مهندسی رودخانه از گذشته تـا آینده (بررسی رویکردها وچشم‌انداز)

آرمین بوستانی[۱]، کاظم اسماعیلی[۲*]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکترای تخصصی علوم و مهندسی آب- سازه‌های آبی، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، Email: Esmaili@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

چکیده

رودخانه‌ها از جمله منابع آبی سطحی مهمی هستند که در طی زندگی بشر همواره مورد توجه بوده‌اند. این توجه ناشی از وابستگی انسان به آب و پاسخ دادن به این وابستگی در موضوعاتی از قبیل کشاورزی، انتقال آب، مهار سیلاب‌ها و حمل و نقل آبی است. در گذشته این باور وجود داشت که اقدامات اساسی همچون بهره‌برداری از رودخانه‌ها و حفاظت در برابر سیلاب‌ها، تنها مربوط به مهندسی رودخانه است، ولی در حقیقت این اقدامات در حوزه‌ی احیا و ساماندهی رودخانه‌ها قرار داشته است. در معنای امروزی سابقه‌ی فعالیت مهندسین رودخانه از ۶۰-۵۰ سال تجاوز نکرده و از رشته‌های نسبتاً جدید مهندسی عمران آب در کشور ما شناخته می‌شود. بایستی این نگرش تک علمی به مهندسی رودخانه برداشته شود، زیرا متخصصان این علم در حقیقت باید علاوه بر اطلاعات هیدرولیکی، توانایی‌های هیدرولوژیکی، زمین شناسی، محیط زیست، پیش از ورود به مباحث کارشناسی، دارای تجربه‌ی عملی مشخصی باشند، به‌علت آنکه شرایط هر رودخانه با رودخانه‌ی دیگر متفاوت بوده و هیچگاه نمی‌توان نتایج یک مشاهده‌ی علمی و تجربه‌ی عملی یک رودخانه را به دیگری تعمیم داد. در این تحقیق به تجربه و توصیه‌های انجمن اداره‌ی عمران آمریکا (USACE) در زمینه‌ی تربیت مهندسین رودخانه در آینده و پیشنهادهای این انجمن برای ارتقاء متخصصین این حوزه استناد شده است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی رودخانه، اداره‌ی عمران آمریکا، کریدور رودخانه، ساماندهی و احیا رودها.

River engineering, from the past to the future (Evaluation of approaches and outlooks)

A. Boostani[1], K. Esmaili[2*]

1,2- PhD student of Water Engineering-water structures & Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: Esmaili@um.ac.ir)

Received:4-5-2014

Accepted: 2-7-2014

Abstract

Rivers are among the most important surface water resources which have always been of significance throughout the history of mankind. This significance is due to human dependence on water for answering his needs such as agriculture, water transfer, flood control and water transportation. In the past, it was assumed that basic measures such as exploiting rivers or managing floods were only limited to the river engineering whereas they fell into the river management and reclamation domain. However, in the modern sense of the word, river engineering is not much older than 50 to 60 years and it is considered a relatively new branch of Water Civil Engineering in our country. This one-dimensional view of river engineering should be lifted. Before engaging in the advance levels of this science, experts require sufficient practical knowledge of hydrology, geology and environment. Each river is unique and it is never wise to generalize the results of a scientific observation or experiment to other rivers. The present research refers to the experiences and guidelines of United States Army Corps of Engineers (USACE) for educating competent river engineers in the future and expanding the knowledge of the experts who are engaged in this field.

Key words: River Engineering, USACE, River Corridor, river management and reclamation.

مقدمه

اولین اقدامات در زمینه‌ی بهره‌برداری از رودخانه‌ها که به نوعی در محدوده‌ی عمل مهندسی رودخانه قرار می‌گیرد، متناسب با پیدایش و رشد جوامع متمدن در حاشیه‌ی رودخانه‌ها و منابع آبی پایدار بوده است. نیاز انسان به آب باعث شده تا اکثر تمدن‌های بشری در کنار رودخانه‌ها شکل بگیرند. تنظیم رودخانه در مقیاس بزرگ در ۵۰۰۰ سال پیش، در رودخانه‌های نیل، دجله و فرات و سند صورت گرفته است. قانون حمورابی پادشاه بابل که حدود ۴۰۰۰ سال قبل به‌عنوان قانون پادشاه خوانده شد، شامل هشدارهایی در برابر بازکردن دریچه‌های آبگیر که باعث سیلابی‌شدن زمین‌های همسایه می‌شد بوده است. شاید آبگذرهای عظیم واضح‌ترین آثار باقیمانده‌ی اروپاییان در قرون گذشته باشد. آبگذر متز[1] با پلی به طول بیش از یک کیلومتر و ارتفاع بیش از ۳۰ متر از رودخانه‌ی موزل عبور می‌کرده است.

پس از انقلاب صنعتی ۴ دوره در مورد علم مهندسی رودخانه قابل بیان است. مرحله‌ی اول از حدود ۱۷۵۰ تا ۱۹۰۰ میلادی که شامل توسعه‌ی طرح‌های بزرگ در اکثر رودخانه‌های بزرگ اروپا به‌منظور کشتیرانی، کنترل سیلاب و استفاده از زمین دشت سیلابی بوده است. مرحله‌ی دوم از ۱۹۰۰ تا ۱۹۴۰، شامل توسعه‌ی فنّاوری برای ساخت سدهای بزرگ و توسعه‌ی آنها در آمریکای شمالی، اروپا و جنوب شرقی آسیا بوده است. سد هوور که اولین سد بزرگ رودخانه‌ی کلرادو است در سال ۱۹۳۶ تکمیل شد. امروزه این سد از لحاظ ارتفاع در مقام چهاردهم و از لحاظ حجم در مقام بیست و سوم در بین سدهای جهان قرار دارد. مرحله‌ی سوم از ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰، اوج فعالیت سدسازی و انحراف آب رودخانه‌ها در سطح جهان است. در مرحله چهارم که از ۱۹۸۰ تا امروز است، حرکت سدسازی تا حدود۵۰۰ سد در سال در سطح جهان کاهش یافت و توجه بیشتری به اقدامات مهندسی نظیر احیا و حفاظت از رودخانه‌ها و تأثیر سازه‌های رودخانه‌ای بر مورفولوژی و رژیم جریان‌ها شد (ابراهیم نژاد، ۱۳۸۴).

جعفرزاده (۱۳۸۷)، تاریخچه‌ی مختصری از این شاخه‌ی مهندسی رودخانه را در برداشتی از ژولین اینگونه بیان می‌کند: «منشأ علم مهندسی رودخانه را شاید بتوان به یو (۴۰۰۰ B.C) Yu امپراطور چین نسبت داد که خاکریزهای پایداری را به منظور حفاظت سرزمین‌های حاصلخیز در برابر سیلاب احداث کرد». به‌این‌صورت که سلسله‌ی امپراطوران چین برای قرن‌ها به نسبت میزان توانایی‌شان در مهار رودخانه‌های بزرگ، خوشنام یا بدآوازه می‌شدند. به‌طور کلی فقدان درک علت و معلولی روابطی که بتواند حوادث طبیعی نظیر سیلاب‌ها را توضیح دهد از مشخصه‌های تمدن‌های اولیه بوده است. در این دوران بشر ناگزیر به توسعه‌ی علم مهندسی هیدرولیک و کنترل رودخانه‌های طغیانگر بوده است. در قرون بعد دانشمندانی نظیر داوینچی، کاستلی، پاسکال، نیوتن، لایب نیتز، برنولی، اولر و... تا ۱۹۰۰ میلادی به مفاهیم بنیادی تغییرات دبی، پیوستگی جریان، توزیع فشار و متغیرهای هیدرودینامیکی جریان پرداختند و علم تئوری و مهندسی را به حوزه‌ی کاربردی این روش افزودند (Pierre Julien، ۱۹۹۷).

رودخانه در مجموعه سرزمین‌هایی مانند کوه، دشت و بیابان تنها پدیده‌ای است که انرژی دارد و مانند موجود زنده در مقابل تحرکات و تجاوزات پیرامون خود عکس‌العمل نشان می‌دهد. نتایج کارهای رودخانه‌ای، کنترل سیلاب و سازه‌های واقع در مسیر؛ توجه به اثرات بعدی و دراز مدت تغییرات ناشی از اقدامات انسان روی طبیعت رودخانه‌ها را ضروری ساخته است. به‌علت پیچیدگی جریان‌های طبیعی، فرسایش و ته‌نشینی مواد، برای شناخت و تعیین متغیرها می‌توان از رهیافت‌های تحلیلی استفاده کرد. با چنین تجاربی، انسان درک کرده برای اجتناب و یا کاهش آثار زیان‌بار هر تغییری در فرآیند طبیعی رودخانه، باید بتواند به قانونمندی‌های همان رودخانه پی برده و اثرات طولانی مدت هرگونه اصلاح یا تغییری در مسیر رودخانه را پیش‌بینی کند. شاید به‌علت تغییرات وسیع رودخانه‌ها باشد که Benjamin Franklin (۱۷۲۷) گفته است: «رودخانه‌ها، به‌ویژه در کشورهای کوهستانی، سیستم‌های غیرقابل کنترلی هستند».

رودخانه‌ها به‌مثابه موجودات زنده‌ای هستند که در مقابل تعارض‌های محیطی و انسانی اقدام متقابل نموده و لذا رژیم هیدرولیکی آن در جریانی برای رسیدن به تعادل مجدد قرار می‌گیرد. مهندسی رودخانه علمی است که در فرآیند طراحی، برنامه‌سازی، اجرا و بهره‌برداری از رودخانه‌ها برای رفع نیازها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده‌ی بهینه از رودخانه‌ها به لحاظ اهمیتی که این منابع طبیعی در برآورد کلیه رودخانه‌های در معرض تغییر و تحول دارند و اقدامات مهندسی رودخانه برای تغییر بده، مطالعه‌ی دبی رسوبی، مسیر رودخانه، عمق آبراهه، پهنه‌ی سیل‌گیر و کیفیت آب از اهداف اصلی مهندسی رودخانه است. روش‌های معمول در رسیدن به این اهداف، استفاده از سازه‌های مختلف به‌تنهایی یا ترکیبی مثل سد، سیل‌بند خاکی یا بتنی، پوشش بدنه، آب‌شکن یا به کارگرفتن راه حل‌های قدیمی مثل لایروبی است. از جمله مباحث مهم در مهندسی رودخانه شناخت شکل رودخانه (مورفولوژی)، تثبیت، سواحل و بستر رودخانه، کانالیزه‌کردن و کنترل سیلاب است.

در حقیقت مهندسی رودخانه به اقداماتی گفته می‌شود که در زمینه‌ی مطالعات (شناخت، برنامه‌ریزی، طراحی)، ساخت سازه‌ها و بهره‌برداری بهینه از رودها و به‌منظور مهار سیلاب، کاهش خطرات، به حداقل رساندن تبعات منفی و همچنین بهسازی وضعیت رودخانه‌ها برای تامین نیازهای بشری و حفظ محیط زیست صورت می‌گیرد. عملیات مهندسی رودخانه، کم و بیش محیط طبیعی رودخانه و مورفولوژی آن را تغییر می‌دهد. مهم آن است که در این اقدام، مشخصه‌های تغییر یافته به رودخانه کمک کند تا در حالت ثانویه عملکرد مناسبتری نسبت به حالت طبیعی خود داشته باشد. در مهندسی رودخانه لازم است تا علاوه بر لحاظ کردن اعتبارات موجود در زمان اجرای طرح، ظرافتهای طبیعی محیط نیز کاملاً شناخته شده و مورد بررسی قرار گیرد. از این روست که لورنز استراب[2]، مهندسی رودخانه را بیشتر یک هنر می‌داند تا علم.

عملیات مهندسی در اغلب رودخانه‌ها شامل ساماندهی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها به‌منظور مهار سیلاب، کنترل و اصلاح دبی و عمق جریان

و دبی رسوب، مهار فرسایش بستر و کناره‌ها و نیز هدایت جریان در یک مسیر مشخص و مطلوب برای ایجاد شرایط مناسب و مطمئن برای کشتیرانی و همچنین کنترل کیفیت آب است (ابراهیم نژاد، ۱۳۸۴). هیچ‌گاه اصول مهندسی رودخانه، مشابه یک کتاب آشپزی (گام‌به‌گام و از پیش تعیین‌شده) نخواهد بود (Remus و Jonas، ۲۰۱۰).

در طرح‌های ۱۰۰ سال اخیر و به‌خصوص طرح‌های حال حاضر، عمده‌ی کارهای مهندسی رودخانه بر اصلاح و ساماندهی رودخانه‌ها و همچنین توسعه‌ی محیطی بوده است (Hey، ۱۹۹۴). در راستای تحقیقات صورت‌گرفته، Dubowy (۲۰۱۳) به مدیریت و ساماندهی حمل و نقل، ناوبری و مدیریت خطر سیل در رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی و تأثیرات هیدرولیکی و اکوهیدرولوژی که از اقدامات ضروری در حیطه‌ی مهندسی رودخانه است در طول یک دوره‌ی زمانی ۱۰۰ساله پرداخت. در این تحقیق نقش مهندسی رودخانه در این بازه‌ی زمانی بررسی شد و اقداماتی که در قلمرو این علم است و برای بهبود اقدامات فوق بایستی صورت گیرد مورد نقد و بررسی قرار گرفت.

یک مهندس رودخانه به ترکیب مهارت‌هایی در زمینه‌های تحلیل انتقال رسوب، هیدرولوژی و هیدرولیک، ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) آبرفت‌ها، توأم با یک پیش‌زمینه‌ی قوی عملی در انتخاب گزینه نهایی، طراحی و تاثیرات رفتار رودخانه‌ها و آبریزها بر پدیده‌های مورفولوژی، به‌منظور اصلاح و به‌سازی سازه‌های آبی احداث شده در مسیر آنها نیازمند است. احاطه بر مهندسی رودخانه در بخش‌های مدیریت بحران و مهندسی؛ یک برنامه ضروری و جامع در جهت مدیریت پروژه به نظر می‌رسد. مهارت‌های مهندسی رودخانه در حال حاضر نیاز بخش وسیعی از پروژه‌ها و آبراهه‌ها و آبریزها در شرایط و مقیاس‌های مختلف است. تخصص در ارزیابی جریانات رسوب در رودخانه‌های آبرفتی و سیلابی (چه در یک شاخه‌ی آن یا تمامی حوزه‌ی آبریز) نیازمند توانایی حل بسیاری از مسائل از قبیل مدیریت رسوب حوزه‌ی آبریز، پروژه‌های بازسازی و احیاء آبراهه‌ها و ارزیابی متغیرهای چندگانه در حوزه‌ی آبریز (تحت تاثیر ساخت سد، حذف سد، بارهای رسوب ناشی از واریزه‌های آتشفشانی، گدازه‌های قابل اشتعال و مسائل مرتبط با شهرسازی) است.

با توسعه‌ی شهرنشینی و اجرای طرح‌های عمرانی و دورشدن انسان‌ها از رودخانه‌ها و با برداشت بیرویه‌ی شن و ماسه از بستر رودخانه، خانه و شهرک‌سازی در حریم و بستر رودخانه، احداث سازه‌های تقاطعی و غیره به تعرض به رودخانه و بر هم زدن رژیم متعادل و پایدار آن اقدام شد. به‌طور کلی تمامی موارد فوق با استفاده از انواع مختلف سازه‌ها یا ترکیبی از آنها همچون سدها و مخازن، گوره‌ها و دیواره‌های سیل‌بند، انواع پوشش‌ها و کناره‌بندی، لایروبی و سایر کارهای کنترلی، قابل دستیابی هستند.

در مطالعات مرحله شناسایی شناخت متغیرهای تأثیرگذار بر مورفولوژی رودخانه بسیار ضروری است (نشریه‌ی ۱۹۰ وزارت نیرو، ۱۳۷۸). متغیرهایی که بر رودخانه‌ها اثر می‌گذارند، متعدد هستند و به هم مرتبط می‌شوند. طبیعت آنها مانند شرایط محیطی سایر مسائل هیدرولیک نیست و نمی‌توان نقش هر متغیری را مستقل و منفک از دیگر متغیرها مطالعه و بررسی کرد. پارامترهای موثر در شکل و قواره‌ی رودخانه‌ها عمدتاً عبارتند از:

دبی رودخانه و بار رسوبات، شیب طولی، نوع رودخانه و مقاومت سواحل در برابر جریان آب، متغیرهای اکوسیستم و هیدرولوژی نظیر: پوشش گیاهی، درجه حرارت و... و شرایط زمین‌شناسی و در نهایت تجاوزات و تغییرات محیطی انسانی. کوشش‌ها، مطالعات آزمایشگاهی و بررسی‌های صحرایی زیادی صورت گرفته تا متغیرهای بالا و دیگر متغیرها را به هم مرتبط کند. حل این متغیرها بیشتر تابع راه حل‌های تجربی است تا تحلیلی، به‌طوری که تعیین چگونگی ارتباط معنی‌دار متغیرها با یکدیگر کار مشکلی است.

اما تجاوزات انسانی و تغییرات طبیعت جریان و حریم رودخانه‌ها به‌منظور کسب منافع بیشتر و به‌طور کلی کوشش‌های انسان به منظور کنترل و حفاظت رودخانه‌های بزرگ مشمول نظریات هوور مکین می‌شود که در سال ۱۹۳۷ چنین نوشته است:

«مهندسی که با انحراف رودخانه، احداث سد و یا دستکاری در طبیعت رودخانه در آن ایجاد تغییر می‌کند، مثل کسی می‌ماند که دُم گاو وحشی را در دست گرفته است و قادر به جلوگیری از عکس‌العمل‌های متوالی و نامطلوب رودخانه بعد از ایجاد تغییر نباشد، درحالیکه او باید به جنبه‌های ژنتیک و اصیل رودخانه تاکید داشته و به‌جای تحمیل به رودخانه با رودخانه همراه شود» (آل یاسین، ۱۳۸۶).

رودخانه‌ها شریان‌های اصلی حیات کلیه‌ی سازه‌های آبی محسوب می‌شوند و حفاظت و بهره‌برداری بهینه از آنها و همچنین حراست از بستر و حریم آنها در کشور ما بر عهده‌ی وزارت نیرو است. به شیوه‌ی دیگر، مهندسی رودخانه علمی است که این اعمال اندرکنشی را به‌طور سیستماتیک هماهنگ و هدایت خواهد نمود و به عبارتی دیگر مهندسی رودخانه شامل تمام مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و بهره‌برداری از عملیات مختلفی است که به‌منظور بهبود وضعیت رودخانه در جهت استفاده‌ی بهتر از آن اعمال می‌گردد.

نتایج و بحث

مهارت‌های یک مهندس رودخانه بایستی با تصور اینکه چگونه سیستم‌های رودخانه یا آبریز کار می‌کند باشد: مهارت‌ها شامل توضیح این مسئله است که آنها چگونه به اصلاحات، تنش‌ها و دیگر فاکتورهای محیطی جواب می‌دهند. این مهارت‌ها شامل مولفه‌های زیر است:

– توانایی تجسم کردن مسئولیت‌ها و تشخیص پتانسیل مسائل.

– پیش‌بینی رفتارها و تغییرات رودخانه‌ها و آبریزها.

– دانستن جریانات فیزیکی از قبیل منابع رسوب، انتقال آن‌ها، حفره‌ها و چگونگی شیوه‌ی عکس‌العمل رودخانه‌های آبرفتی.

– انتخاب، جانمایی و طراحی سازه‌های مستقر روی رودخانه. این سازه‌ها باید با مورفولوژی و انتقال رسوب مرتبط باشند. دانستن شرایط طراحی،

مواد ساختمانی، روش‌های ساختمانی و همچنین پایش مداوم پروژه‌های ساخته شده.

– مهارت‌های توأم عملی و مهندسی در زمینه گردآوری تجارب برای تعمیم به نمونه‌ی اصلی رودخانه و اطلاع داشتن از روش‌های میدانی و تحلیل‌های تئوری مرتبط با آن.

در شرایط کنونی، اقدامات قابل انجام بیشتر در جوامعی که رودخانه‌های فعال ندارند حول اقدامات احیاء و ساماندهی رودخانه‌ها انجام می‌گردد. توسعه‌ی مناطق حاشیه‌ی رودخانه‌ها و تاثیرات ناشی از آن در ناپایداری رودخانه در ابعاد مختلف از جمله فرسایش بستر و سواحل رودخانه، باعث شده است که طرح‌های احیای رودخانه بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و در واقع به یکی از مسائل مهم مهندسی نوین تبدیل گردد. احیای رودخانه به‌عنوان فرایندی تعریف می‌شود که طی آن رودخانه به کمک بازسازی جریان‌های هیدرولوژیک، زمین‌ریخت‌شناسی، بوم‌شناختی و فیزیولوژیکی رودخانه و حوضه‌ی آن احیا می‌گردد و بدین منظور نیاز به شناخت مورفولوژیک یک رودخانه یا آبراهه است.

ساماندهی و احیای رودخانه، از شاخه‌های گسترش یافته‌ی مهندسی رودخانه بوده که کاربرد وسیع‌تری نسبت به دیگر شاخه‌های این علم داشته و برای تسلط بیشتر بشر بر رودخانه و رفتار آن صورت می‌گیرد و شامل اهداف مختلفی نظیر مهار سیل، ایجاد شرایط مناسب و مطمئن برای کشتیرانی، مهار رسوب، مهار فرسایش بستر و کناره‌ها، همچنین انحراف، انتقال و هدایت جریان آب در یک مسیر مشخص و مطلوب است (نشریه‌ی ۱۹۱ وزارت نیرو، ۱۳۷۸). پیش از هر اقدامی باید به مطالعه‌ی ریخت‌شناسی (مورفولوژی) یک رودخانه اقدام گردد.

به‌عبارتی به کمک مورفولوژی رودخانه می‌توان اطلاعاتی از شکل هندسی آبراهه، شکل بستر و پروفیل طولی رودخانه به دست آورد. مورفولوژی یک رودخانه تحت تاثیر عوامل متفاوتی مثل سرعت جریان فرسایش و نحوهی رسوب‌گذاری قرار دارد. مورفولوژی یک شبکه‌ی آبراهه نیز ممکن است تحت تأثیر حرکت یخ، ترسیب رسوبات یا فرونشستن آب تغییر کند. بنابراین؛ آشنایی با شیوه‌های ترسیب رسوب در آبریزها می‌تواند به مبانی طرح‌های اصلاحی در رودخانه کمک نماید.

مهم‌ترین هدف تعریف شده برای احیای رودخانه، برقراری ارتباطی منطقی بین بهره‌برداری پایدار از رودخانه و مناطق مجاور آن با محیط مناسب زیستی در حاشیه‌ی رودخانه است. موفقیت یک طرح احیای رودخانه بیش از همه، مرهون موفقیت در دستیابی به سه هدف عمده است که شامل موفقیت و توجیه اقتصادی طرح در زمینه‌های مختلف، رعایت مسائل بوم‌شناختی و توسعه‌ی علمی و بهینه‌سازی روش‌ها است. و شاید به همین دلیل است که در سال‌های اخیر بیشتر طرح‌های مهندسی و احیای رودخانه، از طرح‌های سازه‌ای به سمت راه‌حل‌های بوم‌شناختی برای حفاظت رودخانه در برابر تخریب و فرسایش، چرخش پیدا کرده است. در شکل (۱)، بدست آوردن الگویی از اهداف بوم‌شناختی می‌تواند یکی از مهمترین کارکردهای احیای رودخانه تلقی شود؛ که در بسیاری از طرح‌های جامع احیای رودخانه به‌عنوان بخش بالادست دیگر بخش‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد، زیرا در این طرح با نگاهی دقیق به مساله نگریسته می‌شود. موفقیت طرح در رعایت مسائل بوم‌شناختی، باعث ایجاد فرصت‌های بسیاری برای سرمایه‌گذاری مطمئن در زمینه‌های مختلف در حاشیه‌ی رودخانه می‌شود. در واقع به‌صورت غیرمستقیم توجیه اقتصادی طرح را به‌ویژه در بخش‌های مدیریت سیلاب‌دشت و زیباسازی و استفاده‌ی تفریحی از رودخانه، تحت تاثیر مثبت قرار می‌دهد.

در جریان احیای رودخانه، مقایسه‌ی بخش آسیب‌دیده با بخش آسیب‌ندیده‌ی بالادست، به‌خصوص اگر دارای مورفولوژی یکسانی هم باشند، اطلاعات اساسی و با ارزشی را در اختیار می‌گذارد. یک بازه‌ی قابل قیاس به‌عنوان بازه‌ی کنترل یا بازه‌ی شاهد در یکی از حوزه‌های آبریز فرعی که مورفولوژی مشابه‌ی با بازه‌ی آسیب‌دیده داشته باشد، می‌تواند مبنایی برای اندازه‌گیری تغییرات محسوب شود. وقتی مشخصات مورفولوژیکی یک رودخانه با مشخصات مورفولوژیکی رودخانه‌ی دیگر متفاوت باشد به معنای آن است که فرآیند رودخانه‌ای آن دو با هم متفاوت است. به عبارت دیگر همه‌ی رودخانه‌ها نسبت به یک تجاوز مشخص و معین، بازتاب یکسانی نشان نمی‌دهند. به زبان دیگر همه‌ی رودخانه‌ها را نمی‌توان در قالب مدیریت و نگرش یکسانی اداره و کنترل کرد.

شکل ۱- الگوی موفقیت طرح‌های احیای رودخانه

مهندسی رودخانه در آینده

به‌نظر می‌رسد نگاهی که امروزه به مسائل رودخانه‌ای می‌شود با آنچه در سال‌های قبل بوده بسیار متفاوت است و آن به این علت است که دیگر با یک تخصص و توانایی نمی‌توان تمام مسائل مرتبط با رودخانه و عوامل زیست محیطی را توجیه نمود. امروزه وقتی صحبت از رودخانه می‌شود منظور فقط یک آبراهه نیست بلکه مجموعه فضای متأثر از رودخانه است که باید مورد توجه قرارگیرد و آن را اصطلاحاً «کریدور رودخانه»[۳] گویند که در آن به تمامی مسائل زیست محیطی و آب و هوایی اطراف رودخانه توجه شده است. به این منظور حتماً بایستی به جنبه‌های اقلیم و زیست بوم

حوضه‌ی مورد مطالعه توجه نمود و از کارشناسانی با تخصص‌های مرتبط در کارگروه مهندسی رودخانه بهره جست. پیش‌بینی تغییرات رودخانه‌ها در آینده کار ساده‌ای نیست. پیش‌بینی تغییرات، قبل از وقوع تغییرات بستگی به مهارت و قدرت بینش کارشناس دارد. زیرا یک کارشناس با تجربه با کنار هم گذاشتن علائم و نشانه‌های بیشتری می‌تواند به مطالعه و نتیجه‌گیری صحیح‌تری بپردازد. استراتژی‌های مدیریت باید طوری در نظر گرفته شود که بتواند متوجه تغییرات آنی رودخانه، فعالیت‌های رو به گسترش مصرف‌کنندگان و ناظر بر واکنش رودخانه در مقابل تغییرات تحمیلی ناشی از ضربات توسعه باشد (آل یاسین، ۱۳۸۶). به‌این منظور به چگونگی تأسیس انجمن مهندسین عمران آمریکا در حوزه‌ی مهندسی رودخانه اشاره شده است.

چگونه انجمن مهندسین عمران آمریکا در مهندسی رودخانه شکل گرفت؟

پس از آنکه جامعه‌ی مهندسین ارتش آمریکا در طی چند دهه با رشد نسبتاً کمی گسترش یافت، در دهه‌های اخیر شاهد رشد چشمگیر مهندسین شاغل در علم مهندسی رودخانه در زمینه‌های استفاده از علوم هیدرودینامیک، عددی و مدل‌های انتقال رسوب، روش‌ها و تکنیک‌های جمع‌آوری داده‌های میدانی، رسوب، مهندسی هیدرولیک و... بوده است. مهندسین رودخانه با تغییر پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار رودخانه و آزمایش‌کردن آنها، مهارت‌های خود را گسترش داده‌اند. در مشاغل مهارتی، گسترش تجارب مفید، یک المان (عنصر) حیاتی به شمار می‌آید. نتایج این تحقیق، در کارگاه آموزشی برگزارشده در سال ۲۰۰۹ در آمریکا ارائه شده است (Remus و Jonas، ۲۰۱۰). مهندسین رودخانه در USACE (اداره‌ی عمران ارتش آمریکا) نقشی حیاتی در تربیت متخصصین و نیروها و همچنین در ارایه‌ی توصیه‌های میدانی و مطالعاتی، ایجاد و فرصت‌های پیشرفت حرف‌های و تشکل‌های مهندسان رودخانه داشته‌اند. آنها همچنین در هر شاخه با بسط تحقیقات و تمرین‌های مرتبط با مهندسی رودخانه، بر مطالعات مهندسان نظارت می‌کنند.

وضعیت فعلی مهندسین رودخانه در ارگان‌های مطالعاتی (حال) در آمریکا

نیروهای متخصص بازنشسته: در حال حاضر آمار غیر رسمی نشان می‌دهد که نیروهای متخصص با سابقه‌ی بیش از ۵ سال در این رشته بازنشسته شده و یا در آستانه‌ی بازنشستگی قرار دارند.

نبود زمان کافی برای انتقال تجارب و معلومات به نسل فارغ‌التحصیل: به علت آنکه بیشتر نیروهای باتجربه در این زمینه در مرز سن بازنشستگی قرار دارند بنابراین؛ زمان لازم (حدود ۱۵–۱۰ سال) برای انتقال معلومات و تربیت نسل جدید مهندسان رودخانه وجود ندارد.

پروژه‌های کوچکتر: سابقاً مهندسان رودخانه مهارت‌های خود را با کارکردن روی پروژه‌های بزرگ و ملی، ارتقاء می‌دادند که فازهای علوم مختلف و زمینه‌های کاری را در سالیان گذشته به روی آنها گشود. پروژه‌هایی مانند رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی و شاخه‌های فرعی آن و دلتاهای رودخانه. به این ترتیب فرصت‌های مناسبی برای کار در مقیاس سیستم‌های بزرگ برای مهندسان فراهم بود، ولی اینک پروژه‌های بزرگ کمتری موجود است که این امر سبب می‌شود فرصت‌های شغلی و کسب مهارت کمتری برای متخصصین جدید شاغل در حوزه‌ی این علم وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال در پروژه‌ی بزرگ رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی از مهندسین رودخانه برای بازیابی شرایط مورفولوژی رودخانه با خاطر نشان کردن تمام مزایای طرح احیای رودخانه نظیر کنترل سیلاب، ناوبری (کشتیرانی) استفاده از انرژی آب و... سؤال شده است. این پروژه به معلومات کامل در زمینه‌های منابع رسوب، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، چرخه‌های هیدرولوژیک مدیریت‌های آبی و اصول پایه‌ی اکوسیستم منطقه نیاز داشت. فاز ساختمانی این پروژه به بیش از ۳۰ سال زمان نیاز داشت (نیاز به نسل جدید مهندسین رودخانه) و فاز اجرایی آن نیز در آینده ادامه می‌یابد.

با نتیجه‌گیری از اقدامات جامعه‌ی مهندسین عمران آمریکا، می‌توان در قالب برنامه‌ای جامع و کلان در مجموعه سند ملی آب ایران، از اقداماتی که بتواند برای گسترش علم مهندسی رودخانه در آینده در برنامه‌ریزی راهبردی کشور قرار گیرد، به صورت زیر استفاده کرد:

۱. برنامه‌ی گسترش کانون یا انجمن مهندسی رودخانه:

الف: این برنامه فرصتی را برای گسترش معلومات و کسب مهارت‌های لازم برای پیشرفت مهندسین پایه‌ی رودخانه به مرحله‌ی آموزش‌دیدگی فراهم خواهد کرد.

ب: طبق توصیه‌ی اداره‌ی عمران ارتش آمریکا، یک گروه از متخصصین با سابقه‌ی عملی حداقل ۱۰–۵ سال برای گسترش توانایی‌های اضافی در انجمن‌ها به‌عنوان مربی در تخصص‌های خاص خود بایستی مشخص شوند.

ج: مدل‌های آموزشی برای این دوره‌ها حتماً باید همراه با آموزش عملی در نظر گرفته شود.

د: گروه آموزشی ممکن است به مرور (مطالعات و طراحی) تحقیقات نیاز داشته باشد.

۲. گسترش یک طرح ملی– منطقه‌ای برای مشخص‌کردن منابع و مسئولیت‌ها و....

۳. راهنمایی و هدایت متخصصین: پس از ارزیابی نیازهای طرح، ممکن است برای بهبود یا ارتقاء مهارت‌ها به راهنمایی لازم توسط انجمن متخصصان نیاز باشد.

۴. تحقیق و گسترش (R & D): این اصل نه تنها در مهندسی رودخانه، بلکه در هر شاخه‌ای از علوم جزء نیازهای اصلی در به هدف

رسیدن آنها است.
۵. تشکیل کمیته‌ی ساماندهی رودخانه‌ها
۶. تشکیل انستیتوی مطالعات: اداره این تشکل در کشور ما بر عهده‌ی وزارت نیرو و سازمان مدیریت منابع ایران است. تشکیل پروژه‌هایی از تحقیقات انجام‌شده، درس‌ها و نکات آموزشی هر کدام از پروژه‌های ملی و جهانی به‌عنوان آرشیو می‌تواند کلیدی ارزشمند برای دستیابی به اطلاعات افراد بازنشسته‌ی کنونی شاغل در پروژه‌ها باشد. این منابع می‌تواند در اختیار دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی و پژوهشی کشور نیز قرار گیرد.

نتیجه‌گیری (جمع بندی)

مهندسی رودخانه عموماً می‌تواند به‌عنوان 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. اگرچه در ابتدا مهندسی رودخانه به‌وسیله‌ی اشخاصی با پیش‌زمینه‌ی علمی و تجربه‌ی مهندسی هیدرولیک آغاز شد ولی به مرور مهندسانی با تخصص‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) با آن مرتبط و همسو شدند.
میدان علم مهندسی رودخانه تنها به کانال‌ها و مسیل‌ها و دشت‌های سیلابی مجاور آنها محدود نمی‌شود بلکه تقریبا با دینامیک طبیعت کل حوزه مرتبط است. به این منظور مهندسین رودخانه بایستی توانایی درک و آنالیز زمینه‌های زمین‌شناسی و اطلاعات هیدرولوژی را داشته و دارای فهمی کلی از پدیده‌های فیزیکی (هیدرولیکی) حوزه‌ی مورد مطالعه باشند. مشخصه‌های حوزه‌های رودخانه‌ها و مسائل مرتبط با آن محدوده‌ها، تغییرات زیادی از یک ناحیه به ناحیه‌ی دیگر و از یک رودخانه به رودخانه‌ی دیگر را شامل می‌شود. به این علت شاید تجارب به‌دست آمده از محل یک پروژه به‌طور کامل و با تمام ابعاد، قابل استفاده در پروژه‌های دیگر نباشد.
مهندسین رودخانه‌ی متخصص عموماً حداقل ۱۵ تا ۲۰ سال تجربه‌ی عملی دارند. یک مهندس در مرحله‌ی مقدماتی بایستی به‌عنوان یک مرحله‌ی ابتدایی ولی مهم تجارب عملی بین ۱۰-۵ سال در مورد پروژه‌های مختلف رودخانه داشته باشد. به این منظور یک مهندس هیدرولیک بایستی حداقل ۵ سال سابقه در زمینه‌ی مهارت‌های مهندسی رودخانه برای ارتقاء به مرحله‌ی تخصص در این حوزه را داشته باشد.
مهندسی رودخانه تنها به تخصص یک مهندس با تجربه‌ی هیدرولیک با مهارت‌های مرتبط با مکانیک رودخانه‌های آبرفتی نیاز ندارد. طراحی مهندسی و مدیریت رودخانه از منظر علم مهندسی رودخانه با شاخه‌های علمی از قبیل زمین‌شناسی، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی مرتبط است. مهندسی رودخانه شامل تکنیک‌هایی است که از احاطه‌ی بر علومی نظیر هیدرولوژی، هیدرولیک، انتقال رسوب حاصل می‌شود. این توانایی‌ها همراه با تحلیل اطلاعات ورودی مدل‌ها، قابلیت‌های آنها و محدودیت‌های مدل‌های مرتبط با رودخانه است. یک پروژه‌ی مهندسی رودخانه اغلب مرتبط با تغییرات فیزیکی یک رودخانه است. در حقیقت پروژه‌های طراحی‌شده‌ی یک مهندس رودخانه، او را از منظر تجربه و مهارت از یک فرد آکادمیک و تئوری‌پرداز محض تمیز خواهد داد.

پی‌نوشت

1- Metz
2- Lorenz Straub
3- River Corridor

منابع

آل یاسین، ا. ۱۳۸۶. کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، کمیته‌ی ملی سدهای بزرگ ایران، نشریه شماره‌ی ۳: ۴۰-۳۶.
ابراهیم‌نژاد، م. ۱۳۸۴. (مترجم). اکولوژی رودخانه (آب‌های جاری). نویسنده: دیوید آلن. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
جعفرزاده، م.ر. ۱۳۸۷. (مترجم). مکانیک رودخانه. نویسنده: پی یر ژولین. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
وزارت نیرو. ۱۳۷۸. فهرست خدمات مطالعات مرحله‌ی شناسایی طرح‌های مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۱۹۰، ص: ۱۷-۱۰، سازمان برنامه و بودجه‌ی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور فنی.
وزارت نیرو. ۱۳۷۸. فهرست خدمات مطالعات مرحله‌ی توجیه‌ی طرح‌های مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۱۹۱، ص: ۲۳-۱۸، سازمان برنامه و بودجه‌ی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور فنی.
Dubowy P.J. 2013. Mississippi River Ecohydrology: Past, Present & Future. Ecohydrology & Hydrobiology, vol(13): 73-83.
Hey R.D. 1994. Environmentally Sensitive River Engineering, (Chapter 18.1: River Engineering). Blackwell science, vol(2):145-178.
Remus J.I., Jonas M. 2010. River Engineering: Past, Present And Future, A Comprehensive Systems Approach. 2nd Joint Federal Interagency Conference. Las Vegas, NV, June 27 - July 1.