسیته کم است. دخالت انسان در بخش محدودی از بازه، موجب قطع و تخریب گیاهان حاشیه رود شده و رسوبات دشت سیلابی توسط افراد محلی برداشت شده است(شکل۲ب). در مجموع مقدار MQI این بازه ۰/۸۵ محاسبه‌شده است که در گروه خیلی خوب قرار می‌گیرد.

بازه ۲ : این بازه رودخانه‌ای در بستری کاملاً آبرفتی قرار داشته و رودخانه به صورت عمودی دشت سیلابی خود را حفر نموده و سه سطح پادگانه آبرفتی را در حاشیه رود به وجود آورده است. از این رو کانال به صورت نسبتاً محدود با تراس‌های آبرفتی مجاور در تماس است(شکل۳ الف). شیب بستر کانال در این بازه رودخانه‌ای بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۶ متر بر متر می‌باشد و بستر رودخانه از توالی سکو- چالاب تشکیل‌شده است. واحدهای ژئومورفیک موجود در کانال رود شامل موانع طولی و جانبی می‌باشند(شکل۳ب). رسوبات بستر شامل ریگ، قلوه‌سنگ و قطعه سنگ و واریزه‌های چوبی بزرگ می‌باشد. این بازه به علت نزدیکی به آبادی‌های اطراف دارای تغییراتی بوده است که شامل ۱) تغییر کاربری و ساخت و سازهای جدید در اطراف رودخانه خصوصاً بر روی تراس‌های آبرفتی مجاور ۲) برداشت رسوب از بستر رود به صورت محلی و جابجایی واریزه‌های چوبی بزرگ در امتداد رود از جمله دخالت‌های انسان در بستر این رود می‌باشد.

[۱] -step-pool

شکل ۲ : بازه رودخانه‌ای۱، الف) تصویر سکو-چالاب، واریزه‌های چوبی بزرگ و گیاهان حاشیه رود ب) تصویر قسمتی از همین بازه با تخریب پوشش گیاهی اطراف کانال و برداشت رسوب.

شکل ۳ : تصاویر بازه ۲، الف) بستر رودخانه در مجاورت تراس آبرفتی قدیمی ب) کانال سیلابی و مانع میان کانالی

بازه ۳ : این بازه در موقعیت محدود با دره‌ای تنگ و عمیق که عرض آن از ۵ تا ۲۰ مترمتغیر است قرارگرفته و بیش از ۹۰درصد آن به دیواره دامنه اتصال داشته و شکل گلوگاه می‌باشد(شکل ۴ الف). الگوی رود به صورت تک کانالی بوده و مسیر رود تابع پیچ و خم دره است. متوسط شیب دره ۰/۰۴ متر بر متر است. اشکال بستری غالب در کانال سکو-تالاب‌های متوالی بوده و در قسمت‌های محدب کانال به صورت محلی، از رسوبات انباشته‌شده(شکل۴ب) و گیاهان بر روی آن‌ها استقراریافته‌اند. این بازه به علت قرارگیری در یک دره عمیق و باریک و همچنین وجود دیواره‌های سنگی

مورد بهره‌برداری انسان قرار نگرفته است. فقط وجود جاده ارتباطی در نزدیکی این بازه و ایجاد ناپایداری دامنه‌ای موجب افزایش بار رسوبی در این بازه شده است. با این وجود مقدار MQI این بازه ۱ به دست آمده است که نشان‌دهنده‌ی حداقل تغییر بوده و در گروه بسیارخوب طبقه‌بندی می‌شود.

شکل ۴ : تصاویر بازه ۳، الف) دیواره سنگی بازه ب) بستر رودخانه به همراه مانع رسوبی در قسمت محدب

بازه ٤: این بازه رودخانه‌ای به صورت نسبتاً محدود بوده و ۱۰ تا ۵۰ درصد موارد کانال رود در حاشیه دره قرارگرفته است. شیب کانال رود ۰/۰۳ متر بر متر بوده و بستر آن از توالی چالاب- خیزاب[1] تشکیل‌شده و به صورت محلی دارای سکوهای قطعه‌سنگی و واریزه‌های چوبی بزرگ می‌باشد(شکل۵ الف). دشت سیلابی در این بازه به علت مجاورت با حاشیه دره به صورت ناپیوسته می‌باشند. کرانه‌های کانال در جاهایی که متصل به دشت سیلابی است به علت وجود رسوبات منفصل نسبت به زیربری و فرسایش حساس بوده و باعث پهن‌شدگی کانال می‌گردند که این پهن‌شدگی نیز با موانع رسوبی و سکوهای آبرفتی منطبق می‌باشد. این بازه تا ۲۰ سال گذشته به صورت محلی مورد استفاده قرار می‌گرفت اما وجود پوشش گیاهی متراکم در امتداد کانال رود و اشکال دشت سیلابی نشان‌دهنده‌ی دخالت ناچیز عوامل انسانی در این بازه می‌باشد(شکل۶ب). مقدار MQI در این بازه ۰/۹۸ محاسبه‌شده که در طبقه بسیار خوب قرار می‌گیرد.

