جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سوم، پاییز ۱۳۹۱

صص ٥٦-۳۹

بررسی و برآورد سیلاب‌های مسیر رودخانه‌های مئاندری با استناد به تغییرات قوس خمیدگی مسیر رود (مطالعه موردی: رودآجی چای در شمال غرب ایران)

مریم بیاتی خطیبی[۱]ـ دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۸ تاریخ تصویب:۱۳۹۱/٦/۲۱

چکیده

با وقوع هر سیلاب، تغییرات عمده‌ای درمسیر رودخانه مئاندری به‌وجود می‌آید که با بررسی آنها می‌توان به قدرت سیلاب‌های گذشته پی برد. رودخانه آجی‌چای به عنوان شاخص‌ترین رودخانه‌های مئاندری واقع در شمال‌غرب کشور، سیلاب‌های زیادی در طول سال دارد و با توجه به شواهد موجود درمسیر جریان، سیلاب‌های بزرگ‌تری نیز در گذشته داشته است. دراین مقاله با هدف برآورد خطر وقوع سیلاب‌ها در مسیرآجی چای، سعی شده با به کارگیری روابط تجربی، خطر وقوع سیلاب در طول قطعات مختلف مسیر مئاندری این رودخانه برآورد گردد. با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عوامل مربوط به مسیر خمیده کانال فعال، ابتدا پهنای کمربند قوس خمیدگی، سپس دبی و اندازه بزرگ‌ترین قوس خمیدگی محاسبه ودر نهایت با به‌کارگیری داده‌های حاصل از محاسبات مرحله‌ای، خطر وقوع سیل در مسیر آجی‌چای برآورد شده است. همچنین با استفاده از روش‌های کلاسیک، ویژگی‌های سیلاب خیزی حوضه رودخانه مذکور نیز مورد بررسی قرارگرفته است. نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد خطر وقوع سیل در تمامی بخش‌های رودخانه آجی‌چای یکسان نبوده و از بخش میانی مسیر تا نزدیکی تبریز افزایش می‌یابد. بررسی تغییرات قوس خمیدگی‌ها نیز نشان می‌دهدخطر وقوع سیل در بخش‌های مختلف در طی زمان تغییر یافته است.

کلید واژه‌ها: مئاندر، سیل، خطر سیل، کانال فعال، حوضهٔ آجی‌چای، رود آجی‌چای.

۱ نویسنده مسوول: ۰۹۱٤٤۱٥۹٤۲۱ Email: M_bayati@tabrizu.ac.ir

مقدمه

در بین کلیه الگوهای جریان رودخانه‌ها، مسیر رودخانه‌های مئاندری بیشترین تغییرات را در طی زمان متحمل می‌شوند. در مسیر این رودخانه‌ها، انرژی برای ایجاد تغییرات بسیار بالاست و بخش عمده‌ای از این انرژی، از سیلاب‌های سالانه تأمین می‌شود که درطول مسیر چنین رودخانه‌هایی مکرراً اتفاق می‌افتد. با توجه به وقوع سیلاب‌های مکرر در طول رودخانه‌های مئاندری، بررسی سیلاب‌های گذشته و پتانسیل وقوع سیلاب‌ها با توجه به ویژگی‌های مسیر جریان دور از منطق نیست. با عنایت بر این که با وقوع هر سیلاب، تغییرات عمده‌ای در دشت سیلابی و مسیر کانال فعال صورت می‌گیرد، می‌توان با استناد به بقایای مسیر گذشته و تغییرات بعدی، در مورد خطر وقوع سیلاب‌ها در مسیر رودخانه‌های مئاندری برآوردهایی را انجام داد.

جاذبه رودخانه‌هایی با مسیرهای پر پیچ، تلاش برای گشودن رمز تشکیل چنین آرایشی در مسیرکانال‌های فعال و همچنین بالا بودن پتانسیل خطر وقوع سیل در دشت‌های سیلابی رودخانه‌های مئاندری، محققان زیادی را برآن داشته تا رودخانه‌های پرپیچ وخم را از ابعاد مختلف مورد مطالعه قرار دهند. با توجه به تغییرات سریع ومدوام در مسیررودخانه‌های مئاندری و لزوم مدیریت مسیر آنها، آلفردو[1](۲۰۱۰ :۲٤۸) در طی مطالعه‌ای سعی نمود تغییرات کانال فعال درمسیررودخانه مئاندری محدوده مورد نظر را تثبیت و نحوه مدیریت آنها را مورد مطالعه قرار دهد. چن[2] (۲۰۰٦: ۵۹) و دانگ[3] و همکاران (۲۰۱۱ :۱) از دیگر محققینی هستند که دینامیک کانال فعال در دشت‌های سیلابی مسیر رودخانه‌های مئاندری و نقش سیلاب‌ها را مدل بندی نمود. نگاه به تغییرات گذشته در مسیرهای مئاندری برای بررسی پتانسیل وقوع تغییرات در آینده، از روش‌های معمول و مورد اعتنا در بررسی نحوه تغییرات در مسیر رودخانه‌های مئاندری است. کیس[4] وهمکاران (۲۰۰۸ :۱۷۲)، هوک[5](۲۰۰۸ :٤) بوریسوا[6](۲۰۰٦ :٥٤) گونزلاپ[7] (۲۰۱۰ :۱۰۷) ازجمله محققان قابل اشاره هستند که در این زمینه تحقیقات ارزشمندی را انجام داده‌اند. با توجه به این که مورفولوژی کانال فعال در طی عبورموج سیلاب تغییر می‌کند و با توجه به سیل خیز بودن مسیر رودخانه‌های مئاندری این تغییرات به طور مکرر در مسیر آنها تجربه می‌گردد، محققانی نیز هستند که از این بعد مسیر رودخانه‌های خمیده رابررسی نموده‌اند که در این مورد می‌توان به نتایج تحقیقات کمپ[8](۲۰۰۸ :۹) و شی[9] و همکاران (۲۰۰۷: ۱۷۸) اشاره کرد.

1 Alfredo
2 Chen
3 Dong
4 Kiss
5 Hook
6 Borisova
7 Guneralp
8 Kemp
9 Shi

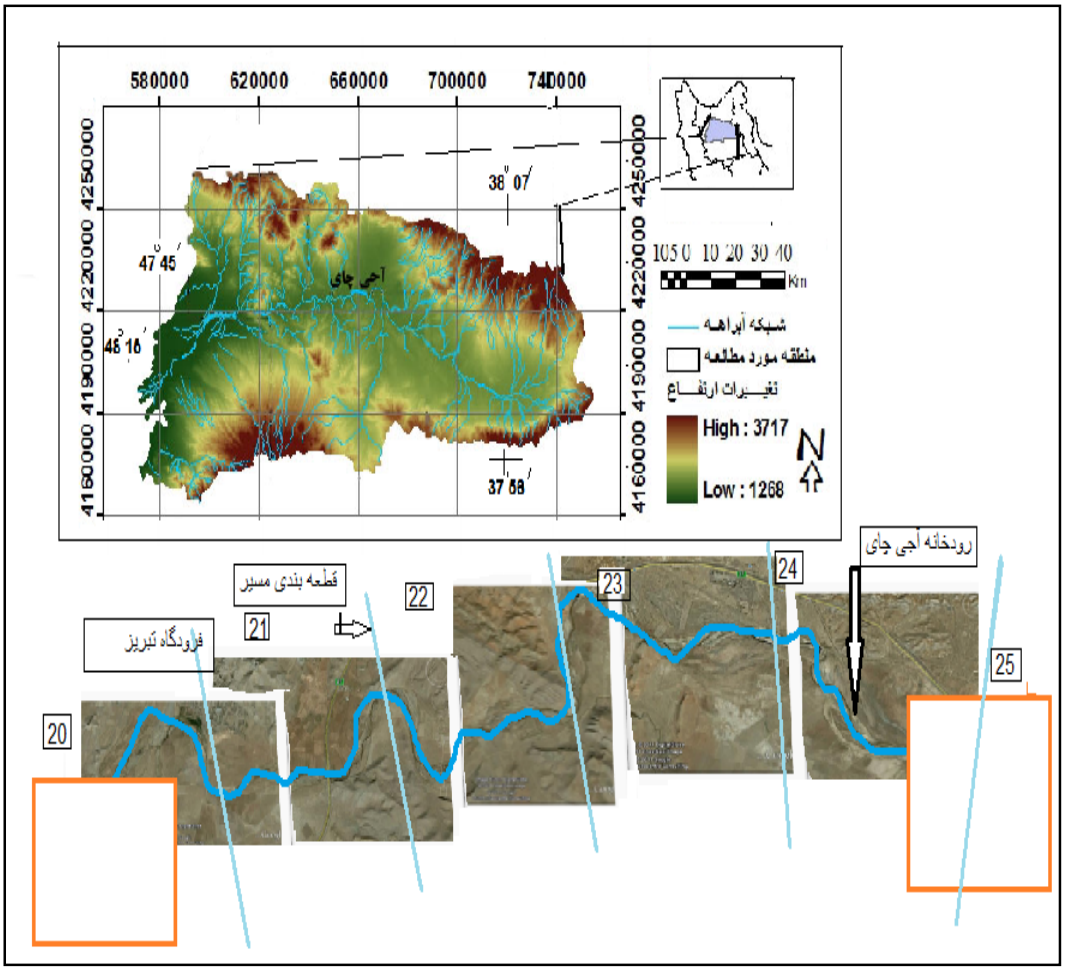
در مناطق مختلف کشور نیز به دلیل حضور چنین مسیرهای پر پیچ وخم در دشت‌های سیلابی، مطالعات هر چند اندک در ابعاد متفاوت توسط محققین داخلی صورت گرفته است که هر یک از این منابع با ارزش، در برگیرنده اطلاعاتی درمورد چنین رودخانه‌هایی هستند. در این زمینه می‌توان به مطالعات بیاتی خطیبی(۱۳۸۵و ۱۳۹۰)، رضایی مقدم و خوش دل (۱۳۸۸)، یمانی و علمی زاده (۱۳۸۹)، نوحه گر و یمانی(۱۳۸٤) و... (جهادی‌طرقی و حسین‌زاده، ۱۳۹۰:۷۹)اشاره نمود.

رودخانه آجی چای به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم حوضه دریاچه ارومیه، در مسیر جریان خود دارای پیچ و خم‌های زیادی است و با توجه به وجود خمیدگی‌های مکرر در مسیر کانال فعال، از تیپیک‌ترین رودخانه‌های مئاندری شمال غرب ایران محسوب می‌شود. با توجه به تشدید فرسایش کناری ناشی از وقوع تغییرات زیاد درمسیرکانال فعال این رودخانه و متأثرشدن تأسیسات کناری از انجام تغییرات و وقوع سیلاب‌های مکرر، سعی شده است در این مقاله تغییرات کانال فعال در طی زمان مورد مطالعه قرارگیرد و پتانسیل وقوع سیل با استناد به وقوع تغییرات در مسیر خمیده برآورد گردد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده انتخابی برای مطالعه، بخشی از مسیر پر پیچ وخم رودخانه آجی چای (از سراب تا فرودگاه تبریز) است که در موقعیت جغرافیایی ′۰۷ ˚۳۸ ، ′۵۸ ˚۳۷ عرض شمالی و′ ۱۵ ˚٤٦، ′ ٤٥ ˚٤٧ طول شرقی و در شمال غرب ایران واقع شده است(شکل ۱). رودخانه آجی چای درحوضه بزرگی به همین نام جاری است. بارش متوسط سالانه محدوده مورد مطالعه بیش از ۳۵۰ میلی متربوده که این مقدار دارای نوسانات سالانه است. دبی رودخانه نیز دارای نوسانات سالانه است و در مواقع پرآبی می‌تواند سیلاب‌های بزرگی را تجربه کند. بزرگی پل‌های احداثی، در واقع بزرگی اوج جریانات رودخانه را نشان می‌دهد(شکل۲). کیفیت آب رودخانه آجی چای به علت عبور از تشکیلات گچی و نمکی و پیوستن چند سر شاخه شور به آن در اغلب مواقع سال شور بوده و فقط در مواقع سیلابی آب آن دارای کیفیت قابل قبول است.

نوع سازندهای سطحی که آجی چای و شاخاب‌های آن در سطح آنها جاری است، در بخش‌های مختلف، متفاوت است. در نزدیکی سراب، سطح منطقه توسط شوره‌زارها پوشیده شده و می‌توان در این محدوده‌ها در بخشی از سال شاهد تشکیل پلایاهایی نیز بود (شکل۲). مسیررودخانه آجی چای دارای خمیدگی‌های متعددی است و با توجه به تعدد چنین پیچ وخم هایی، این رودخانه از نمونه قابل معرفی برای الگوی رودخانه پیچان‌دار محسوب می‌شود. در بخش‌هایی از مسیر که زمینه برای گسترش خمیدگی‌ها وجود داشته است، قوس‌های بزرگی تشکیل و در نتیجه دشت سیلابی عریضی پدید آمده است.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (مسیر رودخانه آجی چای از سراب تا تبریز) و نحوه تقسیم بندی مسیر پیچان‌دار آجی چای)

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، با علم بر این که سیلاب‌ها در مسیر رودخانه‌های مئاندری متأثر از ویژگی پیچان‌رودهایی مسیرجریان رودخانه‌ها و ویژگی‌های حوضه‌های زهکشی هستند، سعی گردیده با استفاده از شاخص‌های متعدد مربوط به حوضه و مسیر رودخانه، هم ویژگی‌های دخیل حوضه و هم ویژگی‌های مسیر رودخانه در وقوع سیلاب‌ها مورد بررسی قرارگیرد، تا تحلیل سیلاب‌ها از ابعاد مختلف امکان پذیر گردد. برای بررسی تأثیر ویژگی‌های حوضه در بروز سیلاب‌ها، در این مطالعه ابتدا حوضه با استفاده از شاخص‌ها، روابط و ضرایب زیر مورفومتری شده است:

ناهمواری حوضه(Bh) و ضریب ناهمواری (Rn)

شکل ۲ الپل احداثی بر مسیر جریان آجی چای و پلایای دشت سراب

ضریب ناهمواری(Bh) حوضه که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته (رابطه ۱)، نشان دهنده انرژی و پتانسیل یک حوضه برای ایجاد سیلاب‌های ناگهانی است(بیکر[1]، ۱۹۸۸). هرچه مقدار به دست آمده زیاد باشد، نشان دهنده سرعت بیشترجریان و همچنین پتانسیل بالای حوضه برای ایجاد سیل های بزرگ‌تر است. اگر خاصیت طول دامنه و شیب آن به طور توام در تمرکز سیلاب‌ها در نظرگرفته شود، ضریبی به نام ضریب ناهمواری(Rn) پدید می آید که در آن تراکم زهکشی و ناهمواری بدون بعد بوده و هر دو دارای یک واحد هستند. ضریب ناهمواری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، با رابطه (۲)زیرنشان داده می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸).

(رابطه ۱) Bh=hmax-hmin و (رابطه۲) Rn=Bh*Dd

تراکم زهکشی (Dd) وضریب ثابت نگهداری کانال(C)

درحوضه‌های زهکشی، تراکم زهکشی(Dd) و میزان آن از پتانسیل حوضه‌ها برای وقوع سیلاب‌ها و یا از عدم آن حکایت می‌کند (بیکر، ۱۹۸۸). در مقاله حاضر، این پارامتر مورد محاسبه قرارگرفته است(رابطه ۳). عکس تراکم زهکشی ضریبی است به نام ثابت نگهداری کانال(C) که از طریق رابطه (٤) محاسبه می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸). در واقع ضریب C، سطحی از حوضه را مشخص می‌کند که برای نگهداری یک مترکانال لازم است.

(رابطه۳) Dd=L/A و (رابطه٤) C=A/L

L= طول شاخاب ها، A= مساحت حوضه زهکشی

فرکانس آبراهه (Fu)و نسبت بافت (T)

فراوانی شاخاب‌های رود(FU) در یک حوضه از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود (بیکر، ۱۹۸۸). هر چه تعداد آبراهه‌ها در یک محدوده ویژه زیاد باشد، خطر سیل‌خیزی در آن محدوده نیز زیاد است. رابطه‌ای که بتواند اطلاعاتی را در این خصوص ارائه دهد، فرکانس آبراهه است(رابطه ۵). ضریب دیگری که در این مقاله محاسبه آن مدنظر بود،

1 Bakker

نسبت بافت حوضه (T) می‌باشد (رابطه ٦). هرچه این نسبت بالا باشد، نشان دهنده حضور شاخاب‌های بیشتردر یک محدوده ویژه و در نتیجه پتانسیل بالای محدوده برای وقوع سیلاب‌های بیشتر است(بیکر، ۱۹۸۸).

(رابطه٥) Fu=N/A و (رابطه٦) T=N(1/P)

N= تعداد شاخاب‌های رتبه یک، P = محیط حوضه

عامل شکل (Rf)

با عنایت به این که شکل حوضه نیز تأثیرگذار در سیل خیزی رودخانه‌هاست، باید در محاسبات مد نظر باشد. بنابراین شاخصی که بتواند نشان دهنده سیل خیزی محدوده مورد مطالعه باشد، عامل شکل حوضه (Rf) است. عامل شکل با رابطه ۷ محاسبه می‌شود(بیکر، ۱۹۸۸). هرچه مقدارحاصل کوچک باشد، نشان دهنده این است که حوضه کشیده‌تر و در نتیجه خطر وقوع سیل کمتراست. هرچه مقدار حاصله بزرگ‌تر از یک باشد، حوضه کشیده‌تر است.

(رابطه۷) Rf=A/(Lb)2

A= مساحت حوضه زهکشی Lb= طول خط تقسیم کننده حوضه

برآورد پهنای کانال فعال

پهنای کانال(W) از پارامترهای مهمی است که می‌توان با برآورد آن به دبی و سایر ویژگی‌های مسیر رودخانه‌های مئاندری پی برد(هو[1] و همکاران، ۲۰۰۷؛ چن و دوان[2]، ۲۰۰٦ ؛ لوشی و شوایتزر[3]، ۲۰۰۹). محاسبه پهنای کانال فعال با استناد به رابطه آن با شعاع قوس خمیدگی مسیرجریان صورت می‌گیرد. معادله مربوط به محاسبه پهنای کانال لب پر(Bankfull) با استفاده از شعاع قوس خمیدگی به صورت زیر قابل طرح است (رابطه۸).

رابطه (۸) W=0. 71RC 0. 89

W= پهنای کانال RC= شعاع قوس خمیدگی مسیر

برآورد عمق کانال فعال

یکی پارامترهای مهم درمسیرهای خمیده، عمق کانال فعال، بویژه در بخش قوس است. یکی از روابط مهم مربوط به محاسبه عمق کانال لب (D) پر در مسیرهای مئاندری رابطه ۹ است که به صورت زیرقابل نمایش است(لوشی وشوایتزر، ۲۰۰۹).

1 Hau
2 Chen and Duan
3 Loczy and Schweitzer

رابطه (۹) $D=0.085RC^{0.66}$

D = عمق کانال لب پر		RC= شعاع پیچان

سنجش رابطه بین دبی و پهنا در مسیرهای پیچان‌دار

بین دبی و پارامترهای مربوط به مسیرهای خمیده، مخصوصاً قوس خمیدگی رابطه مستقیم وجود دارد. در مقاله حاضر با استفاده از داده‌های حاصل ازاندازه گیری شعاع قوس خمیدگی مسیر در طول قطعات مختلف آجی چای، عمق و پهنای مسیر با به کارگیری روابط ارائه شده (تیمار[1] و همکاران ، ۲۰۰۸ ص، ۲۵۸) محاسبه شده است (رابطه ۱۰).

رابطه (۱۰) $Qmean=0.0009(L/2)^{1.8}$

$Qmean$ = دبی میانگین و L = طول پیچان

شاخص‌های مورد استفاده برای بررسی سیلاب‌ها در مسیر مئاندری

باتوجه به این که در طول رودخانه‌های مئاندری اندازه مسیرسیلاب‌ها توسط پهنای کمربند قوس خمیدگی و پهنای بسترسیلابی کانال فعال کنترل می شود، دراین مقاله سعی شده است از پارامترهای لازم برای بررسی خطرسیلاب ها در مسیر رودخانه مئاندری آجی‌چای استفاده شود. پهنای کمربند قوس خمیدگی (B) با استفاده از پهنای کانال فعال (W) برای مسیرهایی که شیب آنها کمتراز ۲ می‌باشد، با رابطه زیر قابل محاسبه است (لوشزی و همکاران ، ۲۰۰۹):

رابطه (۱۱) $B=3.7W1.12$

مقطع عرضی دشت‌های سیلابی، پارامتر قابل اعتماد برای تعیین محدوده عبور موج سیلاب‌هاست. محدوده‌هایی که آخرین پشته‌های رسوبی ناشی از عبور سیلاب در مسیر رودخانه‌های مئاندری باقی مانده‌اند (d) و از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای قابل تعیین هستند، ملاک مناسب برای تعیین مسیرعبور سیلاب‌ها از قوس خمیدگی‌ها هستند. بنابراین می توان مسیر تقریبی فروکش سیلاب‌ها (RF) را با استفاده از فواصل پشته‌های باقی مانده در بخش دیگر قوس خمیدگی‌ها و پهنای کانال، به صورت زیر تعیین نمود :

رابطه (۱۲) $FR=d/B$

با استفاده از بزرگی واقعی قوس خمیدگی‌ها($Aact$)وبزرگ‌ترین قوس تشکیل شده ممکن در مسیر رودخانه ($Amax$)، می‌توان مرحله تنظیم کانال(CA) را با استفاده از رابطه ۱۳محاسبه نمود.

1 Tima´r

رابطه (۱۳) CA=Aact/Amax

با توجه به اینکه محاسبه و اندازه گیری Amax بسیار دشوار است می‌توان به جای آن از d استفاده کرد:

رابطه (۱٤) d CA=Aact

بیلان بین FR و CA که شاخص مهم برای محاسبه خطر سیلاب (LFH) در مسیر رودخانه‌های مئاندری است، رابطه وجود دارد که این رابطه به صورت زیر قابل نمایش است :

رابطه (۱۵) (LFH=1-(FR/CA)=1-d/B)/(Aact/d)=1-(d2/B Aact

اگرمقادیر LFH به ۱ نزدیک شود، به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (لوشزی و همکاران، ۲۰۰۹).

بحث و نتایج

آجی چای از رودهای دائمی حوضه دریاچه ارومیه است که میانگین آبدهی سالانه آن ۳۹۲۰۰۰۰۰۰ متر مکعب است که در فصول پرآبی و در ترسالی‌ها به شطی بزرگ تبدیل می‌شود. اعتمادالسلطنه در مرآه البلدان (ج ۱ ، ص ٦۰۹) از عظمت رودآجی چای یاد می‌کند که در فصول دریافت آب کافی ازشاخاب‌ها، به رودخانه بزرگی تبدیل می‌شود. بزرگی پل‌های احداثی درگذشته در مسیر این رودخانه تایید کننده وقوع سیلاب‌های بزرگ در مسیر این رودخانه درگذشته است (شکل ۳).

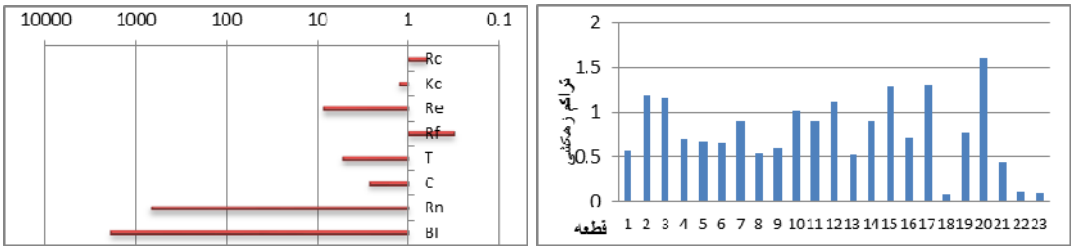
شکل۳ داغ آب‌های بر جای مانده از سیلاب‌های گذشته در دهانه پل احداثی در بخش میانی مسیرآجی چای و عمق آب رودخانه در نزدیکی مهربان در فصل کم آبی (کمتراز ۵۰ سانتی‌متر)

الف- مورفومتری و بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه

درمحدوده مورد مطالعه، قبل از هرمحاسبه‌ای، درابتدا به نتایج حاصل از بررسی چنین پارامتری توجه شده است. در این مطالعه، علاوه از بررسی تراکم زهکشی کل حوضه- که ۰. ۳٦ برآورد گردیده است- میزان تراکم زهکشی درقطعات مختلف مورد بررسی قرارگرفته است(شکل٤ الف). بررسی نتایج حاصل از محاسبه تراکم زهکشی در بخش‌های مختلف حوضه آجی چای حاکی از این است که در بخش خروجی حوضه(درقطعه ۲۰، ۱۷، ۱۵، ۱۲، ۱۰،

۳ و۲) میزان تراکم زهکشی نسبتا بالاست؛ یعنی درنزدیکی تبریز، میزان تراکم زهکشی از ۰. ۰۸در قطعه ۱۸ به میـزان ۱. ٦۱ در قطعه ۲۰ می‌رسد. به عبارت دیگر، در قسمت‌های انتهایی و در نزدیکی تبریز، احتمال وقوع سیل به مراتـب بیشتر از سایر محدوده‌ها در مسیر این رودخانه است.

ناهمواری حوضه، در میزان آب‌های سطحی و زیرسطحی، نفوذ پـذیری و در نهایـت توسـعه لنـدفرم‌هـای حوضه نقش بازی می‌کند و عدد حاصل نه تنها نشان دهنده میـزان آب‌هـای سـطحی اسـت، بلکـه نشـان‌گـر ویژگی‌های فرسایشی حوضه نیز هست. با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعـه، نـاهمواری حوضـه نشان دهنده انرژی بالقوه حوضه مورد نظر برای سرعت‌دهی به جریان رواناب‌های حاصـل از بـارش و ذوب برف‌ها و همچنین توان رودخانه آجی چای در یک محـدوده ویـژه اسـت. در تحلیـل پتانسـیل سـیل خیـزی حوضه، به نتایج حاصل از محاسبه ضریب ثابت کانال نیز توجه شده است. بررسی اعداد حاصـل از محاسـبه ناهمواری حوضه و ضریب ناهمواری حاکی از ایـن اسـت(شـکل٤ ب،) کـه بـا توجـه بـه اخـتلاف ارتفـاع، رواناب‌ها در بخش‌های مرتفع به سرعت خود را به آبراهه اصلی می‌توانند برسانند و بخش‌های پایین‌تر را در معرض وقوع سیلاب قراردهند. بقیه پارامترهای مورد محاسبه نیز حاکی ازپتانسـیل سـیل خیـزی در حوضـه مورد مطالعه هستند (شکل ٤).



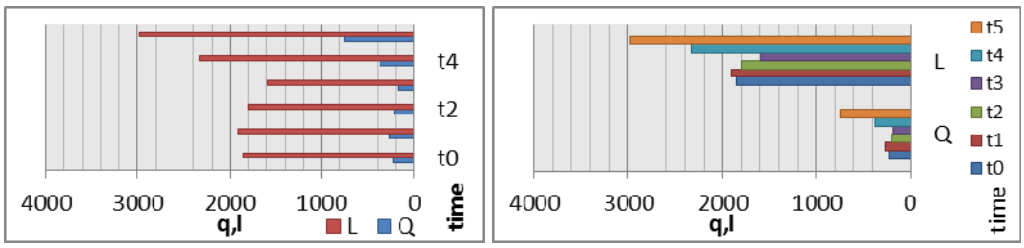
شکل ٤ تراکم زهکشی در بخش‌های مختلف حوضه آجی چای و ضرایب مربوط به ویژگی‌های حوضه

بررسی سیلاب‌های آجی چای با استناد به ویژگی‌های الگوی جریان رودخانه

در بیشتر بررسی ها، ویژگی‌های سیلابی مسیرجریان روخانه‌ها با توجه به آرایش جریـان آنهـا مـدنظر قـرار می‌گیرد. در بین الگوهای مختلف جریـان، آرایـش خمیـده و یـا آرایـش مئانـدری در بررسـی سـیلاب‌هـای مسیرجریان رودخانه‌ها بیشتر مورد استناد قرارمی‌گیرد. برمبنای کارهای دوری [1] (۱۹۷٦ ؛ بـه نقـل از شـی [2] و

1 Dury
2 Shi

همکاران، ۲۰۰۷) طول قوس خمیدگی در مسیر رودخانه مئاندری یک پارامتر مهم در بررسی دبی این رودخانه محسوب می‌شود. طبق کارهای صورت گرفته، می‌توان گفت که، بین طول موج مئاندر و میانگین دبی رودخانه ارتباط وجود دارد. در این مقاله، برای بررسی رابطه طول مئاندر و دبی در مسیر خمیده رودخانه آجی چای، طول خمیدگی در مسیر این رودخانه اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه مربوطه محاسبات لازم صورت گرفته و نتایج به صورت نمودار نمایش داده شده است (شکل۵). بررسی اطلاعات نموداری نشان می‌دهد که درمسیرهای مختلف آجی‌چای، میزان دبی متأثر از طول مئاندر بسیار متفاوت است. این تفاوت در طول زمان‌های مختلف نیز مشاهده می‌شود(شکل۵). همچنان‌که اشکال ترسیمی نشان می‌دهد، درنزدیکی تبریز و در بخش‌های میانی مسیررودخانه آجی‌چای و در زمان نزدیک به شرایط کنونی، میزان دبی به اوج می‌رسد. در زمان‌های T_4 و T_1 به نظر می‌رسد که رودخانه آجی چای بیشترین دبی را دارا بوده است.



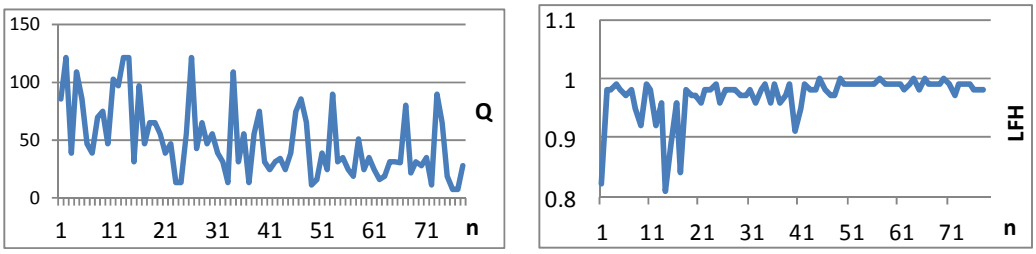
شکل۵ متوسط دبی($\mathbf{q}$)وطول قوس خمیدگی کانال فعال ($\mathbf{l}$) در طی زمان در مسیر آجی چای

طبق محاسبات حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به مئاندر آجی‌چای، می‌توان گفت که بین طول قوس خمیدگی کانال فعال مسیر مئاندری و میانگین دبی و یا متوسط مقدار آبی که می‌تواند از مقطع ویژه‌ای از مسیرخمیده عبور کند، رابطه وجود دارد. بررسی اطلاعات (شکل۵)مربوطه نشان می‌دهد که تغییرات میزان دبی(q) متوسط متأثر از طول قوس خمیدگی (l)در مسیرآجی چای هرچند بسیار متفاوت است، اما با افزایش طول، میزان دبی نیز افزایش یافته است.

محاسبه پتانسیل سیل‌خیزی در دشت سیلابی مئاندر آجی چای

با توجه به این که در طول رودخانه‌های مئاندری اندازه مسیرسیلاب‌ها توسط پهنای کمربند قوس خمیدگی و پهنای بسترسیلابی کنترل می‌شود، در این مقاله سعی شده است از پارامترهای مرتبط با مسیرهای خمیده در بررسی خطر سیلاب‌ها در مسیر رودخانه مئاندری آجی‌چای استفاده شود. برای بررسی خطر

سیلاب در مسیر مئاندری آجی چای از رابطه LFH استفاده شده است. مقدار LFH می‌تواند صفر و یا حتی منفی باشد که هر دو معرف محدوده‌هایی بدون خطر وقوع سیل‌های بزرگ هستند. اگر مقادیر LFH به یک نزدیک شود به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (لوشزی وهمکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه، به منظور برآورد خطر سیل در مسیر مئاندری آجی چای، ابتدا عوامل دخیل در معادله LFH با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها، محاسبه شده و نتایج به صورت نمودار نمایش داده شده است (شکل ٦). بررسی اطلاعات ارائه شده در نمودار ٦ الف، نشان می‌دهد که میزان LFH در تمام بخش‌های مسیر آجی چای، نزدیک به یک و در بعضی از بخش‌ها، مقدار آن به یک رسیده است. در واقع این مقادیر نشان می‌دهند که تقریباً در تمامی بخش‌های این مسیر، پتانسیل خطر وقوع سیل بالاست. این خطر در طول مسیر این رودخانه، بین سراب تا وینار نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است؛ یعنی در قسمت‌هایی که رودخانه آجی چای در دشت جاری است، در مقایسه با بخش‌هایی که به مسیر کوهستانی وارد می‌شود، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. با توجه به این که پهنای کمربند قوس خمیدگی(B) و عمق کانال فعال از عوامل مورد استفاده در برآورد خطر وقوع سیل در مسیر مئاندرآجی چای و معیاری برای بررسی سیلاب‌ها در مسیر رودخانه‌های مناندری محسوب می‌شود، در این مطالعه، این عامل در طول زمان‌های مختلف، در طول مسیر این رودخانه مورد بررسی قرارگرفته است (شکل۷ و۸). مقادیر مورد اندازه‌گیری نشان می‌دهد که پهنای کمربند خمیدگی در مسیرآجی چای تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته است و هرچه به گذشته حرکت می‌کنیم، مقادیر اوج به بخش‌های میانی مسیر جابجا شده است (شکل۷).

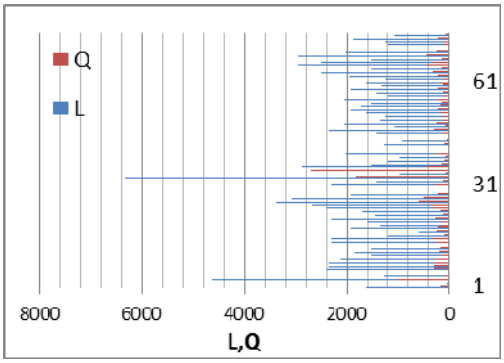


شکل٦ التغییرات مقدار سیل خیزی و تغییردر میانگین دبی در رابطه با طول قوس پیچان آجی چای در طول قطعات مورد بررسی (n)

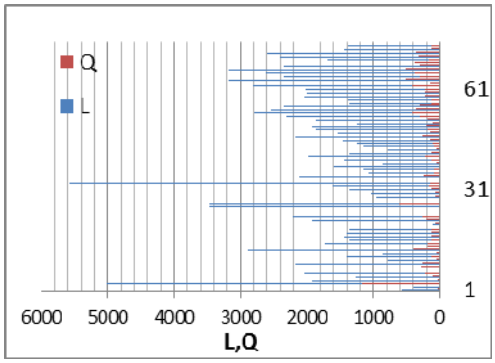
- محاسبه و تطبیق دبی‌های سالانه به روش توزیع نرمال

در این مقاله، علاوه بر تخمینی دبی‌های اوج با استفاده از معادلات مربوط به رودخانه‌های مئاندری، سعی شده است با استناد و استفاده از داده‌های واقعی دبی ایستگاه‌های مسیر آجی چای، دبی سال‌های آتی نیز

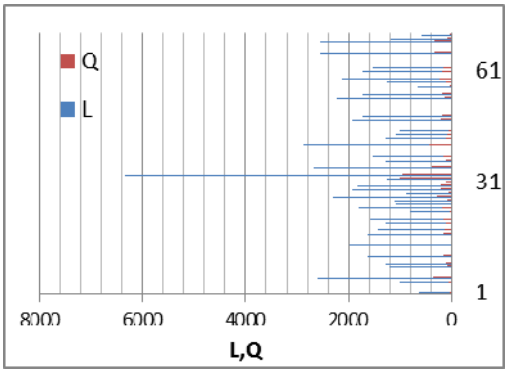
برآورد گردد. نتایج بررسی‌ها با روش توزیع نرمال که در شکل ۹ نشان داده شده، حاکی از این است که آجی چای در ایستگاه نهند می‌تواند دبی‌هایی با اوج بالاتر از ۸۰ متر مکعب بر ثانیه را تجربه کند. با توجه به ویژگی‌های سعید آباد اوج دبی‌هایی که در نهایت به آجی‌چای تخلیه خواهد شد، در مقایسه با دبی ایستگاه نهند چندان بالا نیست. در ایستگاه خواجه نیز دبی آجی‌چای دارای اوج بالایی است. چنانکه شکل ۹ نشان می‌دهد، دبی اوج آجی چای در این ایستگاه می‌تواند به بالاتر از ٦٠ متر مکعب در ثانیه با دوره برگشت ۸ سال نیز برسد که رقم مورد برآورد، دبی بالایی محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان گفت بالاترین اوج‌های دبی در ایستگاه‌های نزدیک تبریز رخ می‌دهد. درایستگاه وینار به عنوان یکی از ایستگاه‌های مهم در مسیرآجی‌چای دبی‌هایی با اوج بالا برآورد شده است؛ چنانکه شکل۹ نشان می‌دهد، در ایستگاه وینارآجی‌چای دبی‌هایی بالاتر از ۱۲۰۰۰ متر مکعب در ثانیه با دوره برگشت ٤٠ ساله را دریافت کند. به‌طوری که از نمودارهای تطبیق دبی‌های سالانه با توزیع نرمال(شکل۹) استنباط می‌شود خط برازش شده تطبیق خوبی یا دبی‌ها ندارد. این عدم انطباق در کلیه ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود.



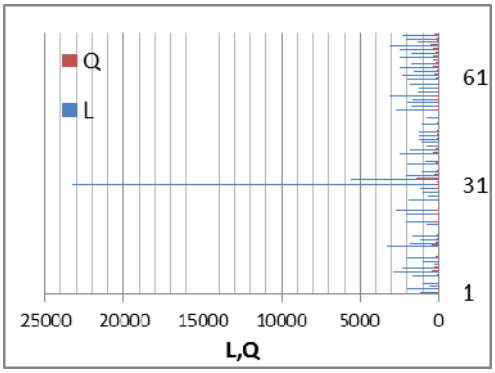
T_1



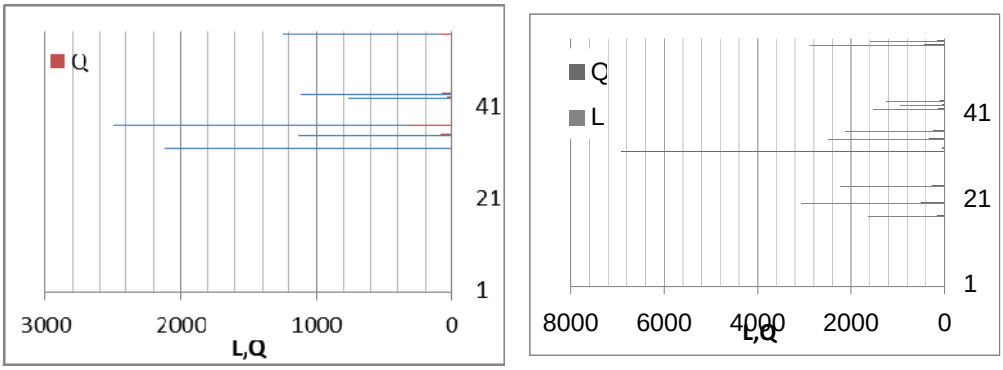
T_0



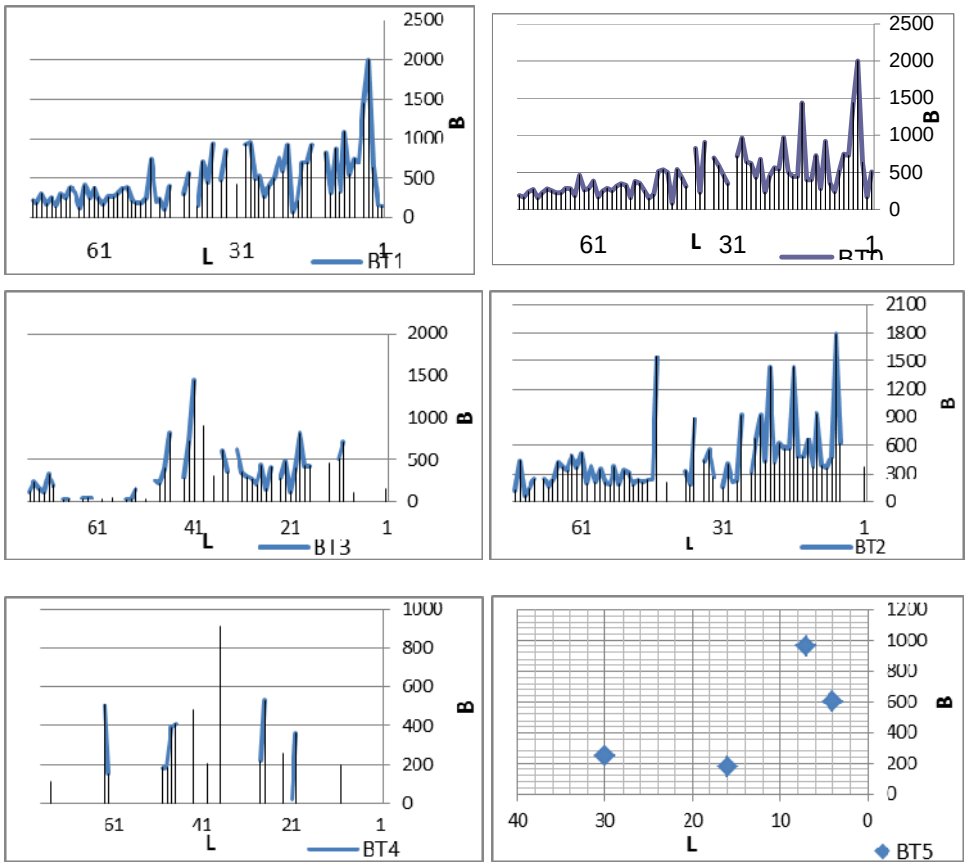
T_3



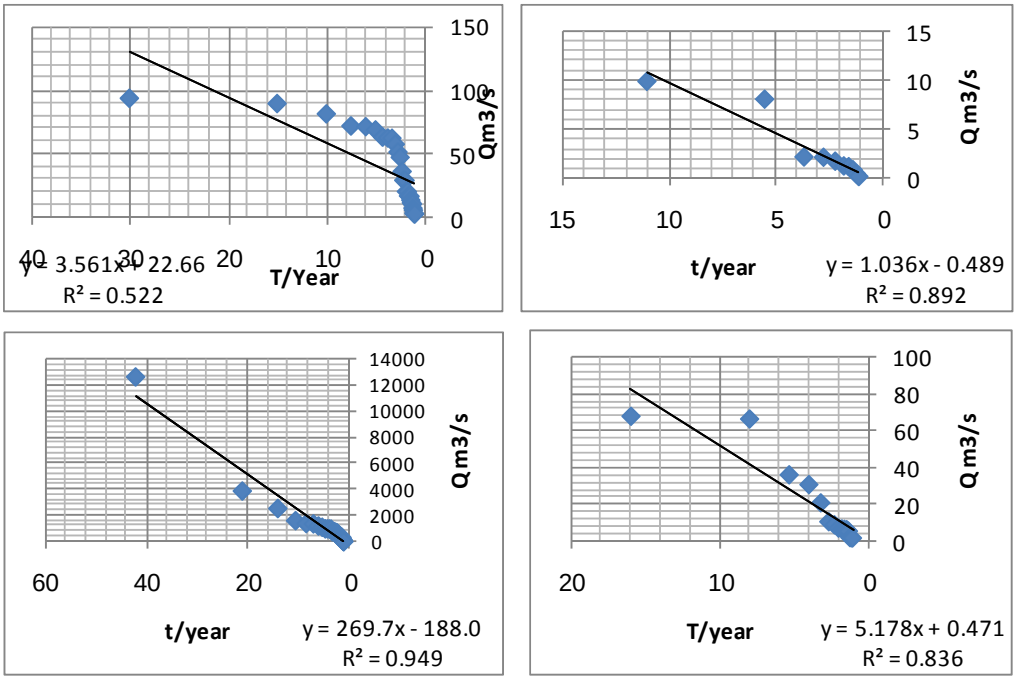
T_2



شکل ۷ میزان دبی وطول قوس خمیدگی در مسیر مئاندر آجی چای(محور افقی، مسافت طولی از تبریز تا سراب است)



شکل ۸ تغییرات میزان پهنای کمربند قوس پیچان درطی زمان ودر طول مسیرجریان آجی چای (محور افقی قطعات طولی از تبریز تا سراب است)

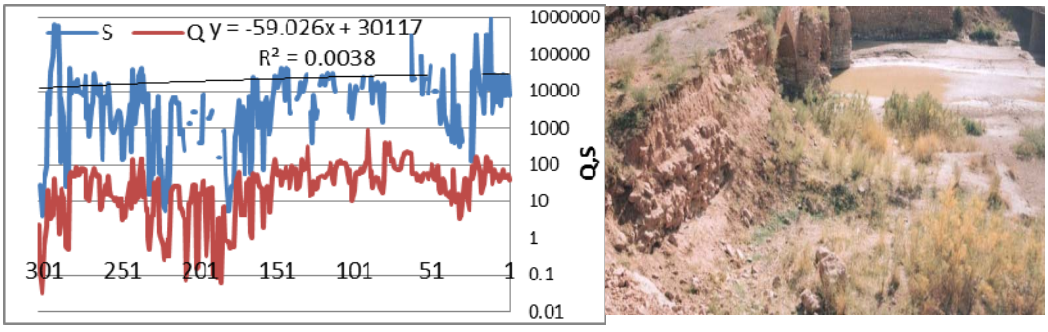


شکل ۹ زمان برگشت اوج دبی درایستگاه‌های مختلف مسیرآجی چای(به ترتیب از بالا سمت راست، نهند، سعید آباد، خواجه و ونیار)

بررسی رابطه رسوب و دبی درشش ماه پرآب سال در ایستگاه نهند نشان می‌دهد که در طی سال‌های مورد بررسی رابطه بین رسوب و دبی بسیار متفاوت است. در بعضی از سال‌ها در این ایستگاه، روند افزایش وکاهش میزان رسوب از روند افزایش و کاهش دبی تبعیت می‌کند. اما بعضی ازسال‌ها این انطباق مشاهده نمی‌شود. این عدم تطابق درسال‌هایی که روند افزایش میزان رسوب از دبی پیشی می‌گیرد، قابل تعمق است.

بررسی رابطه رسوب و دبی در ایستگاه نهند حاکی از عدم وجود رابطه قوی بین این دو پارامتر در ایستگاه مذکور است (شکل۱۰و۱۱). بررسی داده‌های دبی و رسوب ایستگاه سعیدآباد نشان می‌دهدکه روند کاهش دبی و رسوب در کلیه سال‌های مورد مطالعه از یکدیگر پیروی می‌نمایند. بررسی داده‌های میزان دبی و رسوب ایستگاه وینار نیز در طول سال‌های متمادی حاکی از این است که میزان رسوب و دبی طی این سال‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته است. گاه با افزایش جزئی در میزان دبی، میزان رسوب به میزان زیادی افزایش یافته است. با این توضیحات و با تکیه با مستندات ارائه شده می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که بین دبی و رسوب رابطه چندان قوی برقرار نیست. موارد فوق برای ایستگاه خواجه نیز صادق است. اگر میزان دبی و رسوب ثبت شده در ایستگاه‌های مسیرآجی چای نیز مورد بررسی قرارگیرد مشاهده خواهد شد که تغییرات دردبی و میزان رسوب در سال‌های مختلف و در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است. بررسی دبی و رسوب در ایستگاه نهند (یکی ازایستگاه‌های مهم مسیرآجی چای) حاکی از این است که در سال‌های مختلف میزان

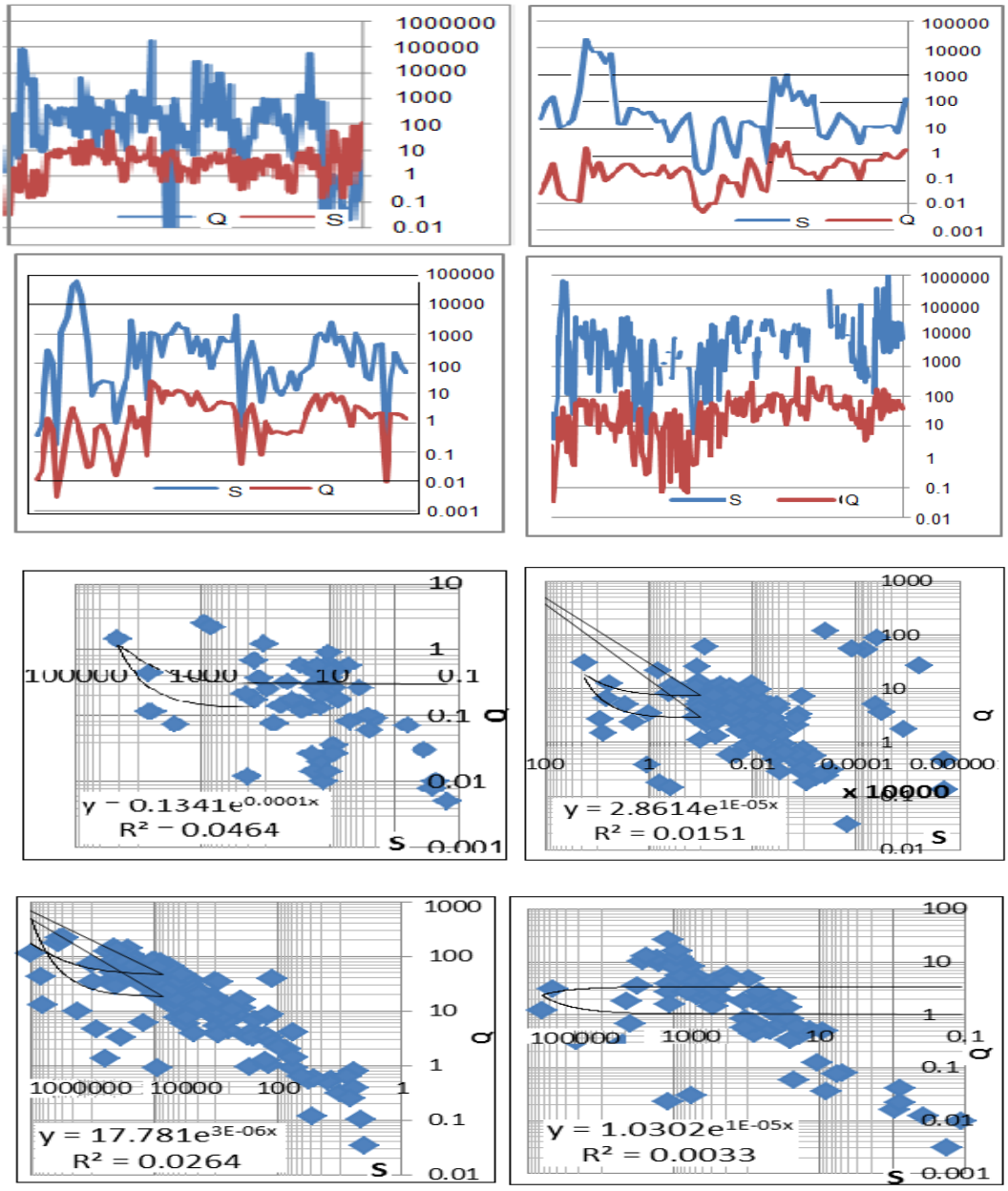
افزایش و کاهش دبی و رسوب کاملا منطبق با یکدیگر نبوده، اما در بعضی از این سال‌ها این تطابق مشاهده نمی‌شود؛ مثلا بررسی شکل ترسیمی مربوط به سال ۱۳۵۵ نشان می‌دهد که با کاهش میزان دبی، میزان رسوب افزایش یافته است (شکل ۱۰، ۱۳۵۵) و زمانی عکس مورد فوق مشاهده می‌شود(۱۳۵۷، ۱۳۸۰و ۱۳۸۱) که این امر در رابطه با تغییرات بستر و دستکاری در آن می‌تواند باشد. بررسی رابطه دبی و رسوب درطی سال‌های مختلف نیزحاکی از این است که بین این دو رابطه‌ای قوی وجود ندارد و نوسانات عمده‌ای در میزان رسوب ودبی رودخانه آجی چای در ایستگاه نهند ثبت شده است که قابل ملاحظه و قابل تعمق است (شکل ۱۱). بررسی دبی و رسوب مربوط به ایستگاه سعیدآباد حاکی از نوسانات در میزان رسوب و دبی در طی سال‌های مختلف در ایستگاه مذکور است و عدم تطابق در میزان رسوب و دبی در این ایستگاه نیز وجود دارد و رابطه چندان قوی بین این دو مشاهده نمی‌شود. ایستگاه و نیار از ایستگاه‌های مهم بوده و داده‌های ثبت شده آن در بررسی ویژگی‌های آجی چای قابل اعتماد می‌باشد. بررسی داده‌های مربوط به دبی و رسوب در این ایستگاه در سال‌های مختلف از نوسانات زیادی برخوردار بوده و افزایش و کاهش رسوب و دبی به یکسان صورت نگرفته است. هرچند که در بعضی از سال‌ها این عدم تطابق بیشتر دیده می‌شود(سال‌های ۱۳٦٤، ۱۳٦٥، ۱۳۸۰). بررسی رابطه بین رسوب و دبی در سال‌های مختلف نیز حاکی از عدم وجود رابطه بین دبی و رسوب در سال‌های مختلف است. مواردی که برای ایستگاه‌های قبلی گفته شد برای ایستگاه خواجه نیز صادق است (شکل ۱۰). بررسی نوع سازندهای مسیرآجی چای نشان می‌دهد که نوع سازندهای مسیر بسیار فرسایش‌پذیر بوده و حضورگنبدهای نمکی در بخش‌های میانی و نزدیک به تبریز باعث شده است که در این محدوده‌ها کیفیت آب این رودخانه کاهش و بر میزان رسوبات معلق و شوری آب افزوده شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ رابطه بین رسوب و دبی درایستگاه ونیار و رابطه دبی و رسوبات در مسیر آجی چای در نزدیکی تبریز

نتیجه گیری

آجی چای به عنوان یکی از رودخانه‌های دائمی حوضه دریاچه ارومیه، با توجه به ویژگی‌های مسیر جریان و تغییرات اقلیمی در طول یک سال و در طول سال‌های متعدد، از نظر دبی و همچنین از نظر آرایش جریان رود در کانال فعال دارای نوسانات زیادی بوده است.



شکل ۱۱ میزان دبی و رسوب برآورد شده ورابطه بین میزان دبی و رسوب برآورد شده (به ترتیب از راست به چپ در ایستگاه نهند و سعیدآباد و ونیار و خواجه)

در مسیر آجی‌چای، وقوع سیلاب‌ها در تغییر جهت قوس خمیدگی کانال فعال و در نتیجه در محدوده‌های تراکمی و فرسایشی رودخانه تأثیرگذار بوده است. با استناد به آثاری که رودخانه طی تغییرات مسیر ناشی از

وقوع سیلاب‌های گذشته برجای نهاده، می‌توان با توسل بـه ویژگـی‌هـای آرایـش جریـان رودخانـه و بـا بـه کارگیری روابط تجربی، میزان دبی‌های اوج را برآورد نمود و در مورد احتمـال خطـر وقـوع سـیل در مسـیر جریان این رودخانه اظهارنظر نمود. بررسی دبی‌های اوج ثبت شده در ایستگاه‌های حوضـه نیـز نشـان‌دهنـده وقوع سیلاب‌های مهیب در رودخانه است. بررسی‌های تاریخی و داغ‌آب‌های برجای مانده در زیـر پـل‌هـای احداثی قدیمی نیز حکایت از وقوع چنین سیلاب‌های بزرگی دارد. رودخانه آجی‌چای بـا توجـه بـه آرایـش جریان خود، نشان‌دهنده وجود انرژی کافی برای تغییرات سریع در دشت سیلابی است. بررسی خطـر وقـوع سیلاب‌ها با توسل به فاکتورهای مربوط به خمیدگی‌های کانال فعال نشان مـی‌دهـد کـه در کـل مسـیر مـورد بررسی، از بخش میانی به طرف فرودگاه تبریز، بر خطر وقوع سیلاب‌های سالانه در مسیر این رودخانه افزوده می‌شود. علاوه بر خطر خود سیلاب و خسارات ناشی از آن، فرسـایش‌پـذیری کنـاره‌هـای دشـت سـیلابی و افزایش حجم رسوبات حاصل نیز می‌تواند و باید باعث جدی گرفتن خطروقوع سیل در مسیرهای خمیـدگی گردد. چنین رودخانه‌هایی ذاتاً دارای پتانسیل بالا برای فرسایش بیشتر در بخش کناره‌هـا هسـتند. بـا افـزایش خطر وقوع سیل و تسریع در جابجایی قوس کانال فعال به طرف کناره‌های دشت سیلابی احتمال ریزش مواد کناره‌ای به داخل بستر و جریان رودخانه افزایش می‌یابد و در نتیجه از کیفیت آب رودخانه کاسته مـی‌گـردد، مضاف براین که در کناره‌های مسیرجریان رودخانه آجی‌چای گنبدهای نمکـی گسـترده شـده‌انـد کـه بـا هـر جابجایی کناری و فرسایش چنین اشکالی بر شوری آب رودخانه افزوده مـی‌شـود. در کنـاره دشـت سـیلابی رودخانه آجی‌چای، تأسیسات زیادی وجود دارد که با هر جابجایی قوس خمیدگی و تسریع جابجایی در اثـر وقوع سیلاب‌ها، این تأسیسات درمعرض خطر قرار می‌گیرند. با توجه به انـرژی بـالای آب در بخـش قـوس خمیدگی‌ها در رودخانه‌های مئاندری برای فرسایش بیشتر کناره‌ها، این تأسیسات (جاده‌هـا، خطـوط ریلـی و بعضی از کارخانه‌های ماسه شوری) می‌توانند دراثر برش کناری دشت سیلابی، خسارات سـنگینی را متحمـل گردند.

References

Alfredo Ollero., 2010.n Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. Geomorphology 117, 247–260.

Anderson, Kirk., C, Ted Neff., 2011.The influence of paleofloods on archaeological settlement patterns during A. D. 1050–1170 along the Colorado River in the Grand Canyon, USA. Catena 85, 168–186.

Bakker,V. R., 1988. Flood geomorphology ,J. Wiley pub.

Bayati,K,M., 2011. Investigation on potantial of flood hazard occurances on meandering rivers. Physical Geography Research Quarterly 75.

Bayati,K,M., 2006. Investigation on the cause of meanders formation and development in mountain vallyes. Roshede Geography 75.

Borisova , Olga., Aleksey Sidorchuk., Andrey Panin., 2006. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland,based on palaeochannel morphology and palynological data,Catena 66, 53–73.

Boxalla, J. B., I. Guymerb., 2007. Longitudinal mixing in meandering channels: New experimental data set and verification of a predictive technique WAT E R RE S E A R C H.

Chen , D., J. G. Duan., 2006. Modeling width adjustment in meandering channels. Journal of Hydrology 321, 59–76.

Dong Xu., Yuchuan Bai., Jianmin Ma., Yan Tan., 2011. Numerical investigation of long-term planform dynamics and stability of river meandering on fluvial floodplains. PII: S0169-555X(11)00235-2 DOI: doi: 10. 1016/j. geomorph. 2011. 05. 009 Reference: GEOMORF 3595.

Fernando Magdaleno, José., A. Fernández-Yuste., 2011. Meander dynamics in a changing river corridor. Geomorphology 130, 197–207.

Güneralp, İnci., Bruce L. Rhoads., 2010. Spatial autoregressive structure of meander evolution revisited. Geomorphology 120, 91–106.

Hau Xera., and Frank,Axel Voigt., 2007. Step meandering in epitaxial growth. Journal of Crystal Growth 303, 80–84.

Hooke, J. M., 2007. Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers. Geomorphology 91, 236–258.

Hooke, J. M., 2008. Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20-year period. Geomorphology. vol. 100, 3–13.

Jahadi Toroghi, M., Hosseinzadeh, S,R, 2012. The Response of fuluvial Systems to large flood Events. Environmental Erosion Researches 4, 70-86.

Kemp, Justine., 2004. Flood channel morphology of a quiet river, the Lachlan downstream from Cowra, southeastern Australia. Geomorphology 60 , 171–190.

Kiss, Tímea Kiss., Károly Fiala., György Sipos., 2008. Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary). Geomorphology 98, 96–110.

Loczy,D.,Kis,E.,Schweitzer,F., 2009. Local flood hazard assessed from channel korphology. Geomorphology 43,87-98.

Lofthouse,Caroline., André Robert., 2008. Riffle–pool sequences and meander morphology. Geomorphology 99 , 214–223.

Lottig, Noah R., Justin M. Fox., 2007. A potential mechanism for disturbance-mediated channel migration in a southeastern United States salt marsh. Geomorphology 86, 525–528.

Nohegar, A., and Yamani, M., 2005. Investigation on geomorphological property of meandering river and the role of its on bed and bank erosion of Minab river. Geography Research Quarterly 51.

Rezaei, M. M., and Khoshdel, K., 2009. Study of Ahar meander curvature on Azomdel plain, situated in Varzegan. Geography and Environmental planning . 33.

Shi, Yafeng., Qiang, Zhang., Zhongyuan, Chen., Tong, Jiang., Jinglu, Wu., 2007. Channel morphology and its impact on flood passage, the Tianjiazhen reach of the middle Yangtze River. Geomorphology 85,176–184.

Tima´r, Ga´bor., Pa´l Su¨megi., Frank Horva´th., 2005. Late Quaternary dynamics of the Tisza River: Evidence of climatic and tectonic controls. Tectonophysics 410, 97– 110.

Yamani, M., and Almizadeh, H., 2010. Investigation on the changing of meandering river and instability of bed river in north plain of Hormoz. Modares Human Sciences. 14.