ارزیابی اثرات شهرنشینی بر ویژگی‌های ژئومورفیک رودخانه‌ها، مطالعه موردی شهر نور، استان مازندران

رضا اسماعیلی[۱]* ، قاسم لرستانی[۱]

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۵/۲۳
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۸/۱۰

چکیده

شهرنشینی بیش از سایر فعالیت‌های انسانی سیستم‌های رودخانه‌ای را تغییر می‌دهد. سطوح نفوذناپذیر مقدار رواناب و رسوب را افزایش می‌دهند. بنابراین مورفولوژی رودهای شهری در نتیجه شهرنشینی تعدیل می‌شود. در این تحقیق، اثرات شهرنشینی بر کانال رود، در شهر نور واقع در استان مازندران مورد بررسی قرار گرفته است. عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای مستند کردن پوشش سطح زمین، گسترش محدوده شهری و شبکه زهکشی مورد استفاده قرار گرفته است. سپس، هر کانال به بازه‌هایی تقسیم گردید. مطالعات میدانی در ۱۲ بازه و شامل اندازه‌گیری ابعاد کانال، ویژگی‌های رسوب، اشکال ژئومورفیک، گیاهان حاشیه رود و سازه‌های مهندسی مورد بررسی قرار گرفتند. رودها بستر فروسایی شده، شیب بسیار کم (۰/۰۰۳ متر بر متر)، نسبت عرض به عمق کمتر از ۱۰ و کرانه‌های با رسوبات چسبنده داشته‌اند. بازه‌های رودخانه‌ای در شهر نور به پنج گروه تقسیم‌بندی شدند که عبارتند از: در حال تعدیل و قابل بازیابی، در حال تعدیل و غیر قابل بازیابی طبیعی، کانال سازی به صورت تغییر مسیرکانال، کانال سازی مهندسی و کانال سازی کالورتی. سپس مخاطرات مربوط به هر نوع از کانال شناسایی شدند. تغییرات کانال شهری هم به صورت یک مدل کیفی ارائه گردید. این روش یک چارچوب بالقوه‌ای برای مدیریت رودخانه‌های شهری با شناسایی مخاطرات مرتبط با هر بازه و توجه به گزینه‌های مدیریتی پیشنهادی فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه‌های شهری، طبقه‌بندی رود، شهر نور، مازندران.

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۱۲۰۸۲۲۵ Email: r.esmaili@umz.ac.i

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

رشد سریع جمعیت شهرنشین در طی سال‌های اخیر موجب گسترش شهر در مناطق مختلف جهان خصوصاً کشورهای در حال توسعه شده است. این رشد سریع تغییراتی زیادی را به همراه داشته و به تبع آن سیستم‌های رودخانه‌ای را تحت تأثیر قرار داده است. شهرسازی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سیستم‌های رودخانه‌ای تأثیر می گذارد. اثرات مستقیم شامل مواردی است که کانال رود به صورت عمدی مانند عملیات مهندسی و کانال‌سازی تغییر می‌یابد. تغییرات غیرمستقیم شامل تولید رسوب و رواناب است که در نتیجهٔ فعالیتهای ساخت و ساز افزایش می‌یابد (حسین‌زاده و اسماعیلی، ۱۳۹۴). افزایش و گسترش شهرنشینی می‌تواند بر هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و اکولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای در مناطق شهری تأثیر بگذارد. از جنبه ژئومورفولوژیکی، شهرنشینی و گسترش آن بر مقدار رواناب و رسوب اثر گذاشته و نتیجه آن واکنش کانال رود به این تغییرات است. مهم‌ترین این واکنش‌ها عبارتند از: تغییرات در تراکم زهکشی، تغذیه رسوب، ابعاد کانال، الگوی رود، اندازه رسوبات و تغییر در نیمرخ طولی رود (چین و همکاران، ۲۰۱۳). توسعه روزافزون شهرنشینی و تبدیل مناطق روستایی به شهر همواره با تغییرات کاربری اراضی و فشار بر سیستم رودخانه‌ای همراه است. در بسیاری از طرح‌های توسعه شهری فقط حریم رود که با توجه به مقدار آبدهی رودخانه و با نظرات کارشناسی معین می‌گردد به عنوان معیار در نظر گرفته می‌شود. در بسیاری از مواقع این حریم از نظر شهروندان مورد توجه قرار نگرفته و تجاوز به آن مشکلات و مخاطراتی را به وجود می‌آورد. همچنین، تغییرات غیرمجاز کاربری اراضی که تابع عوامل مختلفی از جمله ضعف قوانین جاری در شهرداری‌ها است به صورت ناآگاهانه موجب آسیب رسانی به شهروندان و مخاطرات ناشی از دخالت‌های غیر اصولی می‌شود. از این رو شناخت ابعاد دخالت‌های انسانی بر رودهای شهری و اثرات متقابل ناشی از آن ضرورت انجام این مطالعه را آشکار می‌سازد تا بدین وسیله بتوان با مشارکت مطالعاتی و مدیریتی ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، گامی مؤثر در تحقق برنامه‌های توسعه شهری در راستای توسعه پایدار برداشت. حسین‌زاده و جهادی طرقی (۱۳۸۶) اثرات گسترش شهرنشینی را بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهر مشهد مورد مطالعه قرار دادند. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) و کرم و درخشان (۱۳۹۱) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) خطر وقوع سیل را به ترتیب در مناطق شهری سبزوار و کرمانشاه پهنه‌بندی نمودند. بهنام و همکاران (۱۳۹۲) با تهیه نقشه کاربری اراضی شهر اصفهان و پارامترهای هیدرولوژیکی نشان دادند که حجم سیلاب در دوره‌های طولانی‌تر افزایش کمتری را نشان می‌دهد. دویل و همکاران (۲۰۰۰) اثرات شهرنشینی را بر رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های پایداری ژئومورفیک در ایندیانا پلیس هند مورد مطالعه قرار دادند. چین و گریگوری (۲۰۰۵) الگوهای تعدیل رودهای شهری را در فون تایل هیل آریزونا مورد بررسی قرار دادند و چهارچوبی را برای مدیریت رودخانه‌های مناطق شهری ارائه نمودند. نلسون و همکاران (۲۰۰۶) با بازسازی پلانفرم کانال از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی در منطقه بالتیمور مریلند نشان دادند پایداری پلانفرم کانال در محدوده مورد مطالعه، علی‌رغم سیل شدید و توسعه شهری در چند دهه اخیر بیشتر تحت کنترل زمین‌شناسی کانال و مورفولوژی دشت سیلابی بوده است. کانگ و مارستن (۲۰۰۶) اثرات تغییرات کاربری اراضی ناشی از تبدیل روستا به شهر را در مورفولوژی کانال

Archive of SID

www.SID.ir

رود و گیاهان حاشیه رودخانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان می‌دهد که عرض و عمق کانال در جهت پایین دست رود افزایش یافته اما اندازه رسوبات و واحدهای ژئومورفیک کانال رود تغییری نکرده است. گرنل و همکاران (۲۰۰۷) اثرات توسعه شهری را در فرایندهای کنترل کننده ژئومورفولوژی رودخانه‌ای و تأثیر آن بر اکولوژی مناطق شهری مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان می‌دهد که موفقیت کارهای توانبخشی رود به درک علمی اشکال و فرایندهای رودخانه‌ای در مناطق شهری و حمایت جوامع شهری بستگی دارد.