شکل ۵ : تصاویر بازه ۴، الف) واریزه چوبی بزرگ در درون کانال ب) بستر رود و پوشش گیاهی دشت سیلابی

بازه ۵: این بازه در واحد کوهپایه قرارگرفته و کانال رود به صورت نسبتاً محدود در مجاورت تراس‌های قدیمی می‌باشد(شکل۶ الف). شیب کانال حدود ۰/۰۲ متر بر متر بوده و بستر رود و کرانه‌های کانال آبرفتی می‌باشد. بستر کانال از چالاب – خیزاب‌های متوالی تشکیل‌شده و اشکالی مانند موانع رسوبی طولی، موانع جانبی و سکوهای آبرفتی هم در درون کانال مشاهده می‌شوند(شکل۶ ب). دشت سیلابی ناپیوسته با گیاهان درختی پوشیده شده و اشکال دشت سیلابی مانند کانال‌های سیلابی هم بر روی آن‌ها مشاهده می‌شود. عدم وجود عوامل مصنوعی در بالادست بازه و تغییرات ناچیز انسانی موجب شده است که مقدار MQI بازه ۰/۹۸ به دست آمده که در گروه بسیارخوب طبقه‌بندی می‌شود.

[1] - pool-riffle

شکل ۶ : تصاویر بازه ۵، الف) تراس آبرفتی قدیمی در کرانه رود ب) بستر رود و دشت سیلابی مجاور رود

شکل ۷ : تصاویر بازه ۶، الف) بخشی از پلان بازه ب) بستر رود ج) آبشار مصنوعی کوتاه د) بستر مصنوعی بتونی

بازه ٦ : این بازه در واحد دشت قرارگرفته و به علت مجاورت با تراس‌های قدیمی به صورت نسبتاً محدود می‌باشد(شکل۷ الف). شیب کانال به صورت طبیعی ۰/۰۲ متر بر متر می‌باشد. اندازه رسوبات بستر از ریگ تا قلوه‌سنگ متغیر است. این بازه بیش از ۲۰ سال است که به علت برداشت رسوبات از بستر رود (معدن شن و ماسه) و حاشیه آن تغییرات بسیار زیادی را تجربه نموده است(شکل۷ب). در گروه سؤالات F یا عملکرد ژئومورفیکی رود تقریباً تمامی پارامترها شامل شاخص‌های طولی، جانبی، الگوی کانال، مقطع عرضی، رسوبات بستر رود می‌باشد، تغییر کرده است. ایجاد یک کانال فرعی جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی بخشی از آب و رسوب ورودی به رود را کاهش داده است. در نتیجه تغییرات ایجادشده تعدادی سازه مصنوعی در آن ایجادشده تا فرایندهای رودخانه‌ای را کنترل نماید. لذا تمامی

شاخص‌های گروه A در این بازه، امتیاز تغییر را کسب کرده‌اند. از جمله تغییرات عوامل مصنوعی می‌توان به تغییر کاهش شیب بستر، ایجاد خاک ریزهای مصنوعی، ساخت آبشارهای کوتاه بتونی (شکل۷ج)، ایجاد بستر بتونی(شکل ۷د)، ایجاد ریپ رپ در برخی از کناره‌های رود اشاره نمود. به علت تغییرات فوق‌الذکر رود در مسیر خود تعدیل‌های را ایجاد نموده است که می‌توان به تغییر الگوی رود به حالت شریانی، تغییرات شدید سطح اساس بستر(بیش از ۶ متر) اشاره نمود. در مجموع، مقدار MQI در این بازه رودخانه‌ای ۰/۲۲ محاسبه‌شده که در گروه بد طبقه‌بندی می‌شود.

