

## بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ شرق گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو

\*امین محمدی استادکالیه<sup>۱</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۱</sup> و سینا علاقمند<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>به ترتیب مربی گروه منابع طبیعی مجتمع آموزش‌های گنبد و دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی رودخانه دانشگاه USM مالزی

تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۲۵

### چکیده

یک رودخانه به دفعات مقطع عرضی، پروفیل طولی، دوره جریان و الگوی خود را به وسیله فرآیندهای آب‌شستگی، انتقال و ته‌نشینی رسوب تغییر می‌دهد. به‌منظور پایدار نمودن توسعه فرهنگی و اقتصادی در مناطق مجاور یک رودخانه درک این فرآیندها ضروری می‌باشد. رودخانه مادرسو با طولی بالغ بر ۱۰۵ کیلومتر از جمله رودخانه‌های مهم حوضه آبخیز گرگانرود بوده که از ارتفاعات تنگراه و اسماعیل‌خان سرچشمه گرفته و پس از اتصال شعبات فرعی دیگری به آن در محل دهکده حاجی قوشان از سمت چپ به گرگانرود می‌پیوندد. وقوع سیل ویرانگر مرداد ماه ۱۳۸۰ با دبی عبوری بالغ بر ۱۶۵۰ مترمکعب بر ثانیه در این رودخانه، علاوه بر ایجاد تلفات جانی و مالی بسیار در طول مسیر خود باعث ایجاد تغییرات شگرف بر مورفولوژی آن شده است. در تحقیق حاضر به‌منظور بررسی و شناخت نقش این سیل بر ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه مادرسو و تعیین سطح اراضی تخریب شده در محدوده این رودخانه، ابتدا اقدام به انتخاب بازه‌ای به طول ۳۰ کیلومتر در مسیر رودخانه گردید. جهت بررسی خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه در دوره قبل از وقوع سیل، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ رقومی شده توسط سازمان جغرافیایی ارتش و تصاویر TM و ETM+ ماهواره لندست مربوط به جولای سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از نتایج اندازه‌گیری‌های عرض و عمق متوسط رودخانه که به فواصل ۳۰ متری در سال ۱۳۷۹ انجام گرفته بود، استفاده گردید. علاوه بر این، جهت بررسی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه پس از وقوع سیل، از نقشه‌های پلان و پروفیل طولی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و پروفیل عرضی با مقیاس ۱:۱۰۰ در محدوده بازه مورد مطالعه که در سال ۱۳۸۲ برداشت شده است، استفاده گردید. در هر بخش ضرایب مربوط به مورفولوژی رودخانه اعم از طول موج، طول مئاندر، شعاع انحنا متوسط، دامنه نوسان و ضریب سینوسی شدن مورد محاسبه قرار گرفت. با بررسی مقادیر عرض و عمق متوسط بازه در دو دوره زمانی قبل و بعد از وقوع سیل مشخص شد که در محدوده مورد بررسی بالغ بر ۱۳۸ هکتار از اراضی حاشیه رودخانه در اثر وقوع سیل تخریب شده و به بستر سنگلاخی رودخانه تبدیل شده‌اند. مقایسات آماری نشان داد که بعضی از خصوصیات مورفولوژیکی شامل: طول قوس، طول موج، شعاع قوس و ضریب مئاندری در دو دوره قبل و بعد از سیل با هم تفاوت معنی‌داری پیدا نموده‌اند. ضمن آنکه بیش از ۷۵ درصد مئاندرهای خیلی توسعه یافته، از بین رفته و یا به انواع دیگری از مئاندر تبدیل شده‌اند. در ضمن با توجه به نقش سیلاب‌ها در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه، تخریب اراضی و تأسیسات مجاور آن پیشنهاد می‌گردد که تحقیقات مشابه در بازه‌های دیگر رودخانه گرگانرود و سایر نواحی کشور انجام پذیرد.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی رودخانه، مئاندر، ضریب سینوزیته، سیل، رودخانه مادرسو



## مقدمه

تمدن و توسعه اقتصادی یک جامعه با توانایی پیشینه کردن بهره‌ها و کمینه کردن خسارات ناشی از رودخانه‌ها رابطه نزدیک دارد. یک رودخانه به دفعات مقطع عرضی، پروفیل طولی، دوره جریان و الگوی خود را به وسیله فرآیندهای آب‌شستگی، انتقال و ته‌نشینی رسوب تغییر می‌دهد. به منظور پایدار نمودن توسعه فرهنگی و اقتصادی در مناطق مجاور یک رودخانه درک این فرآیندها ضروری می‌باشد (کوچک‌زاده و یوسفی، ۱۳۸۰). تغییر و جابه‌جایی‌هایی که در اثر روند طبیعی و یا توسعه‌طلبی ناهنجار بشری در راستای مسیر و ابعاد هندسی رودخانه رخ می‌دهد، نتیجه منطقی عکس‌العمل سیستم رودخانه در جهت برقراری موازنه جدید می‌باشد. از این رو برخورد با رودخانه باید کاملاً هوشیارانه و مبتنی بر قواعد خاص حاکم بر آن باشد، زیرا هر گونه تغییر، هر چند موضعی، در ساختار رودخانه موجب یکسری تحولات جدید در محدوده گسترده‌تری از آن خواهد بود که لازم است قبل از اعمال هر نوع اقدامی، عکس‌العمل رودخانه به آن پیش‌بینی گردد (تلوری، ۲۰۰۴). به عبارت دیگر، هرگاه تغییری چه طبیعی و چه مصنوعی در رودخانه صورت گیرد رودخانه نسبت به شرایط جدید عکس‌العمل نشان داده و سعی می‌کند با شرایط جدید به تعادل برسد.

گرچه در بسیاری از مناطق جهان بررسی‌های متعددی بر روی پدیده مماندری شدن رودخانه‌ها صورت گرفته است، اما به دلیل پیچیدگی فرآیندهای مختلف حاکم بر پدیده مماندری شدن که ناشی از تفاوت در ویژگی‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژیکی و بسیاری از عوامل دیگر است و همچنین به دلیل تفاوت و تغییر شرایط از رودخانه‌ای به رودخانه‌ای دیگر، کاربرد نتایج ارائه شده با محدودیت‌های جدی مواجه‌اند (داورپناه، ۱۳۸۱؛ جولیان، ۲۰۰۲).

آلباسین (۱۳۷۹) به بررسی رابطه بین شعاع موج و طول موج در رودخانه‌های دز و کارون پرداخت. مرید (۱۳۸۳) به بررسی تغییرات رودخانه کارون براساس ۴

سری تصویر ماهواره‌ای *Land Sat* و *IRS* پرداخت. نتایج وی نشان داده است که خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر بوده و تراکم و اندازه انحنا قوس‌ها به سمت پایین دست جابجا شده است. غریب‌رضا و معصومی (۱۳۸۵) در بررسی مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندوچان در طی یک دوره ۳۵ ساله نتیجه‌گیری کردند که در طی دوره مورد مطالعه تعداد مماندرها از ۴۳ عدد در ابتدای دوره به ۴۸ عدد افزایش پیدا کرده است در حالیکه ضریب خمیدگی رودخانه از ۳/۵۹ به ۳/۰۶ کاهش یافته است.

برتولدی و بیلی (۲۰۰۲) در بررسی اثر شدت سیل بر مورفولوژی بخشی از رودخانه سینا نتیجه‌گیری نمودند که سیلاب‌های کوچک، مماندرهای رودخانه را به سمت پایین‌دست منتقل می‌کنند در حالیکه سیلاب‌های بزرگ با ادغام و از بین بردن بعضی از مماندرها باعث کاهش میزان ضریب سینوزیته و تعداد مماندرها می‌شوند و به توسعه الگوی مستقیم در رودخانه منجر می‌شوند. بطور طبیعی سیلاب‌های بزرگ جزء مؤثرترین و عمده‌ترین فاکتورهای جابجایی طولی مماندرها بوده و روی طول موج مماندر نیز تأثیر گذارند. در مورد سیلاب‌های کوچکتر، اصل بر جابجایی عرضی خم مماندر بوده و عمده تأثیر بر روی دامنه موج مماندر است (تلوری، ۱۳۸۳؛ هوشر و همکاران، ۲۰۰۶).

بارش باران‌های شدید در روزهای ۱۹ و ۲۰ مرداد ۱۳۸۰ در نواحی شرقی استان گلستان منجر به رخداد سیل ویرانگری گردید که این سیل خسارت‌بارترین سیل رخ داده سال ۱۳۸۰ در ایران و یکی از خسارت‌بارترین سیل‌های سال ۲۰۰۱ میلادی در سطح جهان بود (مساعدی، ۱۳۸۰). بر اثر این سیل ۲۴۳ نفر کشته و ۱۹۰ نفر مفقود شدند، همچنین حدود ۶۱۸ میلیارد ریال خسارت مالی به بار آمد (علیچانی و گل‌پرنیان، ۱۳۸۳). وقوع سیلاب مخرب با دبی عبوری بالغ بر ۱۶۵۰ مترمکعب بر ثانیه در محدوده رودخانه مادرسو علاوه بر ایجاد تلفات جانی و مالی بسیار در طول مسیر، باعث



گرگانرود است که از ارتفاعات تنگراه و اسماعیل‌خان سرچشمه گرفته و پس از اتصال شعبات فرعی دیگری به آن در محل روستای حاجی‌قوشان از سمت چپ به گرگانرود می‌پیوندد (سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). دبی متوسط مادرسو در ایستگاه تنگراه در طی یک دوره آماری ۲۵ ساله در حدود ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (مساعدی، ۱۳۸۰). در تحقیق حاضر به منظور بررسی نقش سیل ویرانگر مرداد ۱۳۸۰ شرق استان گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو ابتدا اقدام به انتخاب بازه‌ای به طول ۳۰ کیلومتر در مسیر رودخانه گردید. در جدول ۱ مختصات جغرافیایی نقاط ابتدا و انتهای بازه مورد بررسی آورده شده است. همچنین در شکل ۲ پلان رودخانه مادرسو و فاکتورهای مورفولوژیکی یکی از مماندرهای رودخانه نمایش داده شده است.

ایجاد تغییرات شگرف بر مورفولوژی آن شده است (فرازجو، ۱۳۸۲). بخشی از مسیر رود مادرسو از پارک ملی گلستان (جنگل گلستان) عبور می‌کند. در شکل ۱ مسیر عبور این سیل در پارک ملی گلستان نشان داده شده است.

هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی و شناخت نقش سیل ویرانگر مرداد ۱۳۸۰ بر ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه مادرسو، از قبیل طول موج، طول مماندر، عرض مماندر، شعاع انحنا متوسط، دامنه نوسان و ضریب سینوسی شدن و مقایسه آماری ضرایب مورفولوژیکی در طی دو دوره زمانی قبل و بعد از وقوع سیل و تعیین سطح اراضی تخریب شده در محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

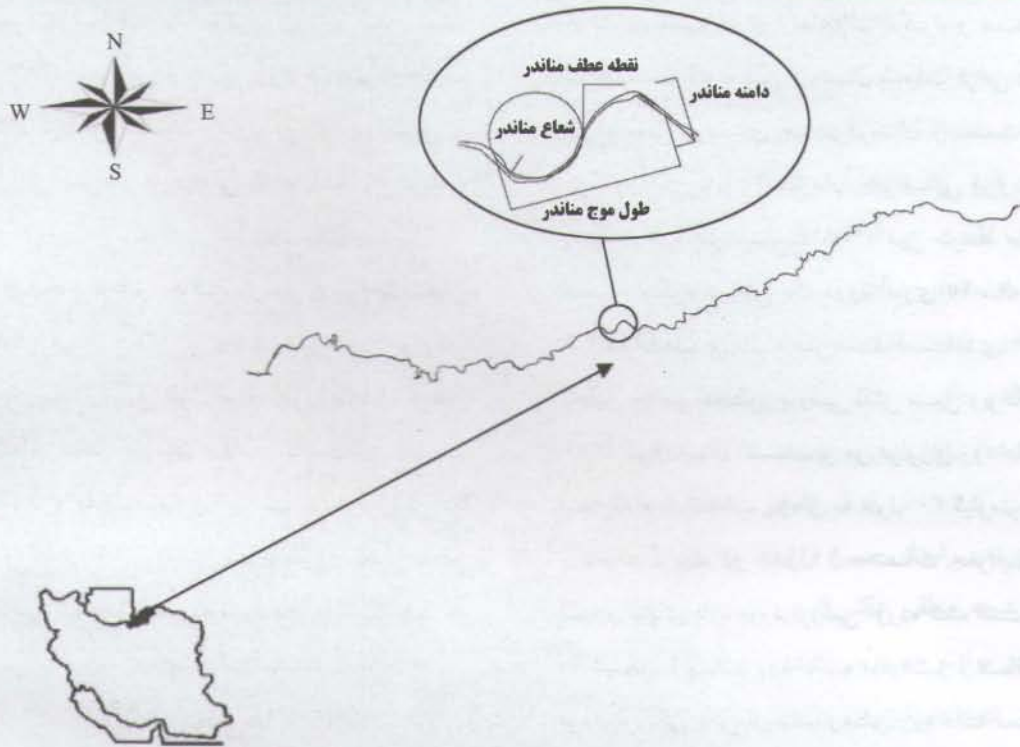
رودخانه مادرسو با طولی بالغ بر ۱۰۵ کیلومتر و شیب متوسط ۱ درصد از جمله رودهای مهم حوضه آبخیز



شکل ۱- مسیر عبور سیل در رود مادرسو در بخشی از پارک ملی گلستان (یک هفته پس از وقوع سیل در مرداد ۱۳۸۰).

جدول ۱- مختصات جغرافیایی بازه مورد مطالعه.

مختصات نقطه شروع بازه		مختصات نقطه خاتمه بازه	
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۳۷° ۲۳' ۴۵"	۵۵° ۴۶' ۰۱"	۳۷° ۲۴' ۰۲"	۵۵° ۴۵' ۳۷"



شکل ۲- پلان رودخانه مادرسو در بازه مورد مطالعه و فاکتورهای مورفولوژیکی یکی از مناندرهای رودخانه (فاقد مقیاس).

باندهای ۳، ۴ و ۵ انتخاب گردید. در ضمن دقت نتایج حاصله متأثر از قدرت تفکیک تصاویر می‌باشد و هر اندازه قدرت تفکیک تصاویر مورد استفاده بالاتر باشد، نتایج حاصل نیز دقت بالاتری خواهند داشت. از این رو جهت استفاده از حداکثر قدرت تفکیک تصاویر، تصویر *RGB* بدست آمده با باند *Pan* ادغام گردید (قدرت تفکیک تصاویر *RGB*، ۲۹ متر و باند *Pan* تصاویر لندست ۱۴/۵ متر می‌باشد). همچنین جهت بررسی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه پس از وقوع سیل، از نقشه‌های پلان با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و همچنین از پروفیل-های طولی (با مقیاس ۱:۲۰۰۰) و عرضی (با مقیاس ۱:۱۰۰) بازه که در سال ۱۳۸۲ توسط شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان برداشت شده است، استفاده گردید.

به‌منظور تعیین فاکتورهای مورفولوژیکی مناندرهای موجود در قبل و پس از وقوع سیل و تعیین میزان تخریب اراضی حاشیه رودخانه در محدوده مورد مطالعه، ابتدا اقدام به شناسایی مناندرهای موجود و سپس تعیین

جهت بررسی خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه مادرسو قبل از وقوع سیل از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ رقومی شده توسط سازمان جغرافیایی ارتش و تصاویر *TM* و *ETM+* ماهواره لندست مربوط به جولای سال ۲۰۰۰ و نرم‌افزار *ILWIS* استفاده شده است. جهت آماده‌سازی تصاویر برای تعبیر و تفسیر و کاهش خطاها، عملیات پیش پردازش بر روی تصاویر انجام گرفت. پیش‌پردازش تصاویر باعث کاهش خطاهای ایجاد شده در تصویر شده و تصویر را به واقعیت موجود در زمین نزدیک می‌کند. پیش‌پردازش‌های اعمال شده شامل تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریک و ژئورفرنس نمودن تصاویر می‌باشد. نهایتاً جهت تفسیر بهتر تصاویر رنگی مرکب (*RGB*) ساخته شدند. جهت تهیه مناسب‌ترین تصویر رنگی که در آن عوارض مختلف و بخصوص رودخانه بخوبی نمایان باشد، شاخص‌های متفاوت، نسبت بین باندهای مختلف و ماتریس همبستگی برای هر سری از تصاویر بررسی شده و نهایتاً ترکیب



و مقایسه مماندرها با اشکال هندسی نزدیک به آنها، مشخص گردید که تطبیق شکل مماندرها با منحنی سینوسی غیرممکن است، زیرا در مقایسه قوس‌ها با یکدیگر معلوم شد که نه تنها حلقه قوس‌ها با یکدیگر شباهت ندارد، بلکه اندازه آنها با یکدیگر نیز متفاوت بوده بطوریکه حتی دو مماندر از لحاظ شکل و اندازه مانند هم نمی‌باشند.

**تعداد مماندرها:** بررسی پلان بازه مورد مطالعه نشان داد که تعداد مماندرهای رودخانه مادرسو از ۴۱ مماندر در قبل از وقوع سیل ۱۳۸۰ به ۲۸ مماندر پس از وقوع سیل کاهش یافته‌است که با نتایج برتولدی و بیلی (۲۰۰۲) که به بررسی اثر سیلاب‌های با شدت متفاوت بر مورفولوژی رودخانه پرداخته بودند، مطابقت دارد. در جدول ۲ مشخصات آماری مماندرهای مورد بررسی ارائه شده است.

**زاویه مرکزی مماندر:** نتایج حاصل از تعیین مقادیر فراوانی زاویه مرکزی قوس‌های رودخانه مادرسو در قبل و بعد از وقوع سیل در جدول ۳ درج گردیده است.

با توجه به جدول ۳ مشخص می‌شود که بیشترین فراوانی زاویه مرکزی بازه مورد مطالعه در دو دوره زمانی قبل و بعد از سیلاب مربوط به حالت ماندری توسعه یافته است. ضمن اینکه تعداد مماندرهای خیلی توسعه یافته ۱۷ مورد قبل از وقوع سیلاب، به ۴ مورد بعد از وقوع سیلاب کاهش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد که این سیل بیشترین تأثیر را بر روی مماندرهای خیلی توسعه یافته داشته و بسیاری از آنها را حذف و یا جابجا نموده است. در ضمن در طول بازه مورد مطالعه اشکال شبه مماندری و شاخه گاوی مشاهده نشد.

مشخصات هندسی مماندرها از قبیل طول موج مماندر (فاصله افقی بین دو نقطه متناظر از دو حلقه پیچانرود متوالی واقع بر محور رودخانه)، طول قوس مماندر (طول خط مرکزی رودخانه، از یک نقطه عطف تا نقطه عطف انحنای بعد)، شعاع انحنای (شعاع دایره‌ای که بر قسمت عمده انحنای پیچانرود مماس است)، زاویه مرکزی مماندر (زاویه بین دو شعاع متصل به نقاط عطف هر قوس) و دامنه نوسان در دو دوره قبل و بعد از وقوع سیل در محیط نرم‌افزار اتوکد ۲۰۰۶ گردید. پارامترهای فوق در هر دوره با استفاده از مختصات سواحل راست و چپ رودخانه و با استفاده از روش‌های آنالیز ریاضی و هندسه تحلیلی محاسبه شدند. برای به‌دست آوردن دو پارامتر عرض و عمق متوسط رودخانه پس از وقوع سیلاب نیز، از مقاطع عرضی که با در مقیاس ۱:۱۰۰ تهیه و ترسیم شده‌اند، استفاده گردید. بدین منظور تعداد ۲۴۵ مقطع عرضی مورد بررسی قرار گرفت. جهت تکمیل اطلاعات موجود و برطرف کردن نواقص اقدام به انجام بازدیدهای صحرائی متعدد از قسمت‌های مختلف رودخانه شد. در ضمن به‌منظور تعیین وضعیت عرض و عمق رودخانه قبل از وقوع سیل از نتایج تحقیق میکائیلی و همکاران (۱۳۸۴) که به بررسی ساختار فیزیکی رودخانه مادرسو در سال ۸۰-۱۳۷۹ پرداخته بودند، استفاده گردید. جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری و مقایسه مشخصات مورفولوژیکی مماندرها در هر یک از دوره‌های زمانی قبل و بعد از سیل از آزمون  $T$  نمونه‌های مستقل در محیط نرم‌افزار *SPSS* استفاده گردید.

## نتایج و بحث

در اندازه‌گیری کمی پارامترهای مماندرهای رودخانه مادرسو در دو دوره قبل و بعد از رویداد سیل سال ۱۳۸۰



جدول ۲- مشخصات آماری مماندرهای مورد بررسی در رودخانه مادرسو در دوره زمانی قبل و بعد از وقوع سیل ۱۳۸۰.

پارامتر	علامت اختصاری	نام بازه	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	حدود معنی داری
طول قوس (متر)	L	قبل از وقوع سیلاب	۸۲۲	۱۷۴	۳۸۳/۷	۱۷۱/۶	*
		بعد از وقوع سیلاب	۱۵۳۹	۳۸۸	۸۷۱/۲	۲۹۶/۷	
طول موج (متر)	$\lambda$	قبل از وقوع سیلاب	۶۲۷	۶۳	۲۶۲/۹	۱۲۷/۹	**
		بعد از وقوع سیلاب	۱۴۰۲	۲۲۳/۵	۶۷۳/۱	۲۹۶/۶	
شعاع قوس (متر)	R	قبل از وقوع سیلاب	۱۸۰	۱۹	۷۹/۳	۴۱/۲	**
		بعد از وقوع سیلاب	۱۴۶۹/۵	۶۳	۲۷۴/۶	۲۹۳/۳	
دامنه نوسان (متر)	A	قبل از وقوع سیلاب	۳۷۷	۲۷	۱۲۱/۲	۷۲/۸	
		بعد از وقوع سیلاب	۳۸۸	۸۲/۲	۲۱۴/۹	۸۳/۴	
زاویه مرکزی مماندر	$\theta$	قبل از وقوع سیلاب	۲۹۲/۵	۶۴/۵	۱۵۵/۹	۶۰/۲	
		بعد از وقوع سیلاب	۲۱۵/۵	۴۲/۵	۱۲۴	۴۵/۴	
ضریب مماندر	L/ ( $\lambda/2$ )	قبل از وقوع سیلاب	۶۰۲	۲/۱۲	۳/۱	۱/۱	**
		بعد از وقوع سیلاب	۴/۵۳	۲/۰۵	۲/۷	۰/۵	

\*- معنی دار در حدود اطمینان ۵ درصد.

\*\* - معنی دار در حدود اطمینان ۱ درصد.

جدول ۳- میزان رشد حلقه‌های مماندری در رودخانه مادرسو در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سیل براساس مقدار زاویه مرکزی.

شکل رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)	وضعیت رودخانه	فراوانی
شبه مماندری	۰-۴۱	قبل از وقوع سیلاب	۰
		بعد از وقوع سیلاب	۰
مماندری توسعه نیافته	۴۱-۸۵	قبل از وقوع سیلاب	۵
		بعد از وقوع سیلاب	۶
مماندری توسعه یافته	۸۵-۱۵۸	قبل از وقوع سیلاب	۱۹
		بعد از وقوع سیلاب	۱۸
خیلی توسعه یافته	۱۵۸-۲۹۶	قبل از وقوع سیلاب	۱۷
		بعد از وقوع سیلاب	۴
شاخه گاوی	>۲۹۶	قبل از وقوع سیلاب	۰
		بعد از وقوع سیلاب	۰



شدید و افزایش عرض رودخانه در بازه مورد نظر مربوط دانست، که این نتیجه با نتایج برتولدی و بیلی (۲۰۰۲) که وقوع سیلاب‌های بزرگ را عاملی جهت کاهش ضریب خمیدگی رودخانه می‌دانند، مطابقت دارد. همچنین آزمون‌های آماری نشان دادند که ضرایب مماندری در دو دوره مورد مطالعه با هم در سطح اطمینان یک درصد اختلاف معنی دار دارند.

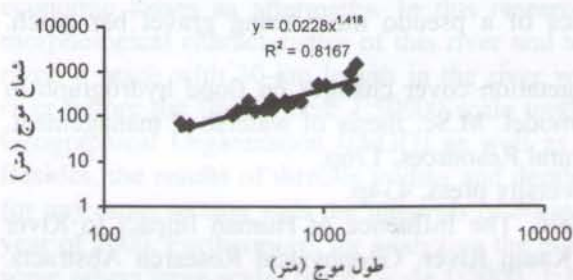
**شعاع مماندر:** بررسی مقادیر میانگین حسابی شعاع قوس‌ها در دو دوره زمانی مورد مطالعه، نشان داد که شعاع حلقه‌های مماندری در رودخانه مادرسو پس از وقوع سیل افزایش یافته‌است. این مطلب حاکی از توسعه

عرض متوسط رودخانه: بررسی‌های به‌عمل آمده نشان داد که وقوع سیل مورد نظر باعث ایجاد تغییرات شگرف در عرض رودخانه مادرسو شده است. همچنین حداکثر و حداقل عرض رودخانه قبل از وقوع سیلاب به ترتیب ۱۱ و ۶ متر بوده که پس از سیل به ترتیب به ۱۶۳/۳ و ۱۳/۵ متر رسیده است. در ضمن عرض متوسط رودخانه از ۸ متر به ۵۴ متر افزایش یافته است.

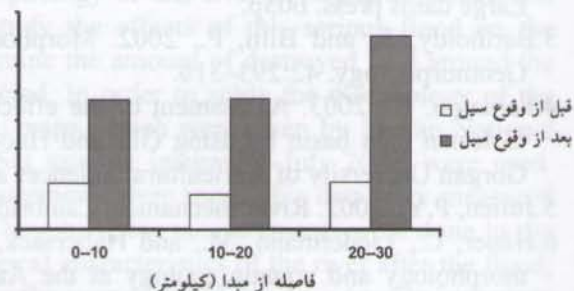
ضریب خمیدگی: نتایج حاصل از محاسبه مقدار ضریب خمیدگی، برای هر قوس نشان می‌دهد که ضریب خمیدگی در رودخانه پس از وقوع سیل از ۳/۱ به ۲/۷ کاهش یافته است که این امر را می‌توان به دلیل فرسایش

رودخانه مذکور مربوط دانست. در شکل ۳ هیستوگرام مقادیر شعاع مائندرها در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سیل در طول بازه مورد نظر نشان داده شده‌است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهند که در بازه مورد مطالعه می‌توان بین طول موج و شعاع انحنا یک رابطه غیرخطی برقرار نمود. در شکل‌های ۴ و ۵ رابطه بین طول موج و شعاع مائندرها در رودخانه مادرسو در دو دوره زمانی مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به این معادلات مشاهده می‌گردد که تأثیرپذیری شعاع انحنا از طول موج در دوره قبل از سیل بیشتر از دوره بعد از آن بوده‌است. ضمن آنکه رابطه همبستگی بین طول موج و شعاع انحنا در دوره قبل از سیل بیشتر از دوره بعد از آن می‌باشد. این مطلب با نتایج حاصل از تحقیق آلباسین (۱۳۷۹) در مورد رودخانه‌های دز و کارون مطابقت دارد.

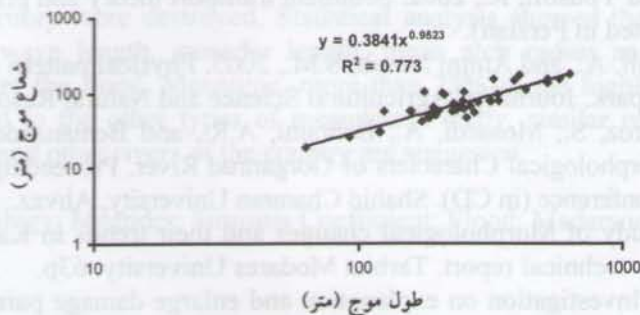
شعاعی حلقه‌های مائندری می‌باشد. همچنین بررسی‌های آماری بیانگر آن است که شعاع مائندر رودخانه، قبل و بعد از وقوع سیل در سطح اطمینان ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در ضمن با تقسیم‌بندی بازه مورد مطالعه به سه قسمت مساوی با طول ۱۰ کیلومتر (به‌عنوان مناطق بالادست، میانی و پایین دست بازه) و بررسی شعاع مائندرها در هر دو دوره قبل و بعد از وقوع سیل، می‌توان نتیجه گرفت که با حرکت به سمت پایین دست رودخانه، به تدریج شعاع مائندرها افزایش می‌یابد. این مطلب با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۸۵) که بیان می‌کنند در شاخه اصلی رودخانه گرگانرود با حرکت رودخانه به سمت پایین دست شعاع مائندرها کاهش پیدا می‌کند، مغایرت دارد. این امر را می‌توان به تشکیلات متفاوت زمین‌شناسی و وضعیت توپوگرافی در دو



شکل ۴- رابطه بین طول موج و شعاع مائندرها در رودخانه مادرسو قبل از وقوع سیل.



شکل ۳- هیستوگرام فراوانی مقادیر شعاع مائندرها در رودخانه مادرسو در طول بازه، قبل و بعد از وقوع سیل.



شکل ۵- رابطه بین طول موج و شعاع مائندرها در رودخانه مادرسو بعد از وقوع سیل.



می‌گردد تحقیقات مشابه در بازه‌های دیگر رودخانه گرگانرود و سایر نواحی کشور انجام پذیرد. همچنین نقش سد گلستان ۱ در تغییرات مورفولوژیکی نواحی بالادست و پایین دست رودخانه، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

### سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان به دلیل در اختیار قرار دادن بخشی از اطلاعات مورد نیاز این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

در این تحقیق، پس از بررسی معادلات همبستگی، بین دو پارامتر ضریب خمیدگی و طول قوس، ارتباط معنی‌داری بین آنها بدست نیامد. دلیل این امر را می‌توان به تغییرات زیاد در مشخصات خم‌ها مربوط دانست.

با بررسی مقادیر عرض و عمق متوسط بازه در دو دوره زمانی قبل و بعد از وقوع سیل می‌توان نتیجه گرفت که بالغ بر ۱۳۸ هکتار از اراضی حاشیه رودخانه در محدوده مورد مطالعه در اثر وقوع سیل تخریب شده و به بستر سنگلاخی رودخانه تبدیل شده‌اند.

با توجه به نقش سیلاب‌ها در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه، تخریب اراضی و تاسیسات مجاور آن پیشنهاد

### منابع

1. Alijani, B., and Gol Parnian, T., 2004. Synoptic patterns of Gorgan river's floods. Quarterly Geographical Journal of Territory. 1:2.1-20.
2. Al Yasin, A., 2000. Utilizing of River Engineering for Dez and Karuon Rivers. Iranian committee on Large dams press. 603p.
3. Bartholdy, J., and Billi, P., 2002. Morphodynamics of a pseudo meandering gravel bar reach. Geomorphology. 42:293-310.
4. Farazjoo, H., 2003. Assessment of the effect of vegetation cover changes on flood hydrograph in Golestan dam basin by using GIS and Hec-HMS model. M.Sc. thesis of watershed management. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 176p.
5. Julien, P.Y., 2002. River mechanics. Cambridge University press, 434p.
6. Hauer, C., Liedermann, M., and Habersack, H., 2006. The Influence of Human Impact to River morphology and aquatic ecology at the Austrian Kamp River. Geophysical Research Abstracts. 8:07430.
7. Ghraib Reza, M., and Masoumi, H., 2007. Zohreh River Morphology and its variation in Hendijan Delta. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International River Engineering Conference (in CD). Shahid Chamran University, Ahvaz.
8. Kouchak Zade. S., and Yousofi, K., 2002. Sediment transport theory and practice. Tehran University press. 446p. (Translated in Persian).
9. Mikaeili, A. R., Abdoli, A., and Amini Nasab, S.M., 2005. Physical pattern of the Madar-Sou stream in Golestan national park. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 12:3:100-111.
10. Mohammadi, A., Firoz, S., Mosaedi, A., Bahrami, A.R., and Bemanzadeh, M., 2007. Study and Determination of Morphological Characters of Gorganrud River. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International River Engineering Conference (in CD). Shahid Chamran University, Ahvaz.
11. Morid, S., 2004. Study of Morphological changes and their trends in Karuon River applying RS technique. University technical report. Tarbiat Modares University. 63p.
12. Mosaedi, A., 2002. Investigation on explanation and enlarge damage parameters of East Golestan August 2001 flood. University technical report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 40p.
13. National Geographical Organization publication. 2003. The phrase geographical book of Rivers in the I.R. of Iran-Caspian sea watershed. Second Volume. 327p.
14. Telvary, A.R., 2004. Fundamentals of river training and engineering. Ministry of jahad-e-Agriculture. Agricultural Research and Education Organization. Soil conservation and watershed management institute press. 454p.





---

## **Effects of East-Golestan August 2001 Flood on the morphology of Madarsoo river**

**A. Mohammadi<sup>1</sup>, A. Mosaedi<sup>1</sup> and S. Alaghmand<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instructor of Dept., of Natural Resources & Associate Prof. of Dept., of Water Eng., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, respectively,

<sup>2</sup>M.Sc. Student of River Engineering, USM. Malaysia

---

### **Abstract**

A river changes frequently its cross sections, longitude profiles and its patterns by river erosion, transport processes and sediment deposition. Considering the changes of river morphology on the vicinity of a river is necessary for stabilize cultural and economical developments. Madarsoo River with longer than 105 km is one of the most important rivers in Gorganroud watershed, which emanate from Esmaeilkhan and Tangrah mountains and finally joints to Gorgan River in Haji-Ghooshan village. The occurrence of a serious flood in August 2001 in Madarsoo river, which its discharge was in excess of 1650 m<sup>3</sup>/s, caused severe changes on morphology of this river as worse as human and economic losses as aftermaths. In this research, to study the effects of this serious flood on the morphological characteristics of this river and to determine the amount of destroyed land around the river, a reach with 30-km length in the river was selected. In order to study the morphology of the river before the flood, some 1:50000-scale topographic maps, which were taken by Iranian National Geographical Organization (INGO) as well as Land Sat satellite images of July 2000, were used. Besides, the results of directly widths and depths measurements were used. This data were measured for any cross section with the intervals of 30 meter in length. These measurements were done in the year of 2000. Furthermore, for analyzing the morphological characteristics of the river after the flood, some others large scales maps (scale 1:2000, 1:100 from the year of 2003) were used to retrieve plans and to measure parameters such as cross-sections and longitude profiles. In each section, the coefficients related to morphological parameters such as wave length, meander length, meander width, mean arch radius, frequency ranges and sinusitis coefficient were calculated. With considering the mean width and depth of the reach for two periods of before and after flood, it was estimated that more than 138 hectares of territory were destroyed. Statistical analysis showed that some morphological characteristics such as: wave length, meander length, mean arch radius and sinusitis coefficient, significantly changed after the flood. Meantime, more than 75% of the highly developed meanders were cracked or changed to the other types of meanders. Finally, similar researches for the other reaches of Gorgan River and other rivers of the country are suggested.

**Keywords:** River Morphology; Meander; Sinusitis Coefficient; Flood; Madarsoo River