هاردیسون و همکاران (۲۰۰۹) اثرات کاربری اراضی شهری را بر کانال‌های رودخانه‌ای و تغییرات سطح آب زیرزمینی در رودخانه کارولینای شمالی بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که با افزایش مساحت سطوح نفوذناپذیر شهری رواناب ناشی از رگبار هم افزایش یافته و درجه فروسایی کانال رود افزایش و سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است. مورلی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از GPS اطلاعاتی را از رودخانه آرنو ایتالیا و شاخه‌های شهری شده آن بررسی نمودند. آنها با جمع‌آوری اطلاعاتی مانند ساختمان‌ها، پل‌ها، دایک‌ها، کرانه‌های رود، موانع رودخانه‌ای و کرانه‌های فرسایشی بر روی نقشه یک پایگاه داده مکانی را در GIS تهیه کردند. ناوراتیل و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی‌های میدانی، تعدیل‌های هیدروژئومورفیک رودخانه‌های کوچک را قبل از رشد شهری در حوضه آبریز یزرون فرانسه تحلیل نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که رودخانه‌های شهری بزرگ شدگی با بیش از ۱/۸ برابری دبی لبالبی، نسبت عرض به عمق ۱/۳ برابری و نسبت مساحت لبالبی ۱/۸ برابری را تجربه نموده‌اند. هم‌چنین تعدیل‌های ایجاد شده در کانال رود به صورت محلی بوده و برخی از بازه‌ها از شدت تغییر بیشتری برخوردار بوده و در برخی از بازه‌ها شواهد مبنی بر پهن شدگی یا عمیق شدگی کانال مشاهده نگردید.

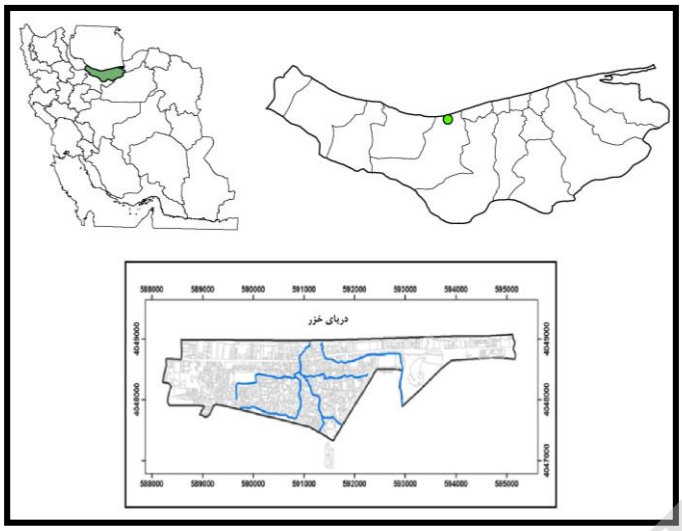
با توجه به موارد اشاره شده، در این تحقیق اثرات فعالیت‌های انسانی و گسترش شهرنشینی بر الگوی زهکشی شهر، تغییرات کانال رود و مخاطرات مرتبط با آن از جنبه ژئومورفولوژیکی در شهر نور مورد بررسی قرار گرفته است.

محدوده مورد مطالعه

در این تحقیق شهر نور مورد مطالعه قرار گرفته است. این شهر با مساحت ۷/۵ کیلومترمربع در سواحل جنوبی دریای خزر و در غرب استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). جلگه مازندران و شهر نور در تقسیم بندی ساختمانی ایران جزیی از زون البرز شمالی یعنی واحد گرگان- رشت محسوب می‌گردد. منطقه مورد مطالعه از سازندهای دوره کواترنر شامل رسوبات رودخانه‌ای و رسوبات ساحلی (ماسه‌های ریز به همراه صدف) تشکیل شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: موقعیت شهر نور در کشور و استان مازندران

میانگین سالانه بارش منطقه طی دوره آماری ۱۳۴۵-۱۳۸۰، در ایستگاه باران سنجی رستم‌رود ۱۰۷۲ میلیمتر بوده و ماههای فصل پاییز بیشترین مقدار میانگین بارش ماهانه را داشته‌اند. میانگین دمای سالانه در دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۵۲ در ایستگاه چمستان ۱۶/۱ درجه سانتیگراد بوده است. شهر نور که نام قدیم آن سولده بوده در سال ۱۲۷۳ هجری قمری[1] در زمان صدارت میرزا آقاخان نوری شکل گرفته است (یوسفی،۱۳۹۲). روستای سولده از سال ۱۳۳۶ با احداث شهرداری به شهر تبدیل گردید و نام آن به نور تغییر یافت و از سال ۱۳۳۹ با مستقل شهرستان نور به عنوان مرکز این شهرستان درآمد (مجتهدزاده،۱۳۵۱). بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران، روند رشد جمعیت شهر نور طی دوره ۵۰ ساله (۱۳۸۵-۱۳۳۵) در جدول ۱ نشان داده شده است. جمعیت شهر نور در سال ۱۳۳۵، ۲۴۹۲ نفر بوده که این تعداد در سال‌های بعد افزایش یافته و در سال ۱۳۸۵ به ۲۲۴۹۱ نفر رسیده است. نرخ رشد جمعیت طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۶۵ بسیار زیاد و حدود ۵/۷ درصد بود. اما از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ این رشد جمعیت به نصف آن یعنی ۲/۷ درصد کاهش یافت.