نتیجه‌گیری

تاکنون روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی رود در سطح جهان به وجود آمده است بیشتر این روش‌های طبقه‌بندی، رودهای طبیعی را مورد مطالعه قرار داده‌اند اما روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی رود (MQI) به بازه‌های رودخانه‌ای که تحت تأثیر دخالت‌های انسانی و تغییرات ناشی از آن قرارگرفته‌اند را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد که مهم‌ترین مزیت این روش است. اما طبق نظر رینالدی و همکاران(۲۰۱۳) این روش فقط کیفیت مورفولوژیکی رود را ارزیابی می‌کند و به مطالعه دقیق و پیچیده رودخانه‌ای نمی‌پردازد از این رو نقاط ضعف و قوت خاص خود را دارد. در این مطالعه که روش MQI بر روی رودخانه لاویج انجام شده است، نشان می‌دهد که بازه‌های با امتیاز بیشتر کمترین تغییر و بازه‌های با امتیاز کمتر، بیشترین تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی را تجربه نموده‌اند. نتایج به دست آمده برای بازه‌های ۱ تا ۵ با نتایج طبقه‌بندی استیل رود (اسماعیلی،۱۳۹۰) تقریباً همسو می‌باشد. داده‌های بازه ۶ هم با نتایج به دست آمده از اثرات ژئومورفیک برداشت رسوب(اسماعیلی و همکاران،۱۳۹۲) تطبیق دارد. از این رو نتایج به دست آمده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی رود در منطقه مورد مطالعه ارزیابی مناسبی را ارائه نموده است.

با این وجود، در شاخص‌های پیوستگی طولی تغییرات شار آب و رسوب عمدتاً با وجود سازه‌های مصنوعی با تغییرات کاهشی همراه هستند و برای سایر تغییرات که موجب افزایش رسوب به داخل کانال می‌شوند، امتیازی در نظر گرفته نشده است. با توجه به این‌که روش MQI به صورت سلسله مراتبی است تغییرات سطح حوضه و فعال شدن برخی از پدیده‌های ژئومورفیک هم نیاز به امتیازدهی دارند تا تغییرات افزایش شار رسوب نیز اعمال گردد. همچنین استفاده از سنجش از دور در ارزیابی‌ها پیشنهاد شده است که این موضوع برای رودخانه‌های کوچک و پوشیده از جنگل البرز شمالی با مشکلاتی همراه بوده و به مطالعات میدانی بیشتری نیازمند است. در کشور ایران، با توجه به وجود پوشش عکس‌های هوایی سراسری در دوره‌های مختلف این ارزیابی برای رودخانه‌های بزرگ و با پوشش گیاهی کم امکان‌پذیر می‌باشد. در نهایت بر اساس نظر رینالدی و همکاران (۲۰۱۳) آزمون این روش در سایر مناطق نیز پیشنهاد می‌گردد تا نقاط ضعف و قوت روش مورد ارزیابی قرار گیرد.

References

Brierley, G.J., Fryirs, K.A., 2005. Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework. Blackwell, Oxford, UK, 398 pp.

Buffington, J.M., Montgomery, D.R., 2013, Geomorphic Classification of Rivers, Treatise on Geomorphology 9: 730-767. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00263-3

Esmaili, R., 2012, Application of Geomorphic River Recovery in river management, case study, Northen Alborz, Lavij Rud cathment, Enviromental Erosion Researches 4: 87-108.

Esmaili, R., Hosseinzadeh, M.M. and Eghbali, R., 2013, Geomorphic effects of gravel extraction in gravel bed river: the river Lavij, Northen Alborz, Geography and Natural Hazard, http://jm.um.ac.ir/index.php/geo/article/view/19935.

Newson, M.D. and Large, A.R.G., 2006, 'Natural' rivers, 'hydromorphological quality' and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology, Earth Surface Processes and Landforms 31: 1606–1624.

Montgomery, D.R., Buffington, J.M., 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Geological Society of America Bulletin 109 (5), 596–611.

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. & Bussettini, M., 2013, A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI), Geomorphology 180–181: 96–108.

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M., 2012. Guidebook for the Evaluation of Stream Morphological Conditions by the Morphological Quality Index (MQI). Version 1.1. 85 pp Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma. http://www.isprambiente.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/guidebook-for-the-evaluation-of-stream.

Rosgen, D.L., 1994. A classification of natural rivers. Catena 22, 169–199.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی