

## بررسی تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه ساحلی دریای مازندران

دکتر مجتبی یمانی - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران\*

محمد مهدی حسین زاده - دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۸۱/۹/۲۶

### چکیده

پیش بینی تغییرات کلی و حتی جزئی الگوی<sup>(۱)</sup> رودخانه‌ها، از عمده ترین مباحث مربوط به ژئومرفولوژی رودخانه‌ای می باشد. در همین راستا، تحقیقات متعددی توسط ژئومرفولوژیست‌ها صورت گرفته است. این مقاله نیز تغییرات مرفولوژی کانال رودخانه تالار در محدوده جلگه ساحلی خزر را مورد بررسی قرار داده است. برای دستیابی به این هدف، پس از بررسی مرفولوژی رودخانه به تجزیه و تحلیل تغییرات الگوی رودخانه پرداخته شده است. براین اساس، ابتدا مسیر مورد مطالعه از نظر شکل الگو تقسیم بندی و سپس تغییرات الگو در مقطع زمانی ۳۹ ساله با روشهای تغییرات زمانی و مکانی (معادلات ریاضی)، روش گرافیکی و روش میدانی مورد بررسی قرار گرفته است و سعی شده تا با استفاده از این روشها، تغییرات الگو و شکل های مختلف تغییر شکل و جابجایی مسیر بستر رودخانه تعیین و پیش بینی گردد. برای نیل به این هدف، از عکس های هوایی سالهای ۱۳۳۴ و ۱۳۷۳ با یک فاصله زمانی ۳۹ ساله از نظر بررسی تغییرات مقطعی و نیز داده های هیدرولیک جریان و پارامترهای هندسی کانال برای تحلیل استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که رودخانه هنوز تعادل دینامیکی نهایی خود را بدست نیاورده است و همچنان در حال تغییر و جابجایی و ایجاد پیچ و خم های جدید و توسعه در قسمت علیای جلگه می باشد و در قسمت سفلی، یعنی در محدوده دارای الگوی پیچانودی نیز تغییراتی خیلی کند و بطئی دارد و همین امر موجب شده تا در فاصله زمانی ۳۹ ساله، این تغییرات محسوس نباشد.

واژگان کلیدی: مرفولوژی رودخانه، فرسایش رودخانه‌ای، الگوی پیچانودی، پیچانود، رودخانه تالار

### مقدمه

یکی از ثروت های اصلی یک ملت، آبی است که به صورت جاری در رودخانه های آن کشور جریان دارد و به دلیل نقش آب در مکان گزینی و گسترش آبادیها، شهرها، راههای ارتباطی و کشاورزی، رودخانه ها از گذشته دارای اهمیت

قابل توجهی بوده‌اند؛ به گونه‌ای که از بدو سیر پیشرفت و توسعه اجتماعات بشری، جایگاه خود را در هر مرحله از تمدن بشری نشان داده‌اند. به همین دلیل، سیستم‌های رودخانه‌ای به عنوان یکی از حیاتی‌ترین عناصر تشکیل دهنده سطح زمین، از جنبه‌های گوناگون مورد توجه انسان قرار داشته‌اند. در این بین، بررسی جنبه‌های مورفولوژیکی رودخانه‌ها بیش از پیش مدنظر متخصصین قرار گرفته است.

یکی از موضوعات مهم مورد مطالعه در ژئومورفولوژی رودخانه، (۱) پلان (۲) رودخانه می‌باشد. منظور از پلان رودخانه، شمای کلی رودخانه و انشعابات آن از سرچشمه تا مصب است. این پلان می‌تواند به صورت مستقیم، شریانی (انشعابی) و پیچان‌رودی تقسیم گردد. بررسی‌های ژئومورفولوژیکی نشان می‌دهد که با توجه به وجود طیف وسیع تغییرات در رژیم آبدهی رودخانه، کمیت و نوع رسوبها، جنس مواد بستری و غیره، الگوهای مختلفی برای پلان رودخانه می‌تواند وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، پلان هر رودخانه معرف بسیاری از ویژگیهای ژئومورفولوژیکی و دینامیکی آن است. در این مقاله نیز به مطالعه پلان، الگو و رفتار پیچان‌رودی رودخانه تالار از این دیدگاه پرداخته شده است.

## مبانی نظری تحقیق

### ۱- مورفولوژی رودخانه

مورفولوژی رودخانه، علم شناخت سیستم رودخانه از نظر شکل و فرم کلی، مشخصه‌های هیدرولیکی، راستا و پروفیل طولی بستر و نیز روند و مکانیزم تغییرات آن می‌باشد. از طریق بررسی مورفولوژیک رودخانه می‌توان شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی آنرا در آینده بهتر درک کرد و از این طریق پاسخ رودخانه را نسبت به تغییرات طبیعی و یا فعالیتهای انسانی پیش‌بینی نمود.

### ۱-۲- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها

رودخانه‌ها با استفاده از معیارهای مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از این معیارها شکل ظاهری یا پلان هوایی (۳) رودخانه می‌باشد. برای درک بهتر مسائل هیدرولیکی رودخانه‌های آبرفتی، داشتن دانش کافی خصوصاً در مورد شکل پلان یا الگوی آن ضروری می‌باشد. رودخانه‌ها بندرت بطور مستقیم حرکت می‌کنند (۴) و به عبارت دیگر، مسیر آنها شامل پیچ و خم‌های سینوسی می‌باشد. همچنین در بعضی مناطق، رودخانه به چند شاخه تقسیم می‌شود و مجدداً در پایین دست، این شاخه‌ها به یکدیگر می‌پیوندند. بنابراین و بطور کلی می‌توان شکل پلان رودخانه‌های آبرفتی را به سه دسته

تقسیم‌بندی نمود. (لثولپلد و ولمن ۱۹۵۷)

الف - مستقیم (۵)

ب - پیچان‌رودی (۶)

ج - شریانی (چند شاخه) (۷)

1- Fluvial Geomorphology.

2- plan

۳- Planform: الگوی رودخانه یا انحناها و تصویر مسیر یک رودخانه بر روی نقشه یا عکس هوایی و بطور کلی با دید هوایی می‌باشد.

۴- بندرت پیش می‌آید که یک رودخانه آبرفتی در طولی بزرگتر از ده برابر عرض کانالش بطور مستقیم حرکت کند (منبع شماره ۳)

5- Straight

6- Meandering

7- braided

لازم به ذکر است که این شکل‌ها در یک طول محدود از رودخانه تعریف می‌شوند. به عبارت دیگر، حتی می‌توان هر سه شکل یاد شده را در قسمت‌های مختلف یک رودخانه مشاهده نمود (همان).  
برای تفکیک انواع فوق، از دو عامل ضریب خمیدگی<sup>(۱)</sup> و فاکتور زاویه مرکزی (کورنایس)<sup>(۲)</sup> استفاده کرده‌اند.

#### الف - رودخانه با الگوی مستقیم

این الگو برای رودخانه‌هایی که در شرایط مقطع پر<sup>(۳)</sup>، دارای راستای نسبتاً مستقیم هستند، عمومیت دارد. نکته قابل ذکر اینکه، با وجود کانال مستقیم، خط‌القعر<sup>(۴)</sup> رودخانه در مواقع کم آبی دارای پیچ‌های متوالی، مشابه الگوی پیچانوردی است.

#### ب - رودخانه با الگوی پیچانوردی

این نوع رودخانه‌ها در شکل ظاهری، ترکیبی از یک سری پیچ‌های<sup>(۵)</sup> متوالی هستند که توسط مسیرهای کوتاه و مستقیم بهم متصل می‌شوند. این الگو عموماً در بخش سفلی رودخانه‌ها یعنی در محل جلگه‌ها و دشت‌های سیلابی تشکیل می‌شود. در این نقاط، شیب عمومی آبراهه و دره کم شده و قابلیت حمل رسوب در آنها کاهش پیدا می‌کند. مهمترین ویژگی‌های این الگو، غلبه داشتن مواد ریزدانه (رس و لای) در بار رسوبی رودخانه و نیز مثلثی بودن شکل مقطع بستر در محل پیچ‌هاست، بطوری که بستر در کناره خارجی، عمیق‌تر بوده و در حد فاصل پیچ‌ها، مقطع بستر رودخانه مستطیلی شکل می‌گردد.

در مقطع اخیر، عمق بستر عموماً کمتر شده و عرض آن افزایش می‌یابد و در ضمن الگوی رودخانه نسبت به دیگر الگوها حالت پایدارتری دارد.

#### ج - رودخانه با الگوی شریانی

در این گونه رودخانه‌ها، مسیر جریان به صورت چند شاخه است و در مجاری متعدد و کم عمق جریان دارد. این مجاری به صورت متقاطع بوده و در بستر عریض خود، توسط جزایر آبرفتی از یکدیگر جدا شده‌است. این گونه رودخانه‌ها عموماً در مناطق نیمه کوهستانی و کوهپایه‌ای و نیز بر روی مخروط افکنه‌های با شیب نسبتاً زیاد جریان دارند که مشخصه عمده آن عمق کم و عرض زیاد بستر رود است. پتانسیل حمل رسوب در آن بالا بوده و برای اتلاف انرژی مزاد، جریان آب تمایل به گسترده‌تری دارد.

#### ۲-۱- تغییرات رودخانه‌ای

رودخانه‌های طبیعی تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر

۱- ضریب خمیدگی از نسبت طول رودخانه به طول دره آن در امتداد تالوگ و در حد فاصل دو نقطه بدست می‌آید. بسیاری از محققین از جمله لئوبلد و ولمن ضریب خمیدگی ۱/۵ را بعنوان حداقل مقدار برای شروع پیچانوردی در نظر می‌گیرند.

هستند. تغییرپذیری رودخانه‌ها در کوتاه مدت ممکن است تدریجی و پیوسته و در درازمدت یا تحت شرایط خاص، ناپیوسته و ناگهانی باشد (نانسون و هیکن ۱۹۸۳). همچنین شن، (۱۹۷۹) مسائل مهم رودخانه‌ای را تشخیص عوامل، روند تغییرات و نحوه پیش بینی آن می‌داند. بنابراین تمامی رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی، از نظر شکل ظاهری در تغییر هستند که شکل‌های مختلف تغییرات را در رودخانه‌های مختلف می‌توان مشاهده کرد. پاره‌ای از تغییرات که در رودخانه‌ها عمومیت بیشتری دارند عبارتند از:

- ۱- جابجایی و پیشروی به سمت پایین<sup>(۱)</sup>
- ۲- پیشروی به سمت پایین دست همراه با میان بری<sup>(۲)</sup>
- ۳- تغییرات نامنظم جانبی (فرسایش دیواره‌ها در محل قوسها، ورودی آبراه‌های فرعی و یا انشعابات طبیعی و مصنوعی)
- ۴- تغییرات پروفیل طولی بستر
- ۵- تغییر مسیر رودخانه (تغییر مسیر جزئی یا کلی)
- ۶- تغییر الگوی رودخانه

### رودخانه تالار و موقعیت جغرافیایی آن

رودخانه تالار در منطقه شمال رشته کوه‌های البرز و در جنوب دریای مازندران، در محدوده جغرافیایی استان مازندران و شهرستان‌های سوادکوه، قائم شهر و جویبار جریان دارد.

این رودخانه در ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. رودخانه تالار در بالا دست، سرخاب نامیده می‌شود و سرشاخه چرال که خود از دو شاخه چرال و شش رودبار تشکیل شده است، در سمت مغرب و سرشاخه کبیر که از ارتفاعات شاه محمد قله منشاء گرفته از سمت مشرق به آن می‌پیوندند. این رودخانه، در دره نسبتاً باریکی تا محل شیرگاه جریان یافته و رودخانه کیسیان در این محل از سمت راست به آن وصل می‌شود. سپس شاخه‌های فرعی توجی و تجون به آن می‌ریزند و پس از گذشتن از زیر پل ملک‌کلا وارد جلگه شده و در پایین دست محل عرب خیل به دریای مازندران می‌ریزد (نقشه شماره ۱).

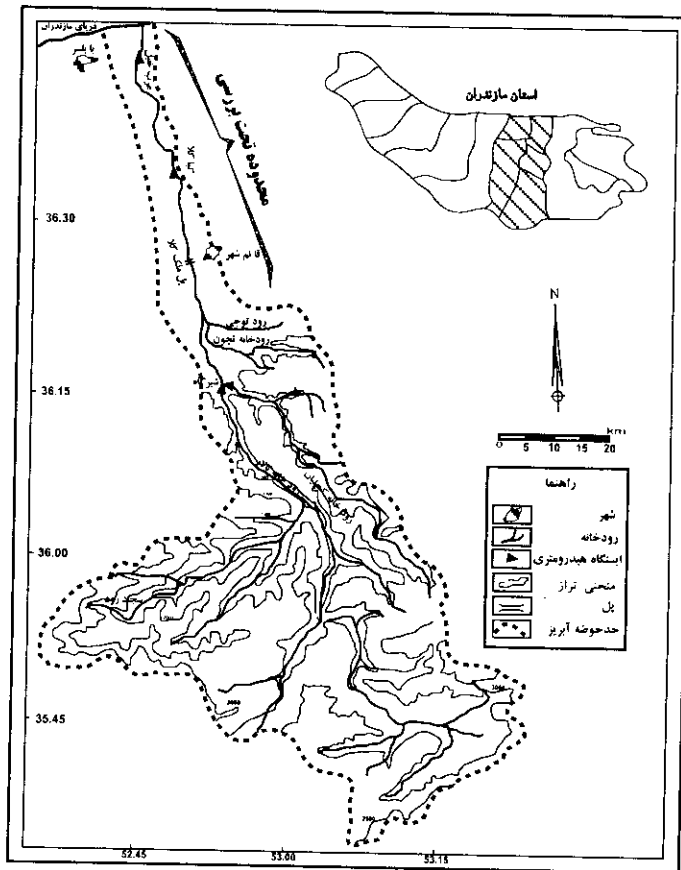
### فیزیوگرافی و الگوی رودخانه تالار

نتایج پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه تالار در محل ایستگاه‌های هیدرومتری در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه تالار در محل ایستگاه‌های هیدرومتری

پارامترهای فیزیوگرافی	مساحت حوضه km <sup>2</sup>	طول رودخانه km	شیب متوسط حوضه (درصد)	ارتفاع متوسط حوضه m	شیب متوسط رودخانه (درصد)
تالار- پل ملک‌کلا	۲۲۹۸/۴	۱۰۳	۳/۵۸	۱۷۳۱/۳۱	۲/۱۸
تالار- کیاکلا	۲۴۲۸/۱	۱۲۱	۵	۱۲۶۱/۲	۱/۵
تالار- محل دریا	۲۵۲۲/۳۵	۱۴۲	۲/۶۴	۱۵	۱/۲۸

نقشه ۱- حوضه آبخیز رودخانه تالار و موقعیت آن در استان مازندران



ماخذ: نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

لازم بذکر است که مطالعه اخیر، یعنی تغییرات پلان رودخانه تالار در فاصله زمانی مورد نظر، از محل پل ملک کلا یعنی محل ورود رودخانه به جلگه ساحلی تا خط ساحلی دریای مازندران را تحت پوشش قرار می‌دهد (نقشه شماره ۲). مرفولوژی رودخانه تالار در محدوده مورد مطالعه با استناد به نقشه شماره ۲، از محل پل ملک کلا تا پل نجارکلا، مرفولوژی رودخانه، حد واسط بین حالت‌های مئاندری و شریانی است. در این قسمت از رودخانه، بار رسوبی زیاد است و ماسه و ریگ و تخته سنگ بخش مهم بار رسوبی را تشکیل می‌دهد. با توجه به نیمرخ بستر، در این محدوده (شکل شماره ۱ب) شیب بستر رودخانه تند است و خط القعر در داخل بستر و در مواقع کم آبی دارای پیچ و خم‌هایی است که دائماً جابجا شده و فرسایش پادگانه آبرفتی حاشیه رود از مشخصات عمده این نوع مرفولوژی در این بخش از مسیر رود می‌باشد.

در این نواحی پادگانه‌های رودخانه را می‌توان به دو پادگانه جدید و قدیم از نظر نوع رسوبها و توپوگرافی تقسیم‌بندی نمود. در پادگانه‌های جدید که در مجاورت رودخانه قرار دارد، رسوبها عمدتاً درشت دانه و شامل شن و ماسه می‌باشد و در پادگانه‌های قدیمی، تناوبی از رسوبهای درشت دانه و ریزدانه بر روی لایه‌های مارن و یا کنگلومرا قرار دارد. از محل پل نجار کلا تا دریا، مرفولوژی رودخانه پیچانرودی است (نقشه شماره ۲). در این قسمت، آبراهه دارای بار معلق زیاد است و بار درشت دانه در این قسمت از آبراهه کم می‌باشد. شیب آبراهه کم (شکل شماره ۱الف) و مسیر

رود با پیچ و خم‌های زیاد است. عرض آبراهه در این قسمت رودخانه کم و تقریباً یکدست و با عمق زیاد بوده و کناره‌های حاشیه رود تقریباً پر شیب و پایدار است.

### بررسی تغییرات بستر رودخانه تالار باروش مبتنی بر تغییرات زمانی و مکانی

در این روش براساس عملیاتی که بر روی رودخانه و یا حوضه آبخیز انجام می‌گیرد، تغییرات حاصله در بستر رودخانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و براساس نتایج حاصله و مدل‌های ریاضی ابداع شده و تئوری‌های موجود، تغییرات بستر رودخانه برآورد و یا پیش بینی می‌گردد. از مهمترین مدل‌های ریاضی و مدل‌های کامپیوتری می‌توان از مدل ریاضی آستانه حرکت ذرات و مدل کامپیوتری Hec-6 اشاره کرد.

در این روش به منظور مطالعه فرسایش پذیری بستر رودخانه تالار، از معادله آستانه حرکت ذرات بستر (دیاگرام شیلدنز)<sup>(۱)</sup> و مدل ریاضی HEC-6 استفاده شده است.<sup>(۲)</sup>

### بررسی تغییرات بستر تالار با استفاده از معادله آستانه حرکت ذرات

جهت انجام بررسی و مطالعات فرسایش پذیری بستر رودخانه براساس این معادله (استفاده از دیاگرام شیلدنز)، در اطلاعات هیدرولیکی جریان، از مشخصات هندسی تعدادی از مقاطع عرضی، شیب رودخانه و دانه‌بندی رسوب بستر استفاده شده است. با در نظر گرفتن دبی جریان با دوره بازگشت ۲ ساله نتایج زیر حاصل گردید:

نتایج محاسبات انجام شده در محل‌های مختلف این رودخانه، بطور اختصار در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است. بطوریکه از جدول استنباط می‌شود، از ابتدای مسیر مورد مطالعه (ملک کلا) تا نجار کلا (مقاطع شماره ۱ تا ۱۰، نقشه شماره ۳) فرسایش در بستر رودخانه وجود دارد. در ضمن، بازدیدهای میدانی نیز دقیقاً تایید کننده امر است.

از پل نجار کلا تا دریا (مقاطع شماره ۱۰ تا ۴۹، نقشه شماره ۳) یعنی محدوده‌ای که دارای الگوی مثانداری می‌باشد، اعداد رینولدز بدست آمده کوچک بوده و جریان در ناحیه بستر صاف منحنی شیلدنز قرار گرفته است و فرسایش در بستر وجود ندارد. با توجه به ریزدانه بودن مواد تشکیل دهنده بستر، شیب کم رودخانه و پایین بودن سرعت جریان، این نوع بررسی با واقعیت تطابق دارد.

#### 1- Shields

۲- حرکت مواد در امتداد بستر مجرای یک رود می‌تواند از طریق یک سری روابط تجربی و بر مبنای تابع در برگیرنده شیلدنز FS و رقم ذرات رینولدز (Re (Reynolds) مطالعه شود.

$$F_s = \frac{R_s}{D(Ss-1)}$$

R = میانگین شعاع هیدرولیک

S = تابع شیب

D = قطر مواد (ذره)

Ss = جاذبه ویژه رسوب

Pf = وزن مخصوص مایع

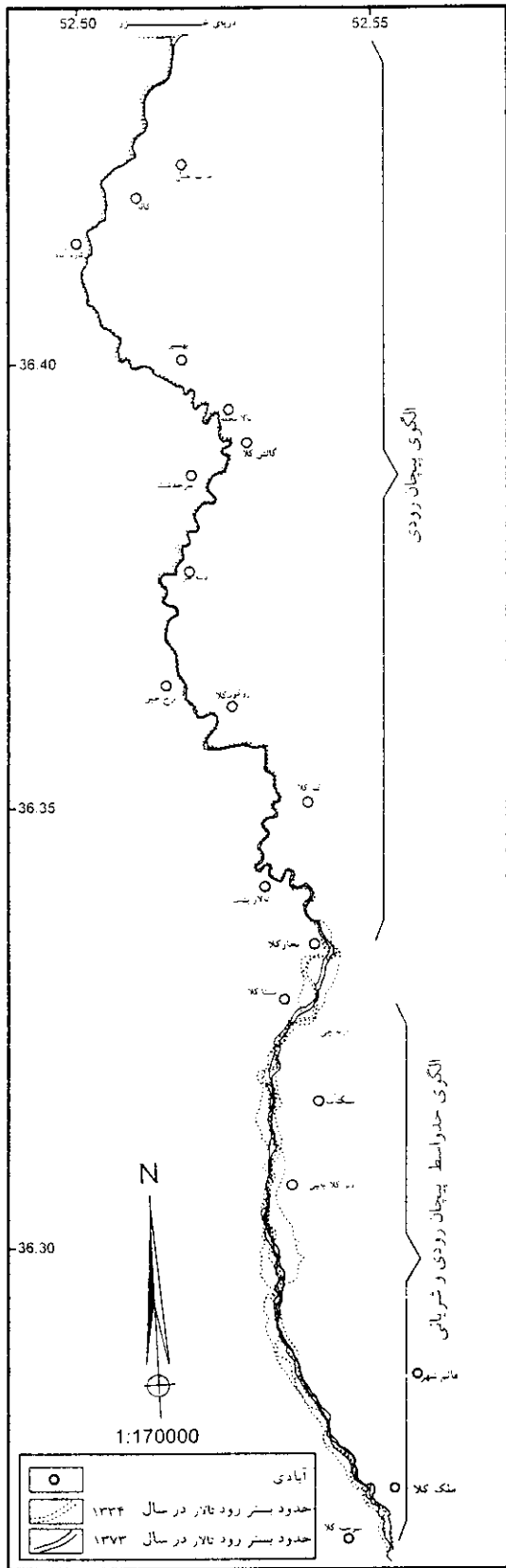
$\mu$  = گران روی مایع

$\gamma$  = وزن مخصوص مایع

$$Re = \frac{YRS}{\mu} \frac{D^{0.5} P F^{0.5}}{\mu}$$

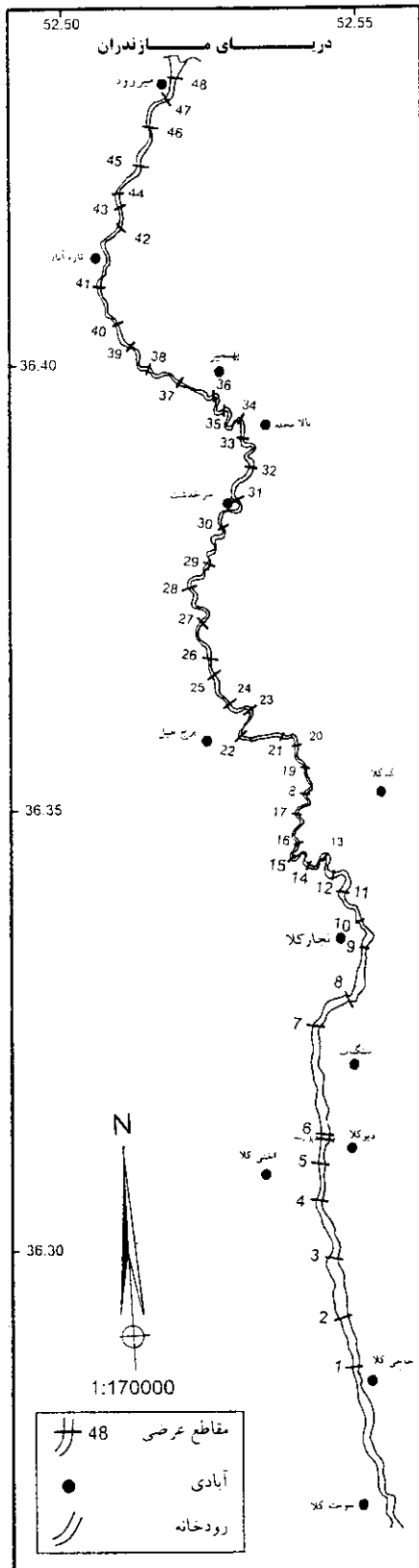
برای هر قسمت مجرای رود تمام عناوین سمت راست معادله فوق می‌تواند اندازه‌گیری و به این ترتیب FS محاسبه گردد.

نقشه شماره ۲ مقایسه تغییرات ستر رود تالار طی سالهای ۱۳۳۴ - ۷۳



این نقشه از روی عکسهای هوایی سال ۱۳۳۴ و سال ۱۳۷۳ دیجیتیزه و تعدیل مقاس شده است.

نقشه شماره ۳ مسیر رودخانه تالار در محل مقاطع عرضی



این نقشه از روی عکسهای هوایی ۱۴۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳ دیجیتیزه و تعدیل مقاس شده است.

جدول ۲- نتیجه محاسبات فرسایش پذیری بستر رودخانه تالار با استفاده از معادلات آستانه حرکت (نقشه ۳)

ردیف	شماره مقطع	عدد رینولدز مرزی	نتیجه
۱	۱	۵۳۰۰	شروع فرسایش بستر
۲	۲	۵۳۲۰	بستر در حال فرسایش
۳	۳	۴۴۰۰	بستر در حال فرسایش
۴	۴	۳۸۰۰	بستر در حال فرسایش
۵	۵	۲۶۰۰	بستر در حال فرسایش
۶	۶	۳۴۰۰	بستر در حال فرسایش
۷	۷	۳۷۰۰	بستر در حال فرسایش
۸	۸	۳۴۰۰	بستر در حال فرسایش
۹	۹	۴۲۰۰	بستر در حال فرسایش

### بررسی تغییرات بستر رودخانه تالار با استفاده از مدل کامپیوتری EHC-6<sup>(۱)</sup>

هدف از مطالعه در این روش، تعیین دقیق موقعیت و عمق محدوده‌های فرسایش‌پذیر و رسوب‌گذار رودخانه تالار برای یک دوره آماری است.

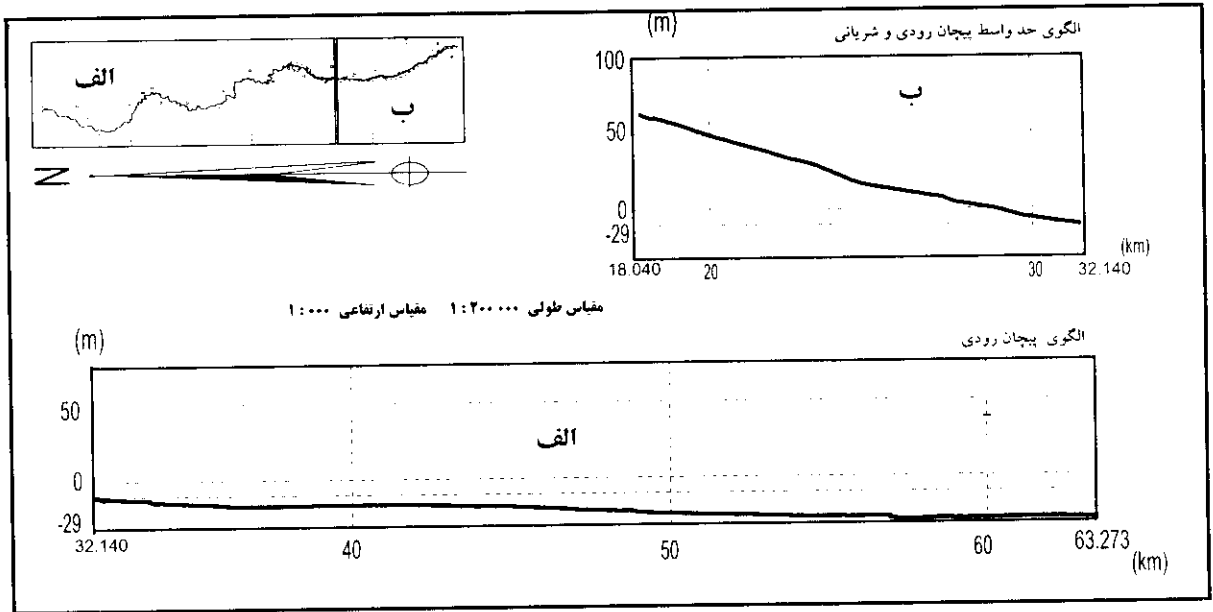
این مطالعه با مدل HEC-6 و با استفاده از یک دوره آماری ۳۹ ساله در رودخانه و در نظر گرفتن شرایط مختلف جریان رود در این دوره آماری، اعم از سیلابهای پرآبی، کم آبی و تعدادی سیل متوسط صورت گرفت. از طرف دیگر، اطلاعات مورد نیاز مدل، شامل موقعیت، شکل هندسی، میزان ضرایب زبری با توجه به تنوع پوشش گیاهی، منحنی‌های دانه‌بندی رسوب بستر در طول رودخانه، عمق لایه زرهی<sup>(۲)</sup> در نقاط مختلف رودخانه، دبی‌های درازمدت جریان در طول دوره آماری مورد مطالعه و درجه حرارت آب تامین گردید. پس از جمع‌آوری و تهیه اطلاعات فوق‌الذکر، ضمن بررسی و تجزیه و تحلیل بر روی اطلاعات بدست آمده، داده‌های مورد نیاز مدل آماده و تحلیل کامپیوتری گردید.

در شرایط موجود، در قسمت ابتدایی مسیر رودخانه (از پل ملک کلا تا پل نجار کلا، نقشه شماره ۲) در محدوده‌ای که دارای الگوی حد واسط مئاندری و شریانی است، اعداد و ارقام محاسبه شده از مدل، مبین فرسایش چشمگیر بستر رودخانه می‌باشد، بطوری که پروفیل طولی بستر رودخانه نیز حاکی از گود شدن این قسمت از بستر رودخانه در اثر فرسایش است (شکل شماره ۱ الف). اما در قسمت انتهایی با الگوی مئاندری (از پل نجار کلا تا دریا، نقشه شماره ۲)، به دلیل کاهش شیب بستر رودخانه از یک طرف و فاکتور اثر نوسانات سطح آب دریای مازندران از طرف

۱- سری برنامه‌های HEC از مدل‌هایی هستند که امروزه از آنها در زمینه‌های مختلف مطالعات هیدرولوژی و هیدرولیک استفاده می‌شود. مدل HEC-6 جهت برآورد رسوبگذاری و کف کنی در رودخانه و مخازن سدها تدوین شده است. این مدل، جهت اجرا به چهارگروه اطلاعات مختلف نیازمند است که عبارتند از: الف) داده‌های مربوط به شکل هندسی رودخانه ب) اطلاعات مربوط به مواد رسوبی ج) داده‌های هیدرولوژی د) شرایط حدی هیدرولیکی پایین دست. این مدل براساس اطلاعات موجود و با توجه به پربودهای زمانی که به آن معرفی می‌شود، تغییرات بستر را بدست آورده، سپس محاسبات را براساس شرایط جدید بستر که در محاسبات قبلی بدست آمده، یکبار دیگر تکرار می‌کند.



شکل ۱- نیمرخ طولی رودخانه تالار



ماخذ . سازمان آب منطقه ای استان مازندران

دیگر، بستر رودخانه، پایدار و حتی در نقاطی از آن رسوبگذاری صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از مدل با نتایج حاصل از بازدیدهای میدانی مطابقت دارد.

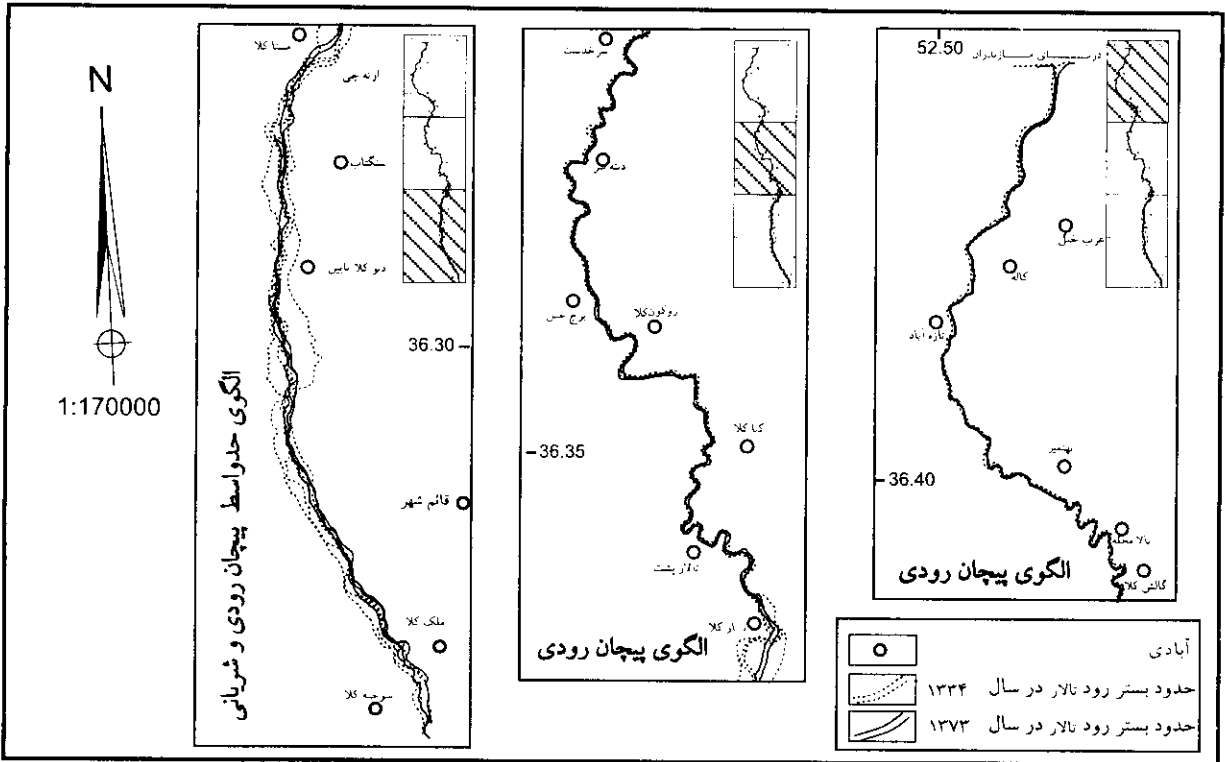
### بررسی تغییرات بستر رودخانه تالار با استفاده از روش میدانی

در این روش ابتدا با برداشت ارتفاع کف رودخانه در محل مقاطع عرضی تعیین شده و تهیه یک پروفیل طولی از بستر رودخانه (شکل شماره ۱ الف و ب)، وضعیت و تغییرات بستر با استفاده از پروفیل طولی تهیه شده، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بازدیدها و مشاهدات میدانی از مسیر رودخانه تطبیق داده شد. در نهایت، بررسی رودخانه نشان داده است که در رودخانه تالار با توجه به شیب طولی قابل ملاحظه آن (شکل شماره ۱ ب)، میزان فرسایش پذیری بستر در قسمت‌های مختلف آن یکسان نیست. به گونه‌ای که از منطقه ملک‌کلا تا کیا کلا (نقشه شماره ۴) فرسایش قابل ملاحظه‌ای در بستر رودخانه مشاهده می‌گردد و از منطقه کیا کلا تا دریا به دلیل تأثیر شرایط پایین دست (شرایط دریا)، اولاً از میزان شیب طولی رودخانه کاسته شده (شکل شماره ۱ الف)، و ثانیاً بستر رودخانه اغلب رسوب‌گذار بوده تا فرسایش پذیر.

### بررسی تغییرات پلان رودخانه تالار به روش تاریخی

در این بخش، تغییرات الگو و پلان رودخانه به صورت کلی مورد بررسی قرار گرفته است. علت انتخاب این شیوه آن است که بتوان علاوه بر بررسی تغییرات سیمای کلی رودخانه، ایده‌ای کیفی و کمی از میزان و درجه تحولات و پایداری بخش‌های مختلف رودخانه بدست آورد و از این رهگذر بتوان به یک نقشه پهنه‌بندی از دیدگاه مرفولوژی دست یافت.

نقشه ۴- مقایسه تغییرات بستر رود تالار طی سالهای ۷۳-۱۳۳۴ و پهنه بندی الگوی مسیر



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

در این روش، تغییرات الگو یا پلان کلی رودخانه از نظر پارامترهای هندسی و مورفولوژی رودخانه با استفاده از مقایسه عکسهای هوایی، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و عملیات کارتوگرافی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین در این روش، مطالعه برای یک مقطع زمانی خاص (منابع موجود) انجام می‌گیرد. در این شیوه، بررسی گرافیکی و روش برازش حلقه‌های پیچانرودی با قوس دواپر، کاربرد بیشتری دارد. (۱)

بررسی تغییرات پلان رودخانه تالار به روش گرافیکی (ترسیمی)

تغییرات الگوی رودخانه تالار با استفاده از دو سری عکسهای هوایی موجود از منطقه، مورد بررسی قرار گرفته است. عکسهای موجود، مربوط به سالهای ۱۳۳۴ با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ از سازمان جغرافیایی ارتش و ۱۳۷۳ با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ از سازمان نقشه برداری کشور می‌باشد.

برای بررسی تغییرات مسیر رودخانه تالار، ابتدا عکسهای هوایی دو دوره به تفکیک اسکن شده، سپس با استفاده از دستگاه دیجیتایزر برداشت شده‌اند. نقشه دیجیتایز شده در نهایت در محیط نرم‌افزاری، هم مقیاس گردیده و مسیر

رودها با لایه بندی، روی هم منطبق گردیده اند. سر انجام، با استفاده از موقعیت جغرافیایی مسیر راههای ارتباطی (جاده بهنمیر - قائم شهر به موازات رود و جاده بابل - قائم شهر عمود بر مسیر رود)، پل های موجود بر رودخانه و میدین و مکانهای مشترک بر روی عکسها بعنوان نقاط و امتدادهای مشترک در عکس های هر دو دوره، تطبیق داده شد. سپس کار بررسی جابجایی ها و تغییرات پلان رودخانه صورت گرفت (نقشه شماره ۴).

نتایج بدست آمده از این بررسی نشان می دهد که رودخانه طی دوره ۳۹ ساله، جابجایی چندانی نداشته است و تغییرات جزئی به قسمت های علیای مسیر مورد مطالعه (پل ملک کلا تا نجار کلا - نقشه شماره ۴) که رودخانه دارای الگوی حدواسط مئاندری و شریانی است، محدود می شود. از جمله این تغییرات می توان به افزایش عرض رودخانه از طرف ساحل راست، در پایین دست پل ملک کلا و کاهش عرض رود در محل پل سنگتاب اشاره کرد (نقشه شماره ۲). از طرف دیگر، الگوی پلان رودخانه تقریباً بدون تغییر بوده و تمایل به سمت مغرب یا مشرق در آن ملاحظه نشده و تغییرات عرضی رودخانه محدود به قسمت های علیای رود می شود که آن نیز بطور کلی و خصوصاً در پایین دست پل نجار کلا کم است. علیرغم اینکه رودخانه به شدت پیچانرودی می باشد، ولی فرسایش در سواحل رود و طی دوره ۳۹ ساله محسوس و قابل توجه نیست و تغییری در الگوی رودخانه صورت نگرفته است.

در این مطالعه از نظر بررسی تغییرات پلان رودخانه تالار، روش برازش حلقه های مئاندر با قوس دوایر، نتیجه ای را نشان نمی دهد؛ زیرا در قسمت های علیای رود که تغییرات جزئی در مسیر رود مشاهده شده است، الگوی پیچانرودی حاکمیت ندارد. از طرف دیگر، در محدوده ای که الگوی پیچانرودی دارد (از پل نجار کلا تا دریا، نقشه شماره ۲) هیچگونه تغییری در الگو و پلان رودخانه مشاهده نشده تا بتوان از این روش استفاده کرد، زیرا این روش برای بررسی رودخانه هایی بکار می رود که در فاصله دو دوره، تغییراتی را متحمل شده اند. از طریق برازش دوایر بر قوسهای مسیر رود (مربوط به دو دوره) و محاسبه پارامترهای هندسی رودخانه (ضریب خمیدگی، طول موج، شعاع، زاویه مرکزی، ...) در هر دو مسیر و مقایسه داده های حاصله به روش آماری، خصوصاً ترسیم نمودار مربوط به هر پارامتر هندسی در هر یک از دوره های زمانی، مقادیر کمی تغییرات رودخانه به صورت جزئی (یعنی برای هر قوس) محاسبه می شود و حتی می توان به ضرایب در خصوص میزان تغییرات آتی مسیر رود پی برد.

### نتیجه گیری

حاصل بررسیهای بعمل آمده روی الگوی رودخانه تالار آن است که رودخانه در قسمت علیای جلگه خصوصاً بر روی مخروط افکنه (از پل ملک کلا تا پل نجار کلا) در وضعیت ناپایدار بوده و از نظر دینامیکی فعال است و همچنان در حال تغییر و جابجایی و ایجاد پیچ و خم های جدید و تغییر در ضرایب پیکرشناسی خود می باشد. در مقابل، در قسمت انتهایی (پل نجار کلا تا دریا) هیچ گونه تغییری در الگوی رودخانه در فاصله زمانی مورد مطالعه مشاهده نشده است. هر چند در این قسمت نیز به صورت جزئی و محدود در قسمت های خارجی قوسها، تغییرات جزئی صورت گرفته است که البته اینگونه تغییرات در فاصله ۳۹ ساله نتوانسته تغییری در الگوی کلی مسیر رودخانه تالار ایجاد کند، ولی این امر نشان دهنده تغییرات بسیار بطئی و کند رودخانه تالار می باشد. علاوه بر این، رودخانه هنوز تعادل دینامیکی نهایی خود را بدست نیاورده است. از طرف دیگر، نگرانی چندانی در خصوص تغییرات اساسی، البته با حفظ شرایط محیطی طبیعی و

مصنوعی<sup>(۱)</sup> فعلی در آینده وجود ندارد.

از جمله نتایج دیگر در این مطالعه، وجود یافته‌های تقریباً مشابه در خصوص تغییرات الگوی رودخانه تالار با استفاده از روشهای مختلف بررسی تغییرات رودخانه‌ای می‌باشد. در این بین، روش گرافیکی ساده‌ترین و سریع‌ترین روش جهت فهم الگوی کلی رودخانه در فواصلی از زمان است که عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهند. هر چند این روش، به صورت کیفی بیان‌کننده تغییرات الگوی رودخانه است.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبارات شورای پژوهشی دانشگاه تهران انجام گردیده است که بدینوسیله از ایشان قدردانی می‌گردد.

## منابع و مآخذ

- ۱- انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۷۶، کمیته مهندسی رودخانه، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب در رودخانه.
  - ۲- پورکرمانی، محسن و مهران، آرین، ۱۳۷۲، مرفولوژی رودخانه‌ها و تکتونیک فعال، پنجمین سمینار مهندسی رودخانه
  - ۳- تلوری، عبدالرسول، ۱۳۶۸، بررسی پدیده پیچان رود و فرسایش رودخانه‌ای در قسمتی از رودخانه کارون، کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی.
  - ۴- سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران، ۱۳۷۵، طرح تثبیت سواحل و بستر رودخانه‌های تالار و بابل.
  - ۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شماره‌های I-۶۵۶۲، II-۶۵۶۳.
  - ۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴
  - ۷- سازمان نقشه برداری کشور، عکس‌های هوایی، مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳.
  - ۸- فولادفر. حسام و نادر، رضایی، ۱۳۷۲، بررسی تغییرات پلان رودخانه کارون در پایین دست اهواز، پنجمین سمینار مهندسی رودخانه.
  - ۹- مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب جهاد سازندگی، رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها، کارگاه آموزشی، مهندسی رودخانه.
  - ۱۰- وزارت نیرو (تمآب)، دفتر توسعه منابع آب، مطالعات شناسایی تکمیلی و طرح جامع توسعه منابع آب و خاک منطقه ساحلی دریای خزر، جلد سوم، بخش هیدرولوژی
- 11- Beatty. D.A.1984. Discussion of channel migration and incision on the Beaton River, Journal of Hydraulic Engineering.
  - 12- Gardiner, T. 1983. Some Factors Promoting channel bank erosion, River lany, County Down. Journal of Earth Science, 231-239.
  - 13- BRICE.J.C. April 1974. Evolution of meander Loops. Geological Society of America Bulletin.V.85.P.581-586.
  - 14- CARSIN.M.A July 1986. Characteristics of high-energy meandering rivers: The Canterbury Plains, New Zealand. Geological Society of America Bulletin.V.897P.886-895.
  - 15- CARSON.M.A and APOINTE .M. A.F, 1983. The inherent Asymmetry of River Meanders Planform.Journal of Geology. Vol. 97, P47 - 55.
  - 16- CHANG.T.P. and to edes. G.H. April 1970. Astatistical Comparison of Meander Planforms in the Wabash Basin. Water Resources Research.
  - 17- CHORLEY.R.J. 1971. Introduction to Fluvial Processes. Methurenice LTD.
  - 18- DENG.Z.Q. 1999. Mechanism and Conditions for Change in channel Pattern. Journal of Hydroulic Research Vol.37. No.4

- 19- FURBISH.D.J-River, August 1988. bendcurvature and Migration: *Geology*.V.16.P.752-755.
- 20- HICKIN.E.J.and NANSON.G.C. 1975, the charcter of channal Migration on the Beatton R. Northwestern British Columbia, Canada: *Geol.Soc.America Bull.*, V.86,P.487-494.
- 21- LEOPOLD.L.B and LANGBEIN.W.B. 1957. The Striking Geometric Vegularity of a Winding River Isho Accident - *The Journal of Geology* V.83.N5. September.
- 22- LEOPOLD.L.B. and WOLMAN.M.G.1900.River Meanders: *Geol.SOC.America Bull.*V.71,P.769-794.
- 23- ONEILL P. MICHAEL. 1987. Meandering Channal Patterns: Analysis and Interpertation. for the degree Doctor of Philosphy.State University of Newyork at Buffalo-April.
- 24- THORNE.C.R.HEY.R.D. and NEW SON.M.D. 1997. *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Jhon Wiley sons.Ltd.