جدول ۱: سیر تحول رشد جمعیت شهر نور در سال‌های آماری ۸۵-۱۳۳۵

سال	تعداد(نفر)	دوره	نرخ رشد (درصد)
۱۳۳۵	۲۴۹۲	-	-
۱۳۴۵	۴۰۸۳	۱۳۳۵ - ۴۵	۵/۱
۱۳۵۵	۷۲۸۱	۱۳۴۵ - ۵۵	۶
۱۳۶۵	۱۳۰۵۵	۱۳۵۵ -۶۵	۶
۱۳۷۵	۱۶۶۸۸	۱۳۶۵ -۷۵	۲/۵
۱۳۸۵	۲۲۴۹۱	۱۳۷۵ -۸۵	۳

۱- سال ۱۲۷۳ هجری قمری معادل سال ۱۲۳۵ هجری شمسی و ۱۸۵۶ میلادی است.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تغییرات در شبکه‌های زهکشی شهر نور از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۷۳ به ترتیب با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث مربوط به سال ۲۰۱۵ استفاده گردید. برای روی هم قرارگیری عکس‌ها و تصاویر دستور ژئورفرنس در نرم‌افزار Arc GIS به کار گرفته شد. برای مطالعه تفصیلی از رودخانه‌های شهری، کانال‌های رودخانه‌ای موجود در شهر نور به ۱۲ بازه تقسیم‌بندی شدند و ویژگی‌های مربوط به هر بازه شامل ابعاد کانال (طول، عرض، عمق و شیب)، اندازه رسوبات بستر، اشکال ژئومورفولوژیک کانال رود (اشکال بستر، واحدهای رسوبی، فرسایش کرانه و ...)، تغییرات انسانی ایجاد شده بر روی کانال در قالب فرم‌هایی ثبت و اندازه‌گیری شدند. پس از مطالعات میدانی و بررسی ویژگی‌های رود، رودخانه‌های شهری با روش ارائه شده توسط چین و گریگوری (۲۰۰۵) طبقه بندی شدند. این طبقه‌بندی مورفولوژیکی ارتباط مستقیم فعالیت‌های مدیریتی انسان را با اشکال ژئومورفولوژیکی نشان می‌دهد و رودخانه‌ها را به شش گروه تقسیم‌بندی می‌نماید که عبارتند از (جدول ۲) :

- تقریباً طبیعی[۲]
- در حال تعدیل و قابل بازیابی[۳]
- در حال تعدیل و غیرقابل بازیابی طبیعی[۴]
- کانالیزه به صورت تغییر کانال[۵]
- کانالیزه مهندسی[۶]
- کانالیزه کالورتی[۷]

پس از تعیین هریک از انواع کانال، مخاطرات مربوط به هر کانال شناسایی گردید. با ارزیابی مقاطع عرضی کانال رود در بازه‌های مختلف، مراحل تکامل و تغییر کانال رودخانه ترسیم گردید. جهت بررسی این تغییرات از مدل تکاملی رود[۸] (CEM) استفاده شده است. مدل اولیه تکامل رود به وسیله شوم (۱۹۸۴) برای رودخانه‌های فروسایی شده مطرح گردید و بعد از آن مدل‌های تغییر یافته آن توسط سایر محققین گسترش یافت (جیمز و لسی، ۲۰۱۳).

جدول ۲: ویژگی‌های انواع کانال بر اساس طبقه‌بندی چین و گریگوری (۲۰۰۵)

نوع کانال	شاخص‌های واکنش کانال	اثرات مستقیم فعالیت انسان
تقریباً طبیعی	بستر و کرانه‌های پایدار، توالی مناسب چالاب-خیزاب، سکو- چالاب، الگوی کانال طبیعی و پایدار، جمع شدن آب در پشت موانع طبیعی، روابط طبیعی کانال و دشت سیلابی، انباشت واریزه‌های طبیعی	اثرات زودگذر در بستر و کرانه‌های کانال اما بدون تغییرات عمده
درحال تعدیل و قادر به بازیابی	فرسایش کرانه، زیربری درختان، پهن شدگی یا عمیق شدگی کانال، سیلتی شدن کانال، انباشت رسوبات در بالای تقاطع‌ها، سازه‌های مدفون	حذف انتخابی پوشش گیاهی کانال حذف کامل پوشش گیاهی کانال حذف یا تغییر پوشش گیاهی کرانه

2 - Near-natural
3 - Adjusting—but could recover
4 - Adjusting—unable to recover naturally
5 - Channelized—channel altered
6 - Channelized—engineered
7 - Channelized—culverted
8 - Model of channel evolution

Archive of SID

www.SID.ir

در حال تعدیل و غیرقابل بازیابی طبیعی	بزرگ شدگی کانال، زیربری کرانه‌ها و کرانه‌های فروریخته، برونزد ریشه درختان، فرسایش در پشت درختان کرانه، درختان باقیمانده در کانال، فرسایش زیر تقاطع‌ها، گالی	پوشش گیاهی کانال مکرراً قطع می‌شود
کانالیزه- کانال تغییر یافته	فرسایش در پشت سنگ چین‌ها، برونزد پایه پل‌ها، برونزد لوله‌های فاضلاب و زیربری	تغییر ابعاد مقطع عرضی، مستقیم کردن کانال، حذف پوشش گیاهی، ایجاد حوضه‌های نگهداشت آب، واریزه‌های شهری
کانالیزه – مهندسی	ممکن است به طور محلی در جاهایی که سنگ چین‌ها شکاف برداشته‌اند رخ دهد. رسوب‌گذاری هم ممکن است به صورت محلی رخ دهد.	سنگ چینی کرانه- یک طرف کرانه سنگ چینی کرانه- هر دو طرف کرانه پوشش بتنی یا سایر مواد نفوذناپذیر در کرانه
کانالیزه- کالورتی	ممکن است به صورت محلی فرسایش یا رسوب‌گذاری در ابتدا یا انتهای مقطع کالورت رخ دهد	کانال رود به طور کامل در کالورت پوشیده می‌شود.

نتایج

تغییرات شبکه‌های زهکشی

بررسی عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۵و ۱۳۷۳ و تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث در سال ۲۰۱۵ شبکه زهکشی شهر نور و تغییرات آنها را نشان می‌دهد (شکل‌های۲ تا ۴). همان‌طور که در نقشه‌های شبکه‌های زهکشی مشاهده می‌شود در قسمت جنوبی شهر نور آب‌بندان بزرگ نور احداث شده است. این آب‌بندان مرکب از هفت آب‌بندان به هم پیوسته است که تقریباً تمامی جریان‌هایی را که از سمت جنوب به شهر نور منتهی می‌شوند در پشت این سد ذخیره می‌نماید. طبق عکس‌های سال ۱۳۴۵برخی از شبکه‌های زهکشی منشعب از آب-بندان بزرگ نور به داخل شهر وارد می‌شدند (شکل۲) که در سال‌های بعد به تدریج حذف گردیدند. احداث جاده گاز و جاده کمربندی در قسمت جنوب و شرق شهر نور و عبور آن از میان زمین‌های کشاورزی ارتباط هیدرولوژیکی اراضی کشاورزی را با شبکه‌های رود دچار اختلال نمود (شکل‌های ۳و ۴). با قطع سیستم کانال رود، جریان پایه ورودی به داخل این کانال‌ها کاهش یافت و آب سرریز از آب‌بندان بزرگ نور با حفر کانال دیگری از منتهی‌الیه غرب نور وارد دریای خزر گردید. در قسمت شرق نور هم جهت کاهش خطر سیل، مسیر رودها تغییر یافت و برای تأمین آب کشاورزی دو آب‌بندان احداث گردید که آب آن با ایجاد نهرهای منشعب از حاجی ماهرود تغذیه می‌گردد. با توجه به قطع ارتباط سیستم رود با بالادست و براساس مشاهدات نگارنده، شواهد ژئومورفیک کانال رود و مصاحبه با افراد ساکن و بومی شهر (۱۵ نفر)، کاهش جریان پایه در همه رودهای شهر نور اتفاق افتاده است. این مسأله موجب شده است که در حال حاضر جریان پایه این رودها عمدتاً از پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی تغذیه شده و فقط

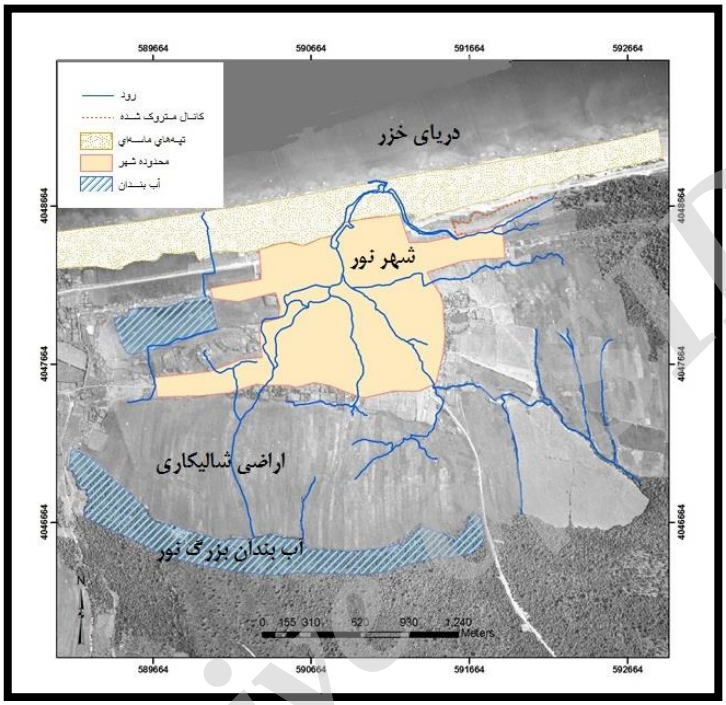
Archive of SID

www.SID.ir

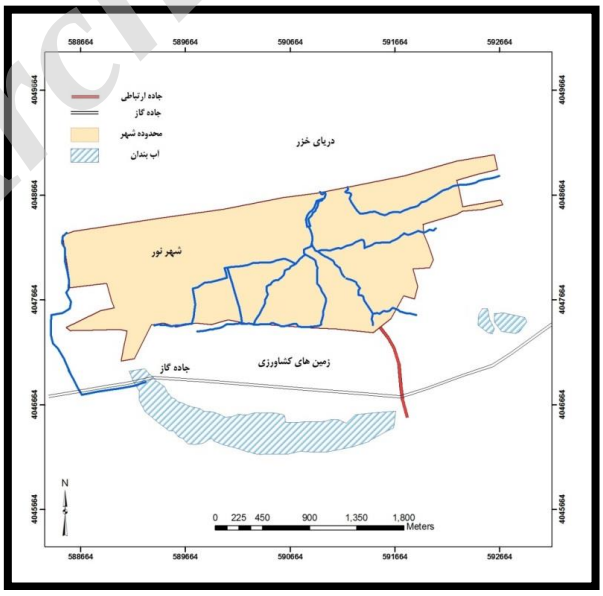
در زمان وقوع بارش بخشی از رواناب‌های شهری به این کانال‌ها وارد می‌شود.

مطالعات بازه‌ای رودهای شهر نور

پس از بررسی تغییرات شبکه زهکشی در شهر نور، شرایط فعلی (۱۳۹۴) رودخانه‌های شهری به صورت بازه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. بر این اساس رودهای شهر نور به ۱۲ بازه نسبتاً مشابه تقسیم‌بندی شده است (شکل۵). جدول ۳ خلاصه ویژگی‌های بازه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

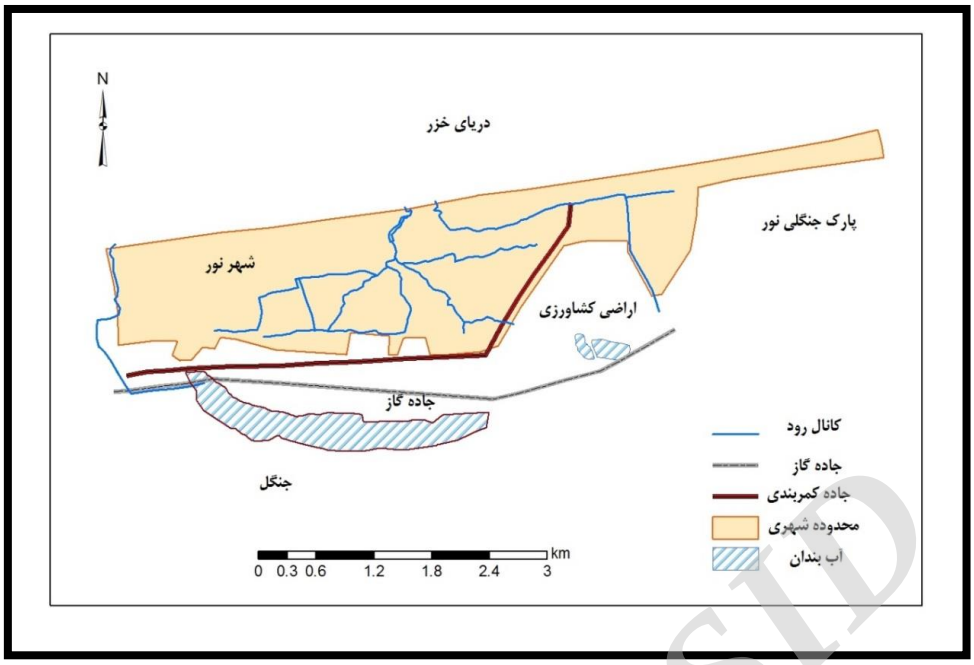


شکل۲: الگوی شبکه زهکشی شهر نور در سال ۱۳۴۵

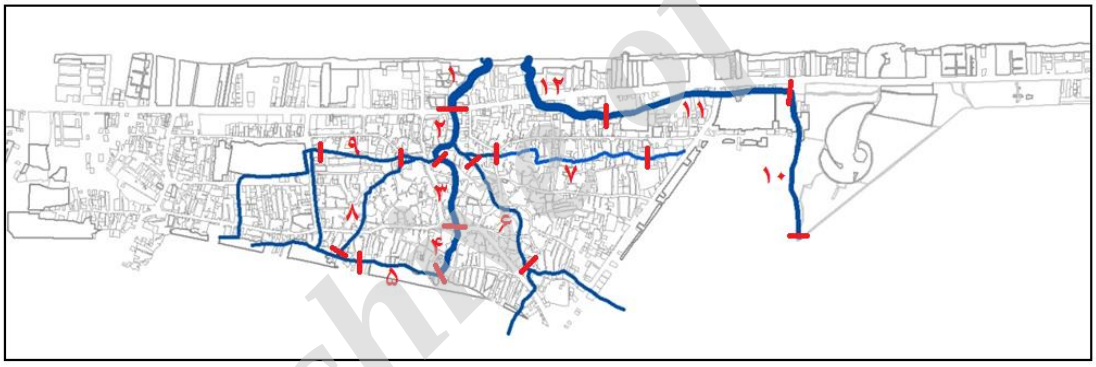


شکل ۳: الگوی شبکه زهکشی شهر نور در سال ۱۳۷۳

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴: الگوی شبکه زهکشی شهر نور در سال ۱۳۹۴



شکل ۵: موقعیت بازه‌های مورد مطالعه شهر نور

با توجه به جدول ۳ نسبت عرض به عمق رودخانه‌های شهر نور از ۱ تا ۷/۵ متغیر بوده که نشان دهنده محدود بودن کانال و فروسایی بستر رود است. مهم‌ترین اشکال ژئومورفیک رود در بازه‌های مورد مطالعه عبارتند از خیزاب- چالاب، چالاب‌های طویل، جریان آرام و کم عمق و موانع رسوبی متصل به کرانه. رسوبات بستر اغلب بازه‌ها از رسوبات سیلتی و ماسه تشکیل شده است. تقریباً همه بازه‌های مورد مطالعه تغییرات مستقیم انسانی را با وجود پل‌های متعدد، دیواره‌های بتنی، کالورت و تخلیه زباله‌های شهری تجربه کرده‌اند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳: خلاصه ویژگی‌های بازه‌های رودخانه‌ای در شهر نور

بازه	ابعاد کانال[1]	رسوبات بستر	ویژگی ژئومورفیک کانال	تغییرات ایجاد شده
۱	W: ۳۰ D : ۴ w/d : ۷/۵	سیلت، رس و ماسه	کانال محدود، چالاب طویل	دیواره‌های بتنی محافظ کرانه، پل، کالورت، احداث جاده در دو طرف کانال
۲	W: ۱۵ D : ۲/۵ w/d : ۶	سیلت و رس	کانال محدود، چالاب طویل	احداث جاده در سمت چپ کانال، تنگ کردن کانال با نخاله‌های ساختمانی
۳	W: ۱۵ D : ۴ w/d : ۳/۸	سیلت و رس در لایه‌های پایین رسوبات گراولی	کانال محدود، موانع متصل به کرانه، جریان آرام و کم عمق (Glide)	احداث دیواره بتنی و جاده در سمت چپ کانال، پل
۴	W: ۱۵ D : ۴ w/d : ۳/۸	سیلت و رس	کانال محدود، موانع متصل به کرانه، جریان آرام و کم عمق	احداث سه دهانه پل، تنگ کردن کانال به علت تخلیه نخاله‌های ساختمانی
۵	W: ۸ D : ۳ w/d : ۲/۷	سیلت و رس	کانال محدود، جریان آرام و کم عمق	تنگ کردن کانال به علت تخلیه نخاله‌های ساختمانی و پل
۶	W: ۸ D : ۴ w/d : ۲	سیلت، ماسه و گراول	کانال محدود، جریان آرام و کم عمق	پل، دیواره‌های بتنی، تنگ کردن کانال
۷	W: ۳ D: ۱/۵ w/d : ۲	بتنی	بستر و کرانه بتنی	تغییر بستر و کرانه با مصالح بتنی
۸	W: ۱/۵ D : ۱/۵ w/d : ۱	سیلت و رس	فاقد جریان پایه و بستر دست خورده	قطع کردن سرشاخه بالادست، ساخت و ساز در امتداد کانال، تنگ کردن کانال
۹	W: ۱/۵ D : ۱ w/d : ۱/۵	سیلت و رس	جریان آرام و کم عمق	ساخت و ساز در امتداد کانال، تنگ کردن کانال، کالورت
۱۰	W: ۸ D : ۳/۵ w/d : ۲/۳	مخلوط گراول و ماسه	کانال محدود، توالی چالاب – خیزاب، زمین لغزش در کرانه	احداث جاده در کرانه چپ رود
۱۱	W: ۸ D : ۳/۵	سیلت	کانال محدود، چالاب طویل	تغییر مسیر کانال و کانال سازی، ساخت و ساز در امتداد رود
۱۲	W: ۱۵ D : ۴ w/d : ۳/۸	سیلت و ماسه	کانال محدود، چالاب طویل	دیواره بتنی و گابیونی برای حفاظت از فرسایش کرانه

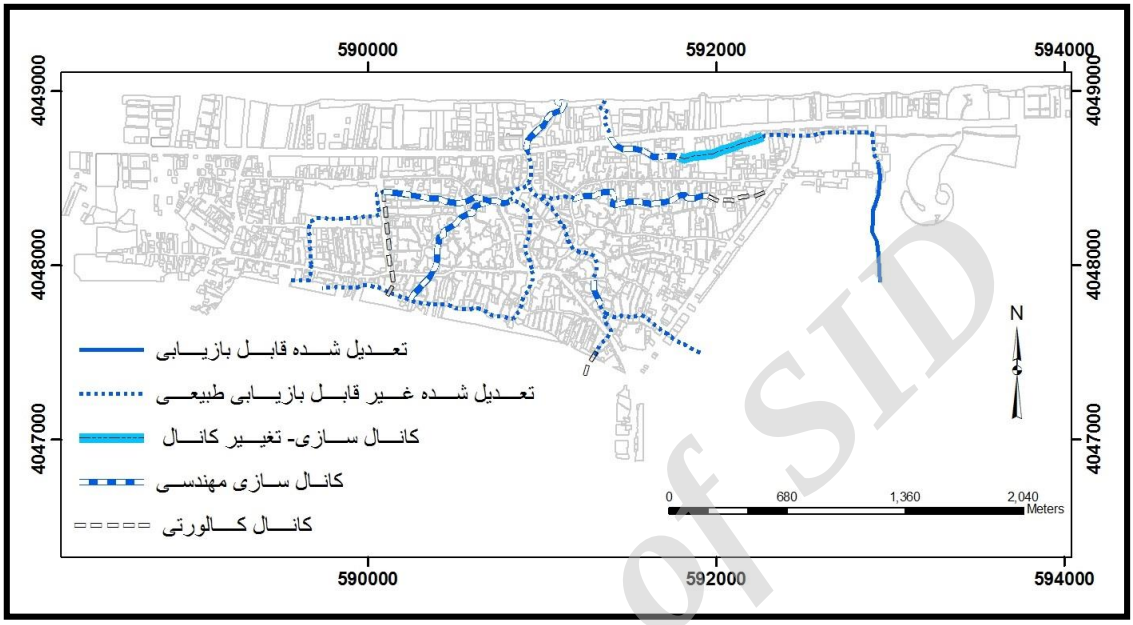
۱- ابعاد کانال به صورت میانگین بوده و به متر اندازه‌گیری شده است. W: عرض کانال، D: عمق کانال و w/d : نسبت عرض به عمق

Archive of SID

www.SID.ir

طبقه‌بندی انواع رودخانه‌ها در شهر نور

شبکه‌های رودخانه‌ای در شهر نور بر حسب ویژگی‌های کانال در ۵ گروه تقسیم‌بندی شدند که عبارتند از: تعدیل شده و قابل بازیابی، تعدیل شده و غیرقابل بازیابی طبیعی، کانال سازی با تغییر مسیر کانال، کانال سازی مهندسی و کانال‌های کالورتی. شکل ۶ الگوی فضایی انواع رودها را در شهر نور نشان می‌دهد.



شکل ۶: الگوی فضایی انواع رودخانه‌ها در شهر نور

در حالت طبیعی رودخانه‌ها معمولاً قابل تعدیل و بازیابی هستند، اما در صورت دخالت انسان از حالت طبیعی خارج می‌شوند. براساس شکل ۶ و جدول ۴ که انواع رودخانه‌های شهر نور را نشان می‌دهند، فقط ۶ درصد از طول رودخانه‌ها در منطقه شهری قابل تعدیل و بازیابی طبیعی است و ۹۴ درصد طول کانال‌ها دچار تغییرات انسانی شده است. بیشترین نوع کانال به کانال‌های تعدیل شده و غیرقابل بازیابی طبیعی تعلق دارد و ۵۲/۵ درصد طول رودخانه‌های شهر نور را شامل می‌شود (جدول ۴). این بدین معنی است که با افزایش جریان ورودی رودخانه قادر به واکنش نخواهد بود و سیلاب ناشی از آن موجب خطر برای ساکنین اطراف رود می‌شود.

جدول ۴: طول انواع کانال طبیعی در شهر نور

نوع کانال	طول به متر	درصد
تعدیل شده و قابل بازیابی طبیعی	۷۰۴	۶
تعدیل شده و غیرقابل بازیابی	۶۳۰۰	۵۲/۵
کانال سازی- تغییر کانال	۵۰۰	۴
کانال سازی مهندسی	۳۴۷۱	۲۹
کانال کالورتی	۱۰۱۴	۸/۵
مجموع	۱۱۹۹۰	۱۰۰

Archive of SID
www.SID.ir

مخاطرات رودخانه‌های شهری

مخاطرات ناشی از رودخانه‌های شهری در دو گروه اصلی قابل بررسی هستند که عبارتند از: مخاطرات کانال رود و مخاطرات ناشی از مدیریت. یکی از مهم‌ترین مخاطرات مربوط به کانال رود، سیلاب است. به علت عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در رودهای شهر نور و تعیین مقدار دقیق حجم آب ناشی از سیلاب در دوره‌های مختلف، از ساکنین محلی مصاحبه گردید. نتایج ناشی از این مصاحبه‌ها نشان می‌دهد که رودخانه‌های قسمت شرق شهر نور سیلاب‌های مکرری را تجربه نموده‌اند که از حوضه بالادست (حاجی ماهرود و شاخه‌های آن) ایجاد می‌شده است. از این رو بخشی از این کانال‌ها جهت کاهش اثر سیلاب قطع شده یا مسیر آنها تغییر داده شد. رودخانه مذکور همچنان فعال بوده و بخش عمده‌ای از سیلاب‌های آن در منطقه جنگلی پخش می‌شود. شواهد ژئومورفیک دشت سیلابی این رود بیانگر این اتفاقات است. ولی مشکلی که در حال حاضر موجب ایجاد سیل در این رود شده و در نهایت منجر به مخاطره گردیده است وجود واریزه‌های چوبی بزرگ در بستر رود است که موجب انسداد کانال و پس خوردن جریان سیل می‌گردد. سیل آبان ۱۳۹۰ نمونه‌ای از آن است که بخشی از قسمت شرق شهر در حاشیه این رود به زیر آب رفته و خسارت مالی و جانی به همراه داشته است (شکل ۷ الف). نوع دیگری از خطر سیل که مربوط به امور مدیریتی بوده، ناشی از تخریب بخشی از آب‌بندان بزرگ نور بوده است که در محدوده زمانی مورد مطالعه حداقل پنج بار دچار شکستگی شده (تاریخ دقیق آن در دست نیست) و بخش‌هایی از خیابان نیما در جنوب شهر نور دچار خطر سیل شدند، جدیدترین مورد از این نوع سیلاب در ۱۳۹۳/۷/۲۹ اتفاق افتاد که کانال کالورتی مسیر جریان به علت انسداد قابلیت عبور نداشته است. سایر مخاطرات مرتبط با کانال رود شامل رسوب‌گذاری در بستر، زمین‌لغزش (شکل ۷ب)، تغییر سیستم کانال، سیل‌های اتفاقی، قطع کامل درختان حاشیه کانال (شکل۷ ج)، لایروبی بستر، زیربری کرانه رود (شکل۷ د)، پوشیده شدن بستر با گیاهانی مانند جگن (شکل ۷ و) و زباله‌های شهری (شکل ۷ ز) می‌شود که به صورت بازه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند و در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. مخاطرات درج شده در جدول ۵، عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی هستند. به عنوان مثال لایروبی با بیل مکانیکی در بازه ۱۰ موجب تحریک کرانه رود شده و چندین زمین لغزش به صورت متوالی در آن به وقوع پیوسته است (شکل ۷ ب، ج). کم بودن شیب کانال و کاهش جریان‌های ورودی آنها موجب رسوب‌گذاری در بستر شده است. تخلیه نخاله‌های ساختمانی و فاضلاب‌های خانگی علاوه بر ایجاد آلودگی موجب زشتی چشم‌انداز(شکل ۷ ز) رودهای شهری شده‌اند. در مجموع مخاطرات ایجاد شده در کانال رود عمدتاً ناشی از اثرات شهرنشینی و جنبه‌های مدیریتی بوده که در کوتاه مدت یا بلند مدت به وقوع پیوسته‌اند.

تغییر کانال رود

کانال‌های رودخانه‌ای می‌توانند نسبت به تغییرات واکنش نشان داده و تعدیل شوند. شکل ۸ مدل تغییر یافته CEM را برای رودخانه‌های شهر نور نشان می‌دهد. مرحله ۱ شکل کانال رود را در حالت تعادل نشان می‌دهد که در جریان‌های سیلابی آب به خارج از کانال و بر روی دشت سیلابی جاری می شود. در حالت دوم فروسایی اتفاق افتاده و تغییرات عمودی در بستر رود شکل می‌گیرد. در حالت سوم پهن‌شدگی کانال اتفاق می‌افتد و بستر رود هم به علت رسوب‌گذاری کمی بالاتر می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: مخاطرات مرتبط با انواع کانال رود در شهر نور

بازه	نوع کانال غالب	مخاطرات اتفاق افتاده و مشاهده شده در بازه
۱	کانال سازی مهندسی	نشست دیواره بتنی کرانه، مسدود شدگی کالورت، رسوب‌گذاری در امتداد کانال
۲	تعدیل شده و غیر قابل بازیابی	رسوب‌گذاری در بستر، انباشت نخاله‌های شهری
۳	تعدیل شده و غیر قابل بازیابی	فرسایش کرانه، رسوب‌گذاری بستر
۴	تعدیل شده و غیر قابل بازیابی	رسوب‌گذاری در امتداد کانال، انباشت نخاله‌های شهری
۵	تعدیل شده و غیر قابل بازیابی	سیل، رسوب‌گذاری در امتداد کانال، انباشت نخاله‌های شهری
۶	تعدیل شده و غیر قابل بازیابی	تغییر سیستم کانال، رسوب‌گذاری در امتداد کانال، انباشت واریزه‌های شهری
۷	کانال‌سازی مهندسی	وقوع سیل قبل از تغییر شبکه زهکشی
۸	کانال‌سازی مهندسی	تغییر در سیستم کانال، زهکشی سیلاب‌های اتفاقی
۹	کانال‌سازی مهندسی	تغییر در سیستم کانال، زهکشی سیلاب‌های اتفاقی
۱۰	در حال تعدیل و قابل بازیابی	فرسایش کرانه (زمین‌لغزش و زیربری کرانه)، قطع درختان، افزایش سیل، لایروبی بستر
۱۱	کانال سازی با تغییر مسیر کانال	سیل، قطع پوشش گیاهی، رسوب‌گذاری در بستر
۱۲	کانال مهندسی	رسوب‌گذاری در بستر

Archive of SID

www.SID.ir

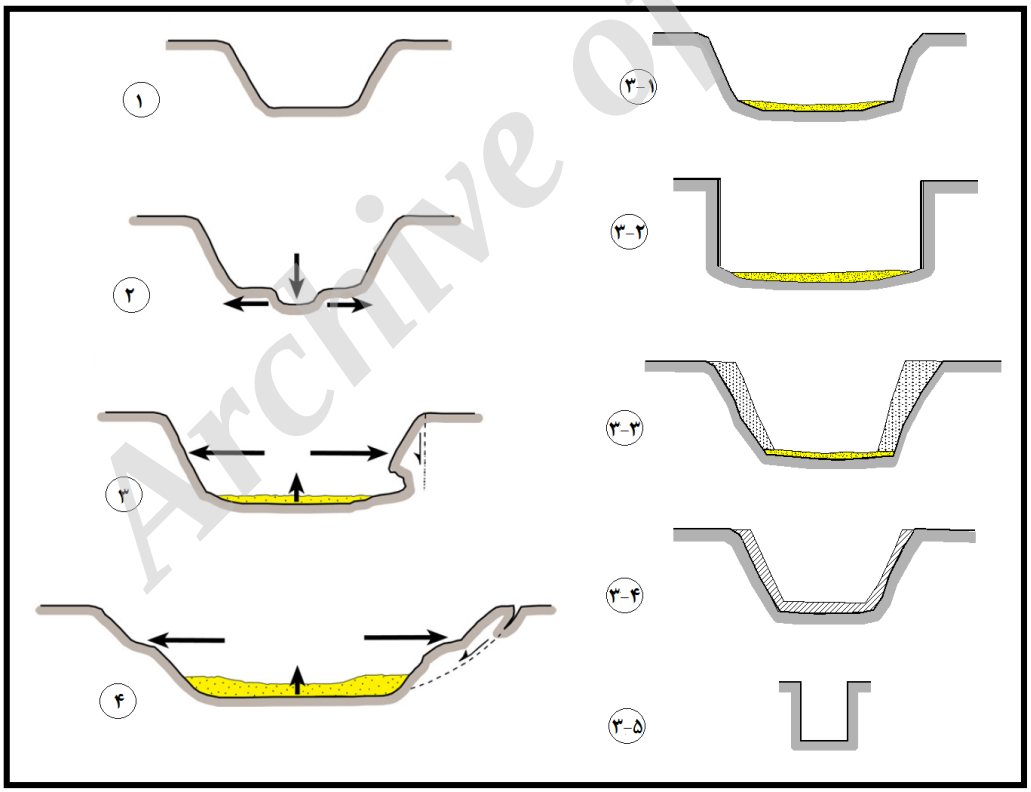
شکل ۷: برخی از مخاطرات رودخانه‌ها در شهر نور، الف) سیلاب، ب) زمین لغزش کرانه رود، ج) لایروبی بستر و قطع پوشش گیاهی کرانه رود، د) زیربری رود و تخریب پل، و) پوشش کامل جگن در بستر رود، ز) زباله‌های شهری

در این حالت زیربری کانال رود در پهن شدگی کانال نقش مهمی دارد. رودخانه‌های شهر نور حالت‌هایی از تغییر کانال مشاهده می‌شود که از حالت ۳-۱ تا ۳-۵ متغیر است. حالت ۳-۱ شکل کانال رود به صورت تعدیل شده و غیرقابل بازیابی نشان می‌دهد. در چنین شرایطی ابعاد رود در نتیجه جریان‌های سیلابی عمیق و پهن شده است ولی در شرایط فعلی به علت کاهش سطح زهکشی، ظرفیت کانال رود بزرگتر از جریان بوده و تعدیل جانبی به صورت طبیعی در کانال رود اتفاق نمی افتد، اما رسوب‌گذاری در بستر مشاهده می‌شود. در بخشی

Archive of SID

www.SID.ir

از بازه‌های ۲، ۳، ۴، ۵ و۶ چنین شرایطی دیده می‌شود. در حالت ۲-۳ کرانه رود بوسیله دیواره‌های بتنی محافظت شده تا در برابر فرسایش کناره‌ای مقاومت نماید. در این حالت هم تعدیل جانبی صورت نمی‌گیرد و فقط رسوب‌گذاری در بستر مشاهده می‌شود. تشکیل چالاب‌های طویل از اشکال بستری این کانال است. بازه ۱ و ۱۲ چنین شرایطی را دارا هستند. در حالت ۳-۳ کانال به علت کاهش جریان ورودی تعدیل طبیعی انجام نمی‌دهد و عرض کانال در نتیجه تخلیه نخاله‌های شهری کاهش یافته و به حریم رود تجاوز شده است. بازه‌های ۴، ۵ و ۶ دارای این شرایط هستند. حالت ۳-۴ بیان کننده شرایطی است که کرانه و بستر رود به طور کامل از مصالح بتنی تشکیل شده و هیچ‌گونه تعدیلی در آن رخ نمی‌دهد (بازه ۷). حالت ۳-۵ شرایطی را نشان می‌دهد که عرض و عمق کانال رود در نتیجه تجاوز به حریم رود کاهش یافته و در شرایط کنونی وضعیت مناسبی ندارند جز اینکه سیلاب‌های اتفاقی را تخلیه نموده و در عمل محل تخلیه فاضلاب‌های خانگی است (بازه‌های ۸ و ۹). حالت ۴ تداوم تعدیل کانال رود را به صورت پهن شدگی و رسوب‌گذاری در بستر رود نشان می‌دهد، حرکات توده‌ای در کرانه رود ایجاد شده و وجود درزهای کششی در کرانه نشان دهنده حرکات احتمالی در آینده نزدیک است (بازه ۱۰).



شکل ۸: مراحل تکامل و تغییر کانال رود در شهر نور

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌گیری

با گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی در محدوده شهری نور سیستم زهکشی رودها تغییر نموده است. به دنبال کاهش جریان‌های پایه مورفولوژی بستر و کرانه رود هم دچار تغییرات زیادی شده و مخاطراتی را در سیستم رودخانه‌ای به وجود آورده است. با بررسی مورفولوژی کانال مشاهده گردید که ۹۶ درصد از کانال‌ها دچار تغییرات ناشی از شهرنشینی شده و از حالت طبیعی خود خارج شده‌اند. با طبقه‌بندی انواع کانال رود و با توجه به نوع مخاطره و بررسی پایداری و ناپایداری آنها می‌توان راهکارهای مدیریتی خاصی (روش‌های مهندسی سخت تا نرم) را مورد استفاده قرار داد. این مطالعه نشان می‌دهد که در یک بازه خاص ممکن است چند نوع کانال وجود داشته باشد و هریک از آنها هم ممکن است مخاطرات مختلفی را تجربه کرده باشند، لذا بررسی مخاطرات هر نوع از کانال نیازمند بررسی‌های میدانی بوده و می‌تواند از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد. از این رو مطالعه و برنامه‌ریزی در رودخانه‌های شهری نیازمند مشارکت ژئومورفولوژی رودخانه‌ای جهت بررسی تکامل و تحول کانال رود، پیش‌بینی مخاطرات احتمالی در هر بازه و ارائه راهکارهای مدیریتی است.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرحی است که با استفاده از اعتبار ویژه پژوهشی دانشگاه مازندران انجام شده است.

منابع

-امیراحمدی، ا.، بهنیافر، ا. و ابراهیمی، م.، ۱۳۹۰. ریزپهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار شهری، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۶، ص ۱۷-۳۲.

-بهنام، پ.، صمدی، ح.، شایان نژاد، م. و ابراهیمی، ع.ا.، ۱۳۹۲. بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده‌رود در محدوده شهر اصفهان، آب و فاضلاب، شماره ۴، ص ۱۰۳-۱۱۱.

-حسین‌زاده، س.ر. و جهادی طرقی، م.، ۱۳۸۶. اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۱، ص ۱۴۵-۱۵۹.

-حسین‌زاده، م.م. و اسماعیلی، ر.، ۱۳۹۴. ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول، ۳۳۸ ص.

-کرم، ا. و درخشان، ف.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی سیل‌خیزی، برآورد سیلاب و ارزیابی کارایی کانال-های دفع آب‌های سطحی در حوضه‌های شهری (مطالعه موردی: حوضه آبشوران درکرمانشاه)، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال پنجم، شماره ۱۶، ص ۳۷-۵۴.

-مجتهدزاده، پ.، ۱۳۵۱. شهرستان نور، نشر صبح امروز، چاپ اول، تهران، ۱۵۹ ص.

-یوسفی، ص.، ۱۳۹۲. جغرافیای تاریخی نور، نشر رسانش نوین، چاپ دوم، تهران، ۲۵۶ ص.

Archive of SID

www.SID.ir

-Chin, A. and Gregory, K.J., 2005. Managing urban river channel adjustments, Geomorphology, v. 69, p. 28– 45.
-Chin, A., O'Dowd, A.P. and Gregory, K.J., 2013. Urbanization and River Channels, Treatise on Geomorphology, v. 9, p. 809-827.
-Gurnell, A., Lee, M. and Souch, C., 2007. Urban Rivers: Hydrology, Geomorphology, Ecology and Opportunities for Change, Geography Compass, v. 1(5), p. 1118-1137.
-Doyle, M.W., Jonathan, M.H., Rich, C.F. and Spacie, A., 2000. Examining the effects of urbanization on streams using indicators of geomorphic stability, Physical Geography, v. 21(2), p. 155-181.
-Hardison, E.C., O'Driscoll, M.A., DeLoatch, J.P., Howard, R.J. and Brinson, M.M., 2009. Urban land use, channel incision, and water table decline along coastal plain streams, north Carolina, Journal of the American water resources association, v. 45(4), p. 1032-1046.
-Hawley, R.J., Bledsoe, B.P., Stein, E.D. and Haines, B.E., 2012. Channel evolution model of response to urbanization in southern California, Journal of American Water Resources Association, v. 48(4), p. 722-744.
-James, L.A. and Lecce, S.A., 2013. Impacts of Land-Use and Land-Cover Change on River Systems, Treatise on Geomorphology, v. 9, p. 768-793.
-Kang, R.S. and Marston, R.A., 2006. Geomorphic effects of rural-to-urban land use conversion on three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma, Geomorphology, v.79, p. 488–506.
-Morelli, S., Segoni, S., Manzo, G., Ermini, L. and Catani, F., 2012. Urban planning, flood risk and public policy: The case of the Arno River, Firenze, Italy, Applied Geography, v. 34, p. 205–218
-Navratil, O., Breil, P., Schmitt, L., Grosprêtre, L. and Albert, M.B., 2013. Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron River basin, France), Journal of Hydrology, v. 485, p. 24–36.
-Nelson, P.A., Smith, J.A. and Miller, A.J., 2006. Evolution of channel morphology and hydrologic response in an urbanizing drainage basin, Earth Surface Processes and Landforms, v. 31(9), p. 1063–1079.

Archive of SID

www.SID.ir