پژوهش های جغرافیایی – شماره ۵۵، بهار ۱۳۸۵
صص ۳۳-۱۵

هیدرودینامیک رود خانه های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخّصات هندسی آنها

دکتر مجتبی یمانی* _ دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
دکتر محمد مهدی حسین زاده – استادیار دانشگاه طبرستان چالوس
دکتر احمد نوحه گر – استادیار دانشگاه هرمزگان

پذیرش مقاله : ۸۲/۶/۱۷
تأیید نهایی: ۸۳/۷/۲۷

چکیده

رودخانه ها با بستر فرسایش پذیر، سیستم پویایی هستند که مقاطع عرضی و طولی آنها در اثر فرسایش و رسوبگذاری تغییر شکل می یابد و هیدرو دینامیک گویای چگونگی جریان آب در رودخانه، فرسایش و ته نشینی موادّ رسوبی در نتیجهٔ این جریان و از طرفی نقش آن در تحوّل پارامترهای هندسی رود می باشد. حتّی در دوره های کوتاه مدّت (کمتر از یکصد سال) نیز روند فرسایش و رسوبگذاری در هر رودخانه تابع توازن میان عوامل کنترل کنندهٔ (متغیّر های وابسته و مستقل) آن می باشد. در این بین رواناب حاصل از زهکشی حوضه، بار و نوع رسوبی را که جریان با خود به آبراهه می رساند از متغیّر های عمده ای است که در تعیین اندازه و ویژگی های شکل آبراهه ها نقش اساسی را ایفاء می نماید؛ چنانچه بار رسوبی یا مقدار دبی تغییر پیدا کند، به همان نسبت آبراهه نیز ناپایدار خواهد بود. این مقاله نیز سعی دارد تا نقش دبی جریان و رسوب را در تغییرات آبراهه و مشخّصات هندسی(هیدرو دینامیک) رودخانه های تالار و بابل مورد بررسی قرار دهد که در این راستا پس از بررسی مشخّصات هندسی آبراهه در رودخانه های مذکور سعی شده که ارتباط متغیّر های دبی آب و رسوب به طور مقایسه ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و سپس رابطهٔ موجود بین آنها استخراج شود. برای دستیابی به این هدف، ابتدا با توجّه به ایستگاه های موجود، مقادیر دبی آب و رسوب در امتداد هر یک از دو رودخانه از علیا تا سفلای آنها استخراج شده و در ادامه، مشخّصات هندسی شامل عرض، عمق، نسبت عرض به عمق، ضریب خمیدگی، زاویهٔ مرکزی و طول موج رودخانه های مورد مطالعه محاسبه گردید و در نهایت این متغیّر ها در قالب مدل ویژه ای تجزیه و تحلیل شدند که با استناد به آن می توان ضمن برقراری ارتباط متغیّرها با یکدیگر، تغییرات دوره ای ابعاد، شکل و الگوی رودخانه ها را برآورد نمود.

واژگان کلیدی: رودخانه، بابل رود، رود تالار، الگوی رود، مرفولوژی، هیدرولوژی.

مقدّمه

مرفولوژی رودخانه، علم شناخت سیستم رودخانه از نظر شکل و فرم کلّی، ابعاد و هندسهٔ هیدرولیکی، راستا و پروفیل طولی بستر و نیز روند و مکانیزم تغییرات آن می باشد. بررسی مرفولوژیکی برای درک شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی رودخانه در آینده ضروری است و تنها از این طریق می توان عکس العمل طبیعی آن را نسبت به

* E-mail: Myamni@ut.ac.ir

تغییرات طبیعی و یا اقدامات ناشی از اجرای طرح های اصلاح مسیر و تثبیت کناره ها پیش بینی نمود و میزان جابجایی، تغییر ابعاد و الگوی رودخانه را تشخیص داد.

رودخانه های طبیعی به ندرت در حالت پایدار بوده و تحت تأثیر عوامل و متغیّرهای مختلف همواره از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. حتّی در مقیاس زمانی نسبتاً کوتاه (کمتر از یکصد سال) نیز روند فرسایش و رسوبگذاری در هر رودخانه تابع توازن میان عوامل کنترل کننده (متغیّر های وابسته ومستقل) آن می باشد (چورلی ۱۹۸۵). در این صورت هر گونه تغییری که به سیستم رودخانه تحمیل شود، تعادل موجود آن را بر هم زده و با عکس العمل رودخانه در جهت ایجاد موازنهٔ جدید روبرو خواهد گشت. شدّت تغییر پذیری و زمان این تغییرات بستگی به نوع و درجهٔ تأثیر عوامل کنترل کننده دارد. تأثیر عوامل طبیعی نظیر تغییرات اقلیمی، زمین شناسی و تکتونیکی تدریجی بوده و در کوتاه مدّت ناچیز است. در حالی که تأثیر فعّالیّت های انسانی نظیر برداشت شن و ماسه از بستر، سازه های بنا شده در محدودهٔ بستر رود (پل، سد، حفاظ، دیواره) و نظایر آن موجبات تغییر در رژیم جریان، رسوب، شیب مقطعی و ابعاد رودخانه شده و در کوتاه مدّت مقدّمات تغییر الگوی رودخانه را فراهم می کند(همان ۱۹۸۵).

مبانی نظری تحقیق

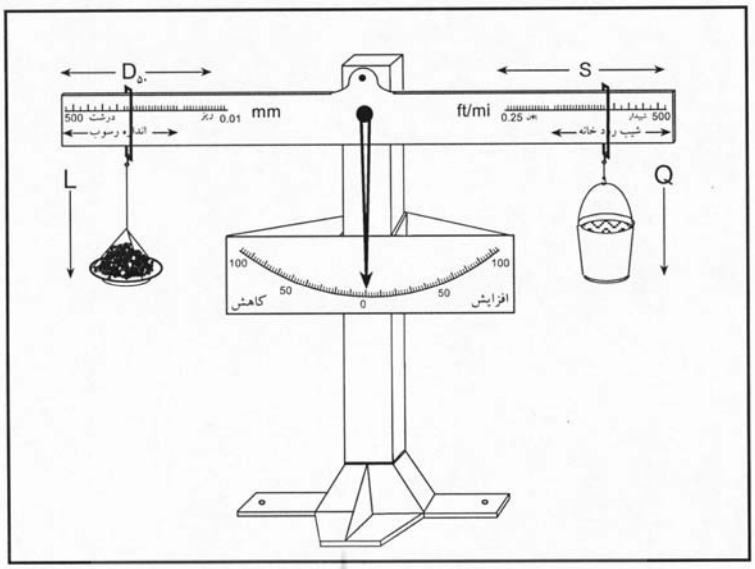
نقش هیدرولوژی (آب و رسوب) در تغییرات و ناپایداری آبراهه و مشخّصات هندسی آن، رواناب حاصل از زهکشی حوضه همراه با بار و نوع رسوبی که با خود به آبراههٔ رودخانه می رساند، یکی از متغیّرهای عمده ای است که در تعیین اندازه و ویژگی های شکل آبراهه ها اهمّیّت دارد(تلوری۱۳۷۳، ص۲۱).

اگر بار رسوبی یا مقدار تخلیه ای که توسّط آبراهه انجام می شود در معرض کاهش و تقلیل قرار گیرد، پاسخ آبراهه به این پدیده به صورت رسوبگذاری یا فرسایش منعکس می شود و آبراهه به این ترتیب ناپایدار می گردد. امّا چون آبراهه از ترکیب رسوباتی با درجهٔ پایداری متفاوتی تشکیل شده، بنابر این میزان فرسایش و حمل و نقل و رسوبگذاری در آن یکسان نیست و از اینرو آبراهه ها به نسبت دارای پاسخ های متفاوتی هستند.

آبراهه های ناپایدار به طور مستمر به تغییرات خارجی مختلف نظیر بار رسوبی یا مقدار تخلیه واکنش نشان می دهند. واضح است که شناسایی مشترک رسوب ها و آب برای فهم شکل شناسی آبراهه ضروری است. بهترین راه برای فهم اثر تغییرات ناشی از تخلیه، بار رسوبی و اندازهٔ دانه ها بر روی آبراهه در شکل شماره (۱- ترازوی لین[1]) به نمایش گذاشته شده است (چورلی۱۹۸۵، ص۱۶۸). لازم به ذکر است که این شکل بر اساس نتایج تجربی حاصل از آبراهه های ثابت طرح ریزی شده و به طور همه جانبه مرفولوژی آبراهه را شامل نمی شود.

1 -Lane’s Balance

شکل۱- ارتباط مستقیم شیب و اندازهٔ آبراهه با بار رسوبی و غیر مستقیم با مقدار تخلیه (ترازوی لین)



مأخذ:چورلی، ریچارد جی، ترجمهٔ احمد معتمد، ژئومرفولوژی، (جلد سوّم)، سمت۱۳۷۹.

افزایش یا کاهش مقدار تخلیه تنها می تواند معلول انحراف یا جریان انشعابات به داخل یا خارج سیستم باشد و یا در نتیجهٔ تغییر شرایط اقلیمی ایجاد شود. افزایش مقدار بار موادّ بستری می تواند در نتیجهٔ افزایش موادّ فرسایش یافته در حوضهٔ آبخیز یا افزایش نواحی زیر کشت حاصل شود. به همین ترتیب کاهش بار موادّ بستری نیز ممکن است به علّت آمایش سرزمین یا حفاظت خاک ها صورت گیرد. افزایش **یا** کاهش مقدار تخلیه، ابعاد آبراهه و شیب آن را نیز تغییر می دهد؛ امّا افزایش یا کاهش در بار موادّ بستری با مقدار تخلیهٔ ثابت سالیانه نه تنها ابعاد آبراهه را عوض می کند، بلکه شکل آن را نیز (نسبت عرض به عمق) تغییر می دهد و در تغییر میزان پیچ و خم دار بودن آن نیز مؤثّر است(همان ۱۹۸۵، ص ۲۰).

هرچند در طبیعت تغییر در مقدار تخلیهٔ آب یا بار رسوبی به تنهایی اتّفاق نمی افتد، ولی معمولاً هر تغییری که در مقدار تخلیه حاصل شود، با تغییر در بار رسوبی همراه است و برعکس. بنابراین در معادله با استفاده از علامت های مثبت و منفی، تغییرات مربوط به افزایش یا کاهش میزان تخلیه و بار رسوبی به چهار حالت می تواند عرضه شود.

به عنوان نمونه، اگر بر اثر فعّالیّت های کشاورزی هم بر مقدار تخلیه و هم بر مقدار بار رسوبی بستر افزوده شود، یا عامل اقلیمی در آن دخالت کند، معادله شمارهٔ (۱)(همان ۱۹۸۵). ماهیّت این تغییر آبراهه ای را روشن می کند:

معادلهٔ شمارهٔ (۱) $Q^{+}, L^{+}, = W^{+}, D^{-+}, I^{+}, S^{-+}, P^{-}, F^{+}$

Q = مقدار تخلیه

L = بار بستری

W = پهنای کانال

D = عمق

I = طول موج مئاندری

S = شیب

F = نسبت عرض به عمق

P = درجهٔ پیچ و خم دار شدن (ضریب خمیدگی)

این معادله نشان می دهد که با افزایش توأم مقدار تخلیه و بار رسوبی بستر، عرض آبراهه، طول موج مئاندری و نسبت عرض به عمق آبراهه باید افزایش و درجهٔ پیچ و خم دار شدن آن کاهش یابد.

آثار افزایش مقدار تخلیه و بار موادّ بستری در مورد عمق و شیب کاملاً متفاوت است و ارتباط تغییرات به عمق آن و شیب با همدیگر مشخص نیست. در هر حال با در نظر گرفتن نسبت عرض آبراهه به عمق آن با تخمین می توان به نسبت تغییرات عمقی پی برد. نسبت عرض آبراهه به عمق آن بیش از همه تحت تاثیر بار رسوبی است. لازم به ذکر است که با توجه به افزایش عرض آبراهه و نسبت عرض به عمق، لزوماً عمق باید ثابت بماند یا حتّی کاهش یابد. احتمالاً کاهش پیچ و خم ها افزایش شیب رودخانه را به دنبال دارد؛ یعنی هر چه آبراهه پرشیب تر گردد، به نسبت امتداد آن مستقیم تر خواهد شد. در صورت کاهش تخلیهٔ آب و بار موادّ بستری می توان تغییرات حاصله در مشخّصات هندسی رود را به صورت معادلهٔ شماره (۲) ارائه نمود:

$$Q^{-} L^{-} = W^{-}, D^{-+}, I^{-}, S^{-+}, P^{+}, F^{-}$$ معادله شمارهٔ (۲)

اگر تغییرات Q و L در جهات مختلف با هم باشند، همان گونه که در طبیعت این موضع امری عادی است، معادلات (۳ و ۴) بدست می آید.

$$Q^{+} L^{-} = W^{-+}, D^{+}, I^{-+}, S^{-}, P^{+}, F^{-}$$ معادلهٔ شمارهٔ (۳)

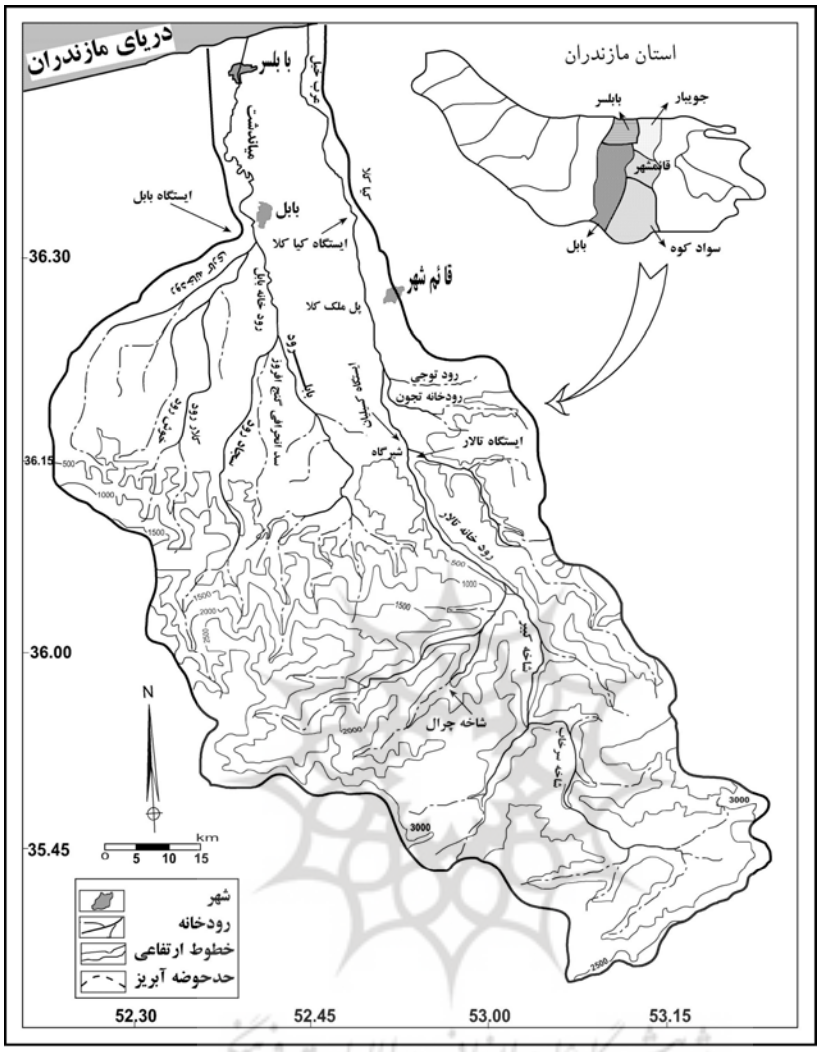
$$Q^{-} L^{+} = W^{-+}, D^{-}, I^{-+}, S^{+}, P^{-}, F^{+}$$ معادلهٔ شمارهٔ (۴)

این روابط با توجه به کنش متقابل تخلیهٔ آب و رسوب براساس ترازوی لین(شکل شمارهٔ۱) بدست آمده است. در نتیجه، تغییرات آب شناختی که توسّط روابط بالا تشریح شده اند به عنوان تغییر پیچیده ای در مرفولوژی آبراهه محسوب می شوند که می توان آنها را به تغییر شکل یا دگرگونی در آبراهه نسبت داد.

محدودهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در شمال سلسله جبال البرز و در جنوب دریای مازندران قرار دارد. این محدوده از نظر موقعیّت جغرافیایی در طول شرقی ´۵۳/۲۴ تا ´۵۲/۳۱ و عرض شمالی ´۳۶/۳۳ تا ´۳۵/۴۵ قرار دارد (نقشهٔ شمارهٔ۱). منطقهٔ تحت بررسی، جزء استان مازندران و شهرستان های بابل، بابلسر، سواد کوه، قائم شهر و جویبار می باشد (نقشهٔ شمارهٔ۲). بر اساس اندازه گیری با پلانیمتر از روی نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ مساحت محدودهٔ مورد مطالعه ۴,۲۷۶/۷ کیلومتر مربّع (مساحت حوضهٔ تالار ۲,۵۳۷/۳۵ و بابل ۱,۷۳۹/۳۵) را شامل می شود. طول رودهای بابل و تالار با استفاده از کورویمتر از روی نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ به ترتیب ۱۰۱/۵ و ۱۴۳ کیلومتر و البّته طول مسیر مورد مطالعه در جلگهٔ ساحلی مازندران به ترتیب ۵۷و۶۳ کیلومتر است.

نقشهٔ ۱- حوضهٔ آبخیز رود خانه های تالار و بابل رود



ماخذ: نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور برگهای دراز کلا، بابل، قائمشهر و پاشا کلا

محدودهٔ مورد مطالعه در داخل دو برگ نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ سری K 555 به شماره های NJ 39-16 و NJ39-4 و شش برگ نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ به شماره های III – II ۶۵۶۳ و IV – III-II- ۶۵۶۲I پوشش سراسری قرار می گیرد (م ش ۵ و ۶ و ۷). از آنجا که هدف اصلی مطالعه پیرامون فرآیندهای مرفودینامیک رودخانه ای و نقش آن در الگوی رودها در جلگهٔ ساحلی مازندران می باشد، بنابراین در این مورد مرز منطقهٔ مورد بررسی از خط تغییر شیب کوهستان با جلگهٔ ساحلی[1] (برای تالار منطقهٔ شیرگاه یعنی محلّ اتّصال رودخانهٔ کسیلیان به تالار به طول ۶۳ کیلومتر و برای بابل، منطقهٔ بالا گنج افروز یعنی محلّ اتّصال رودخانهٔ سجادرود به بابل به طول ۵۷ کیلومتر) تا نزدیکی ساحل دریا در نظر گرفته شده است (نقشهٔ شمارهٔ۱). رودخانه های مورد مطالعه شامل دو رودخانهٔ تالار و بابل می باشد که وضعیّت مرفولوژی و دینامیک رود در آنها بررسی شده است (نقشهٔ شمارهٔ۱).

1 -Knick

رودخانهٔ تالار

این رودخانه از ارتفاعات ناحیهٔ شمالی سلسله جبال البرز سرچشمه می گیرد. رودخانه در بالادست، سرخاب نامیده می شود و سر شاخهٔ چرال که خود از دو شاخهٔ چرال و شش رودبار تشکیل شده، از مغرب و سرشاخهٔ کبیر که از ارتفاعات شاه محمّد قلّه منشأ گرفته است از مشرق به آن می پیوندد. این رودخانه در درّهٔ نسبتاً باریکی تا محلّ شیرگاه جریان یافته و رودخانهٔ کسیلیان در این محل از سمت مشرق به آن می پیوندد(نقشهٔ شمارهٔ ۱). در ادامه، شاخه های فرعی توجی و تجون به آن می ریزند و پس از گذشتن از زیر پل ملک کلّاً وارد جلگهٔ ساحلی شده و در ایستگاه کیاکلا اندازه گیری می شود و در پایین دست محلّ عرب خیل به دریای مازندران تخلیه می گردد (نقشهٔ شمارهٔ۱). لازم به ذکر است که حوضهٔ آبخیز این رودخانه برف گیر می باشد. رودخانهٔ تالار و سرشاخه های آن در مناطق کوهستانی در یک درهٔ تنگ با بستر سنگی جریان داشته و به تدریج ضمن عبور از نواحی کوهستانی و ورود به دشت، بستر خود را عریض تر نموده و با ایجاد تراس های پلّکانی متعدّد به مسیر خود ادامه می دهد.

رودخانهٔ بابل (بابلرود)

این رودخانه از کوه های البرز سرچشمه می گیرد. این رودخانه شامل یک شاخهٔ اصلی به نام بابلرود بوده و جهت جریان آن از جنوب به شمال می باشد. شاخهٔ سجّادرود از سمت غرب رودخانهٔ اصلی سرچشمه گرفته و پس از طّی مسیری حدود ۵۰ کیلومتر، از شروع جلگه به بابلرود می ریزد.

در وسط مخروط افکنهٔ رود و در بالا دست شهر بابل، شاخهٔ خوش رود که خود از سه زیر شاخه به نام های متالون رود، کلارود و بزرود تشکیل گردیده از سمت غرب به آن می پیوندد (نقشهٔ شمارهٔ۱). رودخانهٔ مذکور در مسیر خود از شهرهای بابل و بابلسر عبور کرده و سپس به دریای مازندران می ریزد.

متغیّرهای مورد مطالعه

۱- شیب مسیر آبراهه

از عوامل مهم و مؤثّر در ارتباط با مرفولوژی یک رودخانه شیب آن است. بدیهی است شیب عامل اصلی سرعت جریان است و به همین علّت این عامل در مطالعات فیزیوگرافی برای شناخت پدیده های ژئومرفولوژیکی از جایگاه ویژه ای برخوردار است بر این اساس شیب مسیر رودهای تالار و بابل در محدودهٔ جلگهٔ ساحلی از روی نقشه های توپوگرافی بزرگ مقیاس اندازه گیری محاسبه و در جدول شمارهٔ (۱) ارائه گردیده است.

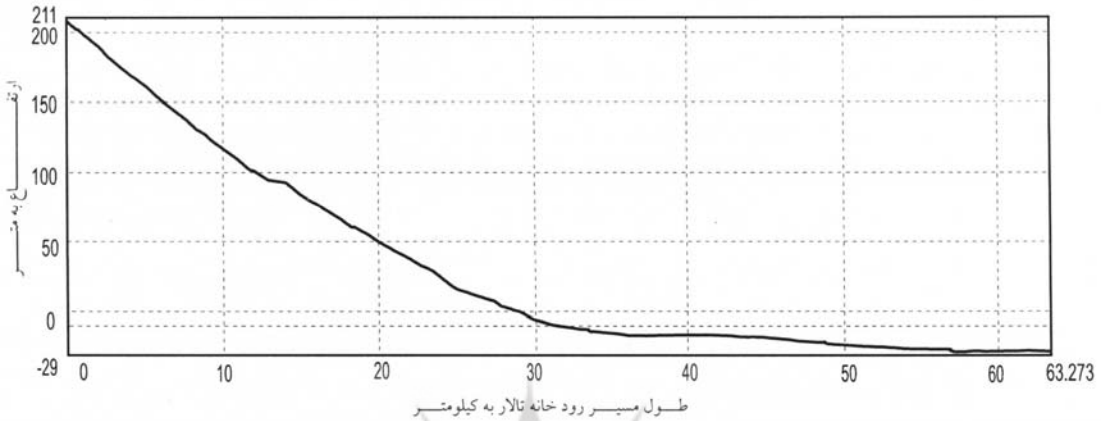
۲- طول آبراههٔ اصلی و شیب متوسط آن

آبراههٔ اصلی به عمیق ترین بخش بستر گفته می شود که در خطّ القعر حوضه جریان داشته و روان آب زیر حوضه های مختلف به آن می ریزد. زمان تمرکز و زمانی که دبی سیلاب ها به نقطهٔ اوج می رسد، به طول آبراههٔ اصلی بستگی کامل دارد. رودخانه های بابل رود و تالار آبراه اصلی محسوب می شوند. طول رودخانهٔ بابل رود تا ساحل ۱۰۱/۵ کیلومتر و طول رودخانهٔ تالار تا ساحل ۱۴۳ کیلومتر است.

شیب طولی نیز عامل مؤثّر دیگری در زمان تمرکز حوضه بوده و بر روی شکل هیدروگراف اثر می گذارد. با توجّه به محاسبات انجام گرفته، شیب متوسّط رودخانهٔ بابل تا ساحل ۰/۹۱ درصد و شیب ناخالص رودخانهٔ مورد نظر ۲/۶۸ درصد است. همچنین در رودخانهٔ تالار نیز شیب متوسّط و شیب ناخالص به ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۷۷ درصد می باشد.

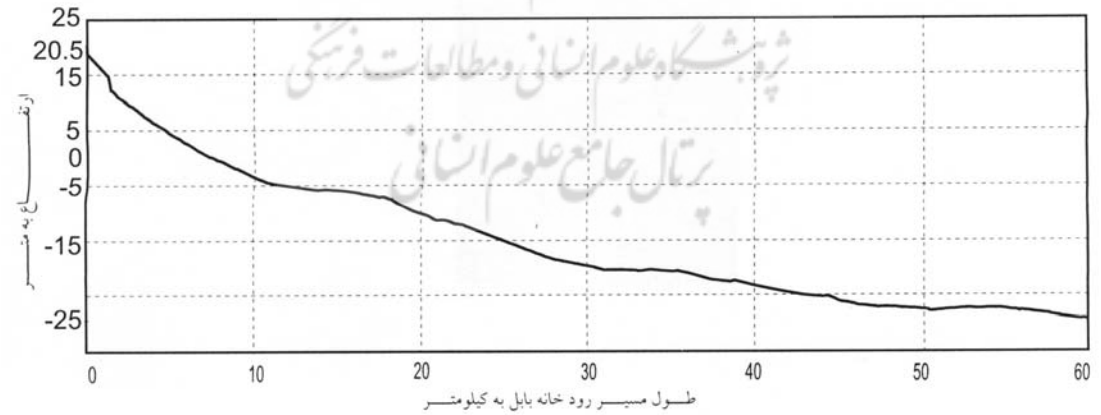
همچنین طول ویژگی های شیب بخش های مختلف نیز در جدول شمارهٔ (۱) ارائه شده است. همان طور که از جدول شمارهٔ (۱) استنباط می شود، شیب بخش های بالا دست و علیای رود زیاد و به تدریج با نزدیک شدن به ساحل، شیب کم می شود. شکل های شماره (۲ و۳) پروفیل طولی رودخانه های بابل رود و تالار را نشان می دهد .

شکل ۲ – نیمرخ طولی رودخانهٔ تالار در محدودهٔ جلگهٔ ساحلی



با توجّه به نتایج حاصله از ویژگی های فیزیوگرافی حوضه های بابل و تالار، خصوصاً شیب و تراکم آبراهه می توان انتظار داشت که حجم و شدّت دبی آب و رسوبات زیاد بوده و مرفولوژی رودخانه کاملاً متأثّر از آن باشد؛ به گونه ای که در خروج از کوهستان، دبی آب و رسوب زیاد بوده و به طرف مصب رودخانه کاهش شیب، کاهش بار رسوب و کاهش توالی سیلاب ها را به دنبال داشته و همین امر می تواند بر الگوی رودخانه تأثیر گذار باشد.

شکل ۳ – نیمرخ طولی رودخانهٔ بابل در محدودهٔ جلگهٔ ساحلی



جدول ۱- نتایج مشخّصات شیب و طول رودخانه های تالار و بابل

محدودهٔ مورد مطالعه	شیب ناخالص رودخانه ٪	شیب متوسّط رودخانه ٪	طول رودخانه (کیلومتر)
کسیلیان-شیرگاه	۲/۶	۱/۸	۵۱
تالار-شیرگاه	۲/۶	۲/۱	۸۸
تالار- پل ملک کلا	۲/۳۷	۲/۱۸	۱۰۳
تالار- کیاکلا	۲/۱	۱/۵	۱۲۱
تالار-دریا	۱/۷۷	۱/۲۸	۱۴۳
بابل- قران تالار	۵/۳	۵/۳۸	۲۵/۵
بابل-سد گنج افروز	۵/۱	۳/۱	۵۲/۵
بابل- بابل	۵/۲	۳/۲	۶۷/۵
بابل - دریا	۲/۶۸	۰/۹۱	۱۰۱/۵

۳- بار رسوبی بستر

به دلیل اینکه هیچگونه اندازه گیری از بار رسوبی کف بستر در محلّ ایستگاه ها در دست نمی باشد و آزمایش هایی هم در زمینهٔ دانه بندی موادّ بستر در رودخانه های تالار و بابل صورت نگرفته، لذا طبق تجربیّاتی که در مطالعات هیدرولوژی انجام گرفته و همین طور میزان موادّ بستری که در گزارش هیدرولوژی سدّ در دست احداث پاشاکلا (البرز) بر روی رود بابل استفاده شده است (شکل شمارهٔ۴)، میزان این مواد در رودخانهٔ کسیلیان ایستگاه شیرگاه۱۰٪، در رودخانهٔ تالار ایستگاه های کیاکلا و شیرگاه ۱۵٪ و در رودخانهٔ بابل ایستگاه قران تالار و بابل۲۰٪ موادّ معلّق در نظر گرفته شده است. مقادیر حاصل از محاسبهٔ رسوب برای رودخانه های تالار و بابل در جداول شماره (۲ و۳) ارائه گردیده است.

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شدهٔ رسوب برای ایستگاه های هیدرومتری در رودخانهٔ تالار

نام ایستگاه	نام رود	میزان موادّ رسوبی (تن-سال)	دبی ویژهٔ رسوب (تن-سال)Km2	حجم رسوب M.C.M	متوسّط دراز مدّت موادّ معلّق سالیانه(تن-سال)	متوسّط دراز مدّت باربسترسالیانه (تن-سال)
شیرگاه	کسیلیان	۱۱۸۴۹۸/۷۵	۳۴۵/۴۸	۰/۰۹۹	۱۹۲۳۵۵	۱۹۲۳۵/۵
شیرگاه	تالار	۱۴۶۶۲۴۵/۵۲	۸۲۷/۹۴	۱/۲۲	۱۲۷۴۹۹۶/۱	۱۹۱۲۴۹/۴۲
پل ملک کلا	تالار	۱۴۷۶۶۷۰/۶۷	۶۴۲/۴۸	۱/۲۳	----	----

جدول ۳- پارامترهای محاسبه شدهٔ رسوب برای ایستگاه های هیدرومتری در رودخانهٔ بابل

نام ایستگاه	نام رود	میزان موادّ رسوبی (تن-سال)	دبی ویژهٔ رسوب (تن-سال)Km2	حجم رسوب M.C.M	متوسّط دراز مدت موادّ معلّق سالیانه (تن-سال)	متوسّط دراز مدّت بار بستر سالیانه (تن-سال)
قران تالار	بابل	۳۳۸۶۳۰/۹۴	۸۶۱/۴۰۴	۰/۲۸۲	۲۸۲۱۹۲/۴۵	۵۶۳۳۸/۴۹
گنج افروز	بابل	۵۳۸۳۷۶/۲۳	۶۰۲/۸۲	۰/۴۴۹	----	----
بابل	بابل	۶۹۹۶۱۷/۴	۴۲۵/۷۹	۰/۵۸۳	۵۸۳۰۱۴/۵	۱۱۶۶۰۲/۹
محل دریا	بابل	۸۱۹۷۴۶/۵۲	۴۷۱/۲۹	۰/۶۸۳	----	----

۴- رژیم آبدهی رودخانه های بابل و تالار

منظور از مطالعهٔ رژیم آبدهی، برآورد رواناب سطحی در منطقهٔ مورد مطالعه و ایستگاه های هیدرومتری و بررسی پتانسیل آبی و دبی دراز مدّت سالانه جهت تعیین فرسایش بستر و سواحل تالار و بابل می باشد. جدول شمارهٔ (۴) نشان دهندهٔ میانگین حدّاکثر و حدّاقل آبدهی سالیانهٔ رودخانه های مورد مطالعه است.

جدول ۴- میانگین، حدّاکثر و حدّاقل آبدهی سالیانهٔ رودخانه های مورد مطالعه در ایستگاه های هیدرو متری

بر حسب متر مکّعب	رودخانهٔ کسیلیان ایستگاه شیرگاه	تالار ایستگاه تالار	تالار ایستگاه کیاکلا	تالار ایستگاه ملک کلا	تالار در محلّ دریا	بابل ایستگاه قران طالار	بابل ایستگاه بابل	بابل الحاق قران تالار به بابل	سی درود ایستگاه بند پی گلوگاه	بابل قران تالار در محلّ گنج افروز	بابل سدّ انحرافی	بابل در محلّ دریا
میانگین	۳/۴۹۹	۷/۵۹۷	۱۲/۷۶۴	۱۰/۱۸۶	۱۳/۶۶۰	۸/۵۱۹	۱۵/۷۰۷	۱۰/۴۷۵	۲/۴۶۲	۲/۹۶۴	۱۲/۰۸۷	۱۸/۴۰۴
حدّاکثر	۶/۲۶۹	۱۲/۵۶۵	۱۹/۶۹۳	۱۵/۷۱۵	۲۰/۹۲۹	۱۶/۶۶۷	۲۸/۳۴۹	۱۹/۴۶۷	۴/۸۱۶	۵/۵۰۹	۲۳/۰۶۳	۳۲/۵۲۳
حدّاقل	۱/۶۱۲	۳/۶۶۲	۷/۷۹۹	۶/۲۲۴	۸/۴۵۱	۵/۷۲۲	۸/۱۴۸	۶/۲۹۱	۱/۶۵۵	۱/۷۸۱	۷/۶۴۰	۹/۹۷۵

آمار و اطّلاعات موجود

آمار و اطّلاعات ایستگاه های منطقه از نشریات آماری سازمان تحقیقات منابع آب و شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران جمع آوری شده است[۱]. همچنین از آمارهایی که در گزارش هیدرولوژی سدّ پاشا کلا تهیّه شده، جهت محاسبهٔ آبدهی در محلّ ایستگاه ها ی مورد مطالعه استفاده گردیده است (م. ش.۴)؛ زیرا در گزارش مذکور دبی های رودخانه مورد بررسی کامل قرار گرفته و آبدهی آن با استفاده از تراز آب ومنحنی های دبی و اشل و برنامهٔ کامپیوتری محاسبه گردیده است.

در این مطالعات برای کلیّهٔ ایستگاه های منطقه از یک دورهٔ شاخص ۳۹ ساله مربوط به سالهای ۳۵- ۱۳۳۴ الی ۷۳- ۱۳۷۲ استفاده شده است. در این مطالعات برای تجزیه و تحلیل از ایستگاه های شیرگاه روی کسیلیان، شیرگاه روی تالار، کیاکلا روی تالار برای رودخانهٔ تالار و قران تالار و بابل بر روی رودخانهٔ بابل استفاده شده است. جداول شمارهٔ (۵ و۶) میانگین مقادیر آبدهی سالیانه و ماهیانهٔ رودخانه های تالار و بابل را در فاصلهٔ زمانی ۱۳۷۳-۱۳۳۴ نشان می دهند.

جدول ۵- میانگین مقادیر آبدهی سالیانه و ماهیانهٔ رودخانهٔ تالار (۱۳۷۳-۱۳۳۴)

نام ایستگاه	نام رود	سا لانه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
شیرگاه	کسیلیان	۳/۵	۶/۴	۴/۵	۲/۴	۱/۸	۱/۵	۲/۴	۲/۷	۲/۸	۳/۲	۳/۷	۴/۶	۵/۸
شیرگاه	تالار	۷/۶	۱۴/۲	۱۰/۳	۷/۲	۶/۲	۵/۲	۵/۶	۶/۵	۵/۸	۶/۳	۵/۹	۷/۳	۱۰/۷
پل ملک کلا	تالار	۱۰/۲	۱۶/۵	۶/۴	۳/۴	۲/۴	۶/۹	۹/۵	۱۲/۷	۱۱/۱	۱۱/۳	۱۰/۵	۱۳/۸	۱۷/۷
کیا کلا	تالار	۱۲/۷	۲۰/۷	۷/۹	۴/۳	۲/۹	۸/۶	۱۱/۹	۱۶	۱۳/۸	۱۴/۲	۱۳/۲	۱۷/۳	۲۲/۲
دریا	تالار	۱۳/۷	۲۲/۲	۹/۲	۵/۳	۳/۹	۹/۲	۱۲/۵	۱۶/۸	۱۴/۶	۱۴/۸	۱۳/۸	۱۸/۲	۲۳/۳

۱-گزارش های سالانهٔ رود خانه های بابل و تالار و گزارش های موردی که در خصوص رود خانه های مورد مطالعه صورت گرفته است.

جدول ۶- میانگین مقادیر آبدهی سالیانه و ماهیانهٔ رودخانهٔ بابل (۱۳۷۳-۱۳۳۴)

نام ایستگاه	نام رود	سالانه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
بندپی گلوگاه	سجاد رود	۲/۵	۴/۱	۲/۵	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۶	۲/۲	۱/۸	۲/۳	۳/۳
قران تالار	بابل	۸/۵	۱۴/۱	۸/۸	۶/۵	۵/۹	۵/۹	۹/۴	۹/۵	۸/۹	۷/۴	۶/۴	۷/۹	۱۱/۳
سد گنج افروز	بابل	۱۲/۱	۱۹/۱	۱۰/۷	۷/۴	۶/۸	۷/۹	۱۳/۴	۱۴/۳	۱۴/۱	۱۲/۱	۱۰/۴	۱۲/۴	۱۶/۶
بابل	بابل	۱۵/۷	۲۳/۴	۱۳/۱	۹/۳	۸/۸	۹/۳	۱۴/۲	۱۹/۴	۱۹/۵	۱۷/۷	۱۶/۱	۱۷/۳	۲۰/۵
محل دریا	بابل	۱۸/۴	۲۷/۵	۱۷/۱	۱۲/۹	۱۲/۳	۱۰/۸	۱۶/۲	۲۱/۷	۲۱/۹	۲۰	۱۸	۱۹/۴	۲۳/۲

پارامترهای هندسی رودخانه های مورد مطالعه

برای بررسی پلان رودخانه و مشخّصات هندسی رود از نقشه های ۱:۲۰,۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور که بر اساس عکس های هوایی ۱:۴۰,۰۰۰ سال ۱۳۶۳ تهیّه شده و عکس هوایی ۱:۲۰,۰۰۰ سال ۱۳۷۳ همان سازمان استفاده شده است. روش کار بدین شکل بوده که ابتدا عکس های موجود اسکن و نقشه ها دیجیتایز شده اند و با استفاده از نرم افزار کامپیوتری، بعد از اصلاح، اطّلاعات مورد نیاز در خصوص پارامتر های هندسی پیچانرودی استخراج گردیده است.

اندازه گیری طول موج یا طول پیچانرودی

روی پلان مسیر رودخانه ابتدا نقاط عطف یا نقاط تغییر انحنای مسیر رودخانه با دقّت زیاد مشخّص گردیده و هر دو نقطهٔ عطف مربوط به یک قوس، به یکدیگر متّصل و طول پاره خطّ حاصله(وتر مقابل به قوس مسیر رودخانه) با دقّت اندازه گیری شده و در نهایت مقیاس نقشه روی آنها اعمال گردیده است.

این طول معادل نصف طول موج $(\frac{\lambda}{2})$[1] هر قوس رودخانه می باشد. مقدار میانگین حسابی طول موج λ برای رودخانهٔ بابل ۵۹۱/۵ متر و برای رودخانهٔ تالار ۳۲۷/۴ محاسبه شده است. روی مسیر رودخانهٔ بابل در فاصله ۴۴/۷ کیلومتری تا ساحل(پل محمّد حسن خان تا نزدیکی دریا) ۶۴ قوس زده شده که این قوس ها از (۱) تا (۶۴) شماره گذاری شده است (شکل شمارهٔ ۴). نتایج اندازه گیری شده در خصوص طول موج قوس های رودخانهٔ بابل در جدول شمارهٔ (۷) ارائه شده است. در مسیر رودخانهٔ تالار نیز در طول ۳۱/۴ کیلومتری تا ساحل (از پل نجّار کلا تا نزدیکی دریا) ۱۰۶ قوس زده شده که از (۱) تا (۱۰۶) شماره گذاری شده است(شکل شمارهٔ ۴). جدول شمارهٔ (۸) نشان دهندهٔ اطّلاعات مربوط به طول موج قوس ها در رودخانهٔ تالار است.

برازش قوس های مماس بر پیچ های رودخانه

برای انجام این کار ابتدا مسیر رودخانه ها رقومی شده، سپس در محیط نرم افزاری[2] بر هر یک از قوس های رودخانه دوایری برازش داده شده که بیشترین و بهترین تطابق را با قوس داشته باشد (شکل شمارهٔ ۴).

۱- λ معادل طول موج مسیر رود است.

2-Freehand.8

شعاع قوس های رودخانه ها

مقادیر میانگین حسابی شعاع قوس ها در مورد رودخانه های بابل و تالار بر آورد گردیده که به ترتیب ۱۷۱/۹ برای بابل و ۱۰۷/۳ برای تالار می باشد. ملاحظه می شود که متوسّط شعاع حلقه های پیچانرودی در رودخانهٔ بابل بیشتر است. این امر می تواند ناشی از فرسایش پذیری کنارهٔ رودخانه که غالباً آبرفتی و مارنی است و همچنین شیب کمتر منطقهٔ جریان رودخانهٔ بابل باشد که موجب توسعهٔ شعاعی حلقه های پیچانرودی است. جداول شمارهٔ (۷ و ۸) نشان دهندهٔ اطّلاعات مربوط به شعاع قوس ها در رودخانه های بابل و تالار است.

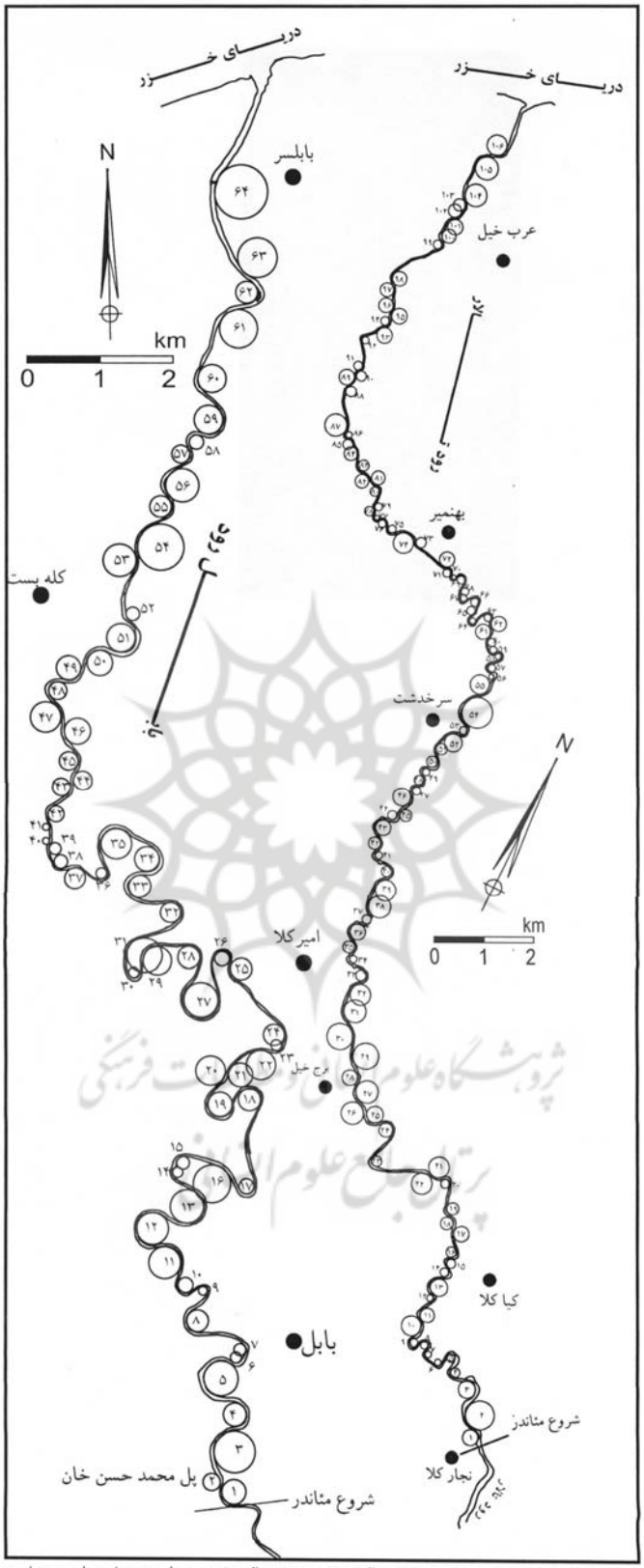
عرض، عمق و نسبت عرض به عمق رودخانه ها در مقاطع مختلف در طول مسیر رود

با توجّه به این که طول مسیر رودخانه ها زیاد می باشد، اندازه گیری عرض، عمق و نسبت عرض به عمق رودخانه در کلّ مسیر با نقشه برداری بسیار مشکل، پر هزینه و وقت گیر بوده است (نقشه برداری با مقیاس خیلی بزرگ نیز موجود نمی باشد). لذا برای انجام این کار از طریق نقشه برداری در عرض مقاطع خاص، عرض، عمق و نسبت عرض به عمق رودخانه ها اندازه گیری شده است. محلّ مقاطع اندازه گیری در شکل شمارهٔ (۵) نشان داده شده است. در طول مسیر رودخانهٔ بابل (۴۲) مقطع و در مسیر رودخانهٔ تالار۷۲ مقطع برداشت گردیده است .

در طول رودخانهٔ بابل مقطع شمارهٔ (۱) از طرف مصب شروع شده و تا شمارهٔ (۴۲) در علیای رود خاتمه پیدا می کند. در رودخانهٔ تالار، مقطع شماره (۱) در علیای رود (ابتدای مسیر مورد مطالعه) و آخرین مقطع در نزدیکی ساحل قرار دارد. نتایج اندازه گیری نشان دهندهٔ این امر است که عرض مقاطع تا مقطع شمارهٔ (۴۵) زیاد بوده و به طور متناوب افزایش و کاهش می یابد ولی از مقطع شمارهٔ(۴۵) به بعد تا نزدیکی ساحل عرض مقاطع کاهش پیدا کرده و در ضمن تغییرات آن نیز کاهش یافته است. جداول شمارهٔ (۹و۱۰) نشان دهندهٔ اط[لاعات مربوط به عرض، عمق و نسبت عرض به عمق مقاطع در طول رودخانه های تالار و بابل است.

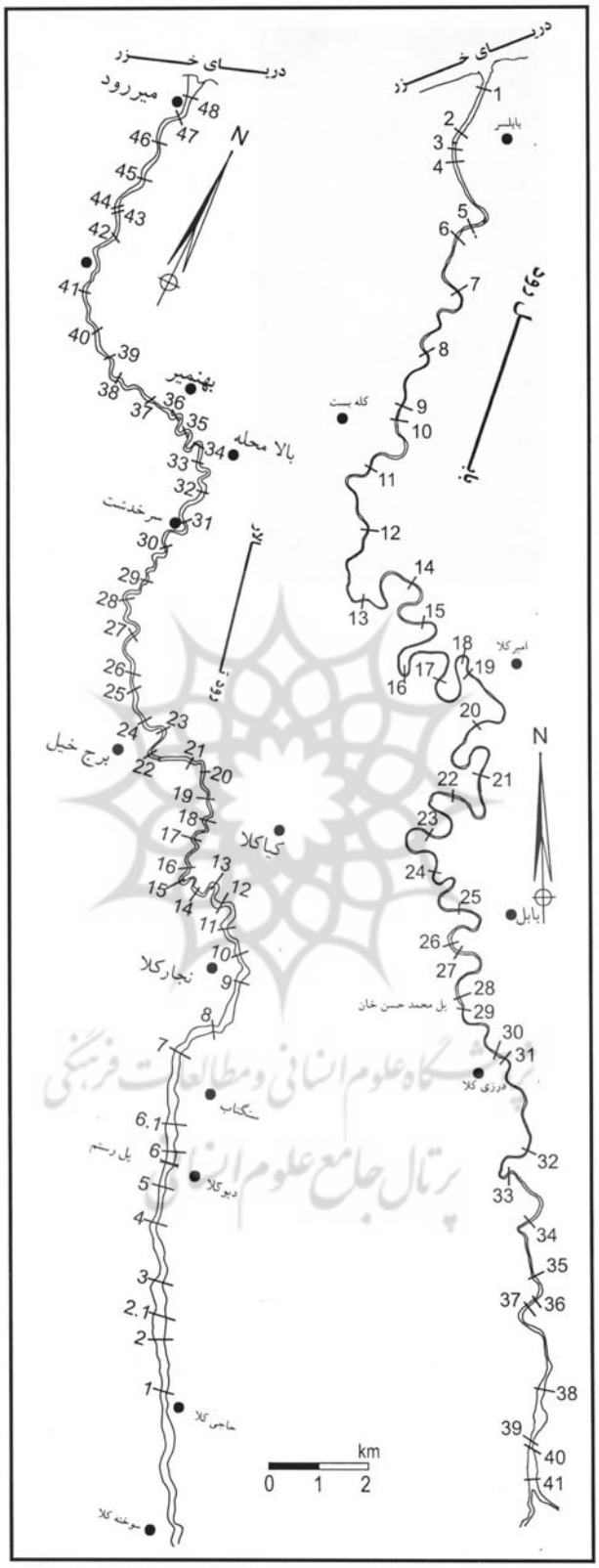
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۴- دوایر مماس بر قوس های رود خانه های بابل و تالار



این نقشه از روی عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳ دیجیتایز و تبدیل مقیاس شده است

شکل ۵- مقاطع اندازه گیری عرض و عمق در طول مسیر رودخانه های بابل و تالار



این نقشه از روی عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳ دیجیتایز و تبدیل مقیاس شده ا.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

زاویهٔ مرکزی قوس ها

با استفاده از فرمول شمارهٔ(۱) زاویهٔ مرکزی قوس ها محاسبه و میانگین حسابی آن برای قوس های رودخانهٔ بابل و تالار بدست آمده است.

$$A = \frac{180L}{R\pi} \qquad (۱$$

A زاویهٔ مرکزی

L طول قوس

R شعاع انحناء

π عدد پی

در ضمن در محیط نرم افزاری در مورد هر یک از قوس ها، ابتدا نقاط عطف قوس مشخّص شده و سپس از مرکز دوایر مماس بر قوس خطوطی بر نقطهٔ عطف عمود شده است و در ادامه زاویهٔ مرکزی قوس ها محاسبه گردیده است. میانگین زاویهٔ مرکزی قوس های رودخانه بابل (۱۴۴/۶) و برای رودخانه تالار(۱۲۹/۱) می باشد. با توجّه به تقسیم بندی کورنیس[1] (۱۹۸۰) (م. ش.۱۵) درصد فراوانی زاویهٔ مرکزی قوس های پیچانرودی رودخانه های بابل و تالار در جدول شمارهٔ (۷) درج شده است.

جدول ۷ – میزان رشد قوس های پیچان رودی در رودخانه های بابل و تالار بر اساس اندازه زاویهٔ مرکزی

شکل رودخانه	درصد فراوانی بابل	درصد فراوانی تالار	زاویهٔ مرکزی (درجه)
شبه پیچانرود	–	–	۰ – ۴۱
پیچانرود توسعه نیافته	۱۵/۶۳	۱۴/۲	۴۱ – ۸۵
پیچانرود توسعه یافته	۴۸/۴۴	۶۰/۴	۸۵–۱۵۸
خیلی توسعه یافته	۳۵/۹	۲۵/۵	۱۵۸ – ۲۹۶
نعل اسبی (ox-bow)	–	–	<۲۹۶

همان طور که از جدول شمارهٔ (۱۱) ملاحظه می شود، بیشترین فراوانی زاویهٔ مرکزی در رودخانهٔ بابل (حدود ۴۸/۴۴ درصد) در دستهٔ ۱۵۸ – ۸۵ درجه ای قرار می گیرد که مربوط به حالت پیچانرود توسعه یافته است. همچنین بیشترین فراوانی زاویهٔ مرکزی در رودخانهٔ تالار با ۶۰/۴ درصد در گروه ۱۵۸ – ۸۵ درجه ای قرار می گیرد که مربوط به الگوی دارای پیچانرود توسعه یافته است.

جداول شمارهٔ (۷ و۸) مقادیر زاویهٔ مرکزی قوس های تالار و بابل را نشان می دهند.

ضریب خمیدگی

با استفاده از فرمول $S = \frac{L}{\lambda / 2}$ اندازهٔ ضریب خمیدگی(لئوپلدوولمن۱۹۵۷[2]) برای هر قوس محاسبه شده و نتایج مقادیر هر یک از قوس ها در جداول شمارهٔ (۷ و ۸) ذکر گردیده است.

1-Cornice. 1980

2 -Leopold.L.B and Wolman .M.G 1957

با توجّه به جدول شمارهٔ (۸) ملاحظه می شود که میانگین ضریب خمیدگی قوس ها در رودخانه های بابل ۱/۴۱ می باشد که بیانگر این موضوع است که مسیر رودخانه پیچ و خم دار است و با توجّه به جریان رودخانه در جلگهٔ ساحلی و بر روی رسوبات آبرفتی، توسعهٔ الگوی پیچانرودی رودخانه می تواند بر اثر فرسایش کناری رودخانه باشد. همچنین بر اساس جدول شمارهٔ (۸) میانگین ضریب خمیدگی قوس ها در تالار ۱/۳۹ است که نشان دهندهٔ پیچ و خم دار بودن مسیر رودخانه است. جدول شمارهٔ (۸) بیان کننده مشخّصه های ضریب خمیدگی قوس های رودهای بابل و تالار است.

جدول ۸- مشخّصه های ضریب خمیدگی قوس ها در رودخانه های بابل و تالار

نام رود	میانگین ضریب خمیدگی	حدّاکثر ضریب خمیدگی	حدّاقل ضریب خمیدگی	اندازهٔ ضریب در محدودهٔ (۵۰درصد)	اندازهٔ ضریب در محدودهٔ (۷۵ درصد)	قوس های با ضریر خمیدگی کمتر از حدّ میانگین (به درصد)	قوس های با ضریب خمیدگی بالای ۲ (به درصد)	قوس های با ضریب خمیدگی بالای۱/۵ (به درصد)
بابل	۱/۴۴	۳/۶۲	۱/۰۱	۱/۱۹	۱/۵۳	۶۷/۲	۱۲/۵	۲۶/۶
تالار	۱/۳۹	۳/۰۴	۱/۰۱	۱/۲۵	۱/۵۴	۶۷/۲	۱۲/۵	۲۶/۴

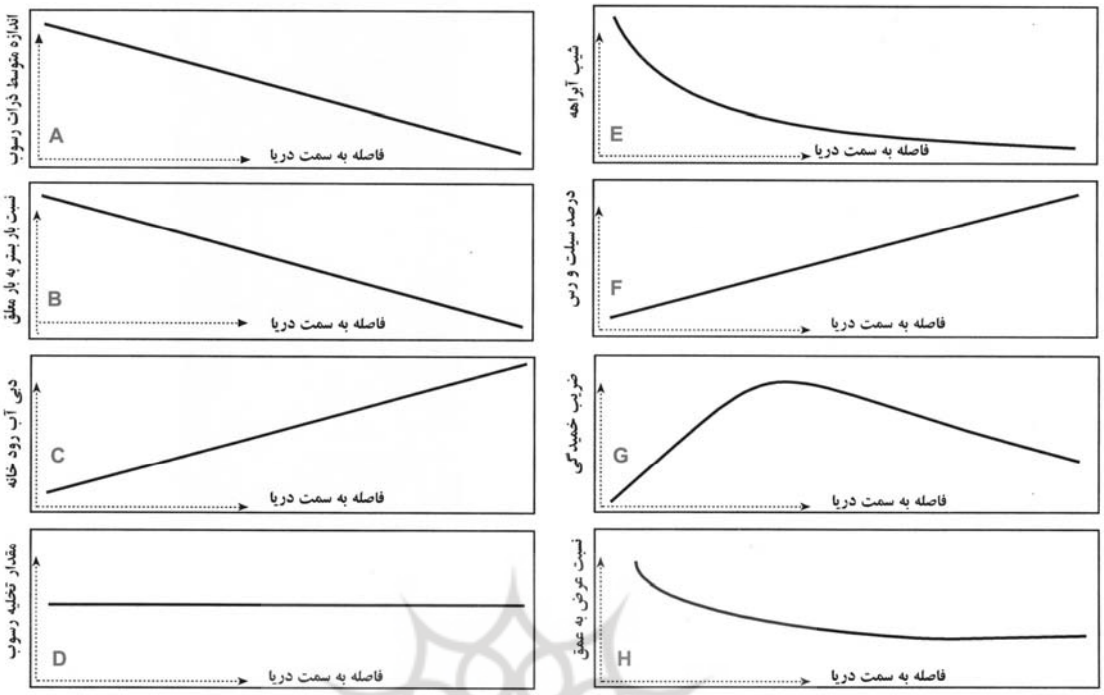
در رودخانهٔ بابل از قوس شمارهٔ (۱ تا ۳۵) ضریب خمیدگی بالا بوده و نشان دهندهٔ پیچانرود توسعه یافته در این رود می باشد. این امر از پلان هوایی رود نیز مشاهده می شود. در ادامه (از قوس ۳۵ به بعد) به جز چند قوس، در بقیّهٔ موارد به طرف دریا ضریب خمیدگی کاهش یافته است که نشان دهندهٔ انحنای ملایم قوس ها می باشد.

در خصوص رودخانهٔ تالار، تغییرات ضریب خمیدگی در یک دامنهٔ محدود مشاهده می شود و نشان دهندهٔ وجود قوس های تقریباً مشابه در طول مسیر رودخانه است (به جز چند مورد در علیا و سفلای رود یعنی قوس های ۶۴،۶۷،۷۰ ،۷۵،۷۶).

شکل شمارهٔ(۶) نشان دهندهٔ تغییرات متغیّرهای مورد بررسی و مؤثّر بر الگوی رودخانه از علیای رود به طرف سفلای رود است.

رودخانه های بابل و تالار، بعد از مخروط افکنه و در ادامه به طرف دریا دارای بار معلّق و پیچ وخم آبراهه ای زیاد است. عرض رودخانه کم و تقریباً یکسان و عمق زیاد (نسبت عرض به عمق کم است) و پادگانه های آبرفتی رود تقریباً ثابت هستند. هر چند در محلّ قوس ها، به طور محدود گسیختگی هایی مشاهده می شود. همچنین به واسطهٔ شیب کم، پتانسیل حمل رسوبات در آنها کم بوده و با رسوبی عموماً از موادّ ریزدانه (رس ولای) تشکیل می گردد. همچنین تدریجاً بر دبی آن افزوده می شود و در مقابل از میزان بار بستر و رسوبات درشت دانه کاسته می شود (شکل شمارهٔ۶ -B,C). این روند موجب افزایش انرژی در رودخانه های فوق خواهد شد و در نتیجه رودخانه با افزایش طول و به دنبال آن با کاهش شیب، مقدار افت انرژی را افزایش می دهد و به این ترتیب مقدار انرژی اضافی را بر طرف می نماید. بنابراین وجود رودخانه های با شیب آبراهه ای کمتر در درّه های با شیب بیشتر در سطح جلگه، نشان دهندهٔ پیچانرود شدن رودخانه هاست.

شکل ۶- روابط بین متغیّر های مختلف حاکم بر رود خانه نسبت به فاصله به سمت دریا به طور فرضی در طول رود خانه های تالار و بابل از علیا تا سفلی(در بابل رود از گنج افروز تا دریا و در رود تالار از شیر گاه تا دریا).



نقش هیدرولوژی در تغییرات مرفولوژی رودخانهٔ تالار

با رجوع به جداول شمارهٔ (۴ و۵) ملاحظه می شود که تخلیهٔ آب از علیای رودخانهٔ تالار یعنی شروع قسمت ابتدایی رود به طرف مصب رود افزایش می یابد که این افزایش شامل تمامی معیار های اندازه گیری دبی آب (میانگین مقدار آب دهی سالیانه، حدّاکثر و حدّاقل مقدار آبدهی سالیانه، حجم متوسّط دراز مدّت آب دهی سالیانه می شود. از نظر مقادیر بار موادّ بستری نیز از ایستگاه شیرگاه بر روی رودخانهٔ تالار به طرف قسمت میانی کاهش داشته و بنابراین با توجّه به اندازه گیری های بعمل آمده در قسمت میانی رودخانه می توان معادلهٔ شماره (۳) را برای توضیح ارتباط دبی آب و رسوب با شکل هندسی آبراهه و الگوی رودخانه بکار برد. با توجّه به نتایج بدست آمده در قسمت میانی، کاهش عرض رودخانه، افزایش عمق و به دنبال آن کاهش نسبت عرض به عمق رودخانه مشاهده می شود. همچنین کاهش عمق و افزایش انحناء با طول موج های بزرگ (در نتیجه جابجایی عرضی رودخانه) و کاهش شیب را در این قسمت رودخانه نسبت به قسمت های بالا دست به دنبال داشته و رودخانه در سطح جلگه از مسیر مستقیم خود تقریباً خارج شده و انحناهایی را تشکیل داده که نتیجهٔ آن کاهش شیب است.

در این قسمت، رودخانه دارای الگوی حدّ واسط بین بریده بریده و مئاندری است. بنابر این درجهٔ پیچانرودی رودخانه پایین است و رودخانه از حالت آبراهه مستقیم به طرف مئاندری تحوّل پیدا می کند.

نتیجه این که معادلهٔ (۵) بیان کنندهٔ روابط پارامترهای مختلف (مشخّصات هندسی) رودخانه در رابطه با دبی آب و رسوب در قسمت میانی رودخانهٔ تالار است (مؤلّفین).

$Q^+ , L^- = W^- , D^+ , I^- , S^- , P^+ , F^-$ در قسمت (معادلهٔ ۵)

انتهایی رودخانهٔ تالار(محدودهٔ دارای الگوی مئاندری) با توجّه به اطّلاعات بدست آمده از ایستگاه های هیدومتری، ادامهٔ روند موجود در قسمت میانی رودخانه وجود دارد؛ یعنی دبی آب افزایش و مقدار بار رسوبی بستر (ریگ وماسه) کاهش نشان می دهد.

با توجّه به اندازه گیری های بعمل آمده از مسیر رودخانهٔ تالار، در این قسمت می توان معادلهٔ (۵) را ارائه داد:

لازم به ذکر است که روابط فوق برای کلّ مسیر رود در حالت میانگین صدق می کند؛ چرا که در نقاط خاص در مسیر رود دخالت متغیّرهای دیگر به جز دبی آب و بار رسوبی بستر وجود دارند که موجب تغییر مشخّصات هندسی رود می شوند. این متغیّرها شامل شیب منطقه، پوشش گیاهی کنارهٔ رود، جنس موادّ تشکیل دهندهٔ بستر و کناره، نوع کاربری اراضی، بناهای ساخته شده در حریم رودخانه و رژیم سیلابی رود می شود که در تحوّل مرفولوژی رودخانه به طور موضعی مؤثّر هستند.

نقش هیدرولوژی در تغییرات مرفولوژی رودخانهٔ بابل

با توجّه به نتایج موجود در جداول شمارهٔ (۴ و۵) می توان معادلهٔ (۳) حاصل از ترازوی لین را برای توجیه مرفولوژی رودخانهٔ بابل به کار برد تا امکان انطباق آن را با واقعیّت در رودخانهٔ بابل مورد بررسی قرار داد:

با توجّه به مطالعات میدانی در قسمت سفلی و نتایج حاصل از مطالعات، کاهش عرض رود و افزایش عمق به مقدار زیاد و به دنبال آن کاهش نسبت عرض به عمق مشاهده می شوند و همچنین کاهش شیب و افزایش جابجایی جانبی و پیچ و خم های رودخانه (افزایش انحناء) و کاهش طول موج از مشخّصه های هندسی دیگر در این قسمت از رودخانه است.

با توجّه به نتایج فوق، برای تشریح تغییرات مرفولوژی رودخانهٔ در قسمت سفلای رودخانهٔ بابل در ارتباط با افزایش دبی آب و کاهش بار موادّ بستری می توان معادلهٔ (۶) را ارائه داد (مؤلّفین):

$Q^+ , L^- = W^- , D^+ , I^- , S^- , P^+ , F^-$ (معادلهٔ ۶)

در قسمت علیای رودخانه به دلیل در دسترس نبودن اطّلاعات مربوط به مشخّصات هندسی بستر رودخانه در بالا دست قسمت علیای رود، امکان تعیین تغییرات با استفاده از معادلات استخراج شده از ترازوی لین امکان پذیر نبوده است.

واضح است که شناسایی توأمان میزان رسوبات و مقدار دبی برای فهم مرفولوژی کانال های جریانی ضروری است؛ امّا تغییرات مؤثّر در شکل هندسی کانال ها بسیار متعدّد است و این متغیّر ها با یکدیگر روابط پیچیده ای دارند. اگرچه می توان متغیّرهای مستقلّی را در این واکنش شناسایی کرد؛ ولی استقلال آنها ماندگار نیست. مثلاً مقدار تخلیه به شکل هندسی دو کنارهٔ کانال بستگی دارد و اندازهٔ موادّ بستر به نوع و فرآیند خرد شدگی موادّ در طیّ محلّ رسوب مربوط است. شیب بستر نیز به شیب ساختمانی بستگی دارد. بعضی از این ارتباطات مستقیم، بعضی دیگر غیر مستقیم و بعضی روابط تأثیر متقابل دارند. مثلاً اصطکاک کانال عمق جریان را افزایش می دهد؛ ولی همین افزایش عمق، مقاومت بستر را زیاد و اثر اصطکاک را کم می کند.

نتیجه گیری

رواناب حاصل از زهکشی حوضه همراه با بار رسوبی که با خود به آبراههٔ رودخانه می رساند، نقش عمده ای در تعیین اندازه و ویژگی شکل آبراهه دارد.

نتایج مطالعات تجربی نشان دهندهٔ این امر است که افزایش یا کاهش مقدار تخلیه، ابعاد آبراهه و شیب آن را تغییر می دهد. امّا افزایش یا کاهش بار موادّ بستری با مقدار تخلیهٔ ثابت سالانه نه تنها ابعاد آبراهه را عوض می کند، بلکه شکل آن را نیز(نسبت عرض به عمق) تغییر می دهد و در تغییر میزان پیچ و خم دار بودن آن نیز مؤثّر است. با توجّه به اندازه گیری های به عمل آمده در رودخانهٔ تالار تغییرات مشخّصات هندسی رودخانه در بخش میانی نسبت به قسمت علیای رود از رابطهٔ زیر پیروی می کند:

$$Q^+, L^- = W^-, d^+, I^-, S^-, P^+, F^-$$ (رابطهٔ ۷)

از این رابطه استنباط می شود که از علیای رود به طرف قسمت میانی، دبی آب افزایش و نسبت بار بستری کاهش نشان می دهد. نتیجهٔ عملکرد این دو بر کانال رودخانه، کاهش عرض، افزایش عمق، کاهش طول موج، کاهش شیب، افزایش درجهٔ پیچ و خم دار شدن رود و کاهش نسبت عرض به عمق است.

در قسمت انتهایی نیز می توان تغییرات هندسهٔ کانال را با کمک رابطهٔ (۷) توضیح داد.

در این قسمت نیز افزایش دبی و کاهش بار بستری مشاهده می شود. که عملکرد آنها بر روی رودخانه کاهش عرض، افزایش عمق، کاهش طول موج، کاهش شیب، افزایش درجهٔ پیچان رودی و کاهش نسبت عرض به عمق است.

با مقایسهٔ نتایج حاصله از قسمت های میانی و انتهایی رودخانه می توان استنباط کرد که به طور کلّی از علیای رودخانه تا بخش انتهایی آن، تغییرات هندسهٔ کانال رودخانه از رابطهٔ (۷) پیروی می کند.

در خصوص رودخانهٔ بابل نیز با مراجعه به جداول شماره(۳، ۴ و۶) ملاحظه می شود که تخلیهٔ آب از ابتدای رود به طرف بخش انتهایی افزایش و بار موادّ بستری کاهش نشان می دهد.

مطالعات انجام گرفته در خصوص مشخّصات هندسی کانال رودخانهٔ بابل نشان می دهد که مقادیر عرض، نسبت عرض به عمق، شیب و طول موج مسیر در قسمت انتهایی نسبت به قسمت های ابتدایی کاهش و عمق و درجهٔ پیچانرودی افزایش داشته است. با توجّه به نتایج فوق می توان رابطهٔ (۷) را برای توضیح مرفولوژی رودخانه ارائه داد.

مقایسهٔ روابط حاصلهٔ مربوط به رودخانه های بابل و تالار نشان دهندهٔ وجود تغییرات مشابه در میزان دبی و میزان بار بستری از علیای رودخانه ها به طرف سفلای رودخانه ها می باشد. متعاقباً تغییرات حاصله در مشخّصات هندسی کانال رودخانه های تالار و بابل در راستای مسیر رودخانه از علیای رود به طرف سفلای رود نیز مشابه می باشد. این امر نشان دهندهٔ تحوّل مشابه در مرفومتری رودخانه های مورد مطالعه از محل خروج از کوهستان (بر روی مخروط افکنه) تا نزدیک دریا می باشد. نهایتاً تغییرات موجود در مرفومتری و مرفولوژی رودخانه های تالار و بابل را می توان با استفاده از رابطه زیر توضیح داد.

$$Q^+, L^- = W^-, d^+, I^-, S^-, P^+, F^-$$

منابع و مآخذ:

۱- تلوری، عبدالرسول(۱۳۷۳)، رودخانه ها و مشخصات هندسی آنها، تحقیقات جهاد کشاورزی.

۲- چورلی، ریچارد جی(۱۳۷۹)، ترجمه احمد معتمد، جلد سوم، سمت.

۳- حسین زاده،محمد مهدی(۱۳۸۰)، تجزیه و تحلیل علل تغییر الگوی رودخانه های بابل و تالار(با تاکید برالگوی پیچانرودی)، رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.
۴- سازمان آب منطقه ای استان مازندران(۱۳۷۵)، مطالعات تکمیلی مرحله اول طرح پاشا کلا،گزارش هیدرولوژی.
۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۴۴، عکس های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال.
۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه های توپوگرافی،۱:۵۰۰۰۰ (درازکلا، بابل، قائم شهر).
۷- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی،۱:۲۵۰۰۰۰ (ساری).
۸- سازمان نقشه برداری کشور، عکس های هوایی مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۶۳ و ۰۰۰ ۴۰ : ۱ سال۱۳۷۳.
۹- شمسایی، ابوالفضل(۱۳۷۲)، هیدرو لیک جریان آب در محیط های متخلخل، جلد اول، مهندسی زهکشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۰-مقصودی، نصرت الله و صلاح کوچک زاده(۱۳۷۱)، هیدرولیک کانالها، جلد اول، دانشگاه تهران.
۱۱-مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب جهاد کشاورزی (۱۳۷۵)، مهندسی رودخانه ها و مشخصات هندسی آنها، کارگاه آموزشی.
۱۲-معتمد، احمد و ابراهیم مقیمی (۱۳۷۸)، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی، انتشارات سمت.
13-Carson . M.,A and Apointe .M.A.F, 1983 , The Inherit Asymmetry of River Meanders Planform , Journal of Geology , Vol..97 .
14- Chang.T.P and G.H.A. Edes, 1983. Statistical Comparison of Meander Planform , Journal of Geology ,Vol.97.P47-55
15- Deng .Z.Q ,1999, Mechanism to Conditions for Change in Channel Pattern, Journal of Hydraulic Research , VOL . 37 no.4.
16- Hickin .J and Nanson .G.C 1975 , The Character of Channel Migration On the Beatton R, Northwestern British Colombia, Canada , Geol.Sic .America ,Bull.. V.86.
17- Leopold.L.B and Wolman .M.G, 1957, River Meanders, Geol.Soc America Bull .V71.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی