



صاحب امتیاز: انجمن آبخیزداری ایران

مدیر مسئول: عبدالرسول تلوری

سر دبیر: جمال قدوسی

### هیئت تحریریه:

رضا باقریان: استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عبدالرسول تلوری: دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

سعید سلطانی: دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان

محمود عرب خدری: استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عطاءاله کاویان: استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

علی نجفی نژاد: دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

محمدحسین مهدیان: استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

ویراستاران فارسی: فرهاد بهبودی - فیروزه مقیمی نژاد

ویراستار انگلیسی: ناصر طالب بیدختی

طراح جلد: ناهید شوقی

دبیر خانه: کرج - بلوار شهید دکتر مصطفی چمران - دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران - انجمن آبخیزداری ایران

کدپستی: ۳۱۵۸۷-۷۷۸۷۱

تلفکس: ۰۲۶-۳۲۲۵۳۴۰۸

پست الکترونیک: [wmjournal@yahoo.com](mailto:wmjournal@yahoo.com)

## فهرست مطالب

## مقالات علمی

- ۱ ● بررسی تأثیر نیروی زلزله بر ضرایب اطمینان و تغییر مکان خاکریزهای تقویت شده با شمع  
یونس فخاری، محمدرضا عطرچیان و یونس دقیق
- ۹ ● معرفی معیارهای مناسب برای ارزیابی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی  
رفعت زارع بیدکی و احمد قنبری
- ۱۷ ● مدیریت منابع آب حوزه آبخیز جهت شرب دام (مطالعه موردی حوضه چاه تلخ سبزوار)  
فیروزه مقیمی نژاد، یاسر قاسمی آریان، سعید احمدآبادی و علی حاجی بگلو
- ۲۱ ● کاربرد مدل‌های ریاضی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب (مطالعه موردی رودخانه اترک)  
سید احمد حسینی
- ۳۱ ● آلودگی روان‌آب‌های شهری و روش‌های کنترل آن  
مهدی حبیبی
- ۳۹ ● بررسی تحقیقات و چالش‌های موجود در زمینه مهار فرسایش خندقی در ایران  
رضا بیات، داود نیک‌کامی، مجید صوفی و آزاده مهدی‌پور
- ۴۷ ● مسایل و مشکلات مدیریت و برنامه‌ریزی حوزه‌های آبخیز و راه‌کارهای تعدیل آن  
سید احمد حیدریان، سید محمود موسوی نژاد، محمد قیطوری و حسین عیسایی

داوران این شماره

چکیده مقالات انگلیسی

## سخن سردبیر

رشد فزاینده پیشرفت‌های علمی کشور در سال‌های اخیر موضوعی است که به باور بسیاری از جهانیان جای شگفتی فراوانی دارد. ارزیابی پیشرفت با انتشار تعداد مقالات علمی در سطح جهانی و ملی و همچنین در مواردی انعکاس دستیابی به فناوری‌های پیشرفته با کیفیتی همپای کشورهای پیشرفته جهانی است.

اگر چه تعداد مقالات علمی - پژوهشی نشان‌دهنده توان علمی کشور در علوم مختلف است ولی آنچه که در رشد و توسعه کشور موثر است و مورد سنجش کارشناسان اجرایی و کاربران واقع می‌گردد، میزان بهره‌گیری از این دست-آوردها در توسعه فناوری و پیشرفت امور صنعتی، کشاورزی و سایر خدمات فنی است.

انجمن آبخیزداری ایران در راستای رسالتی که برای پیشرفت و توسعه آموزش تخصصی و همگانی موضوعات مربوط به مدیریت حوزه‌های آبخیز کشور دارد در جهت حفظ، توسعه، بهره‌برداری و احیاء منابع آب و خاک، پوشش گیاهی و سایر عوامل زیست محیطی، افزون بر انتشار نشریه علمی - پژوهشی با عنوان "نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران" اقدام به راه‌اندازی و انتشار نشریه علمی - ترویجی با عنوان "نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری" نموده‌است. هدف از انتشار این نشریه ارائه و چاپ مقالاتی است که حاصل تجربیات اساتید، پژوهشگران و دانشجویان دانشگاه‌ها و موسسات و مراکز تحقیقاتی و به‌ویژه کارشناسان بخش‌های اجرایی و نیز تجربیات حاصله از دانش بومی آبخیزداری کشور می‌باشد.

برای دستیابی به اهدافی که به آن‌ها اشاره گردید، این نشریه سعی در انتشار مقالات ترویجی با پایه‌های علمی و فنی و یا تحلیلی حاصل از تجربیات نویسندگان دارد. بدیهی است که در پذیرش این‌گونه مقالات رعایت اصول و مبانی شناخته شده و مورد نظر کمیسیون نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز مورد توجه جدی هیات تحریریه این نشریه می‌باشد. لذا دست‌اندرکاران هیئت تحریریه نشریه، در انتظار دریافت نوشتارهای علمی، پژوهشی و ترویجی تمامی عزیزانی که در زمینه‌های حفاظت خاک، آب و گیاه به فعالیت‌های علمی و اجرایی اشتغال دارند، بوده و از آن‌ها استقبال خواهد کرد.

### راهنمای نگارش مقاله برای نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری ایران

نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران از کلیه اساتید و متخصصان رشته‌های آبخیزداری و علوم مرتبط برای ارائه مقالات علمی و پژوهشی دعوت به عمل می‌آورد. هدف اصلی از انتشار این نشریه، فراهم نمودن وسیله‌ای جهت تبادل اطلاعات و نتایج پژوهش‌های علمی، فنی و تخصصی میان اساتید، دانشمندان و مهندسين ایرانی و جوامع علمی و حرفه‌ای ملی و بین‌المللی و اعتلای سطح دانش نظری می‌باشد. نشریه تلاش خواهد نمود که بتواند مجموعه‌ای مفید و مورد استفاده در اختیار پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و کارشناسان بخش‌های دولتی قرار دهد. وزارت علوم و تحقیقات و فناوری به این نشریه از بدو انتشار مجوز علمی - ترویجی داده است.

در نامه ارسالی مقاله حتماً بایستی درج شود که "این مقاله در نشریه‌ای علمی ترویجی چاپ و یا در حال داوری برای چاپ نمی‌باشد و تمام مولفین از ارسال این مقاله به نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری ایران آگاهی کامل دارند."

#### نوع، مشخصات و نحوه ارائه مقالات:

##### الف- نوع مقالات

- ۱- مقاله‌های علمی، پژوهشی و مهندسی اصیل، به زبان فارسی که حاصل پژوهش‌ها و تحقیقات نویسنده یا نویسندگان بوده و در نشریه دیگری در داخل و خارج از کشور به چاپ نرسیده باشد (حداکثر ۱۲ صفحه A۴)
- ۲- گزارش فنی (Technical Note)، به زبان فارسی (حداکثر ۴ صفحه)
- ۳- نقد و بررسی مقالات چاپ شده (Discussion)، به زبان فارسی

##### ب- مشخصات مقالات ارسالی

- ۱- نام، نام خانوادگی نویسنده و یا نویسندگان باید در صفحه اول و در زیر عنوان مقاله آورده شود. آدرس ایمیل، نشانی محل کار و مرتبه دانشگاهی مولفینی که عضو هیأت علمی هستند در پاورقی صفحه اول درج شود (فونت ۱۰ Lotus). عنوان مقاله، اسامی نویسندگان، چکیده فارسی و متن مقاله دوستونی و چکیده انگلیسی که در آخر مقاله قرار می‌گیرد یک ستونی باشد. چکیده انگلیسی دارای اسامی نویسندگان در زیر عنوان انگلیسی مقاله و مرتبه علمی نویسندگان در پاورقی باشد.
  - ۲- مقالات ارسالی باید دارای اجزای اصلی یک مقاله باشند که عبارتند از: چکیده (به زبان فارسی و انگلیسی)، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها (عناوین بخش‌های اصلی آزمایش و پژوهش)، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری و منابع.
  - ۳- عنوان جداول در بالای آنها و عنوان شکل‌ها، نقشه‌ها و نمودارها در زیر آنها بصورت وسط چین درج گردد. در مقالات فارسی باید از اعداد و ارقام فارسی در شکل‌ها، نمودارها و جداول استفاده شود.
- تبصره: در صورت استفاده از نرم‌افزار خاصی جهت کشیدن اشکال می‌توان از اعداد انگلیسی استفاده کرد، ولی یکنواختی در مقاله بایستی رعایت شود.

- ۴- شکل‌ها، نقشه‌ها و جداول بایستی به ترتیبی که در متن مقاله مورد اشاره قرار گرفته است شماره‌گذاری شده و بصورت سیاه و سفید در متن مقاله قرار داده شوند (در صورت امکان شکل‌ها، نقشه‌ها و جداول دوستونی گردد ولی در صورت بزرگ بودن به صورت یک ستونی قرار داده شوند).

۵- آحاد فیزیکی در کلیه مقالات باید در سیستم متریک (SI) بوده و هر سیستم دیگری در صورت لزوم در پراکنش نوشته شود.  
 ۶- فرمول‌ها و روابط به طور خوانا از راستای انتهای سطرها در سمت چپ شروع شود و در انتها الیه سمت راست شماره گذاری گردد.  
 ۷- از به کار بردن واژه‌ها و اصطلاحات لاتین که معادل متداول فارسی دارند، اجتناب گردد و در مورد نمادها، از علائم استاندارد استفاده شود.

۸- منابع در متن با درج نام مولفین به زبان فارسی و با ذکر شماره منبع مورد استفاده شده در داخل علامت کروشه [ ] نوشته شوند (بدون درج تاریخ). مثلاً: سپاسخواه [۱] و یا رایان [۲]. منابع در پاورقی آورده نشود.  
 ۹- معادل انگلیسی واژه‌های علمی با ذکر شماره در پاورقی آورده شود.

### ج- نحوه ارایه مقالات

مقاله با استفاده از نرم‌افزار Word ۲۰۰۳ در windows xp، به صورت دو ستونی در ۵ نسخه پرینت (۱ نسخه با نام و مشخصات نویسندگان و ۴ نسخه بدون نام و مشخصات نویسندگان) به همراه یک عدد سی دی تهیه و به دفتر نشریه ارسال گردد.

مقاله با رعایت نکات زیر تهیه شود: اندازه کاغذ: ۲۹۷ mm \* ۲۱۰ A4

#### الف- حاشیه‌ها:

ب- فاصله‌ها:		الف- حاشیه‌ها:	
فاصله دو ستون	۱/۵ سانتی‌متر	حاشیه سمت راست	۱/۵ سانتی‌متر
فاصله سطرها	۱ سانتی‌متر	حاشیه سمت چپ	۱/۵ سانتی‌متر
		حاشیه بالا	۱/۵ سانتی‌متر
		حاشیه پایین	۳ سانتی‌متر

#### ج- نوع و اندازه قلم‌ها:

عنوان فارسی مقاله (پررنگ)	Lotus
اسامی نویسندگان	Lotus ۱۰
عنوان خارجی مقاله	Times New Roman ۱۴
شماره منبع مورد استفاده	Lotus ۱۱
عناوین فرعی متن فارسی (پررنگ)	Lotus ۱۲
متن چکیده فارسی (پررنگ)	Lotus ۱۲
متن چکیده خارجی	Times New Roman ۱۲
واژه‌های کلیدی فارسی (پررنگ-ایتالیک)	Lotus ۱۲
واژه‌های کلیدی انگلیسی	Times New Roman ۱۲
متن فارسی	Lotus ۱۲
پاورقی فارسی	Lotus
پاورقی خارجی	Times New Roman ۱۰
عنوان جدول‌ها و شکل‌ها (پررنگ)	Lotus ۱۲



کلمات و اعداد داخل جدول‌ها و شکل‌ها ۱۰ تا ۱۲ Lotus (بسته به اندازه جدول و شکل)

منابع فارسی Lotus ۱۲

منابع خارجی Times New Roman ۱۲

### چکیده

خلاصه‌ای از هدف و روش اصلی پژوهش و نتایج کلی حاصل از آن در حداکثر دویست کلمه به زبان فارسی و انگلیسی. متن چکیده انگلیسی بایستی عیناً مطابق چکیده فارسی باشد.

### واژه‌های کلیدی

حداقل پنج و حداکثر شش واژه کلیدی، به زبان فارسی و انگلیسی در انتهای چکیده‌ها آورده شود.

### مقدمه

مروری بر کارهای انجام یافته توسط دیگر پژوهش‌گران در همان زمینه، با ذکر مآخذ و ساختار مطالب ارائه شده در مقاله می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

شرح کامل روش پژوهش و نحوه آزمایش‌های انجام شده همراه با جداول و شکل‌ها و توضیحات مربوط به آن می‌باشد.

### نتایج / بحث و نتیجه‌گیری

خلاصه‌ای از نتایج حاصل از تحقیقات و آزمایش‌های انجام شده و بحث بر روی نتایج با تاکید بر یافته‌های جدید، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی نتایج بدست آمده است. نتیجه‌گیری می‌تواند به صورت بخشی مجزا آورده شود.

### تشکر

مؤلف می‌تواند به پروژه‌های تحقیقاتی که مقاله در قالب آن تهیه شده است و افرادی که به او کمک کرده‌اند در این قسمت اشاره کند.

### منابع

کلیه منابع مورد استفاده از دیگر پژوهش‌گران، باید در متن مقاله با ذکر شماره منبع در [ ] مشخص گردد و فهرست آنها در انتهای مقاله به لاتین و به ترتیب حرف الفبا شماره‌گذاری شود.

● Graf, W. and Song, T. 1997. Bed- Shear Stress in Non- Uniform and Unsteady Open- Channel Flows. Journal of Hydraulic Research. 33(5): 399-704

توجه مهم: در صورتی که فرمت نگارش مقاله کاملاً رعایت نشده باشد، مقاله مورد بررسی و داوری قرار نخواهد گرفت.

کرج - بلوار شهید چمران - دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران - دفتر نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری ایران

صندوق پستی ۴۳۱۴-۳۱۵۸۵ - تلفکس ۰۲۶ - ۳۲۲۵۳۴۰۸

نتایج این بررسی‌ها برای حالت‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین ضریب اطمینان، نحوه تشکیل سطح گسیختگی بحرانی، محل و طول شمع و جنس لایه خاک در یک خاکریز، ارتباط منطقی برقرار است. وجود آب باعث کاهش شدید ضریب اطمینان و افزایش تغییر مکان خاکریز به‌ویژه هنگام وقوع زلزله می‌شود. واژه‌های کلیدی: المان محدود، خاکریز، نیروی زلزله، ضرایب اطمینان، ناحیه گسیختگی بحرانی، شمع، تثبیت

## بررسی تأثیر نیروی زلزله بر ضرایب اطمینان و تغییر مکان خاکریزهای تقویت شده با شمع

یونس فخاری<sup>۱</sup>، محمدرضا عطرچیان<sup>۱</sup>، یونس دقیق<sup>۲</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

### چکیده

لغزش شیب‌های طبیعی و خاکریزها (شیب‌های ساخته شده توسط بشر) اغلب در هنگام وقوع زلزله اتفاق افتاده و باعث خسارت مالی و تلفات جانی بسیار می‌شود. این پدیده تبدیل به یکی از مسائل مهم پیش روی مهندسان ژئوتکنیک در مقاوم‌سازی ترانشه‌ها خصوصاً در حفاظت از منابع طبیعی گردیده است. در این مقاله به این موضوع مهم پرداخته و اثر مؤلفه جانبی و قائم نیروی زلزله بر ضریب اطمینان و تغییر مکان خاکریز در دو حالت تقویت شده با شمع و بدون شمع و همچنین در حالت خشک و تحت تأثیر آب زیرزمینی در ترازهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار PLAXIS مورد بررسی قرار گرفته است. نرم‌افزار فوق بروس المان محدود بوده که می‌تواند با کاهش پارامترهای مقاومتی خاک  $\phi - c$  تا حد گسیختگی به محاسبه ضریب اطمینان خاکریز پرداخته (phi-c reduction in plaxis model) و یک ناحیه گسیختگی برشی بحرانی را در خروجی ارائه دهد. در ادامه تحقیق نتایج حاصل از آنالیز مدل‌های مختلف خاکریز مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از این قابلیت برنامه، مدل‌هایی از خاکریز مورد نظر در دو حالت تقویت شده با شمع و بدون شمع آماده شده و با استفاده از المان‌های مثلثی ۱۵ گرهی در حالت کرنش مسطح تحلیل گردیده است. اثر عوامل مختلفی هم‌چون وجود آب در ترازهای مختلف و اثر مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله بر ضریب اطمینان در برابر لغزش و تغییر مکان کلی یک خاکریز رسی - سیلنتی همگن با شیب‌های متفاوت تثبیت شده با شمع و بدون شمع بررسی گردیده و نحوه تشکیل سطح گسیختگی بحرانی در هر دو حالت مورد توجه قرار گرفته است.

### مقدمه

استفاده از شمع برای افزایش ضریب اطمینان در برابر لغزش شیب‌ها سابقه دیرینه داشته و در سال‌های اخیر در نقاط مختلف جهان به‌عنوان یک گزینه مناسب نسبت به روش‌های مختلف تقویت و افزایش پایداری شیب‌ها و خاکریزها در حفاظت از منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است.

شمع‌هایی که در پایدارسازی شیروانی‌ها استفاده شده‌اند معمولاً در معرض نیروهای جانبی که توسط حرکت افقی خاک اطراف حاصل می‌شود قرار می‌گیرند و لذا به‌عنوان شمع‌های مقاوم نامیده می‌شوند [۲].

در سال ۱۹۹۴ پولس [۴]، روشی را برای طراحی شمع‌ها جهت تقویت شیروانی‌ها ارائه نمود که شامل سه مرحله اصلی می‌باشد.  
۱- تعیین نیروی برشی لازم جهت افزایش ضریب اطمینان به‌مقدار دلخواه

۲- تعیین حداکثر نیروی برشی که هر شمع می‌تواند برای مقاومت در برابر لغزش در قسمت بالقوه ناپایدار شیروانی ایجاد کند.

۳- انتخاب نوع و تعداد شمع‌ها و مناسب‌ترین مکان این شمع‌ها در شیروانی

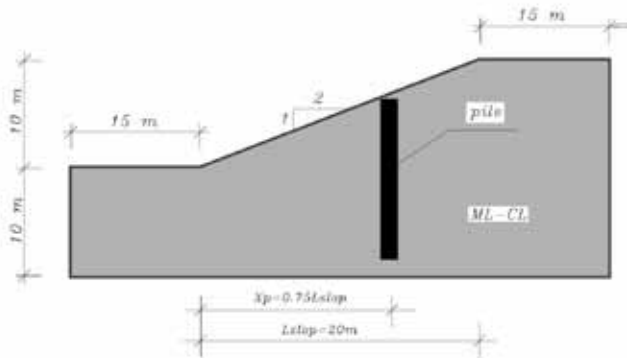
در سال ۲۰۰۲، لیانگ و زینک [۳] مکانیزم قوس‌شدگی خاک تقویت شده با شمع را مورد مطالعه قرار دادند. یکی از مکانیزم‌های اصلی ستون‌های حفر شده برای افزایش پایداری شیروانی‌های خاکی به‌واسطه پدیده قوس‌شدگی خاک است، به‌طوریکه نیروهای میان قطعه‌ای که به توده خاک پشت ستون‌ها منتقل می‌شوند کاهش می‌یابند. در مقاله فوق یک تکنیک تحلیلی اجزای محدود برای مطالعه کمی مکانیزم قوس‌شدگی خاک ارائه گردیده است.

در سال ۲۰۰۶، پولس [۵] روش ساده‌شده‌ای جهت مطالعه یک

۱. کارشناس ارشد مکانیک خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

۳. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک جهاد کشاورزی و دانشگاه آزاد اسلامی کرج



شکل ۱- مشخصات هندسی خاکریز مورد بررسی

و اندازه آن‌ها نیز از نوع ریز (Fine Mesh Elements) انتخاب شده است.

### روش تحقیق و معرفی مدل PLAXIS

جهت تحلیل اثر بارگذاری‌های مختلف برشمع‌ها روش‌های گوناگونی موجود است. در عمل به علت اینکه شمع‌ها تحت اثر بارهای جانبی وقائم قرار می‌گیرند. رفتار شمع تابع عوامل مختلفی مانند لغزش و جداسازی بین شمع و خاک و روند پدیده تسلیم‌شدگی موضعی در خاک بوده که این مورد باعث غیر خطی شدن مسئله خواهد شد.

امروزه با توجه به پیشرفت‌های روز افزون پدید آمده در علوم کامپیوتر، نرم‌افزارهای مختلفی در زمینه روش اجزاء محدود عرضه شده که یکی از مهم‌ترین آنها نرم‌افزار اجزاء محدود PLAXIS است [۱]. این نرم‌افزار توانایی بسیار بالایی در مدل کردن مسائل ژئوتکنیک و محاسبه تنش‌ها و کرنش‌های به وجود آمده در خاک و سازه‌های تقویت‌کننده آن دارد. در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از قابلیت‌های موجود در این برنامه، مدل‌های اجزاء مختلفی از مجموعه شمع و خاک در یک خاکریز با شرایط مختلف محیطی را مورد تحلیل و بررسی قرار داده و نتایج آن را با سایر نرم‌افزارهای موجود مهندسی عمران (FLAC, XSLOP, ... ) و هم‌چنین با کارهای انجام شده بعضی از محققان در این زمینه مقایسه نمود تا نهایتاً بتوان روش مناسبی را جهت طراحی و ساخت در این زمینه فراهم نمود.

توسعه نرم‌افزار PLAXIS در سال ۱۹۷۸ در دانشگاه دلف هلند آغاز شد. هدف اولیه، فراهم کردن یک برنامه اجزای محدود بوده است که استفاده آسانی داشته باشد. به طوری که اولین بار نیز از این برنامه برای مطالعه خاک‌های رس نرم سواحل هلند استفاده شد. اما امروزه تقریباً در تمام مباحث ژئوتکنیک کاربرد دارد. قابلیت‌های مهم این برنامه که آن را از برنامه‌های مشابه متمایز ساخته است و شرکت‌های بسیاری در زمینه‌های مختلف ژئوتکنیک آن را به خدمت گرفته‌اند عبارتند از:

۱- سهولت استفاده و داشتن منوهای دسترسی آسان برای هر

ردیف شمع برای پایدارسازی شیروانی ارائه نمود. این روش بر مبنای یک فرمول‌بندی جداسازی شده و مستقل می‌باشد، به طوری که پاسخ شمع و پایداری شیروانی جدا از هم در نظر گرفته شد. پاسخ شمعی که تحت حرکت جانبی خاک بر اثر ناپایداری شیروانی قرار گرفته بود با یک روش المان‌های مرزی اصلاح‌شده تحلیل گردیده و برای تحلیل پایداری شیروانی روش قراردادی دایره لغزش بیشاپ ساده شده استفاده گردید. بر پایه این تحلیل‌ها برخی عوامل مهم تأثیرگذار در اجرای شمع‌های مورد استفاده در پایدارسازی شیب‌های ناپایدار، به عنوان یک عامل پیش‌گیرنده در پایداری شیروانی به شرح ذیل حاصل گردید:

برای یک شیروانی با خاک همگن راه‌حل‌های تئوری نشان دادند که شمع‌های قرار گرفته در پنجه یا تاج شیروانی می‌توانند موثرترین پایداری را برای شیروانی تامین کنند. هم‌چنین قطر شمع، فاصله ردیف شمع‌ها و فشار حدی شمع خاک در پایداری شیروانی موثر هستند. در عین حال مدول الاستیسیته خاک و سختی شمع تأثیر کمی در پاسخ کلی پایداری شیروانی شمع نشان دادند. در یک شیروانی با خاک لایه‌ای، شمع‌ها زمانی در افزایش پایداری مؤثرند که در لایه‌های نرم قرار گرفته و به لایه‌های مقاوم تحتانی پایدار نیز نفوذ کرده باشند.

### مواد و روش‌ها

#### مشخصات خاکریز مورد مطالعه

خاکریز انتخاب شده جهت تحلیل و بررسی در مقاله حاضر از نوع خاک رسی - سیلتی مربوط به منطقه شمال کشور در محدوده شهر رامسر می‌باشد که مشخصات مقاومتی آن با توجه به نمونه‌برداری‌های

محلی و انجام آزمایشات ژئوتکنیک به شرح ذیل می‌باشد:

- وزن مخصوص خشک: ۱۷ کیلو نیوتن بر متر مکعب

- وزن مخصوص مرطوب: ۱۹ کیلو نیوتن بر متر مکعب

- ضریب نفوذپذیری در هر دو جهت افقی و قائم:

$$K = 10^{-10} \text{ cm/sec}$$

- ضریب ارتجاعی خاک:  $E = 15000 \text{ KN/m}^2$

- ضریب پواسون:  $\nu = 0.35$

- ضریب چسبندگی زهکشی شده:  $C = 25 \text{ KN/m}^2$

- زاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده:  $\phi = 15^\circ$

در آنالیزهای انجام شده شمع بتنی به قطر معادل ۱ متر و وزن مخصوص ۲۵ کیلو نیوتن بر متر مکعب و ضریب ارتجاعی ۲۵۰۰۰۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر مربع و ضریب پواسون  $\nu = 0.15$  در نظر گرفته شده است.

نوع شمع را در نرم‌افزار PLAXIS [۱]، به صورت الاستیک خطی و غیر متخلخل مدل نموده و مدل رفتاری در نظر گرفته شده برای خاک، مدل موهر - کلمب می‌باشد و تحلیل در حالت کرنش مسطح انجام و از المان‌های ۱۵ گرهی استفاده گردیده است. توزیع المان‌ها



یک از بخش‌های آن.

۲- داشتن اطلاعات کلی از روش اجزای محدود برای استفاده از آن کافی است.

۳- تنش‌های اولیه خاک را تعیین کرده و اثر قوس شدگی را نیز در نظر می‌گیرد.

۴- قابلیت تحلیل مرحله به مرحله مسایل را دارد (آزاد شدن تنش‌های زمین پس از حفاری و قبل از اجرای پوشش).

۵- قابلیت شبیه‌سازی اجزای سازه‌ای را داشته و اندرکنش آن با خاک را در نظر می‌گیرد.

۶- مدل‌های مختلف رفتار خاک را می‌شناسد (الاستیک خطی، موهركولمب، سخت شونده، نرم‌شونده و خزشی).

۷- قابلیت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی را هم به‌صورت نیرو و هم جابه‌جایی دارد.

۸- خروجی‌های آن به صورت منحنی و نمودار قابل نمایش است.

## آنالیزهای انجام شده با استفاده از مدل SIXALP

الف: اثر مؤلفه جانبی نیروی زلزله بر ضریب اطمینان در مقابل لغزش خاکریز

جهت بررسی اثر نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز رسی - سیلتی با شیب ۱-۲، مؤلفه افقی شتاب زلزله برای مقادیر  $a_x = 0.05g, 0.10g, 0.15g, 0.20g$  در دو حالت خاکریز تقویت شده با شمع و بدون شمع و هم‌چنین در حالت بدون وجود آب و تحت آب زیرزمینی اعمال گردید و نتایج حاصل از تحلیل مدل‌های المان محدود در جدول‌های ۱ تا ۴ و شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه گردیده است.

با بررسی جداول ۱ تا ۴ مشاهده می‌کنیم با افزایش شتاب جانبی زلزله، ضریب اطمینان در مقابل لغزش خاکریز به‌شدت کاهش پیدا کرده به‌طوری‌که درصد کاهش آن برای خاکریز بدون شمع ۵۴ درصد و خاکریز با شمع ۶۴ درصد در حالت بدون آب زیرزمینی است. این نسبت برای خاکریز تحت آب زیرزمینی بدون شمع ۷۱

جدول ۳- نتایج اثر اعمال نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز رسی - سیلتی با شیب ۱-۲ در حالت وجود آب تا تراز ۱۵ متر

تراز آب زیرزمینی $H_w = 15m$		
شتاب افقی زلزله $a_x (m/s^2)$	ضریب اطمینان F.S	
	بدون شمع	با شمع
۰	۱/۴۶۳	۱/۵۹۵
۰/۰۵	۱/۲۸۱	۱/۳۶۰
۰/۱۰	۱/۱۳۳	۱/۱۷۸
۰/۱۵	۰/۹۹۷	۱/۰۲۰
۰/۲۰	گسیختگی	گسیختگی

جدول ۴- نتایج اثر اعمال نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز رسی - سیلتی با شیب ۱-۲ در حالت وجود آب تا تراز ۱۹ متر

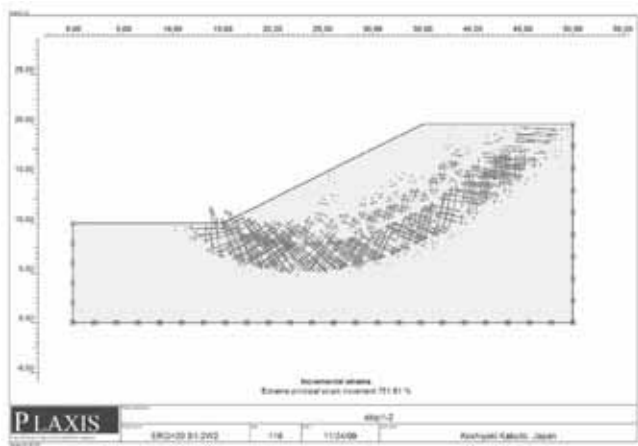
تراز آب زیرزمینی $H_w = 19m$		
شتاب افقی زلزله $a_x (m/s^2)$	ضریب اطمینان F.S	
	بدون شمع	با شمع
۰	۱/۲۴۴	۱/۳۶۵
۰/۰۵	گسیختگی	۱/۱۵۳
۰/۱۰	گسیختگی	گسیختگی
۰/۱۵	گسیختگی	گسیختگی
۰/۲۰	گسیختگی	گسیختگی

جدول ۱- نتایج اثر اعمال نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز رسی - سیلتی با شیب ۱-۲ در حالت بدون وجود آب

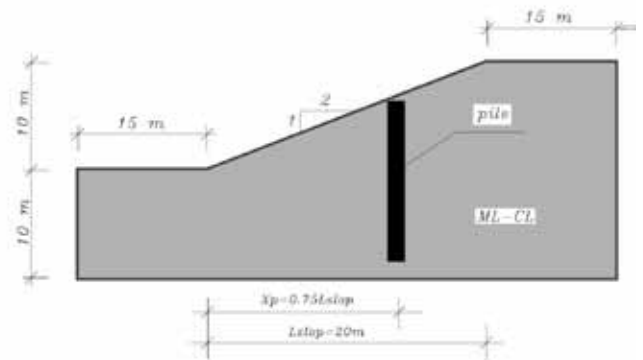
تراز آب زیرزمینی $H_w = 0$			
شتاب افقی زلزله $a_x (m/s^2)$	ضریب اطمینان F.S		
	بدون شمع	با شمع	
۰	۱/۸۴۰	۲/۰۷۸	
۰/۰۵	۱/۶۲۸	۱/۸۰۵	
۰/۱۰	۱/۴۷۱	۱/۵۸۷	
۰/۱۵	۱/۳۱۵	۱/۴۱۱	
۰/۲۰	۱/۱۹۵	۱/۲۶۴	

جدول ۲- نتایج اثر اعمال نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز رسی - سیلتی با شیب ۱-۲ در حالت وجود آب تا تراز ۱۰ متر

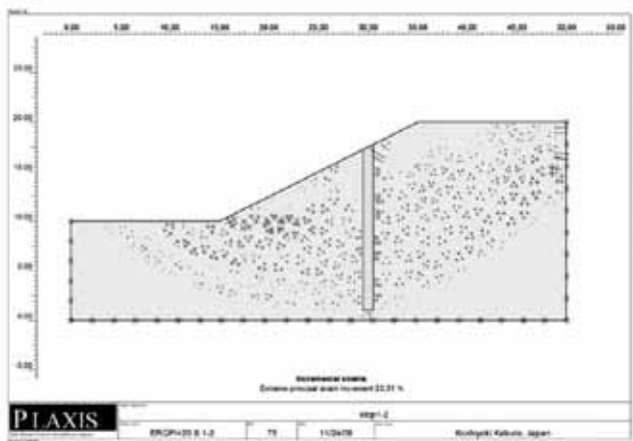
تراز آب زیرزمینی $H_w = 10m$			
شتاب افقی زلزله $a_x (m/s^2)$	ضریب اطمینان F.S		
	بدون شمع	با شمع	
۰	۱/۷۵۰	۱/۸۸۵	
۰/۰۵	۱/۵۳۱	۱/۶۱۰	
۰/۱۰	۱/۳۵۲	۱/۳۷۵	
۰/۱۵	۱/۱۶۵	۱/۱۸۸	
۰/۲۰	۱/۰۲۶	۱/۰۴۳	



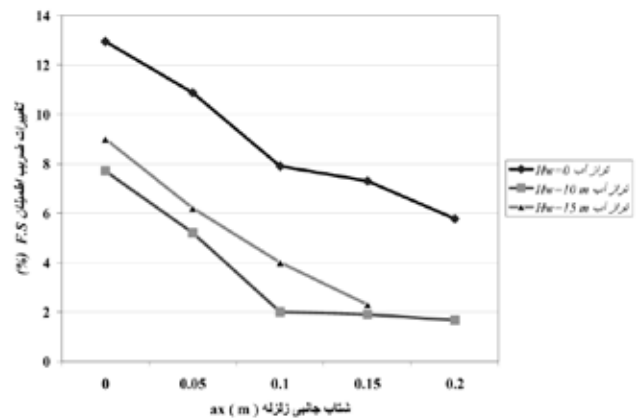
شکل ۴- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز بدون شمع با شیب ۲-۱ تحت شتاب جانبی  $ax=0.2g$  و تحت آب زیرزمینی تا تراز ۱۵ متر



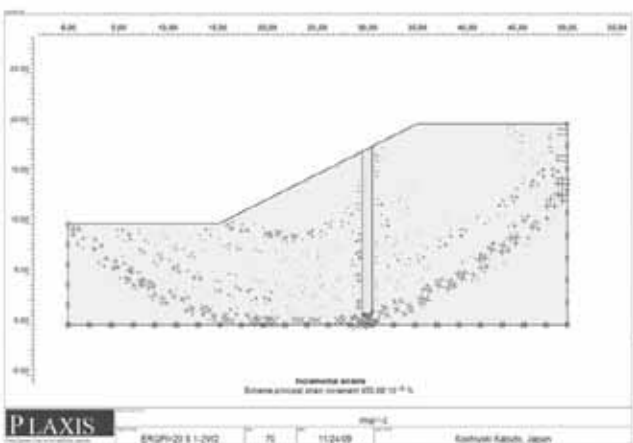
شکل ۲- نمودار درصد تغییرات ضریب اطمینان خاکریز با شیب ۲-۱ تقویت شده با شمع نسبت به خاکریز بدون شمع تحت اثر نیروی جانبی زلزله



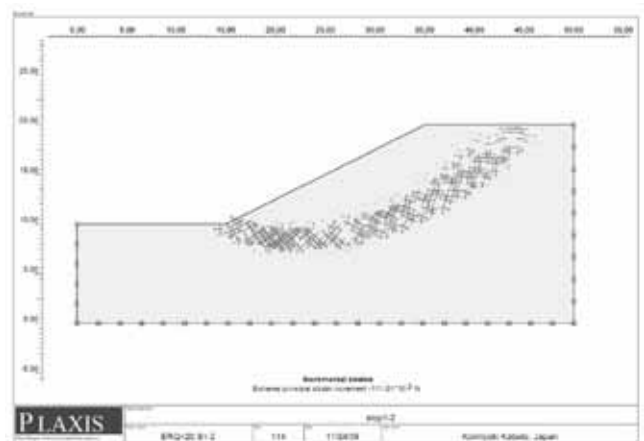
شکل ۵- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز تقویت شده با شمع با شیب ۲-۱ تحت شتاب جانبی  $ax=0.2g$  و بدون وجود آب



شکل ۲- نمودار درصد تغییرات ضریب اطمینان خاکریز با شیب ۲-۱ تقویت شده با شمع نسبت به خاکریز بدون شمع تحت اثر نیروی جانبی زلزله



شکل ۶- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز تقویت شده با شمع با شیب ۲-۱ تحت شتاب جانبی  $ax=0.2g$  و تحت آب زیرزمینی تا تراز ۱۵ متر



شکل ۳- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز بدون شمع با شیب ۲-۱ تحت شتاب جانبی  $ax=0.2g$  و بدون وجود آب

درصد و باشمع ۸۰ درصد به دست آمده است.

در جدول شماره ۵، درصد افزایش ضریب اطمینان خاکریز با شیب ۱-۲، در حالت تقویت با شمع نسبت به خاکریز بدون شمع و تحت شتاب جانبی زلزله ارائه شده است. با مطالعه نتایج جدول ۵ و شکل ۲ مشاهده می شود درصد افزایش ضریب اطمینان خاکریز تقویت شده با شمع نسبت به خاکریز بدون شمع با افزایش شتاب جانبی زلزله کاهش می یابد. در شکل های شماره ۳ تا ۶ نحوه گسیختگی ناحیه بحرانی خاکریز با شیب ۱-۲ در حالت اعمال نیروی زلزله نشان داده شده است.

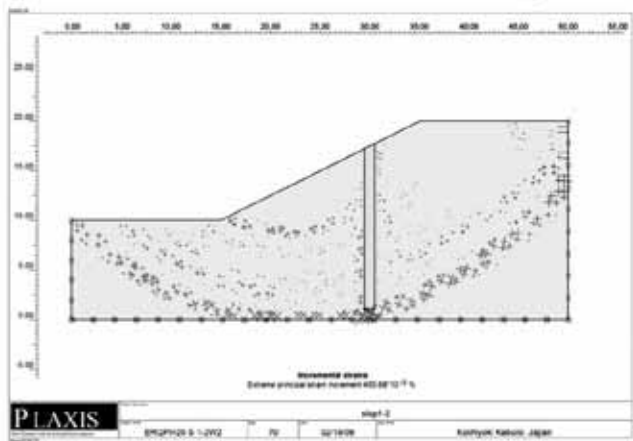
### ب: اثر مؤلفه جانبی و قائم نیروی زلزله بر ضریب اطمینان مقابل لغزش خاکریز

جهت بررسی اثر هم زمان نیروی جانبی و قائم زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز سیلتی-رسی با شیب ۱-۲، مؤلفه افقی شتاب

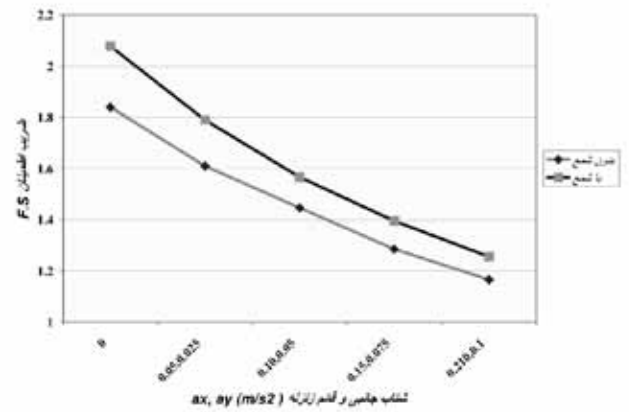
زلزله برای مقادیر  $0.2g, 0.15g, 0.1g, 0.05g$  همراه  $a_x=0.05g$  درصد شتاب قائم با مقادیر  $0.1g, 0.075g, 0.05g, 0.025g$  در دو حالت خاکریز تقویت شده با شمع و بدون شمع اعمال نموده و نتایج حاصل از تحلیل مدل های المان محدود در نمودار شکل ۷ ارائه گردیده است.

با بررسی نمودار شکل ۷ مشاهده می کنیم با افزایش شتاب جانبی و قائم زلزله بطور هم زمان، ضریب اطمینان در مقابل لغزش خاکریز به شدت کاهش پیدا کرده به طوری که درصد کاهش آن برای خاکریز با شیب ۱-۲ در حالت بدون شمع ۵۸ درصد و خاکریز با شمع ۶۶ درصد در حالت بدون آب زیرزمینی است.

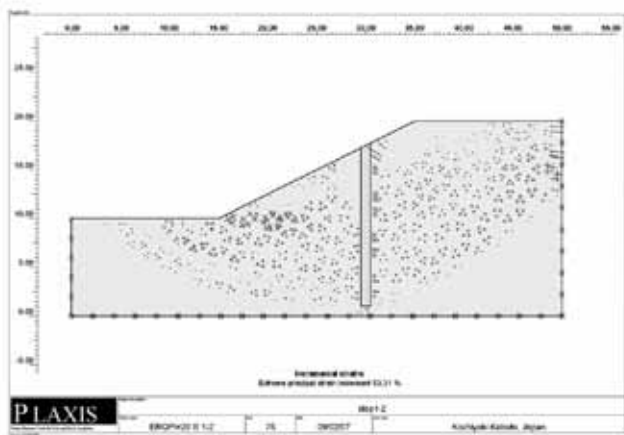
در نمودار شکل ۸ اثر نیروی جانبی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز با اثر هم زمان مؤلفه قائم و جانبی جهت مقایسه ارائه شده است. با بررسی نمودار شکل فوق نتیجه می گیریم که بر اثر اعمال



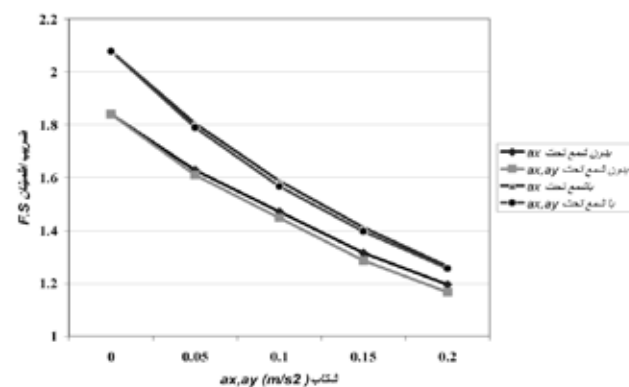
شکل ۹- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز با شیب ۱-۲ تحت مؤلفه افقی و قائم زلزله در حالت بدون آب زیرزمینی



شکل ۷- نمودار اثر هم زمان مؤلفه قائم و جانبی نیروی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز با شیب ۱-۲ تقویت شده با شمع و بدون شمع



شکل ۱۰- شکل گسیختگی بحرانی خاکریز با شیب ۱-۲ تحت مؤلفه افقی و قائم زلزله تحت آب زیرزمینی تا تراز ۱۵ متر



شکل ۸- نمودار مقایسه اثر مؤلفه افقی تنها و اثر هم زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله بر ضریب اطمینان خاکریز با شیب ۱-۲ تقویت شده با شمع و بدون شمع

یا تحت آب زیرزمینی، تغییر مکان کلی خاکریز تقویت شده با شمع در حدود ۱/۸۷ درصد نسبت به حالت بدون استفاده از شمع کاهش نشان می‌دهد.

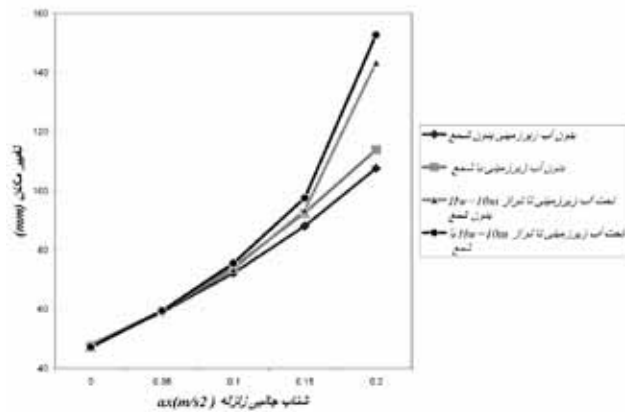
• وقتی خاکریز تحت نیروی جانبی زلزله با شتاب جانبی  $a_x = 0.05g$  است چه در حالت خشک یا تحت آب زیرزمینی، تغییر مکان کلی خاکریز تقویت شده با شمع نسبت به حالت بدون استفاده از شمع تفاوت محسوسی نشان نمی‌دهد.

• وقتی خاکریز تحت نیروی جانبی زلزله با شتاب جانبی  $a_x = 0.1g, 0.15g, 0.20g$  است چه در حالت خشک یا تحت آب زیرزمینی، تغییر مکان کلی خاکریز تقویت شده با شمع به ترتیب در حدود ۳ درصد و ۶ درصد نسبت به حالت بدون استفاده از شمع افزایش نشان می‌دهد. افزایش جزئی تغییر مکان کلی خاکریز با شمع به دلیل تأثیر وزن شمع در زمان زلزله می‌باشد. لیکن در شرایط اعمال بار زلزله ضریب اطمینان خاکریز افزایش یافته است.

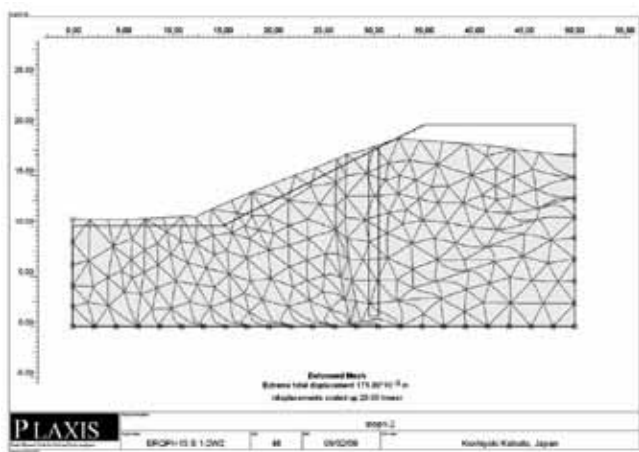
هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله برخاکریز، ضریب اطمینان خاکریز نسبت به حالتی که تحت شتاب جانبی تنهاست بین (۱ تا ۱/۸) درصد کاهش می‌یابد. در شکل‌های شماره ۹ و ۱۰ شکل گسیختگی ناحیه بحرانی خاکریز در حالت اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله بر خاکریز نشان داده شده است.

پ: اثر مؤلفه افقی نیروی زلزله تنها بر تغییر مکان خاکریز در نمودارهای شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نتایج حاصل از آنالیز مدل‌های المان محدود خاکریز با شیب ۱-۲، تحت اثر اعمال نیروی جانبی زلزله با شتاب‌های  $a_x = 0.05g, 0.10g, 0.15g, 0.20g$  در دو حالت تقویت شده با شمع و بدون شمع ارائه گردیده است. با بررسی و مطالعه نتایج شکل ۱۱ موارد زیر نتیجه‌گیری می‌شود:

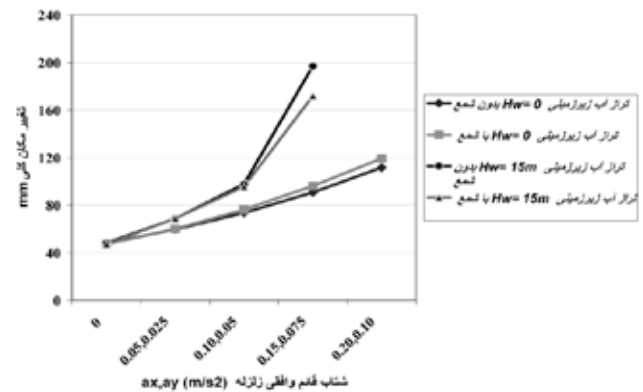
• وقتی خاکریز فقط تحت بار ثقلی است چه در حالت خشک



شکل ۱۱- نمودار اثر نیروی جانبی زلزله بر تغییر مکان کلی خاکریز با شیب ۱-۲ در دو حالت خشک و تحت آب زیرزمینی تقویت شده با شمع و بدون شمع



شکل ۱۳- نحوه تغییر شکل خاکریز با شیب ۱-۲ تحت اثر هم‌زمان مؤلفه جانبی و قائم زلزله تقویت شده با شمع خاکریز در حالت وجود آب تا تراز ۱۵ متر



شکل ۱۲- نمودار اثر اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله بر تغییر مکان کلی خاکریز با شیب ۱-۲ در حالت خشک و تحت آب زیرزمینی تقویت شده با شمع و بدون شمع

• با بررسی جداول و نمودارها مشاهده می‌شود وقتی خاکریز تحت نیروی جانبی زلزله با شتاب جانبی  $a_x = 0.2g$  قرار می‌گیرد تغییر مکان کلی خاکریز نسبت به حالت بدون زلزله به شدت افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال این مقدار برای حالتی که خاکریز تحت آب زیرزمینی تا تراز ۱۰ متر قرار دارد، برای خاکریز تقویت شده با شمع ۳۲۴ درصد و بدون شمع حدود ۳۰۰ درصد به‌دست آمده است. لذا نتیجه می‌گیریم زلزله اثر بسیار نامطلوبی بر افزایش تغییر مکان خاکریز دارد و به‌همین دلیل اکثر لغزش‌ها در زمان وقوع زلزله اتفاق می‌افتد.

### د: اثر اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله بر تغییر مکان خاکریز

در نمودار شکل ۱۲ نتایج حاصل از آنالیز مدل‌های المان محدود خاکریز با شیب (۱-۲)، تحت اثر اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی نیروی زلزله با شتاب‌های  $a_x = 0.05g, 0.10g, 0.15g, 0.20g, a_y = 0.50a_x$  در دو حالت تقویت شده با شمع و بدون شمع ارائه شده است. با بررسی نمودار شکل ۱۲ و مقایسه آن با نمودار شکل ۱۱ که خاکریز صرفاً تحت مؤلفه جانبی می‌باشد مشاهده می‌شود که رفتار خاکریز تحت اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و افقی زلزله مشابه خاکریز تحت مؤلفه افقی است. نتایج حاصل از نمودار شکل ۱۲ را می‌توان بصورت خلاصه به‌شرح ذیل ارائه کرد.

• در شرایطی که خاکریز تحت آب زیرزمینی قرار ندارد افزایش تغییر مکان خاکریز تقویت شده با شمع نسبت به خاکریز بدون شمع در حدود ۶ درصد است. لازم به ذکر است استفاده از شمع در خاکریز در شرایطی که خاکریز صرفاً تحت تأثیر بارهای ثقلی است باعث کاهش تغییر مکان کلی می‌شود.

• در حالتی که خاکریز تحت آب زیرزمینی تا تراز میانی قرار داشته و تحت نیروی قائم و افقی زلزله است تغییر مکان به‌شدت افزایش پیدا می‌کند. این افزایش مقدار ۱۱۷ درصد برای خاکریز بدون شمع و مقدار ۷۹ درصد برای خاکریز تقویت شده با شمع را نشان می‌دهد که می‌توان نتیجه گرفت وجود آب زیرزمینی در خاکریز اثر بسیار نامطلوب و حتی مخرب در پایداری و تغییر مکان خاکریز دارد. لذا باید با در نظر داشتن ملاحظات اقتصادی و جنبه‌های اجرایی از نفوذ آب به آن جلوگیری کرد.

در شکل ۱۳ نحوه تغییر شکل خاکریز با شیب ۱-۲ و شمع تقویت کننده آن تحت اثر هم‌زمان مؤلفه جانبی و قائم زلزله در حالت وجود آب تا تراز ۱۵ متر نشان داده شده است. با توجه به شکل تغییر یافته شمع می‌توان نتیجه گرفت شمع تحت لنگر خمشی قرار گرفته است و لذا لازم است کنترل سازه‌ای انجام گردد.

### نتیجه‌گیری

از مجموع بررسی‌ها و آنالیز مدل‌های مختلف خاکریز در تحقیق حاضر نتایجی به‌شرح ذیل حاصل گردیده است:

۱- نیروهای جانبی زلزله اثر بسیار کاهنده بر ضریب اطمینان در برابر لغزش داشته و تغییر مکان کلی خاکریز را به‌شدت افزایش می‌دهد.

۲- اثر اعمال هم‌زمان مؤلفه قائم و جانبی زلزله ضریب اطمینان خاکریز با شیب‌های متفاوت را در حدود ۱ تا ۲ درصد کاهش داده و مقادیر تغییر مکان کلی را بین ۵ تا ۱۰ درصد افزایش می‌دهد.

۳- با افزایش اثر اعمال هم‌زمان شتاب جانبی و قائم زلزله و رسیدن به مقدار  $a_x = 0.20g$  و  $a_y = 0.50a_x$  ضریب اطمینان در مقابل لغزش خاکریز به‌شدت کاهش پیدا کرده به‌طوری‌که درصد کاهش آن برای خاکریز با شیب ۱-۲ در حالت بدون شمع ۵۸ درصد و خاکریز با شمع ۶۶ درصد در حالت بدون آب زیرزمینی است. در حالتی که خاکریز با شیب ۱-۲ تحت آب زیرزمینی تا تراز میانی قرار داشته و تحت نیروی قائم و افقی زلزله است تغییر مکان به‌شدت افزایش پیدا می‌کند. این افزایش مقدار ۱۱۷ درصد برای خاکریز بدون شمع و مقدار ۷۹ درصد برای خاکریز تقویت شده با شمع را نشان می‌دهد.

۴- می‌توان نتیجه گرفت وجود آب زیرزمینی در خاکریز اثر بسیار نامطلوب و حتی مخرب در پایداری و تغییر مکان خاکریز دارد. لذا باید با در نظر داشتن ملاحظات اقتصادی و جنبه‌های اجرایی از نفوذ آب به آن جلوگیری کرده و یا این‌که طرح زهکش مناسبی ارائه گردد تا فشار آب حفره‌ای خاکریز کم‌تر شود.

### پیشنهادات و توصیه‌های فنی

با توجه به بررسی‌های انجام شده روی مدل‌های متعدد المان محدود، پیشنهاد می‌شود موارد مشروحه ذیل را در آنالیز و طراحی و اجرای پروژه‌های تقویت خاکریز با شمع مد نظر قرار گیرد.

۱- شناخت و تعیین دقیق مشخصات مقاومتی خاک شامل ضریب چسبندگی  $C$  و ضریب زاویه اصطکاک داخلی  $\phi$ ، مدول الاستیسیته، ضریب پواسون و غیره با استفاده از نتایج آزمایش‌های صحرائی و آزمایشگاهی ضروری است.

۲- در ساخت مدل المان محدود، محدوده هندسی و شرایط مرزی مورد نیاز مدل (boundary condition)، باید به‌دقت مورد بررسی قرار گیرد تا نتایج حاصل از آنالیز واقعی‌تر و قابل اعتماد باشد.

۳- با توجه به اثر بسیار نامطلوب و کاهش شدید ضریب اطمینان در برابر لغزش و افزایش تغییر مکان‌های خاکریز، در شرایطی که احتمال بالا آمدن سطح آب زیرزمینی وجود دارد، تعیین دقیق حداکثر تراز سطح آب در پروژه‌های اجرایی از لحاظ ایمنی و اقتصادی بسیار ضروری است.

۴- با توجه به اینکه افزایش مؤلفه قائم و افقی شتاب زلزله اعمال شده به خاکریز، تأثیر بسیار زیادی در کاهش ضریب اطمینان و افزایش ضریب اطمینان خاکریز دارد، لذا توصیه می‌شود مطالعات لرزه خیزی ساختگاه برای تعیین ضرائب مربوط به زلزله انجام گیرد.

۵- در استفاده از شمع جهت تقویت و افزایش پایداری خاکریز،

Computers and Geotechnics. 17: 1-16.

3- Liang, R. and Zeng, S. 2002. Numerical Study of Soil Arching Mechanism in Drilled Shafts for Slope Stabilization. Soils and Foundations. 42 (2): 83-92.

4- Poulos, H.G. 1995. Design of Reinforcing Piles to Increase Slope Stability. Canadian Geotechnical Journal. 32: 813-817.

5- Poulos, H.G. 2006. Design of Slope Stabilizing Piles. Research Report No. T784. School of Civil and Mining Engineering, University of Sydney, Australia.

در تعیین طول، قطر و محل قرارگیری شمع، حداقل ضریب اطمینان و حداکثر تغییر مکان قابل قبول خاکریز که توسط آئین‌نامه‌های مربوط تعیین شده است و همچنین در نظر داشتن هزینه‌های اجرایی، امکان اجرای شمع و مسائل سازه‌ای و غیره باید با هم در نظر گرفته شود.

#### منابع

1- Brinkgreve, R.B.J. and Vermeer, P.A. 2003. Plaxis, Finite Element Code for Soil and Rock Analyses Buletin, Issue 14, Rotterdam, Netherlands, September.

2- Lee, C.Y., Hall, T.S. and Poulos, H.G. 1995. Simplified Pile-Slope Stability Analysis.

## مقدمه

بندهای اصلاحی، سدهای کوچکی هستند که در عرض آبراهه‌ها یا آب‌کندها به منظور کاهش سرعت جریان‌های متمرکز ساخته می‌شوند. مهم‌ترین نقش آن‌ها از نظر کنترل فرسایش، کاهش سرعت جریان به دلیل کاهش شیب بستر آبراهه با رسوب‌گذاری است [۹]. در ایران سدهای تا ارتفاع ۱۰ متر "بند" نامیده می‌شوند و زیر نظر وزارت جهاد کشاورزی برای عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک احداث می‌گردند [۶].

اولین گام در ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری کمی نمودن میزان تأثیر پروژه‌های آبخیزداری به وسیله‌ی اندازه‌گیری پارامترهای تعیین‌کننده و بررسی چگونگی دستیابی به اهداف آبخیزداری است [۱۲]. برای دستیابی به ارزیابی علمی و هدف‌مند، نیاز به داشتن معیارهای مناسب و علمی است. در حال حاضر معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی عملیات آبخیزداری در ایران بسیار محدود و سطحی می‌باشد، در صورتی‌که اگر بخواهیم به ارزیابی درست و منطقی طرح‌های آبخیزداری بپردازیم، ناچاریم یک تغییر کلی و اساسی در معیارهای ارزیابی ایجاد کنیم و برای تعیین مقدار معیارهای انتخاب‌شده از روش‌هایی استفاده کنیم که کم‌ترین خطا را داشته باشند [۳]. از این رو برای آن‌که معیارهای انتخابی بتوانند همه‌ی جوانب و خصوصیات بندها را شامل شوند، باید دارای این ویژگی‌ها باشند: ۱) عمومیت داشته باشند، ۲) قابل اندازه‌گیری باشند، ۳) تعداد آن‌ها بهینه باشد، ۴) آینده‌نگر باشند، ۵) به توانمندسازی و نتایج معیارها توجه متوازن شده باشد، ۶) قابلیت دسته‌بندی داشته باشند. هر اندازه معیارها اجزای هدف را بیش‌تر پوشش دهند و بیش‌تر بیان‌کننده‌ی هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه‌ی دقیق‌تر افزایش خواهد یافت [۱۴].

در ایران ارزیابی عمل‌کرد طرح‌های آبخیزداری عملاً از سال ۱۳۶۶ شروع شده است. در این سال سازمان برنامه و بودجه برای اولین بار ارزیابی عمل‌کرد طرح آبخیزداری سفیدرود را مورد توجه قرار داد [۱۰]. درویش [۳] با انجام مطالعه‌ای تحت عنوان "مقدمه‌ای بر روش تدوین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران" برای ارزیابی جریان بیابان‌زایی در کشور (در سطح ملی)، شش معیار را معرفی نمود: ۱) افت کیفیت زندگی، ۲) زوال تنوع زیستی، ۳) افت اندوخته‌های آبی، ۴) زوال پوشش گیاهی، ۵) فرسایش و ۶) افت تولید خاک. چوپانی و همکاران [۲] برای «بررسی فاکتورهای مؤثر بر عمل‌کرد انواع مختلف اپی‌های موجود در رودخانه‌ی میناب»، فاکتورهای "نسبت فاصله‌ی بین آب‌شکن‌ها به طول آن‌ها" و "نسبت

## معرفی معیارهای مناسب برای ارزیابی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی

رفعت زارع بیدکی<sup>۱</sup> و احمد قنبری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۷

## چکیده

ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور برآورد میزان کارایی و بهبود آنها امری ضروری است و شناخت معیارهای مؤثر بر کارایی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی به عنوان یکی از اقدامات مهم و هزینه‌بر آبخیزداری، شرط اساسی برای انجام یک ارزیابی دقیق است. در این مقاله سعی شده است تا با کمک منابع علمی، تجارب اجرایی و نظرخواهی از افراد متخصص، معیارهای تأثیرگذار در کارایی بندها شناسایی و معرفی گردد. به نحوی که بتوان با کمک آن‌ها بندهای اصلاحی سنگی - ملاتی، گابیونی و خشکه‌چین را به دور از نظرات کارشناسی و بدون تأثیر شرایط حوزه آبخیز ارزیابی نمود. در این راستا ۱۹ معیار به عنوان معیارهای مؤثر در کارایی فنی و اقتصادی بندهای اصلاحی شناسایی شده و در دو گروه معیارهای مؤثر بر عمل‌کرد انفرادی و گروهی بندهای اصلاحی تقسیم شدند. معیارهای فردی معیارهایی هستند که بر عمل‌کرد یک بند اصلاحی به صورت انفرادی تأثیر دارد. معیارهای گروهی، معیارهایی هستند که بر عمل‌کرد همه‌ی بندهای یک آبراهه در تثبیت آبراهه تأثیر دارند. سپس برای به مقیاس در آوردن معیارهای فوق، روابط ریاضی معرفی گردید تا با کمک آن‌ها بتوان میزان کارایی بندها را محاسبه کرد.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، ارزیابی، بند اصلاحی، معیار.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد،

zare.rafat@nres.sku.ac.ir

۲. دانش‌آموخته مهندسی آبخیزداری دانشگاه شهرکرد

تنگ‌شدگی عرض رودخانه" را مورد بررسی قرار دادند. نصیری قیداری و همکاران [۱۱] برای تعیین مقدار عددی معیارهای در نظر گرفته شده برای ارزیابی عمل‌کرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی از معادلاتی هم‌چون "نسبت حجم آب قابل تحویل به حجم آب پیش‌بینی شده" و ... استفاده نموده‌اند.

در این پژوهش سعی شده است معیارهایی معرفی گردد که با کمک آن‌ها بتوان کارایی بندهای اصلاحی را در زمان‌های مختلف پس از اجرا و در مکان‌های مختلف ارزیابی نمود به‌گونه‌ای که حداقل تأثیرپذیری را از شرایط محل اجرا داشته باشد.

## روش تحقیق

### الف- انتخاب معیارها

با توجه به ویژگی‌های عمومی و اختصاصی که به نظر می‌رسید در تعریف معیارها ضروری هستند، ۱۲ معیار برای ارزیابی بندهای اصلاحی به‌صورت انفرادی و ۷ معیار برای ارزیابی یک مجموعه بند احداث شده در یک آبراهه تعریف شدند.

### معیارهای فردی

معیارهای فردی، معیارهایی هستند که مربوط به خصوصیات و کارایی یک بند به تنهایی بوده و با کمک آن‌ها می‌توان میزان کارایی فردی بندها را به طوری که جدا از سایر بندهای آن آبراهه در نظر گرفته شوند، مشخص نموده و آن‌ها را براساس نزدیکی به کارایی مطلوب، رتبه‌بندی کرد.

### معیارهای گروهی

این معیارها مربوط به کارایی گروهی بندها در ارتباط با هم و در سراسر یک آبراهه بوده و با کمک آن‌ها می‌توان کارایی و مزایای نسبی شبکه‌ی بندها را سنجید و آن‌ها را رتبه‌بندی نمود.

### ب- تشریح معیارها

برای انتخاب شاخص و روابط مناسب برای محاسبه‌ی امتیاز بندها در هر معیاری، از مؤلفه‌های مناسبی که به بهترین روش نشان‌دهنده میزان کارایی هر بند در آن معیار است، استفاده شده است.

هم‌چنین برای امتیازدهی به معیارها بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده، این نکته مدّ نظر قرار گرفته است که: برخی معیارها افزایشی و برخی کاهش‌ی هستند؛ در نتیجه در مورد معیارهای کاهش‌ی ارزش کم‌تر آن‌ها مطلوب است. به‌طور مثال افزایش ضریب ذخیره، موجب افزایش کارایی بند می‌گردد، اما افزایش انحراف مرکز سرریز از محور آبراهه، موجب کاهش کارایی آن خواهد شد که در محاسبات مدّ نظر قرار گرفته است.

## نتایج

### معیارهای فردی

#### ۱- مکان‌یابی ( $X_1$ )

مکان‌یابی صحیح، به‌معنای تعیین بهترین نقاط برای احداث

بندهای اصلاحی در طول آبراهه‌ای است که برای اجرای این نوع عملیات اصلاحی انتخاب شده است.

برای انتخاب بهترین محل احداث این سازه‌ها، باید محل‌هایی را انتخاب نمود که علاوه بر این‌که دارای استحکام لازم باشند، دارای کم‌ترین عرض باشند و در مستقیم‌ترین نقطه از محدوده‌ی مورد نظر اجرا گردند. تا به ترتیب موجب ایجاد حداکثر استحکام، حداقل هزینه و بهترین کارایی شوند. به‌این منظور، برای به‌دست آوردن تأثیر واقعی این معیار، از سه زیرمعیار: محکم‌ترین، کم‌عرض‌ترین و مستقیم‌ترین نقطه برای انتخاب محل احداث بندها استفاده و وزن آن‌ها نسبت به هم در قالب یک جدول زوجی جداگانه به‌دست می‌آید.

چون برای تعیین میزان کارایی مکان‌یابی بندها، شاخص یا معادله‌ای به‌صورت کمی معرفی نشده است و تعیین میزان دقیق انحراف از نرمال و هم‌چنین ارایی رابطه‌ای برای این کار مشکل به‌نظر می‌رسد، می‌توان برای ارزیابی هر بند اصلاحی پس از ترسیم مسیر اصلی آبراهه - به کمک تهیه‌ی پروفیل طولی و عرضی و تعیین محل بند در نقشه- نظر کارشناسان خبره این امر را در قالب پرسش‌نامه‌ای در مورد میزان صحت مکان بندها، جویا شد. در نهایت متوسط نظرات کارشناسان در هر زیرمعیار با توجه به وزن تعیین شده هر زیر معیار محاسبه خواهد شد.

#### ۲- پایداری بند ( $X_2$ )

این معیار یکی از ارکان مهم در ساخت سدها و بندهای وزنی است که شامل سه مؤلفه‌ی چرخش بند حول محور پایاب، لغزش بند به‌دلیل غلبه بر نیروی اصطکاک و نشست بند در جایگاه خود می‌باشد.

با توجه به ارتفاع کم بندهای اصلاحی، فشار وارده از طرف وزن آن‌ها بر خاک‌های معمولی بیش از ۵۰ تن بر متر مربع نخواهد شد [۲]. لذا در این تحقیق به دلیل ارتفاع کم بندها، تنها دو گزینه‌ی چرخش حول محور و لغزش بند به‌عنوان دو زیرمعیار در نظر گرفته شدند.

برای محاسبه‌ی پایداری در مقابل لغزش از روش "ضریب اطمینان در مقابل لغزش" (رابطه‌ی ۱)، استفاده شده است.

$$SF = \frac{\sum F_V}{\sum F_H} \geq f \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق SF ضریب اطمینان در مقابل لغزش؛ f ضریب اصطکاک بین بند و بستر ساخت؛  $F_V$  نیروی وارده به بند در راستای عمودی؛ و  $F_H$  نیروی وارده به بند در راستای افقی است. بهترین شرایط بند اصلاحی از نظر ضریب اطمینان در حالتی است که این ضریب بین ۱/۲۵ تا ۲ به‌دست آید. این ضریب برای سدهای کوتاه روی پی‌های سنگی ۱ تا ۱/۵ به‌دست خواهد آمد.

برای محاسبه‌ی پایداری در مقابل واژگونی، از رابطه زیر استفاده می‌شود [۱].



#### ۴- ضریب ذخیره ( $X_4$ )

ضریب ذخیره، نسبت حجم ذخیره‌ی پشت سد به حجم مصالح به‌کار رفته در ساخت سد می‌باشد.

از آنجایی که یکی از اهداف احداث بندهای اصلاحی، نگهداری رسوبات و نگاهداشت آب در حوزه می‌باشد؛ به هر میزان که بندها -نسبت به حجم مصالح و هزینه‌ای که برای احداث آن‌ها صرف شده است- حجم ذخیره بیش‌تری داشته باشند، کارایی آن‌ها بیش‌تر است. بر اساس این ارتباط می‌توان از ضریب ذخیره به‌عنوان معیاری مناسب برای تعیین بخشی از کارایی بندها استفاده نمود. برای محاسبه‌ی امتیازات بندها در این معیار، ابتدا حجم کلیه‌ی بندها و حجم ذخیره‌ی پشت آن‌ها محاسبه می‌شود. سپس امتیاز این معیار بر اساس ضریب ذخیره به‌دست آمده محاسبه می‌شود [۷]. نحوه امتیازدهی به ضریب ذخیره بند اصلاحی در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مقدار امتیاز به ضریب ذخیره بند اصلاحی

$X_4$	ضریب ذخیره
۰	کم‌تر از ۱
۱	۱-۲
۲	۲-۴
۳	۴-۶
۴	بیش‌تر از ۶

#### ۵- عمودبودن تاج بند ( $X_5$ )

بندهای اصلاحی موانعی هستند که به‌صورت عمود بر مسیر آبراهه ساخته می‌شوند تا علاوه بر این که با ایجاد حداقل طول تاج، کم‌ترین مصالح را مصرف کنند، خطر انحراف آب به یک طرف بند را هم به حداقل برسانند. اما گاهی در زمان اجرا بندها با انحراف از حالت عمود بر آبراهه ساخته می‌شوند. از این‌رو به هر میزان محور تاج بند نسبت به محور آبراهه از حالت عمود خارج باشد، حجم مصالح مصرفی بیش‌تر و احتمال منحرف‌شدن سیل نیز بیش‌تر خواهد شد و این میزان انحراف می‌تواند به‌عنوان فاصله از کارایی نرمال در نظر گرفته شود. برای به دست آوردن میزان انحراف بندها (D) بر حسب درجه، پس از تعیین مسیر اصلی آبراهه، انحراف محور بندها نسبت به آن با زاویه‌یاب به‌دست می‌آید.

حداکثر امتیاز این معیار مربوط به زمانی است که بند کاملاً عمود بر محور آبراهه باشد و کم‌ترین امتیاز آن مربوط به زمانی است که انحراف بند مساوی یا بیش‌تر از ۴۵ درجه باشد. در رابطه‌ی پیشنهادی زیر افزایش انحراف باعث کاهش امتیاز می‌گردد.

$$X_5 = 1 - \frac{D}{45} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$CF = \frac{\sum M_R}{\sum M_D} = 1.5 - 1.7 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه CF ضریب اطمینان در برابر واژگونی؛  $\sum M_R$  مجموع گشتاور مقاوم؛  $\sum M_D$  مجموع گشتاور مخرب است. این ضریب باید بین ۱/۵ تا ۱/۷ به‌دست آید. امتیازهای به‌دست آمده از محاسبه‌ی این معیار، علاوه بر این که بیانگر میزان رعایت فنی پایداری بندها است، بیانگر میزان رعایت اصل استفاده‌ی بهینه از منابع مالی می‌باشد. یعنی تأکید بر رعایت پایداری بند نباید موجب شود هزینه‌ی اضافی خرج گردد.

برای تعیین امتیاز بندها در معیار پایداری، ابتدا با کمک روابط پیشنهادی (رابطه‌های ۳ و ۴)، امتیاز بندها در دو زیرمعیار فوق محاسبه و سپس مجموع امتیاز به‌دست آمده در دو زیر معیار فوق -با در نظر گرفتن وزن هر زیرمعیار- به‌عنوان امتیاز پایداری ثبت می‌گردد.

$$M = 1 - \frac{|CF - CF_i|}{m} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه  $CF$  و  $CF_i$  به‌ترتیب مقدار محاسبه شده و مقدار پیش‌بینی شده ضریب اطمینان در برابر واژگونی هستند و  $m$  بین ۱/۵ تا ۱/۷ باید باشد.

$$N = \frac{|SF - SF_i|}{n} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه  $SF$  و  $SF_i$  به‌ترتیب مقدار محاسبه شده و مقدار پیش‌بینی شده ضریب اطمینان در برابر واژگونی هستند و  $n$  بین ۱/۵ تا ۱/۷ باید باشد.

#### ۳- تثبیت طولی آبراهه ( $X_3$ )

از آنجایی که هدف اصلی احداث بندهای اصلاحی تثبیت بستر آبراهه می‌باشد، میزان طولی از بستر آبراهه که در نتیجه‌ی اجرای بند تثبیت می‌شود، می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم برای ارزیابی آن‌ها در نظر گرفته شود.

با توجه به این که میزان کارایی بندها با مقایسه‌ی میزان هزینه به عمل‌کرد آن‌ها محاسبه می‌شود، می‌توان معادله‌ای بر اساس طول تثبیت‌شده‌ی آبراهه در پشت هر بند -با احتساب شیب حد‌نهایی رسوبات- و حجم مصالح به‌کار برده شده در بند، تعریف نمود. از این رو به‌عنوان یک شاخص برای محاسبه‌ی این معیار در نظر گرفت.

$$X_3 = \frac{L}{V} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه  $X_3$  امتیاز بند در معیار تثبیت طولی آبراهه؛  $L$  طول تثبیت شده در پشت بند (متر)؛ و  $V$  حجم نرمال شده مصالح بند (مترمکعب) است.

## ۶- انتخاب ابعاد مناسب سرریز ( $X_4$ )

تخریب طبیعت می‌شود. برای بررسی این معیار، می‌توان با کمک منابع علمی و با توجه به ابعاد بند و شرایط آبراهه، بهترین اندازه‌ی آنکراژ را برای هر بند برآورد نمود. سپس با توجه به اندازه‌گیری صحرائی این معیار، برای میزان صحت رعایت این معیار، به کمک رابطه‌ی (۸) امتیاز بندها را محاسبه نمود.

$$X_8 = 1 - \frac{|A - A'|}{A} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن A آنکراژ محاسبه شده در طراحی (متر)؛ A' آنکراژ اجرا شده (متر) است.

## ۹- تبعیت از نیمرخ عرضی آبراهه ( $X_4$ )

بهترین ارتفاع بند زمانی است که حداکثر ارتفاع آن منطبق بر نیمرخ عرضی آبراهه باشد، تا ضمن ایجاد حداکثر ممانعت از ریزش کناره‌ها و ایجاد حداکثر حجم پشت بند، موجب بالا آمدن سیلاب به کناره‌های آبراهه، افزایش حجم بند و کاهش ضریب ذخیره نگردد. برای محاسبه‌ی این معیار، می‌توان ارتفاع نهایی همه‌ی بندها از کف آبراهه را اندازه‌گیری و با عمق آبراهه مقایسه و اختلاف آن‌ها را محاسبه نمود. در رابطه‌ی پیشنهادی زیر بیش‌ترین امتیاز به انطباق کامل با نیمرخ عرضی آبراهه تعلق می‌گیرد و به هر میزان که کم‌تر یا بیش‌تر باشد از امتیاز آن کاسته می‌شود.

$$X_9 = \frac{|H - H'|}{H} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در آن H عمق آبراهه در محل بند (متر) و H' ارتفاع کل بند (به‌جز عمق پی) (متر) است.

## ۱۰- تطابق مرکز سرریز با محور آبراهه ( $X_4$ )

بندهای اصلاحی به‌طور معمول برای اصلاح آبراهه‌های کوچک یا متوسط احداث می‌شوند و سرریز همه‌ی آن‌ها از نوع روگذر می‌باشد و برای به حداقل رساندن تخریب کناره‌ها سعی می‌گردد کم‌ترین ریزش را بر کناره‌ها داشته باشند، از این‌رو باید دقت کرد تا ضمن رعایت حداقل عرض برای سرریز انتخابی، سرریز درست در وسط آبراهه طراحی و اجرا گردد. از این‌رو رعایت این اصل به‌عنوان یکی دیگر از معیارهای ارزیابی در نظر گرفته شده است. بدین منظور می‌توان پس از تعیین محور آبراهه، میزان انحراف مرکز سرریز بندها را از محور اصلی آبراهه ثبت و بر اساس رابطه‌ی (۱۰) امتیاز همه‌ی بندها را محاسبه نمود.

$$X_{10} = 1 - \frac{S'}{S} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن S' انحراف مرکز سرریز از محور آبراهه (متر) و S نصف عرض سرریز (متر) است.

اگر ابعاد سرریزها کوچک‌تر از میزان لازم در نظر گرفته شود، آب در مواقع طغیان از کناره‌های سد عبور کرده و باعث ایجاد فرسایش در دو طرف بستر و هم‌چنین در پای قسمت‌هایی از بند که فاقد کف‌بند هستند، می‌شود. ولی اگر ابعاد سرریزها بیش‌تر از احتیاج محاسبه شود، میزان هزینه بالا خواهد رفت؛ پس به‌تراست ابعاد سرریز با توجه به دبی حداکثر در دوره‌ی بازگشت معین تعیین گردد. لذا باید حداکثر دبی ورودی بندها در دوره‌ی بازگشت پروژه را با کمک نمودارهای شدت-مدت-فراوانی بارندگی‌ها، در دوره‌ی بازگشت طرح و با شدت بارشی برابر با زمان تمرکز حوزه به دست آورد و با دبی طراحی بندها مقایسه کرد. برای به‌دست آوردن امتیاز بندها می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده نمود.

$$X_6 = 1 - \frac{|Q - Q'|}{Q} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه Q دبی محاسبه شده بر اساس دوره بازگشت و Q' دبی که سرریز بر اساس آن ساخته شده است. طبق این رابطه، حداکثر امتیاز مربوط به برابری هر دو دبی می‌باشد.

## ۷- استحکام بند ( $X_4$ )

در ساختن بندهای سنگی اطلاع از کیفیت، شکل و دانه‌بندی سنگ‌ها اهمیت دارد. زیرا انتخاب صحیح سنگ‌ها در استحکام بند مؤثر است. هم‌چنین شکل سنگ به‌کار رفته در بند نیز می‌تواند در استحکام بند مؤثر باشد [۱۳]. بر این اصل می‌توان استحکام بندها را به‌عنوان یکی از معیارهای ارزیابی - با دو زیر معیار استحکام مصالح و استحکام ساخت - انتخاب نمود. برای امتیازدهی به بندها در این معیار، با توجه به آن که شاخص دقیقی برای آن نمی‌توان در نظر گرفت، می‌توان میزان کیفیت مصالح و دقت در ساخت آن‌ها را به‌صورت جداگانه از کارشناسان خیره در قالب پرسش‌نامه، سوال نمود و پاسخ آن‌ها را در قالب تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد بین ۱-۹ جمع‌آوری نمود و سپس به روش هندسی از کل نظرات متوسط‌گیری کرده و به‌عنوان امتیاز بندها در این معیار، ثبت نمود.

## ۸- آنکراژ ( $X_8$ )

دو اثر مهم آنکراژ عبارت است از: بالا بردن پایداری سد و کم کردن خطر کنده‌شدن کناره‌ها و معمولاً در بندهای اصلاحی، بین ۰/۷ تا ۱/۵ متر در نظر گرفته می‌شود [۶].

متأسفانه در برخی از بندهای اجرا شده، به علت کم توجهی یا صرفه‌جویی در هزینه، آنکراژ بند به‌خوبی اجرا نشده است، به‌گونه‌ای که حتی زمینه‌ی تخریب بند بر اثر جریان سیلاب را فراهم کرده است. البته در مواقعی هم به‌خصوص در سال‌های اخیر حساسیت بیش از حد موجب شده است که با حفر کناره‌ها به وسیله‌ی بیل مکانیکی، آنکراژها بیش از حد وارد کناره‌های آبراهه گردند. این کار علاوه بر صرف هزینه‌ی اضافی، بافت آبراهه را به هم زده و موجب

## ۱۱- طول کف بند ( $X_{11}$ )

بهترین روش برای تعیین طول کف بند، محاسبه‌ی آن به روش هیدرولیکی می‌باشد. از این رو برای تعیین دقیق این معیار بهتر است دبی‌های با دوره بازگشت طرح و با تداوم بارشی برابر با زمان تمرکز حوزه، محاسبه شود. سپس با توجه به دبی‌های حداکثر ورودی و عرض سرریزهای موجود، طول کف بندها محاسبه گردد. رابطه‌ی زیر برای تعیین امتیاز بندها در معیار طول کف بند به کار رود. بر اساس این رابطه کم‌تر بودن طول کف بند به عنوان ایراد فنی و بیش‌تر بودن آن به عنوان ایراد اقتصادی موجب کم شدن امتیاز بند خواهد شد.

$$X_{11} = 1 - \frac{|F - F'|}{F} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که در آن  $F$  اندازه کف بند محاسبه شده (متر) و  $F'$  اندازه کف بند موجود (متر) است.

## ۱۲- عمق پی ( $X_{12}$ )

پیش‌بینی عمق مناسب پی در بندهای اصلاحی، به نحوی که به استقرار آن‌ها کمک کرده و مانع فرار آب از زیر آن گردد، می‌تواند به عنوان یک معیار دیگر برای ارزیابی بندها معرفی گردد. برای محاسبه‌ی این معیار باید عمق پی در بندها را با توجه به طراحی بند و شرایط بستر برآورد و همچنین میزان موجود آن را در بندها اندازه‌گیری و بر اساس این رابطه امتیاز آن‌ها را در این معیار محاسبه نمود.

$$X_{12} = 1 - \frac{|Fo - Fo'|}{Fo} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن  $Fo$  عمق پی محاسبه شده (متر) و  $Fo'$  عمق پی اجرا شده (متر) است.

## معیارهای گروهی

### ۱- رعایت فاصله‌ی بندها بر اساس شیب حد رسوبات ( $X'_1$ )

بی‌شک بندهای اصلاحی بهترین کارایی خود را در شبکه‌ی بندها زمانی می‌توانند به نمایش بگذارند که به صورت منظم در یک آبراهه احداث شوند و بهترین حالت برای رسیدن به این منظور در صورتی است که انتهای رسوبات بند پایین‌دست، به پاشنه‌ی بند بالادست برسد و از آن بیش‌تر هم نشود. این فاصله با احتساب شیب حد رسوبات تعیین می‌گردد.

به همین منظور باید با کمک دوربین نقشه‌برداری، نیم‌رخ طولی تمامی آبراهه‌های مورد نظر در محل اجرای بندهای اصلاحی را تهیه و فاصله‌ی افقی، شیب آبراهه و اختلاف ارتفاع خاستگاه بندها را محاسبه نمود. سپس با کمک ارتفاع مفید بندها و تعیین شیب حد رسوبات میزان طول نهایی رسوب‌گذاری را محاسبه نمود. از رابطه‌ی زیر می‌توان امتیاز بندها را محاسبه نمود.

$$X'_1 = \frac{L}{L'} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن  $L$  مجموع طول نهایی قابل تثبیت در همه بندهای شبکه (غیر از بند آخر) بر اساس شیب حد رسوبات (متر) و  $L'$  مجموع فواصل بندها در شبکه (متر) است.

### ۲- انتخاب نوع بند ( $X'_2$ )

بندهای اصلاحی علیرغم داشتن خصوصیات مشترک، در شرایط مختلف دارای کارایی متفاوتی هستند. به همین دلیل هر کدام از آنها در شرایط خاصی ترجیح داده می‌شوند. مثلاً بهتر است برای آبراهه‌های درجه ۱: بندهای چپری، درجه ۱ و ۲: بندهای خشک‌چین، در آبراهه‌های درجه ۳: سنگ و سیمان، در آبراهه‌های درجه ۴، ۵ و ۶: بندهای با مصالح بتن مسلح و برای کنترل رسوب، بندهای گابیونی انتخاب گردد [۸]. از این رو انتخاب بهترین نوع بند می‌تواند به عنوان یک معیار برای ارزیابی بندها انتخاب گردد. برای تعیین میزان این معیار ابتدا با توجه به متون علمی، هدف و شرایط آبراهه، بهترین نوع بند انتخاب و با شرایط موجود مقایسه می‌شود. سپس برای امتیازدهی به گزینه‌ها در این معیار، از روش صفر و یک استفاده می‌شود. در نتیجه چنانچه در مقاطع مورد ارزیابی، نوع بندها مناسب انتخاب شده باشد، برای آن امتیاز یک و در غیر این صورت امتیاز صفر در نظر گرفته می‌شود.

### ۳- استفاده از مصالح موجود ( $X'_3$ )

در ساخت بندها باید تا حد ممکن از مواد موجود در محل استفاده گردد، تا هزینه‌ی طرح کم‌تر گردد [۱۳]. استفاده از مصالح موجود در آبراهه‌ها برای اجرا، به عنوان یک حسن قلمداد می‌شود اما این امر همیشه میسر نیست. از این رو پیشنهاد می‌شود برای کلیه آبراهه‌ها حداکثر امتیاز در نظر گرفته شود و در صورتی که مشابه مصالح به کار رفته در آبراهه‌ای وجود داشته و استفاده نشده است، به همان نسبت از امتیاز آن آبراهه کسر گردد.

### ۴- حداقل تخریب در منطقه ( $X'_4$ )

روند رو به رشد اجرای عملیات سازه‌ای آبخیزداری و تمایل شدید طراحان و مجریان به احداث سازه‌های بزرگ و به تبع آن استفاده از ماشین‌های باربری و راه‌سازی، تخریب عرصه‌های طبیعی و پوشش گیاهی را به یک مشکل جدی تبدیل نموده است. با این پیش‌زمینه میزان تخریب طبیعت در راستای اجرای سازه‌های آبخیزداری به عنوان یکی دیگر از معیارها، برای ارزیابی بندها لحاظ شده است و از آنجایی که بسیاری از تخریب‌های صورت گرفته برای دسترسی به بندها به شکل مشترک انجام می‌شود، این معیار به عنوان یک معیار گروهی در نظر گرفته شده است. در این روش، باید برای محاسبه‌ی امتیاز شبکه‌ها، مساحت تخریب‌های انجام شده برای هر گروه از بندها را به دست آورد.

$$X'_6 = 1 - \frac{V'}{V} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

که در آن  $V$  حجم مازاد بر اندازه رسوبات (متر مکعب) و  $V'$  حجم رسوبات محاسبه شده در طول عمر مفید بند (متر مکعب) است.

#### ۷- حداقل غرقاب نمودن عرصه ( $X'_4$ )

پس از پرشدن مخزن پشت بندها از رسوبات یا سیلاب، سطحی از عرصه که در پشت بند واقع شده است به صورت موقت در زیر سیلاب‌های معمولاً گل‌آلود رفته و در صورت پرشدن از رسوبات به صورت دائمی به زیر رسوبات خواهد رفت و سطحی از اراضی طبیعی به همراه پوشش گیاهی از حالت طبیعی خارج خواهد شد. لذا درکنار منافع ذخیره‌ایی بندها، این مورد را می‌توان به‌عنوان یکی از معایب ذخیره‌ی رسوبات در نظر گرفت. اما زیان این عمل زمانی مؤثر است که حجم ذخیره‌ای بندها به خارج از پروفیل آبراهه - یعنی جایی که دارای پوشش گیاهی غیرآبراهه‌ای بوده و تا کنون در زیر آب واقع نشده است - سرایت پیدا کند. پس می‌توان تخریب عرصه‌ی خارج از پروفیل را هم به‌عنوان یک معیار برای ارزیابی بندها در نظر گرفت و به هر میزان از سطح عرصه‌ی طبیعی که تخریب خواهد شد به‌عنوان نمره‌ی منفی برای کارایی بند به حساب آورد. در نتیجه پیشنهاد می‌شود امتیاز بندها به این صورت محاسبه گردد.

$$X'_7 = 1 - \frac{Af'}{Af} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

که در آن  $Af'$  سطح غرقاب شده خارج از نیمرخ عرضی آبراهه در تمام بندهای شبکه (متر مربع) و  $Af$  سطح غرقاب شده داخل نیمرخ عرضی آبراهه در تمام بندهای شبکه (متر مربع) است.

#### معیارهای غیر قابل ارزیابی

در کنار شناسایی معیارهای فوق، معیارهای دیگری نیز شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند که به دلایلی جزء معیارهای ارزیابی، در نظر گرفته نشده‌اند. معیارهای فوق به همراه دلایل عدم ارزیابی آنها در زیر آمده است.

تثبیت شیب‌کناری آبراهه: تأثیر کم بندهای اصلاحی در این مورد و محاسبه‌ی مشکل.

میزان خاکریزی پشت بند: به علت سن متفاوت بندها و تغییرات متفاوتی که در اثر رسوب‌گذاری یا فرسایش طبیعی بر روی آنها صورت می‌گیرد.

نفوذپذیری بندها: به علت آن که در بندهای خشکه‌چین و گابیونی اصلاً مد نظر نیست و نفوذناپذیر بودن بندهای سنگی ملاتی نیز به خاطر ایجاد استحکام آنها می‌باشد نه جلوگیری از فرار آب، مگر در مواقعی نادر.

محافظت روی سرریز: چون در آبراهه‌های کوچک نیاز نیست و برای همه‌ی بندهای اصلاحی مشترک نیست.

برای انتخاب شاخصی مناسب برای امتیازدهی، از هم‌بستگی بین سطح عرصه‌ی تخریب‌شده با حجم سازه‌های اجرا شده در آبراهه‌ها استفاده گردیده و رابطه‌ی زیر به‌عنوان شاخصی برای امتیازدهی به این معیار معرفی می‌شود.

$$X'_4 = \frac{V}{A} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

که در آن  $V$  حجم کل بندهای اجرا شده در آبراهه (مترمکعب) و  $A$  مساحت عرصه تخریب شده (متر مربع) می‌باشد.

#### ۵- تثبیت ارتفاعی آبراهه ( $X'_5$ )

هدف از اجرای بندهای اصلاحی، کاهش شیب آبراهه کم کردن سرعت سیلاب و افزایش زمان تمرکز می‌باشد، در شرایط مساوی هر چه ارتفاع بندها بیش‌تر باشد، شیب بیش‌تری از آبراهه شکسته خواهد شد و تأثیر بیش‌تری در کند نمودن سرعت سیلاب و افزایش زمان تمرکز حوزه خواهد داشت. از این‌رو، نسبت بین ارتفاعی از آبراهه‌ی شیب‌دار که توسط بندها تثبیت می‌شود و حجم مصالح به‌کار رفته می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی بخشی از کارایی گزینه‌های مورد ارزیابی در نظر گرفته شود. از این‌رو رابطه‌ی زیر برای این معیار ارائه و بر اساس آن امتیاز همه‌ی شبکه‌ها قابل محاسبه است.

$$X'_5 = \frac{\sum H}{\sum V} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

که در آن  $\sum H$  مجموع ارتفاع بندها (متر) و  $\sum V$  مجموع حجم بندهای موجود در شبکه (متر مکعب) است.

#### ۶- تناسب حجم پشت بندها با رسوب قابل ترسیب ( $X'_6$ )

استفاده‌ی بهینه از شرایط و امکانات حکم می‌کند که در کنار هدف اصلی احداث بندها، حجم ذخیره‌ای متناسب با رسوب قابل ترسیب هم ایجاد گردد. از این‌رو این معیار هم می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از معیارهای ارزیابی گروهی بندها معرفی گردد. با بررسی این معیار مشخص می‌شود که آیا در پیش‌بینی حجم ذخیره‌ی بندها حساب‌شده عمل شده است یا موجبات اتلاف هزینه‌ها را فراهم کرده‌اند. برای امتیازدهی به بندها در این معیار، بهترین حالت، برابری مجموع حجم پشت بندها در یک آبراهه، با مجموع رسوباتی که در مدت پیش‌بینی شده‌ی عمر مفید بندها اخذ خواهد شد، در نظر گرفته شد. بر این اساس برای بندهایی که داری حجمی کم‌تر از رسوب پیش‌بینی شده‌اند، امتیاز منفی در نظر گرفته نشده است؛ اما برای شرایطی که حجم ذخیره بیش‌تر از رسوب قابل ترسیب است، امتیاز منفی در نظر گرفته شد. بر این اساس امتیاز بندها بر اساس رابطه پیشنهادی زیر محاسبه می‌گردد.

### بحث و نتیجه گیری

بازبینی معیارهای انتخاب شده برای ارزیابی بندهای اصلاحی، این نکته را تأیید می کند که معیارها دارای خصوصیات لازم و کافی برای انجام یک ارزیابی دقیق -طبق آنچه در مقدمه آمده است- را دارند. یعنی این که در انتخاب آن ها، موارد زیر به خوبی رعایت شده است.

- ۱- معیارهای انتخابی برای انواع بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی، گابیونی و خشکه چین کاربرد دارند.
- ۲- کلیه معیارها به صورت کمی یا تبدیل امتیازات کیفی به کمی، با کمک شاخص ها یا خصوصیات ویژه قابل محاسبه هستند.
- ۳- معیارها به نحوی انتخاب شده اند که کلیه خصوصیات و جوانب مربوط به کارایی فنی و اقتصادی بندها را در بر گرفته اند و از انتخاب معیارهای کلی، جزئی و مبهم خودداری شده است.
- ۴- در انتخاب معیارها سعی شده است علاوه بر عیان کردن میزان فاصله بندهای موجود از کارایی نرمال، صفات و خصوصیات از بندها که موجب افزایش کارایی فنی و کاهش هزینه های اقتصادی می گردند را برجسته کرده و زمینه را برای انتخاب اصلاحاتی در آن ها فراهم سازد.
- ۵- در انتخاب معیارها سعی شده است علاوه بر تعیین راندمان نتایج احداث بندها؛ به فرایندهای کاری همچون روش کار و میزان تأثیرات جانبی آن ها بر روی طبیعت نیز توجه گردد.
- ۶- معیارها با توجه به نوع تأثیرشان در کارایی فردی یا گروهی بندها، به دو گروه تبدیل شده اند.
- ۷- نتیجه حاصل از امتیازدهی معیارها در بازه صفر تا یک نرمال شده است.
- ۸- ارزیابی توسط این معیارها را در هر زمان و مکان می توان انجام داد و به دلیل اینکه تأثیری از شرایط طبیعی محل نمی گیرند نتایج حاصل از بندهای مختلف قابل مقایسه است.

در نتیجه به نظر می رسد با کمک معیارهای فوق بتوان ارزیابی کارایی بندهای اصلاحی را با دقت بیشتری انجام داد؛ به نحوی که نقاط ضعف و قوت انواع بندها مشخص گردد و راه برای اصلاحات بعدی جهت افزایش کارایی آن ها هموار گردد.

### منابع

1. Beirami, M.K. and Edrissi, M.H. 2006. Water Transporting Structures, 6<sup>th</sup> Edition. Isfahan University of Technology. 478p. (In Persian)
2. Choopani, S., Abbassi, A.A., Parvareh, A. and Rastegar, H. 2008. Investigating of Factors Affected on Different Types of Eppies in Minab River. Pajooresh and Sazandegi Magazine. 20 (1): 66-78. (In Persian)
3. Darvish, Mohammad, 2003. The Introduction on the Method of Criteria and Indices of Desertification in Iran, Rangeland and Desert Researches. 10(3): 301-320. (In Persian)
4. Dastoorani, M.T. 2008. Watershed Management, Yazd University, 80p. (In Persian)
5. Dastoorani, M.T. and Sharifi Darani, H. 2008. Assessment Criteria for Biologic Projects in Watershed Management, 5<sup>th</sup> National Watershed Management Science and Technology. Gorgan. P 318. (In Persian)
6. Esmali, A. and Abdollahi, Kh. 2010. Watershed Management and Soil Conservation, 2nd Eddition, Mohaghegh-E-Ardebili publication. 578p. (In Persian)
7. Fattahi Nafchi, M.A. 2010. Small Dams, Shahrekord University, 75p. (in Persian)
8. Fattahi, M.A. 2009. Assessment of Study Reports of Kan Basin, Tehran University. (In Persian)
9. Gray. D.H. and Leiser, A.T. 1982. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. New York: Van No Strand Reinhold Company.
10. Mohammadi Golrang, B., Mashayekhi, M. and Habibi, M. 2008. Economical evaluation of Eppies in Lar River, Tehran Province, Geographical researches, 22(2): 114-138. (In Persian)
11. Nassiri Ghidari, A., Montazer, A.A. and Momeni, M. 2010. Using Analytical Hierarchy Process AHP and TOPSIS Technique in Determining of Value Weighted Criterion and Assessment of Performance of Irrigation and Drainage Networks. Case Study: Triple Regions of Irrigation Networks in Sefidrood, Irrigation and Drainage Journal, 2(4): 284-296. (In Persian)
12. Nily, N., Rahnama, F. and Liaghati, H. 2001. Evaluation of Watershed Management Projects in Erosion and Sediment Control and Water Supply and its Role in improvement of Residents Income (Case Study: Assessment of Several Watershed Management in Isfahan Province), 1<sup>st</sup> Watershed Management and Water Supply Management in Basins. (In Persian)

13. Refahi, H.GH, 1999. Water Erosion and its Control, Tehran University, Second Edition, 524p. (In Persian)

14. Sameti, M. and Asghari, M. 2003. Priorities of Industry Development in Isfahan Province based on AHP, Journal of Commerce, 27: 59-90. (In Persian)

واژه‌های کلیدی: آب قابل شرب دام، سامانه اطلاعات  
جغرافیایی، سبزوار

مدیریت منابع آب حوزه آبخیز جهت شرب دام  
(مطالعه موردی حوضه چاه تلخ سبزوار)

#### مقدمه

منابع طبیعی به‌عنوان بستر زندگی موجودات و به‌خصوص انسان‌ها، محور توسعه پایدار محسوب می‌گردد. یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده که بالغ بر ۵۴ درصد از سطح ایران را در بر گرفته است مراتع می‌باشد که نقش بسیار مهمی در حفاظت خاک، تولید آب، تولید گوشت و مواد لبنی دارد [۴]. بنابراین مدیریت و بهره‌برداری صحیح از مراتع امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. مدیریت موفق دام و مرتع و در نتیجه افزایش تولیدات دامی در آن نیازمند توجه به کمیّت، کیفیت و پراکنش منابع آب آن می‌باشد. وجود آب کافی در مرتع جهت شرب احشام، پراکنش چرا را در مرتع تصحیح می‌کند و در نتیجه از قسمت‌های مختلف مرتع در حد مناسبی بهره‌براری خواهد شد [۶]. سلیشی و همکاران [۱۲] در مطالعه خود تحت عنوان منابع آب برای احشام در اتیوپی، آب را اصلی‌ترین عامل در پراکنش دام در مرتع عنوان کردند. در واقع علوفه قابل بهره‌برداری از سطح مرتع، تنها آن بخش از علوفه تولیدی است که همراه با آب کافی برای شرب در دسترس دام باشد [۲]. بدیهی است نیاز آبی دام در هر منطقه با توجه به نوع دام، پوشش گیاهی، اقلیم، پستی و بلندی و حداکثر مسافتی که دام می‌تواند بپیماید به موقعیت منابع آب بستگی پیدا می‌کند [۷]. مقدم [۷] حداکثر مسافتی که گوسفند در توپوگرافی‌های مسطح، با شیب ملایم و با شیب تند می‌تواند جهت شرب طی کند به ترتیب ۲-۳، ۱/۵ و ۰/۷۵ کیلومتر عنوان می‌کند. در رابطه با کاربرد GIS، توبر [۱۳] مسافت پیموده شده توسط بز برای تأمین آب مورد نیاز (به‌شرطی که به تولید آن ضرر نرساند) را تعیین نموده و در نهایت با استفاده از GIS مدل مناسب دوری از منابع آب جهت چرای بز را به‌دست آورد. کمیّت [۱۱] در تحقیقی که برای تعیین شایستگی منابع آب جهت چرای گاو انجام داد با ارزیابی دو عامل شیب و تعداد منابع آب، حدود شیب و فاصله مناسب از منابع آب برای چرای گاو تعیین کرد [۵]. جوادی و همکاران [۳] تعیین شایستگی منابع آب برای چرای شتر را با استفاده از GIS انجام دادند.

#### مواد و روش‌ها

حوزه چاه تلخ در جنوب غربی شهرستان سبزوار واقع می‌باشد.

فیروزه مقیمی‌نژاد<sup>۱</sup>، یاسر قاسمی آریان<sup>۲</sup>، سعید احمدآبادی<sup>۳</sup> و علی حاجی بگلو<sup>۴</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۸

#### چکیده

بهره‌مندی دام از علوفه تولیدی مراتع به مقدار آبی بستگی دارد که در اختیار دام قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر تنها در صورت وجود آب کافی دام می‌تواند از علوفه تولیدی در سطح مرتع بیش‌ترین استفاده را به‌منظور تولید فرآورده‌های دامی داشته باشد. به‌دلیل نبود یا کمبود آب قابل شرب دام، سطوح چشم‌گیری از مراتع مورد چرا قرار نمی‌گیرد یا پیش از استفاده کامل علوفه تولیدی، دام به اجبار از مرتع خارج و به مناطق دیگر منتقل می‌شود. این مشکل در مراتع مناطق خشک محسوس‌تر بوده و می‌توان با حفر چاه‌های دستی (مال‌داری) برطرف و آب مورد نیاز دام‌ها را تأمین گردد. اما آنچه مهم است تعیین عرصه‌های مناسب برای حفر این چاه‌ها می‌باشد. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری اساسی برای تجزیه و تحلیل سریع داده‌ها و ارائه نتایج دقیق برای مکان‌یابی، برنامه‌ریزی و مدیریت مراتع محسوب می‌شوند. جهت انجام این تحقیق مراتع حوزه چاه تلخ در جنوب غربی سبزوار در نظر گرفته شد. ابتدا نقشه‌های منطقه مورد مطالعه تهیه شد و مرز حوزه مورد مطالعه تعیین گردید. سپس با مراجعه به منطقه موقعیت، کمیّت و کیفیت آب منابع آب تعیین شد و لایه‌های مربوط به هر کدام و هم‌چنین لایه مربوط به نقاط هم‌فاصله از منابع آب در چهار شیب ۱۰-، ۳۰-، ۶۰- و ۳۰- بیش از ۶۰ درصد تهیه شده و در نهایت از تلفیق این چهار لایه، مراتع منطقه از نظر دسترسی دام به آب به چهار طبقه شامل مناطق دارای شایستگی خوب (۱S)، شایستگی متوسط (۲S)، شایستگی ضعیف (۳S) و فاقد شایستگی (N)، طبقه‌بندی گردید و در نهایت مناطق دارای فاقد شایستگی به‌عنوان محل‌های مناسب جهت توسعه منابع تأمین آب شرب دام معرفی گردید.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری دانشگاه تهران
۲. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشگاه تهران، ghasemiaryan@ut.ac.ir
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری دانشگاه محقق اردبیلی
۴. کارشناس ارشد دفتر امور بیابان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

## نتایج

مدل نهایی شایستگی منابع آب به ترتیب زیر تهیه گردید: نقشه‌های کمیّت و کیفیت آب با یکدیگر تلفیق شده و بر اساس روش شرایط محدودکننده فائو، نقشه جدید حاصل طبقه‌بندی گردید. سپس نقشه جدید حاصل را با نقشه فاصله از منابع آب و نقشه طبقات شیب تلفیق کرده و نقشه ایجاد شده را دوباره به روش شرایط محدودکننده فائو طبقه‌بندی نموده و نقشه نهایی شایستگی منابع آب حاصل شد. نتایج به دست آمده کمیّت و کیفیت آب سامانه‌های عرفی و طبقه‌بندی شایستگی منطقه مورد مطالعه در جدول‌های ۴ و ۵ آمده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با در نظر گرفتن عوامل اقلیم، خصوصیات پوشش گیاهی، فصل بهره‌برداری، نوع دام و بررسی منابع آب منطقه نیاز آبی روزانه یک گوسفند بالغ در حوزه چاه تلخ سبزوار پنج لیتر در روز در نظر گرفته شد و مقدار آب مورد نیاز برای دام‌های موجود در هر سامانه عرفی تعیین گردید. هم‌چنین کیفیت آب هر کدام تعیین و در نهایت پراکنش سامانه‌های عرفی با استفاده از GIS بررسی شد (شکل ۲). نتایج نشان داد سامانه‌های عرفی مورد مطالعه از نظر کمیّت و کیفیت مشکلی نداشته، اما از پراکنش خوبی برخوردار نیستند و برخی از مناطق (N) نیازمند تأمین آب برای دام می‌باشند. هم‌چنین نتایج نشان داد ۵۳/۵ درصد از مراتع منطقه مورد مطالعه دارای شایستگی S<sub>1</sub>، ۲۳/۹ درصد دارای شایستگی S<sub>2</sub>، ۱۲/۵۹ درصد دارای شایستگی S<sub>3</sub> و ۹/۹ درصد فاقد شایستگی جهت چرا می‌باشند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت منطقه مورد مطالعه از نظر تأمین آب دارای شایستگی خوب بوده و توصیه می‌شود جهت استفاده بهینه از علوفه مرتع اقدام به احداث آبشخوار در مناطق فاقد شایستگی (N) گردد.

## منابع

- ۱- ارزانی، ح. ۱۳۸۷. رابطه دام و مرتع (جزوه درسی مقطع کارشناسی ارشد). دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۲- آذرنیوند، ح. و زارع چاهوکی، م. ۱۳۸۷. اصلاح مراتع، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۴ ص.
- ۳- جوادی، ع.، ارزانی، ح.، سلاجقه، ع.، فرح‌پور، م. و زاهدی، ق. ۱۳۸۶. تعیین شایستگی منابع آب برای چرای شتر. فصل‌نامه علمی پژوهشی مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۴، شماره ۴، صفحه ۵۲۳-۵۱۳.
- ۴- حنطه، ع. ۱۳۸۷. اصلاح و توسعه مراتع، انتشارات موسسه آموزش عالی علمی- کاربردی جهاد دانشگاهی.

## جدول ۳- عوامل موثر بر کیفیت آب جهت شرب گوسفند [۸]

عوامل بررسی	حداقل	حداکثر
EC (mmohs/cm)	۱/۵	۱۶
Mg (mg/li)	۲۵۰	۵۰۰
TDS (mg/li)	۲۸۶۰	۱۲۹۰۰

جهت انجام تحقیق ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی، راهنمایی دامداران منطقه و پیمایش صحرایی، تیپ‌های گیاهی منطقه، محدوده سامانه‌های عرفی و محل چاه‌های مال‌داری شناسایی شد. که مشخص گردید منطقه مورد مطالعه دارای ۵ تیپ گیاهی، ۷ سامانه عرفی (شامل ۵ حلقه چاه مال‌داری و ۱ قنات و ۱ چشمه) می‌باشد که آب شرب دام منطقه را تأمین می‌کند. سپس برای نمونه‌برداری از آب سامانه‌ها به محل‌های تعیین شده مراجعه شد. با توجه به تجربه دامداران که معتقد بودند آب سامانه در طول فصل چرا تقریباً ثابت بوده و تغییرات معنی‌داری ندارند و در مورد چاه‌ها کم‌تر از یک روز طول می‌کشد چاهی که کاملاً آب آن استخراج گردیده دوباره به حالت قبلی برگردد، برای تعیین میزان دبی آب روزانه، برای چاه‌ها، عمق آب و شعاع حلقه هر چاه اندازه‌گیری و حجم آب موجود در هر چاه مشخص شد و برای قنات از روش حجمی برای تعیین دبی استفاده شد. بدین صورت که معین می‌کردیم یک ظرف ۲۰ لیتری آب در چه زمانی پر می‌شود و این زمان را به کل روز تعمیم دادیم. هم‌چنین تعداد دام موجود در هر سامانه نیز برای مقایسه مقدار آب مورد نیاز دام‌های موجود هر سامانه با مقدار آب موجود مشخص گردید. در نهایت برای تعیین میزان کیفیت آب، نمونه‌ای از آب هر سامانه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد و کیفیت آن بررسی گردید.

سپس با کمک اطلاعات به دست آمده نقشه نقاط هم‌فاصله از منابع آب تهیه گردید (شکل ۱) با استفاده از سه زیرمدل کمیّت (جدول ۱)، کیفیت (جدول ۲) و فاصله از منابع آب (جدول ۳) مدل شایستگی منابع آب به دست می‌آید (شکل ۲).

## جدول ۱- فواصل تعدیل شده منابع آب برای گوسفند در طبقات شیب ۶۰-۰ درصد یوسفی خانقاه [۹]

طبقه شایستگی	طبقات شیب (درصد)		
	۰-۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۶۰
S <sub>1</sub>	۰-۳۴۰۰	۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰۰
S <sub>2</sub>	۰-۵۰۰۰	-۴۸۰۰	-۳۶۰۰
S <sub>3</sub>	۳۴۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰
S <sub>4</sub>	-۶۴۰۰	-۶۰۰۰	-۴۱۰۰
N	۶۴۰۰<	۶۰۰۰<	۴۱۰۰<

## جدول ۲- طبقه‌بندی شایستگی کمیّت منابع آب برای استفاده گوسفند و بز

طبقه شایستگی	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	N
نسبت آب موجود به آب مورد نیاز شرب در هر سامان (درصد)	<۷۵	۷۵-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	>۱۵۰

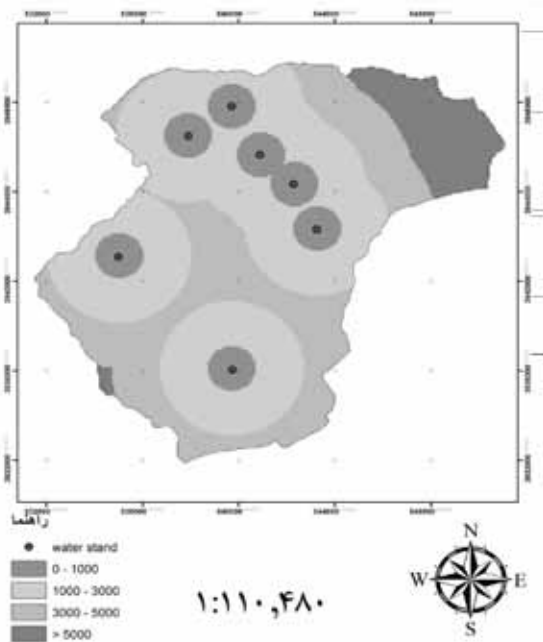


جدول ۴- نتایج به دست آمده کمیّت و کیفیت آب سامانه های عرفی منطقه مورد مطالعه

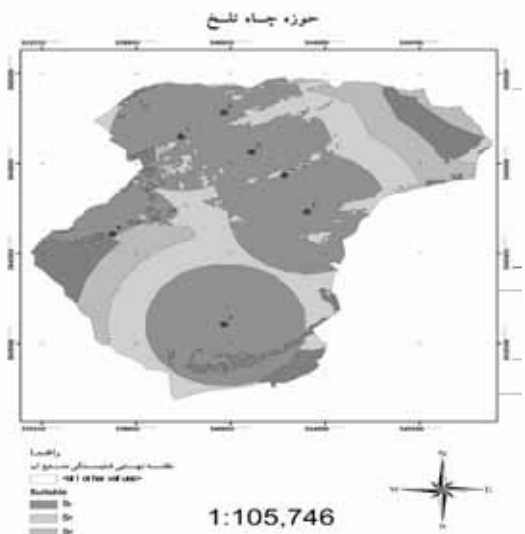
کد	نام سامانه عرفی	EC (mmohs/cm)	Mg (mg/l)	TDS (mg/l)	کمیّت (debi/day)	آب مورد نیاز دام (debi/da)	درجه شایستگی
۱	چاه حاج محمد علی	۲/۲	۲۲	۱/۶	۳۵۳۲	۳۲۵۰	S <sub>1</sub>
۲	چاه تاج محمد	۳/۴	۱۲	۲/۴	۳۶۰۰	۲۲۵۰	S <sub>1</sub>
۳	دو چاهی	۲/۹۴	۸	۲/۵	۳۹۰۰	۲۰۰۰	S <sub>1</sub>
۴	چاه حسین	۳/۳۶	۲۲	۲/۵۶	۳۹۴۴	۲۹۰۰	S <sub>1</sub>
۵	قنات دولت آباد	۴/۴۵	۱۰	۱/۳۴	۳۹۴۱۳	۶۰۰۰	S <sub>1</sub>
۶	چشمه سفید	۱/۸	۸	۲/۳۲	۲۱۶۶	۳۲۵	S <sub>1</sub>
۷	چاه تلخ	۳/۵۶	۱۶	۲/۶	۴۵۶۰	۳۹۰۰	S <sub>1</sub>

جدول ۵- طبقه بندی شایستگی منطقه مورد مطالعه

درصد	مساحت (هکتار)	شایستگی
۵۳/۵	۱۰۷۹۹/۵	S <sub>1</sub>
۲۳/۹	۴۸۲۱/۲	S <sub>۲</sub>
۱۲/۵۹	۲۵۴۲/۲	S <sub>۳</sub>
۹/۹	۲۰۱۶/۸	N
۱۰۰	۲۰۱۷۹/۷	کل



شکل ۲- نقشه شایستگی آب حوزه چاه تلخ



شکل ۱- نقشه نقاط هم فاصله از منابع آب

۵- علی زاده، ا. ۱۳۸۵. طبقه بندی شایستگی مرتع به وسیله GIS برای استفاده بز در مقایسه با گوسفند (مطالعه موردی منطقه سمیرم- اصفهان). پایان نامه ارشد مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.  
 ۶- مصداقی، م، ۱۳۸۲. مرتع داری در ایران، چاپ چهارم، انتشارات

آستان قدس رضوی، ۲۵۹ ص.  
 ۷- مقدم، م. ۱۳۸۴. مرتع و مرتع داری، چاپ سوم، انتشارات تهران، ۴۷۰ ص.

11- Kemit, S. 2000. Expected Use GIS Map, Rangeland. 22 (2): 18-20. (In Persian)

12- Sileshi, Z., Tegegne, A. and Tsadik, G.T. 2001. Water Resources for livestock in Ethiopia. International livestock Research Institute (ILRI), Addis Ababa, Ethiopia (In Persian)

13- Tober, M. 1993. Soil Land Vegetation of the Kiwez, B.J.A, England. (In Persian)

۸- مهدوی، م. ۱۳۷۴. هیدرولوژی کاربردی (جلد اول)، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

9- Arzani, H. and Yousefi. S., 2006. A GIS Model of Range Suitability Assessment for Sheep Grazing. International Conference on Information System in Sustainable Agriculture, Agro Environment and Food Technology. Volos, Greece. (In Persian)

10- F.A.O. 1991. Guidines: Land Evaluation for Extensive Grazing, Soil Resorse Management and Conservation Service, Soil Bulletin, Number: 58. Rome. (In Persian)

وجود دارد. در گام بعد ضریب زبری سیلاب‌دشت با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و تعیین الگوهای موجود، برای شبیه‌سازی سیلاب تعیین گردید. در ادامه با توجه به داده‌های توپوگرافی، پس از تهیه فایل Tin منطقه، با اجرای بسته الحاقی Hec-GeoRAS، نسبت به تهیه و استخراج Feature Class‌های مربوط به خط مرکزی و اصلی رودخانه، محدوده جناحین و دیواره‌های چپ و راست مسیر اصلی رودخانه، محدوده جناحین چپ و راست سیلابی رودخانه و مقاطع عرضی رودخانه اقدام گردید. به دنبال آن با انتقال اطلاعات مذکور به مدل HEC-RAS و وارد نمودن مقادیر ضریب زبری مانینگ در هر یک از مقاطع عرضی و تعریف آبراهه‌ها و سرشاخه‌های ورودی به رودخانه اصلی (Junctions)، و همچنین تعریف شرایط مرزی، مدل HEC-RAS در شرایط غیرماندگار اجرا گردید. در نهایت نتایج خروجی مدل HEC-RAS به تفکیک در هر دوره بازگشت سیل، مجدداً وارد بسته الحاقی Hec-GeoRAS گردید. و در خاتمه با پردازش‌های لازم، نقشه‌های پهنه‌های سیلابی منطقه تهیه گردید و پارامترهایی نظیر مساحت مناطق آبگرفتگی، عمق سیلاب در بازه‌های مختلف و سایر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مورد نیاز استخراج گردید. در واقع آنالیز جریان سیلاب و نحوه گسترش آن در توپوگرافی منطقه، با توجه به شرایط حاکم بر جریان، عوارض موجود، ضریب زبری و... منجر به تولید نقشه‌هایی موسوم به "نقشه‌های آب‌گرفتگی مناطق" گردید.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیلاب، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شبیه‌سازی، ضریب زبری، مدیریت سیل، HEC\_RAS، HEC\_GeoRAS

#### مقدمه

دشت سیلابی رودخانه‌ها کانون فعالیت کشاورزی، تفرجگاهی و تفریحی بوده و باید در مقابل خطرات احتمالی محافظت شوند. از مهم‌ترین این خطرات جاری شدن سیلاب می‌باشد که ممکن است تمام دشت سیلابی را فرا گرفته و خسارت زیادی به بار آورد. از این رو، باید با شناخت دقیق هیدرولیک جریان در دشت‌های سیلابی روش‌های مناسب و مؤثری را برای مدیریت و کنترل سیلاب انتخاب نمود.

مفهوم پهنه‌بندی سیل بر این اصل استوار است که دشت سیلابی و کانال رودخانه یک مجموعه واحد بوده و جلگه سیلابی یک قسمت

## کاربرد مدل‌های ریاضی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب (مطالعه موردی رودخانه اترک)

سید احمد حسینی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

#### چکیده

در پروژه‌های حریم‌یابی رودخانه‌ها، هدف از مطالعات هیدرولیک رودخانه، تعیین حد حریم و بستر رودخانه و ظرفیت عبور سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب به‌عنوان اولین گام در مدیریت ریسک سیلاب محسوب می‌شود. این نقشه‌ها نمایانگر مناطق پرخطر بوده که نه تنها بر اساس تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی جریان سیلاب در وضعیت فعلی محاسبه شده‌اند بلکه سیلاب‌های تاریخی و محدوده‌های در معرض خطر شکست سازه‌های مهار سیلاب را در حالت‌های احتمالی نیز نمایش می‌دهند. این نقشه‌ها نقش مهمی در رسیدن به مناطق پرخطر سیلاب را نیز ایفا می‌نمایند. در حال حاضر استفاده از مدل‌های ریاضی، حل معادلات حاکم بر جریان را آسان نموده و در جامعه مهندسی برای شبیه‌سازی سیلاب در تحلیل‌های مدیریتی نیز کاربرد فراوانی پیدا کرده است. در این مقاله نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی در بازه‌ای از رودخانه‌ی اترک واقع در استان خراسان شمالی از روستای سیسپاب تا عشق‌آباد، به طول حدود ۱۰۰ کیلومتر، و با در نظر گرفتن بیش از ۵۰ شاخه ورودی به رودخانه‌ی اترک، با به‌کارگیری توام مدل‌های HEC\_RAS، HEC\_GEOAS و ARC GIS به‌منظور تعیین پهنه‌های سیل‌گیر منطقه ارائه شده است به‌طوری‌که ابتدا پس از تعیین مقادیر هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، مناطق سیلاب‌دشت هدف و رودخانه‌ی اصلی با مقیاس مناسب نقشه‌برداری گردید. شایان ذکر است تعیین سیلاب‌دشت هدف بر اساس نقشه‌های مساحت تخمینی مناطق سیل‌گیر و با استفاده از داده‌های مربوط به سیلاب‌های گذشته، به‌دست آمده و مشتمل بر مناطقی است که احتمال آب‌گرفتگی آن‌ها در سیلاب هدف

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری  
hosseini\_sa@scwmri.ac.ir

از رودخانه است که در مواقع طغیان رودخانه‌ها، آب ممکن است کل آن و یا قسمتی از آن را فرا گیرد.

این گستره به صورت پهن‌شدگی و در واقع جریان یافتن آب در مقطع بزرگ‌تر از مقطع عادی رودخانه، در اطراف آن حاصل می‌شود. هدف از مطالعات گستره سیل آگاهی یافتن از چگونگی رفتار رودخانه در مواقع سیلابی است. با به‌دست آوردن نقشه‌های گستره سیل برای دوره بازگشت‌های مختلف می‌توان امکان ساخت تأسیسات مهم در محدوده‌های سیل‌گیر را بررسی نمود. هم‌چنین این مطالعات می‌تواند بهترین راه‌حل‌ها را جهت کنترل سیلاب در اختیار کارشناسان قرار دهد. به علاوه توسط این مطالعات می‌توان یک سیستم اطلاع‌رسانی به وجود آورد که در آن زمان انتقال سیلاب به مناطق مورد نظر را توسط یک ایستگاه اندازه‌گیری در بالادست تحت کنترل درآورد.

به‌طور خلاصه مطالعات پهنه‌بندی سیل اهداف زیر را نیز تأمین می‌کند.

الف- تعیین ظرفیت رودخانه در بازه مورد مطالعه و روندیابی سیلاب رودخانه،

ب- به‌دست آوردن نقشه‌های گستره سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف،

ج- به وجود آوردن یک سیستم اطلاع‌رسانی موقت جهت آگاهی از زمان رسیدن سیلاب به مناطق مهم پایین‌دست،

د- تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها به منظور جلوگیری از ساخت و سازهای غیر قانونی، برداشت آب غیر مجاز از رودخانه، کشت و زرع در حریم و بستر رودخانه و بالاخره مدیریت جامع منابع آبی و خاک اطراف رودخانه‌ها،

ه- آگاهی از بهترین روش‌های کنترل سیلاب،

و- مدیریت ساخت تأسیسات مهم در حاشیه رودخانه و هم‌چنین امکان بهره‌برداری از اراضی موجود در حریم رودخانه.

در زمینه پهنه‌بندی سیل نرم‌افزارهای متعددی ارائه شده که توانمندی‌های متفاوتی در زمینه برآورد خصوصیات جریان و در نتیجه سطوح سیل‌گیری دارند، از این‌رو، جهت رسیدن به این مهم متداول‌ترین نرم‌افزارهای مورد استفاده در زمینه تعیین پهنه‌بندی، مجموعه نرم‌افزارهای HEC.MIKE11 می‌باشد، که در این مقاله نتایج کاربرد نرم‌افزار HEC-RAS با کمک ARC GIS و بسته الحاقی HEC\_GeoRas، جهت تعیین پهنه‌های سیل ارائه می‌گردد.

در این رابطه مطالعات مختلفی توسط محققین داخلی و خارجی صورت گرفته است، به‌طورمثال صفری [5]، در مطالعه موردی روی رودخانه نکا واقع در استان مازندران، با استفاده از مدل HEC-RAS اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل نمود و نتیجه گرفت که این مدل کارایی بسیار بالایی در محاسبه پروفیل آب و پهنه‌های سیلاب دارد. آرمان [1]، در مطالعه بازه ای از رودخانه کرج (سیرا-پل خواب)، با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS به پهنه‌بندی سیل و تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت کالیبره کردن ضریب زبری مانینگ پرداخته و به این

نتیجه رسید که به علت شیب زیاد این بازه، افزایش ارتفاع سیل در این بازه تاثیر زیادی در گسترش پهنه‌سیل ندارد. هم‌چنین عامل ضریب زبری نیز تاثیر محسوسی را در افزایش ارتفاع جریان نشان نمی‌دهد. شکوری [4]، با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و ARCVIEW با تأکید بر صحت‌سنجی داده‌های هیدرومتری، تأثیر روش‌های مختلف تخمین ضریب زبری در میزان دقت پهنه‌بندی سیل را بررسی نمود و به این نتیجه رسید که از بین روش‌های تخمین ضریب زبری، روش مستقیم دقیق‌ترین روش می‌باشد. باقری و همکاران [2]، با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS به پهنه‌بندی سیلاب رودخانه گرمروید پرداخته و به این نتیجه رسیدند که دلیل افزایش خسارات و سطح سیل‌گیری در سیل‌های ۲ تا ۲۵ ساله را می‌توان در رفتار طبیعی رودخانه و اعمال غیر طبیعی و سودجویانه بهره‌برداران جستجو نمود.

جیمز و همکاران [9]، اقدام به پهنه‌بندی سیل در ایالت یوتای آمریکا نمودند و اظهار داشتند که به علت تغییرات مناطق سیل‌گیر از سیلی به سیل بعدی، باید توجه نمود که در مناطق پهنه‌بندی شده، میزان خطرات به مقدار واقعی نشان داده شوند.

هاریت و باتس [8]، در بازه‌ای به طول ۶۰ کیلومتر از رودخانه Severn در کشور انگلستان مدل‌های HEC-RAS، LISFLOOD و FP و ۲D-TELEMAC را ارزیابی کرده و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های HEC-RAS و ۲D-TELEMAC می‌تواند برای دبی یا داده‌های منطقه سیل گرفته، کالیبره شود و به خوبی می‌تواند منطقه مورد هجوم سیل را پیش‌بینی کنند.

آدم [7]، با استفاده از مدل HEC-RAS تغییرات سرعت و عدد فرود را در دو نوع رودخانه جنگلی و غیر جنگلی مورد بررسی قرار داده و تاثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار فیزیکی جریان را مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفت که استفاده از مدل HEC-RAS می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را جهت مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه در اختیار محققین قرار دهد. پاپن برگر و همکاران [۱۱]، با استفاده از مدل HEC-RAS تاثیر تغییرات ضریب زبری روی سیل را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در کالیبره کردن پارامترهای ضریب زبری عدم قطعیت وجود دارد.

نبل و همکاران [۱۰]، در حوزه آبخیز رودخانه سان آنتونیو در تگزاس مرکزی در کشور ایالات متحده با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS، GIS.HEC-HMS و NEXRAD-RAINFALL سیلی را که در تابستان سال ۲۰۰۲ اتفاق افتاده بود شبیه‌سازی نموده، و پس از کالیبره کردن آن، به این نتیجه رسیدند که نتایج شبیه‌سازی جریان غیرماندگار توسط مدل HEC-RAS، در مقایسه با عکس‌های هوایی منطقه نتایج قابل قبولی ارائه می‌کند.

با توجه به مطالعات و تحقیقات قبلی انجام شده و کاربرد مدل‌های مختلف در تعیین پهنه‌بندی سیلاب، در این مقاله نیز اقدام به ذکر نتایج حاصل از کاربرد مدل‌های HEC-RAS و HEC\_GeoRas،

در شرایط جریان غیرماندگار، به منظور تعیین پهنه‌بندی سیلاب حوزه رودخانه اترک گردیده است.

## مواد و روش‌ها

حوزه آبریز رودخانه‌ی اترک در شمال شرق کشور و در شمال استان خراسان قرار دارد. رودخانه اترک با طول ۵۸۳ کیلومتر در این حوزه که از شرق به غرب جریان داشته و نهایتاً به دریای خزر می‌ریزد، از شمال به ترکمنستان، از جنوب به حوزه‌های آبریز گرگان رود و کال شور (کویر مرکزی)، از شرق به حوزه آبریز قره‌قوم و از غرب به دریای خزر محدود می‌گردد.

بستر رودخانه‌ی اترک در مناطق میانی آن (محدوده مورد مطالعه) در اثر جریان یافتن سیل دچار فرسایش شده و عموماً از بریدگی‌ها و پیچ و خم‌های ناشی از فرسایش تشکیل شده است. ضریب پیچان رودی رودخانه در این بازه ۱/۶۹ است. اگر ضریب ۱/۱۵ را به عنوان رودخانه پیچان‌رودی بپذیریم لذا رودخانه در این بازه بسیار پیچان‌رود محسوب می‌شود و فرسایش کناری رودخانه در وضعیت بحرانی قرار دارد.

بر اساس مطالعات فیزیوگرافی در محدوده مورد مطالعه (بازه سیسب تا روستای عشق‌آباد) شاخه‌های اصلی و فرعی زیادی به رودخانه اترک وارد می‌شود. شاخه‌های اصلی که در این بازه به رودخانه وارد می‌شوند عبارتند از رودخانه‌های چناران، بدرانلو، سملقان و شیرین دره. همچنین تعداد زیادی شاخه فرعی شناسایی شده است که به رودخانه اترک وارد می‌شوند، از این رو، تنها تعدادی از آنها که دارای دبی بالای ۱/۵ مترمکعب در ثانیه و مؤثر در ایجاد سیلاب در رودخانه هستند برای شبیه‌سازی در مدل استفاده گردیدند. شکل (۱) موقعیت حوزه و زیرحوزه‌های اترک را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد.

## تهیه اطلاعات و مدل‌های موردنیاز

### ۱- استخراج اطلاعات اولیه

در انجام مطالعات هیدرولیک سیل در رودخانه‌ها، در مرحله نخست نیاز به چهار دسته اطلاعات اولیه‌ی ذیل می‌باشد.

الف- اطلاعات توپوگرافی مسیر رودخانه و گستره سیل

ب- عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای هنگام وقوع سیلاب

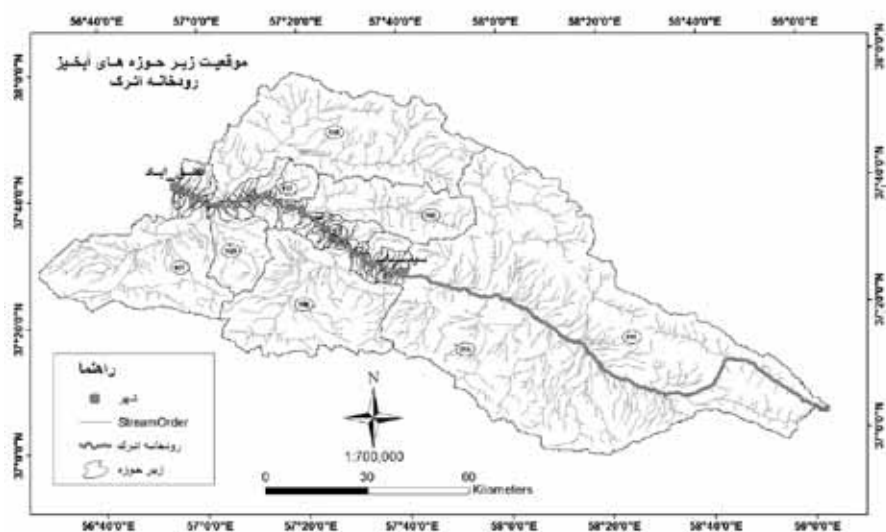
به منظور مشاهده بریدگی‌های رودخانه از حریم رودخانه تا فاصله‌ی تقریبی دو کیلومتر نیاز به عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای منطقه در هنگام سیلاب می‌باشد. مقیاس این عکس‌ها با توجه به مورد ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ می‌باشد. همچنین تصاویر ماهواره‌ای هنگام سیلاب جهت مشاهده‌ی محدوده‌ی گستره سیلاب و کالیبره کردن این محدوده توسط مدل ریاضی مورد نیاز می‌باشد. مقیاس این عکس‌ها نیز با توجه به مورد می‌تواند ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ باشد. در این مطالعات از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و تصاویر گوگل ارث با قدرت تفکیک بالا جهت بررسی وضعیت رودخانه و بریدگی‌ها استفاده شد.

### ج- اطلاعات حاصل از بازدیدهای میدانی

با توجه به مقیاس بالای عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، به منظور بررسی محلی و تدقیق مشاهدات حاصل از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، نیاز به بازدید محلی از رودخانه و علی‌الخصوص طرح پرسش‌های لازم در این مورد از اهالی بومی منطقه می‌باشد.

### د- آمار و اطلاعات هیدرولوژی

مطالعات هیدرولوژی با هدف بررسی و برآورد سیلاب‌ها و دبی‌های لحظه‌ای انجام می‌گیرد. البته برای تعیین نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، دبی‌های با دوره بازگشت



شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی حوزه و زیرحوزه‌های رودخانه اترک در منطقه مورد مطالعه

مختلف نیز مورد محاسبه قرار گرفت. به طوری که به منظور انجام مطالعات هیدرولوژی ابتدا با استفاده از نقشه‌های راداری ۱:۱۰۰۰۰۰، مطالعات فیزیوگرافی و هواشناسی در محدوده‌ی مورد مطالعه انجام و سپس با تحلیل داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی بر روی رودخانه اترک و شاخه‌های ورودی به آن، داده‌های هیدرولوژی مورد نیاز استخراج گردید. جدول (۱) خلاصه‌ای از مقادیر دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت مختلف برای رودخانه‌ی اترک در ایستگاه‌های رضاآباد، قلعه بربر، قزلقان، بدرانلو، سملقان و سایر شاخه‌های مهم ورودی به رودخانه را نشان می‌دهد.

## ۲- استخراج مقادیر ضریب زبری مانینگ (n)

برای تعیین مقدار ضریب زبری (n)، روش‌های متعددی وجود

دارد، از جمله جداول نوع مصالح بستر و کانال، روش‌های تجربی، روش‌های تحلیلی، تهیه اسلاید و عکس و مقایسه آنها با n‌های محاسبه شده از تصاویر و جداول استاندارد. مقدار n در رودخانه‌های طبیعی با بستر ثابت بستگی به اندازه مصالح بستر دارد، در مجاری آبرفتی معمولاً در اثر حرکت مصالح کف، فرم بستر شکل می‌گیرد که خود بر روی زبری تأثیر می‌گذارد. در چنین مجاری معمولاً زبری یا مقاومت جریان ناشی از اندازه ذرات است. بجز عامل قطر ذره عوامل بسیاری نظیر پوشش گیاهی، بیرون‌زدگی سنگی و... در مقاومت جریان دخالت دارند.

به منظور محاسبه ویژگی‌های هیدرولیکی جریان توسط مدل HEC-RAS نیاز به معرفی عامل زبری (n) مانینگ برای کانال اصلی و سواحل رودخانه می‌باشد. بدین منظور طی بازدیدهای صحرائی

جدول ۱- مقادیر دبی اوج سیلاب زیرحوزه‌های رودخانه اترک در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روش SCS (m<sup>3</sup>/s)

زیرحوزه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰
۲۰	۱/۳۴	۲/۲۹۵	۳/۰۶	۳/۵۶	۴/۰۳	۴/۴۹
۱۱۵	۱/۸۵	۲/۳۷	۳/۳۴	۴/۰۵	۴/۶۷	۵/۲۹
۱۲۶	۳/۴۷	۵/۴۰	۸/۳۷	۹/۹۰	۱۱/۳۱	۱۲/۶۸
۱۳۳	۸/۵۸	۱۴/۰۸	۲۰/۲۶	۲۴/۳۴	۲۸/۰۱	۳۱/۵۷
۱۳۵	۰/۷۵	۱/۸۸	۳/۱۵	۴/۳۷	۵/۳۸	۶/۳۴
۱۳۷	۲۴/۱۳	۴۵/۸۸	۶۴/۵۰	۷۸/۰۰	۹۱/۸۵	۱۰۵/۰۸
۱۴۱	۰/۹۹	۱/۷۸	۲/۶۳	۳/۳۰	۳/۸۸	۴/۴۵
۱۴۶	۰/۹۶۲	۱/۷۲	۲/۵۵	۳/۱۹	۳/۷۷	۴/۳۲
۱۴۸ (قلعه بربر)	۷۸/۶۷	۱۳۴/۳۲	۱۷۱/۴۵	۲۲۳/۲۲	۲۶۶/۳۰	۳۲۸/۷۱
۱۶۳	۰/۷۰	۱/۱۷	۱/۶۸	۲/۰۵	۲/۳۷	۲/۷۰
۱۶۵ (قزلقان)	۲۲/۹۸	۴۶/۰۳	۷۲/۷۶	۹۷/۸۵	۱۲۰/۲۱	۱۴۱/۸۶
۱۷۴	۱/۱۰	۱/۹۸	۲/۸۷	۳/۵۷	۴/۱۸۸	۴/۷۷
۱۸۴	۵/۱۲	۹/۲۱	۱۳/۵۳	۱۷/۲۵	۲۰/۶۲۰	۲۳/۸۱
۱۸۸	۰/۷۹	۱/۳۹	۲/۰۱	۲/۵۰	۲/۹۳	۳/۶۹
۱۹۰	۷/۴۵	۱۳/۰۱	۱۹/۱۰	۲۴/۰۷	۲۸/۵۹	۳۳/۱۶
۱۹۱	۰/۶۷	۱/۱۳	۱/۶۴	۲/۰۳	۲/۳۷	۲/۶۷
۱۹۵	۱/۰۸	۱/۸۸	۲/۷۱	۳/۳۶	۳/۹۳	۴/۴۸
۱۹۹	۱/۴۲	۲/۴۹	۳/۶۰	۴/۴۵	۵/۲۰	۵/۹۲
۲۰۲	۱/۵۸	۲/۸۱	۴/۰۸	۵/۰۶	۵/۹۳	۶/۷۵
۲۰۷	۶/۰۵	۸/۳۶	۱۱/۳۳	۱۳/۳۳	۱۵/۱۷	۱۶/۹۷
۲۱۰	۰/۵۸	۱/۱۴	۱/۷۷	۲/۳۰	۲/۷۶	۳/۱۹
۲۱۳	۱/۵۳	۲/۵۷	۳/۶۶	۴/۴۸	۵/۲۱	۵/۹۰
۲۱۵ (رضا آباد)	۹۰/۶۵	۱۵۴/۴۲	۲۱۵/۴۸	۳۱۳/۱۲	۳۹۰/۷۹	۵۰۷/۳۷
۲۱۷	۰/۸۶	۱/۵۷	۲/۲۹	۲/۸۴	۳/۳۴	۳/۸۲
۲۲۴	۶/۵۵	۹/۵۲	۱۳/۱۲	۱۵/۶۳	۱۷/۹۴	۲۰/۲۰

و بررسی‌های انجام شده و تهیه عکس از مقاطع مختلف رودخانه و هم‌چنین بررسی تصاویر دریافتی از سایت Google Earth از مسیر رودخانه در بازه‌ی مورد نظر و تجربه کارشناسی، ضریب زبری رودخانه در بازه‌های مختلف رودخانه با استفاده از روش کاون تعیین و در محاسبات منظور گردید نتیجه نهایی مقادیر ضریب مانینگ برای بازه‌های مختلف رودخانه اترک در محدوده مورد مطالعه در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

### ۳- تهیه و به کارگیری بسته الحاقی saRoeG-ceH در محیط CRA SIG

استفاده از بسته الحاقی Hec-GeoRas جهت تهیه و استخراج Feature Class های مختلف از رودخانه، در قالب یک فرمت Geo Data Base و در محیط ARC GIS از دیگر موادهای لازم در این گونه مطالعات می‌باشد.

به طوری که پس از استخراج لایه‌های مذکور و انجام پردازش‌های لازم نتایج به مدل HEC-RAS انتقال داده شده، و در نهایت در جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، نتایج از محیط HEC-RAS مجدداً به محیط ARC GIS بازخواهندگشت.

### ۴- تهیه و به کارگیری نرم‌افزار SAR-CEH

نرم‌افزار HEC-RAS که یک سیستم جامع نرم‌افزاری می‌باشد،

توسط انجمن مهندسين ارتش امريكا طراحی و تولید شده است. سیستم HEC-RAS شامل سه مؤلفه تحلیل هیدرولیکی یک بعدی برای محاسبات پروفیل سطح آب در حالت جریان ماندگار، شبیه‌سازی جریان غیرماندگار و محاسبات انتقال رسوب در مرز متحرک می‌باشد. این سه مؤلفه از یک نمایش داده‌های هندسی مشترک و از روندهای محاسبات هندسی و هیدرولیکی یکسان استفاده می‌نمایند.

به‌طور کلی جریان سیلاب دارای ماهیتی دو بعدی است و مدل فوق‌الذکر توانایی حل و مدل نمودن این نوع جریان را دارا است. مؤلفه شبیه‌سازی جریان ناپایدار مدل HEC-RAS، قابلیت شبیه‌سازی جریان غیر ماندگار یک بعدی را در یک شبکه کامل از کانال‌های روباز دارا می‌باشد.

### ۴-۱- روش حل معادلات

به‌طور کلی در حل معادلات درون مدل مورد استفاده، سیستم جریان به صورت گره گره شبکه‌بندی می‌شود، که هر گره در شبکه نمایانگر یک مقطع جریان است. معادلات دیفرانسیل حاکم بر جریان با استفاده از تفاضل‌های محدود غیرصریح در مدل ۶ نقطه‌ای آبوت منقطع گشته و روابطی برای دبی‌ها و عمق جریان بین گره‌های مختلف حوزه‌های مطالعاتی به دست می‌آید. برای هر گره داخلی دو معادله منقطع شده بر اساس معادلات پیوستگی و ممتن می‌توان

جدول ۲- مقادیر ضریب مانینگ محاسبه شده برای بازه‌های مختلف رودخانه اترک در محدوده مطالعاتی

بازه	نوع دانه بندی	کانال اصلی (n۰)	پهنه سیلگیر (n۰)	درجه نامنظمی (n۱)	تغییرات مقطع (n۲)	عوارض (n۳)	پوشش گیاه (n۴)		ضریب مانداری (m)	n = (n <sub>+</sub> , n <sub>+</sub> , n <sub>+</sub> , n <sub>+</sub> , n <sub>+</sub> ) m	
							کانال	پهنه		کانال	پهنه
							اصلی	سیل گیر اصلی		اصلی	سیل گیر اصلی
بازه سیساب تا قوچ قلعه	ریزدانه	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۱/۱۵	۰/۰۴۴۵	۰/۰۵۰۶
بازه قوچ قلعه تا قاضی	ریزدانه	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۱/۲	۰/۰۵۸۸	۰/۰۷۰۸
بازه قاضی تا بند یغمور	ریزدانه	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	۱/۲	۰/۰۵۰۴	۰/۰۶۲۴
بازه بند یغمور تا قره خانبندی	ریزدانه	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۱/۲۵	۰/۰۶۳۷	۰/۰۷۶۲
بازه قره خانبندی تا ازون بیجه	ریزدانه	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۱۵۰	۰/۰۱۵	۱/۲۵	۰/۰۵۶۲	۰/۰۵۶۲
بازه ازون بیجه تا عبدالله آباد	ریزدانه	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۱/۲۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۱۲
بازه عبدالله آباد تا نجف آباد	ریزدانه	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۳	۰/۰۴۹۴	۰/۰۶۲۴
بازه نجف آباد تا تنگه	ریزدانه	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۱/۳	۰/۰۴۱۶	۰/۰۴۸۱
بازه انتهای تنگه تا چوبلی تپه	ریزدانه	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰	۰	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۱/۲	۰/۰۳۳۶	۰/۰۳۹۶
بازه چوبلی تپه تا کشک آباد	ریزدانه	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۲	۰/۰۴۲۰	۰/۰۵۴۰
بازه کشک آباد تا پیش قلعه	درشت دانه	۰/۰۲۵	۰/۰۲۳	۰	۰	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	۱/۲	۰/۰۴۸۰	۰/۰۵۷۶
بازه پیش قلعه تا آغمزار	درشت دانه	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۱/۲	۰/۰۴۲۰	۰/۰۴۸۰

نظر می‌گیرد. این نوع از شرایط مرزی، عمدتاً برای مدل‌های پیش‌بینی بکار می‌رود که در آنها مقادیر اشل به‌عنوان داده‌های مشاهده شده تا انتهای زمان پیش‌بینی، و از داده‌های جریان به‌عنوان هیدروگراف پیش‌بینی شده استفاده می‌شود.

#### د- منحنی سنجه آب

گزینه منحنی سنجه آب را می‌توان به‌عنوان شرط مرزی پایین‌دست مورد استفاده قرار داد. در این حالت رابطه دبی-اشل به‌دست آمده از محاسبات ایستگاه‌های آب‌سنجی را می‌توان به‌عنوان شرایط مرزی به مدل معرفی نمود.

#### ه- عمق نرمال

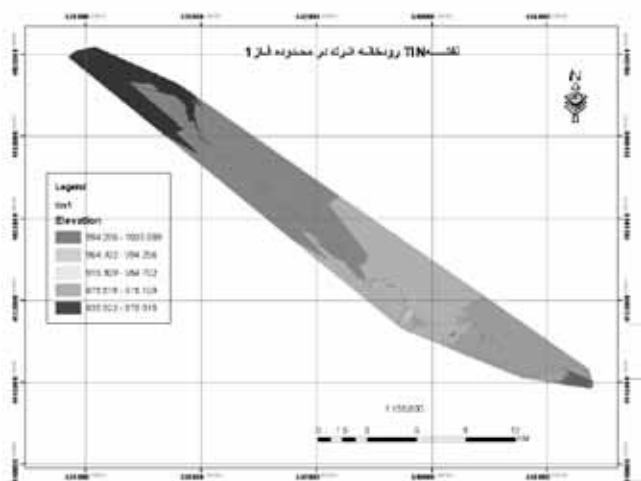
گزینه عمق نرمال را می‌توان فقط به‌عنوان شرط مرزی پایین‌دست برای یک بازه با انتهای باز به کار برد. این گزینه از معادله مانینگ برای محاسبه عمق برای هر دبی محاسباتی استفاده می‌شود. برای استفاده از این روش، باید شیب اصطکاک را برای بازه مجاور به‌عنوان شرایط مرزی در نظر گرفت. غالباً برآورد شیب سطح آب برآورد نسبتاً مناسبی از شیب اصطکاک می‌باشد.

#### و- هیدروگراف جریان ورودی جانبی

از هیدروگراف جریان ورودی جانبی به‌عنوان شرط مرزی داخلی استفاده می‌شود. این گزینه امکان ورود یک دبی جریان را در یک نقطه خاص در امتداد آبراهه فراهم می‌کند. این شرایط مرزی را می‌توان به ایستگاه رودخانه مقطع عرضی واقع در بالادست جایی که جریان ورودی جانبی رخ می‌دهد الصاق نمود.

#### ۴-۱-۲- روند کلی انجام مطالعات پهنه‌بندی سیلاب

به‌طور کلی انجام این قبیل مطالعات، را می‌توان به‌ترتیب در مراحل ذیل خلاصه نمود:



شکل ۳- نقشه TIN رودخانه اترک در محدوده فاز ۱

نوشت، برای گره‌های مرزی از شرایط مرزی استفاده می‌گردد. با داشتن شرایط اولیه دستگاه معادلاتی به‌دست می‌آید که با روش جاروی مضاعف رفت و برگشتی حل می‌گردند. نتایج دبی‌ها و عمق‌های جریان به‌دست آمده در هر مرحله زمانی به‌عنوان شرایط اولیه برای مرحله‌ی زمان بعدی به‌کار برده می‌شود.

#### ۴-۱-۱- شرایط مرزی مدل

در مدل HEC-RAS چندین نوع مختلف از شرایط مرزی وجود دارد که کاربر می‌تواند از آن‌ها استفاده نماید. در زیر توضیح مختصری درباره هر کدام بیان می‌گردد.

#### الف- هیدروگراف جریان

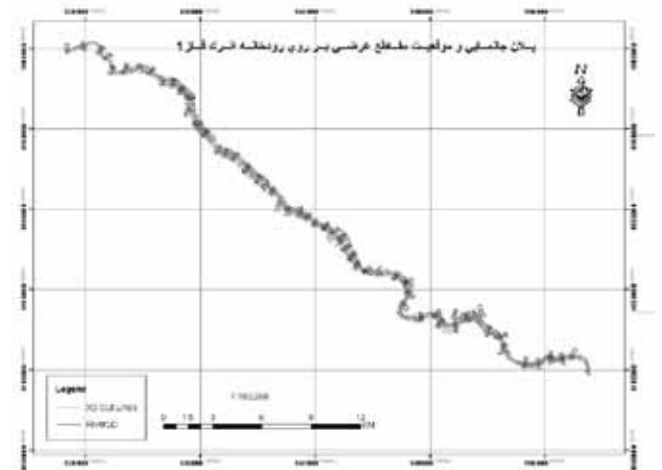
یک هیدروگراف جریان را می‌توان به‌عنوان شرایط مرزی در بالادست یا پایین‌دست رودخانه مورد استفاده قرار داد، اما غالباً از آن به‌عنوان شرایط مرزی در بالادست استفاده می‌شود. در این حالت می‌توان هیدروگراف محاسبه شده در مطالعات هیدرولوژی را به‌عنوان شرایط مرزی به مدل معرفی نمود.

#### ب- هیدروگراف اشل

از یک هیدروگراف اشل می‌توان به‌عنوان شرایط مرزی در بالادست یا پایین‌دست استفاده نمود.

#### ج- هیدروگراف جریان و اشل

هیدروگراف جریان و اشل می‌تواند به‌عنوان شرایط مرزی بالادست یا پایین‌دست مورد استفاده قرار گیرد. هیدروگراف جریان و اشل در بالادست به‌عنوان یک شرط مرزی مختلط در نظر گرفته می‌شود. به‌طوریکه هیدروگراف جریان و اشل تا زمانی که داده‌های آن به انتها برسد به‌عنوان مرز بالادست منظور می‌شود، در این لحظه برنامه به‌طور خودکار هیدروگراف جریان را به‌عنوان شرط مرزی جدید در



شکل ۲- پلان جانمایی و موقعیت مقاطع عرضی در محدوده فاز ۱ رودخانه اترک (بازه سیساب- نجف‌آباد)



## ۱- تهیه نقشه‌های توپوگرافی منطقه

در این قبیل مطالعات نقشه‌های توپوگرافی مسیر، گستره سیل و شبکه آبراهه‌ای منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ مورد نیاز می‌باشد. از آنجائیکه نقشه‌های با مقیاس فوق از محدوده طرح در اختیار نبود، با انجام عملیات نقشه‌برداری زمینی در بازه مورد مطالعه نقشه‌هایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ استخراج گردید. لازم به توضیح است با توجه به عدم امکان نقشه‌برداری تنگه‌ای که در اواسط محدوده مورد مطالعه قرار داشت، عملیات نقشه‌برداری در دو بخش انجام گرفت و قسمت بالا دست تنگه به نام فاز ۱ و قسمت پایین دست آن به فاز ۲ نام گذاری گردید. شایان ذکر است طول مسیر رودخانه در محدوده فاز ۱ حدود ۶۰ و در فاز ۲ حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد.

## ۲- استخراج فایل niT منطقه

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، و با بکارگیری از نرم‌افزار ARC GIS، فایل Tin منطقه استخراج گردید. شکل (۲) مسیر رودخانه اترک در بازه‌ی مورد مطالعه و شکل (۳) نقشه TIN تهیه شده از رودخانه اترک در محدوده فاز ۱ را نمایش می‌دهد.

## ۳- اجرای بسته الحاقی saRoeG-ceH در محیط SIG

در هر یک از فاز ۲ مورد مطالعه، با توجه به نقشه Tin منطقه و با استفاده از بسته الحاقی Hec-GeoRas نسبت به تهیه و استخراج Feature Class های ذیل در فرمت Geo Data Base اقدام گردید:

۳-۱- مسیر خط مرکزی و اصلی رودخانه

۳-۲- محدوده جناحین و دیواره‌های چپ و راست مسیر اصلی رودخانه

۳-۳- محدوده جناحین چپ و راست سیلابی رودخانه

۳-۴- مقاطع عرضی رودخانه

## ۴- انتقال اطلاعات حاصله به نرم‌افزار SAR-CEH

در ادامه پس از پردازش‌های لازم در محیط GIS نسبت به انتقال اطلاعات مذکور به محیط HEC-RAS اقدام گردید.

## ۵- اجرای برنامه SAR-CEH

در محیط HEC-RAS نسبت به اصلاح مقاطع هندسی، وارد نمودن مقادیر ضریب زبری مانینگ در هر یک از مقاطع عرضی و تعریف آبراهه‌ها یا سرشاخه‌های ورودی به رودخانه اصلی (Junction) اقدام گردید، و در ادامه با استفاده از مقادیر هیدروگراف‌های ورودی در شاخه اصلی رودخانه و هریک از سر شاخه‌های مربوطه شرایط مرزی مدل نیز تعریف گردید.

## ۵-۱- تعریف شرایط مرزی

در این مطالعات شرایط مرزی رودخانه و ورودی‌های جانبی به شکل زیر به مدل معرفی گردید:  
الف- شرایط مرزی بالادست:

هیدروگراف جریان ایستگاه رضاآباد واقع بر روی رودخانه اترک با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۱۰۰ ساله که در مطالعات هیدرولوژی تحلیل و محاسبه شده بود به‌عنوان شرط مرزی بالادست به مدل معرفی گردید.

## ب- شرایط مرزی داخلی:

هیدروگراف جریان در خروجی زیرحوزه‌ها و شاخه‌های ورودی به رودخانه به‌عنوان شرایط مرزی داخلی به مدل معرفی شد.

## ج- شرط مرزی پایین دست:

هیدروگراف جریان ایستگاه آغمزار در انتهای بازه مورد مطالعه واقع بر روی رودخانه اترک با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۱۰۰ ساله که در مطالعات هیدرولوژی محاسبه شده بود به‌عنوان شرط مرزی پایین دست به مدل معرفی گردید.

پس از تعریف شرایط مرزی و سایر پارامترهای هیدرولیکی، مدل HEC-RAS برای شرایط غیر ماندگار اجرا گردید، با اجرای مدل HEC-RAS نتایج شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۶- انتقال اطلاعات حاصله به محیط GIS و استفاده از

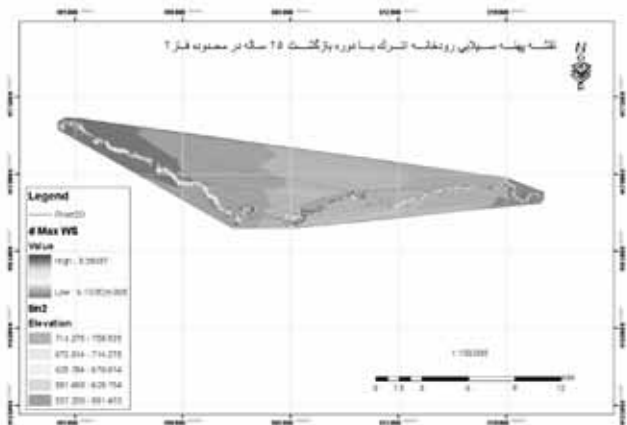
### بسته الحاقی Hec-GeoRas

با اجرای مدل HEC-RAS نتایج نهایی به تفکیک در هر دوره بازگشت سیل، جهت تعیین پهنه‌بندی سیلاب، مجدداً وارد محیط ARC GIS گردید. در نهایت با پردازش‌های لازم، و استفاده از بسته الحاقی Hec-GeoRas نقشه‌های خروجی در هر یک از دو فاز مورد مطالعه تهیه گردید.

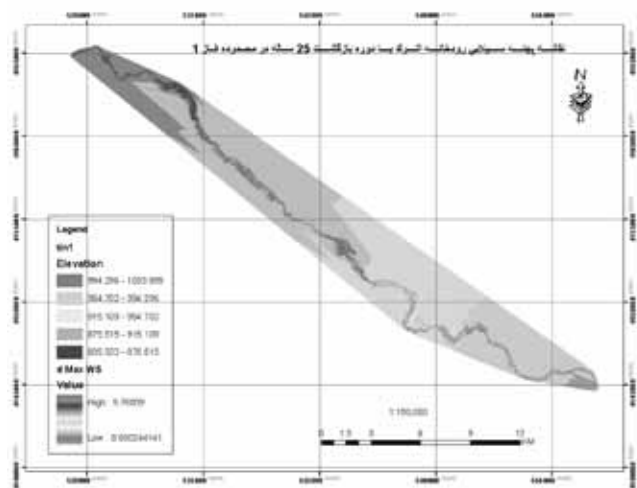
## نتایج

### ۱- تهیه نقشه پهنه سیلابی رودخانه

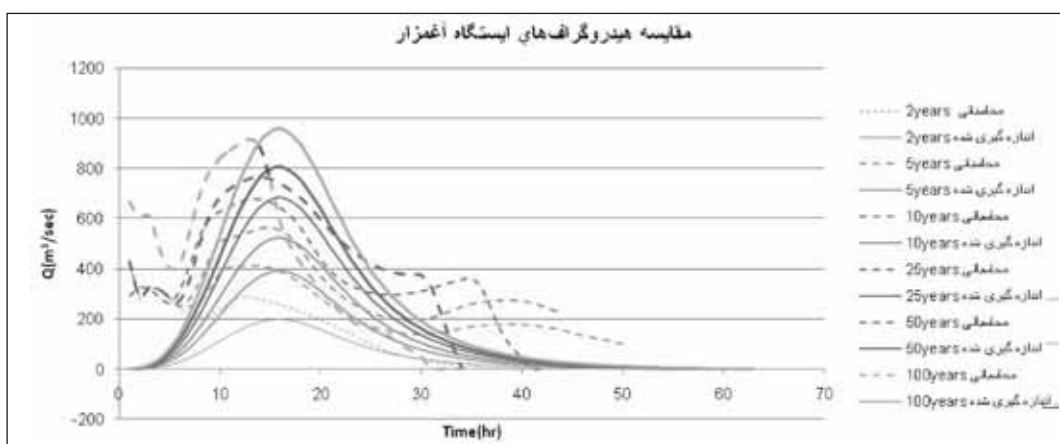
پروفیل سطح آب یا به عبارت دیگر منحنی سطح آب، نمایشی از وضعیت جریان در هر مقطع است که به عوامل مختلفی از جمله شیب بستر و ضریب زبری بستگی دارد. هرگونه تجزیه و تحلیل پروفیل سطح آب که منجر به پیش‌بینی شکل عمومی جریان یا پهنه‌سیلابی رودخانه شود به طراحان کمک می‌کند تا بتوانند پروفیل جریانی را که ممکن است در اثر طراحی اتفاق بیافتد را حدس بزنند. بنابراین پس از تعیین پروفیل سطح آب در کلیه مقاطع در دوره بازگشت‌های مختلف و در طول بازه مطالعاتی با استفاده از بسته الحاقی Hec-GeoRas می‌توان پهنه‌ی سیل‌گیر را برای هر دوره بازگشت به‌دست آورد. نتایج پهنه سیلابی رودخانه اترک در محدوده مطالعاتی فازهای ۱ و ۲ با دوره بازگشت ۲۵ ساله در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. به‌منظور کنترل صحت نتایج پهنه‌بندی سیلاب صورت گرفته، با توجه به مطالعات میدانی انجام شده و گفتگو با روستائیان منطقه و همچنین بررسی آثار سیلاب‌های قبلی اتفاق افتاده، صحت نتایج پهنه‌بندی سیلاب مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۵- پهنه سیلابی رودخانه اترک در فاز ۲ محدوده مطالعاتی برای دوره بازگشت ۲۵ ساله



شکل ۶- پهنه سیلابی رودخانه اترک در محدوده مطالعاتی فاز ۱ با دوره بازگشت ۲۵ ساله



شکل ۶- مقایسه هیدروگراف خروجی از مدل در ایستگاه آغمزار با هیدروگراف تحلیلی از روی داده‌های مشاهده‌ای

(۳) بسنده می‌گردد.

با هیدروگراف به دست آمده در ایستگاه اندازه‌گیری آغمزار مقایسه گردیدند. شکل (۶) مقایسه مقادیر هیدروگراف خروجی از مدل در ایستگاه آغمزار با نتایج هیدروگراف تحلیلی از روی داده‌های مشاهده‌ای را در همان ایستگاه نشان می‌دهد.

همان‌گونه که از این شکل برمی‌آید مقادیر هیدروگراف‌های حاصل از اندازه‌گیری ایستگاه و محاسباتی توسط مدل، تقریباً به یکدیگر نزدیک می‌باشند، که این خود گویای شبیه‌سازی نسبتاً مناسب و صحت داده‌های هندسی وارده به مدل و همچنین گویای برآورد اولیه نسبتاً صحیح از مقادیر ضریب زبری مانینگ در رودخانه و سرشاخه‌های آن می‌باشد.

در نهایت به منظور تدقیق نهایی نتایج مدل، با اعمال تغییرات جزئی در مقادیر ضریب زبری مانینگ، تنها در برخی از قسمت‌های بازه مورد مطالعه، نسبت به کالیبراسیون مدل اقدام گردید. شایان ذکر است با توجه به اهداف پروژه، اقدامات مذکور برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله انجام پذیرفت، به طوری که پس از

## ۲- انجام روندیابی سیلاب

از دیگر نتایج مهم خروجی اجرای مدل، روندیابی سیلاب در رودخانه و استخراج مقادیر دبی، سرعت، سطح مقطع جریان، شعاع هیدرولیکی، عدد فرود و سایر پارامترهای هیدرولیکی در کلیه مقاطع در طول بازه مطالعاتی می‌باشد. در طول فرایند روندیابی سیلاب هیدروگراف‌های سیلاب ایستگاه رضاآباد با دوره بازگشت‌های مختلف به عنوان شرط مرزی بالادست در فاز ۱، هیدروگراف‌های سیلاب استخراجی از روندیابی در انتهای بازه فاز ۱ به عنوان شرط مرزی بالادست در فاز ۲ و کلیه هیدروگراف‌های حوزه‌های میانی به عنوان ورودی‌های جانبی در مدل وارد شده است. از هیدروگراف‌های مشاهده‌ای ایستگاه آغمزار به عنوان شاهد برای کالیبراسیون مدل استفاده شده است.

نتایج روندیابی سیلاب در فازهای ۱ و ۲ برای دوره‌بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله به دست آمد لذا به دلیل حجم بودن اطلاعات خروجی تنها به ارائه بخش کوچکی از نتایج روندیابی سیلاب با دوره بازگشت ۲ ساله در فاز ۱ رودخانه اترک (بازه سیساب -نجف‌آباد) در جدول

کالیبراسیون مدل توسط مقادیر ضریب زبری، هیدروگراف خروجی حاصل از اجرای مدل، با هیدروگراف حاصل از ایستگاه اندازه‌گیری آغمازار واقع در خروجی حوزه، با یکدیگر متناسب گردیدند.

### بحث و نتیجه‌گیری

- به‌کارگیری نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS و بسته الحاقی Hec-GeoRas، توانایی و دقت بالایی در انجام طرح‌های پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌ها خواهند داشت.

- در انجام این قبیل مطالعات برآوردهای صحیح اولیه از مشخصات رودخانه و مقادیر ضریب زبری مانینگ، در کاهش تعداد RUN‌های مدل تأثیر بسزایی دارد و اعمال دقت کافی در این خصوص در کاهش زمان مطالعات و هزینه‌های مربوطه نقش بسزایی دارد.

- با اعمال تغییرات لازم در مقادیر ضریب زبری مانینگ، می‌توان نسبت به کالیبراسیون مدل اقدام نمود، به‌طوری‌که پس از کالیبراسیون مدل، هیدروگراف خروجی حاصل از اجرای مدل، با هیدروگراف

حاصل از ایستگاه اندازه‌گیری آغمازار واقع در خروجی حوزه، با یکدیگر متناسب می‌گردند.

- از آنجائی‌که ضریب زبری پارامتر اصلی در افزایش و یا کاهش افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد، براین اساس در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تعیین در ادامه مقادیر هیدروگراف حاصله از خروجی مدل در مقطع خروجی بازه‌ی مورد مطالعه، استخراج گردید و ضریب زبری مناسب اولیه که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

- تهیه منحنی‌های مربوط به روندیابی سیلاب در کلیه مقاطع از رودخانه و استخراج مقادیر مربوط به تغییرات دبی با زمان در هر مقطع، با استفاده از مدل HEC-RAS عملی می‌باشد.

- پیشنهاد می‌شود رابطه بین افزایش و یا کاهش پهنه‌های سیلابی به‌واسطه بروز تغییرات در ضریب زبری نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

جدول ۳- نمونه‌ای از نتایج روندیابی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله در فاز ۱ رودخانه اترک (بازه سیسب -نجف‌آباد)

شماره مقطع	دبی کل (s/m <sup>3</sup> )	حداقل ارتفاع رودخانه (m)	ارتفاع سطح آب (m)	رقوم خط انرژی جریان (m)	شیب سطح آب (m/m)	سرعت جریان (m/s)	سطح مقطع جریان (m <sup>2</sup> )	عرض بالای سطح آب (m)	عدد فرود
۱۱۹۸	۴۳۷/۸۹	۹۸۰/۶۹	۹۸۵/۱۹	۹۸۶/۴۳	۰/۰۱۰۱۰۶	۵/۸	۱۱۳/۹۹	۶۲/۳	۰/۹۱
۱۱۸۷	۴۳۷/۸۸	۹۸۰/۳۷	۹۸۴/۹۲	۹۸۵/۷۶	۰/۰۰۸۲۰۷	۴/۳	۱۲۱/۲۳	۵۹/۳۴	۰/۷۸
۱۱۹۶	۴۳۷/۸۷	۹۸۰/۲	۹۸۴/۹۹	۹۸۵/۳۸	۰/۰۰۳۰۶۶	۲/۸۴	۱۶۱/۸	۵۸/۷۱	۰/۴۸
۱۱۹۵	۴۳۷/۸۵	۹۷۱/۴۱	۹۸۴/۸۳	۹۸۵/۲	۰/۰۰۲۸	۳/۰۱	۱۸۴/۴۸	۷۳/۲۹	۰/۴۷
۱۱۹۴	۴۳۷/۸۳	۹۷۹/۵۶	۹۸۴/۸۳	۹۸۵/۰۹	۰/۰۰۱۸۹۲	۲/۶۳	۲۲۶/۲	۸۸/۱۹	۰/۳۹
۱۱۹۳	۴۳۷/۸۱	۹۷۹/۱۷	۹۸۴/۷۷	۹۸۵/۰۱	۰/۰۰۱۷۲۷	۲/۶۴	۲۳۲/۴۳	۸۰/۸۲	۰/۳۸
۱۱۹۲	۴۳۷/۸۰	۹۷۹/۶۲	۹۸۴/۳۷	۹۸۴/۹	۰/۰۰۵۷۵۳	۳/۷۲	۱۴۷/۲	۶۰/۸۹	۰/۶۳
۱۱۹۱	۴۳۷/۷۹	۹۷۹/۷۱	۹۸۴/۲۸	۹۸۴/۷۱	۰/۰۰۴۱۳۹	۳/۴۴	۱۶۸/۲۷	۶۷/۹۱	۰/۵۷
۱۱۹۰	۴۳۷/۷۸	۹۸۰/۱۸	۹۸۴/۳۲	۹۸۴/۵۹	۰/۰۰۲۸۰۳	۲/۶۹	۱۹۸/۹۹	۶۹/۷۰	۰/۴۵
۱۱۸۹	۴۳۷/۷۷	۹۷۹/۸۴	۹۸۴/۰۳	۹۸۴/۴۹	۰/۰۰۴۰۱	۳/۴۷	۱۶۶/۷۴	۶۸/۳۸	۰/۵۶
۱۱۸۸	۴۳۷/۷۵	۹۸۰/۰۲	۹۸۴/۰۷	۹۸۴/۳۲	۰/۰۰۲۵۱۳	۲/۵۹	۲۰۵/۸۴	۶۸/۵۱	۰/۴۴
۱۱۸۷	۴۳۷/۷۴	۹۷۹/۵۱	۹۸۴/۰۰	۹۸۴/۲۲	۰/۰۰۲۰۳۷	۲/۵۸	۲۲۶/۲۰	۷۴/۷۶	۰/۴۰
۱۱۸۶	۴۳۷/۷۳	۹۷۸/۵۵	۹۸۳/۸۲	۹۸۴/۱۰	۰/۰۰۳۳۵۶	۲/۷۶	۱۹۱/۳۷	۷۰/۹۱	۰/۴۸
۱۱۸۵	۴۳۷/۷۱	۹۷۸/۴۳	۹۸۳/۶۸	۹۸۳/۹۷	۰/۰۰۲۳۶۶	۲/۹۳	۲۱۲/۸۵	۸۸/۱۴	۰/۴۴
۱۱۸۴	۴۳۷/۶۸	۹۷۸/۹۹	۹۸۳/۴۳	۹۸۳/۸	۰/۰۰۳۶۷۸	۳/۳۱	۱۹۳/۲۱	۱۱۴/۳۷	۰/۵۴
۱۱۸۳	۴۳۷/۶۵	۹۷۸/۴۴	۹۸۳/۳۹	۹۸۳/۵۹	۰/۰۰۱۵۲۸	۲/۲۹	۲۵۳/۴	۹۷/۰۴	۰/۳۵
۱۱۸۲	۴۳۷/۶۳	۹۷۸/۶۳	۹۸۳/۱۴	۹۸۳/۴۸	۰/۰۰۳۸۰۸	۳/۱۵	۱۹۶/۷۲	۹۸/۸۶	۰/۵۴
۱۱۱۸۱	۴۳۷/۶۱	۹۷۹/۸۷	۹۸۳/۰۰	۹۸۳/۲۸	۰/۰۰۳۴۹۲	۲/۶۶	۲۰۴/۹۱	۹۸/۹۰	۰/۵۰
۱۱۸۰	۴۳۷/۵۸	۹۷۹/۴	۹۸۲/۸۸	۹۸۳/۰۸	۰/۰۰۲۶۴۷	۲/۰۲	۲۳۸/۳۶	۱۴۱/۱۸	۰/۴۲
۱۱۷۹	۴۳۷/۵۵	۹۷۸/۳۶	۹۸۲/۷۶	۹۸۲/۹۸	۰/۰۰۱۹۲۲	۲/۳۷	۲۵۶/۴۳	۱۳۲/۳۲	۰/۳۹
۱۱۷۸	۴۳۷/۵۲	۹۷۸/۷	۹۸۲/۶۰	۹۸۲/۸۳	۰/۰۰۳۰۱	۲/۷۱	۲۴۴/۸۸	۱۴۵/۳۹	۰/۴۸

- 8-Horritt, M.S. and Bates. P.D. 2002. Evaluation of 1D and 2D Numerical Models for Predicting River Flood Inundation. *Journal of Hydrology*, 268: 87-99
- 9-James, M.D., Larson, M.D. and Golver, T.F. 1980. *Water Resources Bulletin. Floodplain Management Needs Peculiar to Arid Climates*. 16: 1020-1029
- 10-Knebl, Hutchinson, M.R.,K., Yang, Z.L. and Maidment, D.R. 2004. Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD rainfall,GIS,and HEC-HMS,RAS: A Case Study for the SanAntonio River Basin. *Journal of Environmental Management*. 75: 325-336
- 11-Pappenberger, F., Beven, K., Horritt, M. and Blazkova, S. 2005. "ncertainty in the Calibration of Effective Roughness Parameters in HEC-RAS Using Inundation and Downstream Level Observations, *Journal of Hydrology*. 302: 46-69
- ۱- آرمان، ن. ۱۳۸۵. کالیبره کردن ضریب زبری مانینگ در بازه‌ای از رودخانه کرج و تجزیه و تحلیل آن با نرم‌افزار HEC-RAS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۲- باقری، ع.ع، کشی، ع.، موسوی جهرمی، س.ح. و صدقی، ح. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی سیلاب رودخانه گرم‌رود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۳- حسینی، س.ا. و حبیبی، م. ۱۳۸۵. کارگاه آموزشی کاربرد مدل ریاضی HEC-RAS در عملیات مهندسی رودخانه. دانشگاه آزاد اسلامی کرج.
- ۴- شکوری، ع. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر روش‌های مختلف ضریب زبری در میزان دقت پهنه‌بندی سیل توسط نرم‌افزارهای HEC-RAS و ARCVIEW با تأکید بر صحت‌سنجی داده‌های هیدرومتری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
- ۵- صفری، ع.ر. ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۶- گزارش مطالعات هیدرولیک و پهنه‌بندی سیل رودخانه اترک. شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان. ۱۳۸۶.
- 7-Adam, K.S. 2003. Comparing Physical Habit Condition in Forested and Non Forested Stream. M.Sc Thesis in Civil and Environment. university of Vermont.136p

## مقدمه

رشد شهرنشینی بر بسیاری از زیرساخت‌های شهری<sup>۱</sup> اثر گذاشته از آن جمله می‌توان به مواردی از قبیل تردد خودروی‌های بیش‌تر بر سطح خیابان‌ها و فزونی دانش‌آموزان در مدارس اشاره کرد. تراکم جمعیت منجر به تولید فاضلاب بیشتر و تردد خودروها منجر به افزایش آلودگی حاصل از فرسایش لاستیک چرخ‌ها و روغن‌ریزی موتورهای آنها می‌شود. لذا، توسعه شهری لزوم کنترل روان‌آب آلوده را بسیار ضروری می‌سازد. جاده‌ها، پارکینگ‌ها، پیاده‌روها، خانه‌ها و ادارات جای اراضی طبیعی را گرفته و لذا نفوذپذیری سطوح را کاهش چشم‌گیری می‌دهند. بارانی که قبلاً پوشش گیاهی را سیراب و بخش عمده آن نیز به درون خاک نفوذ می‌کرده، اکنون مقادیر قابل توجهی از آن آماده تبدیل به روان‌آب است. هم‌چنان‌که سطوح ناتراوتر بیشتر می‌شوند، آب به‌راحتی از روی آن‌ها جاری و سپس سطوح ناتراوا به‌هم‌پیوسته و تمرکز باران به‌صورت سیلاب امکان رسیدن روان‌آب به آبراهه‌ها را تسریع می‌کند. این روند موجب چندین تأثیر سوء می‌شود:

- ۱- سیلاب بیش‌تری به آبراهه می‌رسد، زیرا فرصت کم‌تری برای نفوذ وجود دارد،
  - ۲- دبی اوج جریان افزایش پیدا می‌کند زیرا "سیلاب‌راه بزرگ" روان‌آب‌ها را سریع‌تر انتقال می‌دهد،
  - ۳- سرعت جریان در آبراهه افزایش می‌یابد،
  - ۴- به دلیل کاهش نفوذ آب به درون خاک، جریان پایه آبراهه‌ها نیز در طی دوران خشک کم‌تر می‌شود.
- با استفاده از تحلیل‌های سنتی و مدل‌های ریاضی نظیر HEC می‌توان نشان داد که دبی اوج جریان به‌تنهایی می‌تواند تا چهار برابر بیش از شرایط قبل از توسعه شهری افزایش یابد. بعضاً مردم این اثر ناشی از توسعه شهری را به‌عنوان سیل می‌شناسند. در حالی‌که، به‌راحتی افزایش کمی حجم روان‌آب نتیجه توسعه شهری محسوب شده ولی این توسعه تأثیرات سوء بسیاری نیز بر کیفیت روان‌آب می‌گذارد که از دیده‌ها پنهان می‌ماند. شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب خانگی، مدیریت پسماندها و زباله در سطح شهر، تناسب کاربری اراضی درون‌شهری، مدیریت ترافیک و آلودگی هوا، شبکه‌ی جمع‌آوری روان‌آب سطحی، تراکم جمعیت شهری، استاندارد زندگی و بسیاری عوامل دیگر در کیفیت روان‌آب و سیلاب شهری

## آلودگی روان‌آب‌های شهری و روش‌های کنترل آن

مهدی حبیبی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۸

## چکیده

امروزه با توسعه‌ی شهرنشینی و گسترش شهرها موضوع سیلاب‌های شهری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. وقوع سیلاب‌های گسترده در حوزه‌های شهری علاوه بر ایجاد خسارات جانی و مالی فراوان، موجب بروز تأثیرات مخرب در محیط زیست و کیفیت آب آبراهه‌ها و مسیل‌های شهری می‌شود. از سوی دیگر رشد جمعیت شهری باعث تولید مقدار انبوهی مواد زاید حاوی انواع باطله‌ها و آلودگی‌های خطرناک می‌گردد که هم‌اکنون مسئله‌ی مدیریت و دفع این مواد به صورت یک مشکل جدی برای سلامتی انسان و سایر جانداران مطرح می‌باشد. تاکنون اقدامات سازه‌ای و مدیریتی نسبتاً زیادی به‌منظور مقابله با انواع آلودگی‌های روان‌آب شهری نظیر کاهش رسوب، نیترات، فسفر و فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از نظر اندازه، این اقدامات به پروژه‌های نسبتاً بزرگ چندین هکتاری، نظیر تالاب‌های مصنوعی، تا پروژه‌های کوچک محلی، نظیر باغچه‌های بارانی برای مدیریت روان‌آب یک حیاط، تقسیم می‌شوند. اقدامات کنترل آلودگی روان‌آب می‌تواند به سادگی استفاده از مقداری مناسب کود برای باغچه یک خانه یا به پیچیدگی احداث یک سازه مهندسی هم‌چون تالاب سیلاب‌گیر باشد. نوع آلودگی، وسعت و خصوصیات حوزه آبخیز شهری، میزان تراوایی زمین، وسعت زمین موجود برای سازه، ارزش زمین و هزینه‌های احداث همگی در انتخاب بهترین اقدام مدیریتی کنترل آلودگی روان‌آب تأثیر دارند. در این مقاله به برخی از اقدامات سازه‌ای برای کنترل آلودگی روان‌آب شهری پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: روان‌آب شهری، سیلاب شهری، آلودگی، اقدامات مدیریتی، محیط زیست شهری

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ص پ habibi\_m@scwmri.ac.ir، ۱۳۴۴۵-۱۱۳۶

مؤثرند. علاوه بر رسوبات، که از زمان‌های دور به‌عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی آب شناخته می‌شوند، فلزات و مواد شیمیایی آلی حاصل از وسایل نقلیه و صنایع، روان‌آب ناشی از رگبارهای شهری را به‌مقدار زیادی آلوده می‌کنند. نیترات‌ها هم در محیط‌های شهری در شکل‌های مختلفی از طریق کودهای شیمیایی که برای رشد گیاهان استفاده می‌شود، فضولات حیوانات خانگی و سیستم تخلیه‌ی فاضلاب‌های انسانی وارد چرخه‌ی روان‌آب شهری می‌شوند. روان‌آب آلوده شده از سطوح تغییر یافته شهری، تهدید بزرگی برای کیفیت آب رودخانه‌ها در درون نواحی شهری و در پایین دست آن‌ها می‌باشد [۷]. گرچه فاضلاب‌های شهری یک منبع عمده آلودگی برای روان‌آب‌های شهری‌اند اما در حالت کلی کیفیت روان‌آب‌های شهری بسیار بدتر از فاضلاب تصفیه نشده است [۴]. به‌طوری که ادعا شده است روان‌آب ناشی از رگبارهای شهری یک منبع اصلی ورود آلاینده‌های فیزی به آب‌های سطحی تشخیص می‌باشد [۱، ۸]. علاوه بر واحدها و کارخانجاتی که با ورود مواد آلاینده سبب آلودگی محیط زیست شهری می‌شوند، عوامل متعدد دیگری که از رفتارها و فعالیت‌های بشری ناشی می‌شوند نیز سبب آلودگی آب و تخریب محیط زیست شهری می‌گردد. در این موارد بایستی مخارج مربوط به کنترل و کاهش آلودگی و میزان موفقیت و پیشرفت احتمالی در عملیات به‌سازی روان‌آب مورد بررسی قرار گیرد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های آشکار مانند هزینه‌های آموزش شهروندان (و تشویق آن‌ها به عدم انجام اعمالی که سبب آلودگی روان‌آب‌های شهری می‌شود) و همچنین هزینه‌های پنهان ناشی از عدم تغییر رفتارهای غلط آن‌ها (که سبب آلودگی روان‌آب می‌گردد) خواهد شد. علی‌رغم وجود عوامل متعدد آلاینده‌ی آب در حوزه‌های شهری، تجربه موجود نشان می‌دهد که اقداماتی که با هدف بهبود کیفیت آب و آلودگی‌زدایی از آن انجام می‌شود، با در نظر گرفتن هزینه‌ها و محدودیت‌های اجرایی، بسیار موثر بوده‌اند. در حقیقت انجام پروژه‌های به‌سازی کیفیت سیلاب‌های شهری سبب افزایش کاربرد آن‌ها در مصارف عمومی و کشاورزی، بالا بردن جاذبه‌های تفریحی و توریستی و بهبود قابل توجه شرایط اکولوژیکی شهر خواهد شد. روش‌های زیادی برای کاهش میزان آلودگی روان‌آب شهری وجود دارد که برخی از آن‌ها به کنترل منبع آلودگی توجه دارند (نظیر استفاده مناسب از کودها، اجرا و نگهداری صحیح سیستم جمع‌آوری فاضلاب‌های خانگی، به‌سازی سیستم سوخت و ساز وسایل نقلیه، انتقال صنایع آلاینده به خارج از محدوده‌های شهری و غیره) و برخی دیگر به جداسازی آلودگی از روان‌آب می‌پردازند [۳]. اقدامات مدیریتی برای پیش‌گیری و یا کاهش آلودگی سیلاب شهری می‌تواند به سادگی استفاده از مقدار مناسب کود برای باغچه‌ی یک خانه و یا به پیچیدگی احداث یک سازه‌ی مهندسی هم‌چون تالاب سیلاب‌گیر<sup>۱</sup> باشد. برخی از اقدامات تحت شرایط خاصی بهتر از دیگر اقدامات جواب می‌دهند. نوع آلودگی که باید کنترل شود،

1. Storm water Wetland

وسعت حوزه آبخیز شهری، میزان تراوایی زمین، و مقدار زمین موجود برای احداث سازه، همگی بر انتخاب بهترین اقدام مدیریتی<sup>۲</sup> (BMP) تاثیر دارند [۵]. برای مثال می‌توان میزان آلودگی آب را از طریق جلوگیری از ورود مستقیم فاضلاب به رودخانه یا مسیل با استفاده از شبکه جمع‌آوری فاضلاب و ایجاد حوضچه‌های تصفیه و ته‌نشینی (رسوبات و مواد آلاینده) در سر راه فاضلاب واحدها و کارخانه‌های تولید کننده فاضلاب کم نمود. در ادامه مقاله به بررسی سازه‌های مناسب برای مدیریت روان‌آب و کاهش مقدار آلودگی ورودی به آبراه‌ها پرداخته می‌شود.

### حوضچه‌های مرطوب<sup>۳</sup>

حوضچه‌های مرطوب از اقدام‌های خیلی مرسوم می‌باشند که طی سالیان زیاد برای کنترل روان‌آب استفاده شده‌اند. در ابتدا، حوضچه‌های مرطوب برای کنترل کمیت آب یا کنترل سیل طراحی می‌شدند. مخازنی هم‌چون دریاچه‌های طبیعی به یک مفهوم، حوضچه‌های مرطوب بزرگ هستند. این مخازن برخلاف حوضچه‌های مرطوب متعارف، آب مورد نیاز مردم را نیز تامین می‌کنند و برای ذخیره‌سازی آب کافی در دوران خشکسالی طراحی شده‌اند.

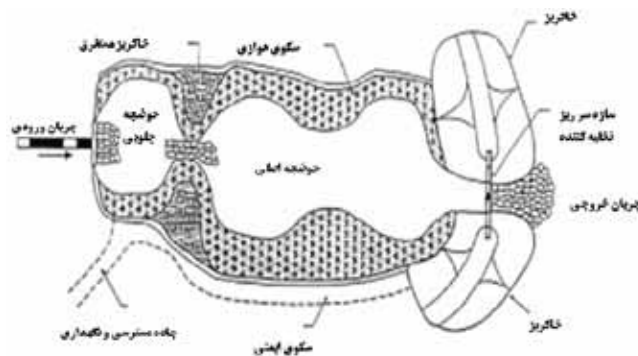
در حال حاضر، حوضچه‌های مرطوب برای افزایش کیفیت روان‌آب‌های ناشی از سیلاب طراحی می‌شوند. در شکل (۱)، یک طرح تیپ از این قبیل حوضچه‌ها نشان داده شده است. بدنه اصلی حوضچه مرطوب، یک استخر به عمق ۱/۲ تا ۲/۴ متر است که به دنبال یک حوضچه جلویی<sup>۴</sup> آورده می‌شود. حوضچه جلویی جایی است که روان‌آب وارد شده و رسوبات و آلودگی‌های چسبیده به رسوبات ته‌نشین می‌شوند. حوضچه جلویی طوری طراحی می‌شود که به‌آسانی تخلیه شود و با فراهم کردن امکان دسترسی برای ماشین‌آلات حفاری، رسوبات ته‌نشین شده به‌راحتی برداشته شوند. در دو ضلع حوضچه مرطوب، یک سکوی آبی (وابسته به آب) که با گیاهان مرداب‌پسند پر شده است ساخته می‌شود. سکو کم‌عمق بوده و دارای شیب ملایمی نظیر شیب ۱ به ۶ (عمودی به افقی) می‌باشد. عرض سکو حداقل ۳/۶ متر برای ملاحظات ایمنی در نظر گرفته می‌شود. روان‌آب ورودی به حوضچه مرطوب از طریق یک سری خروجی، شامل سرریزها و ناودان‌ها خارج می‌شود؛ این خروجی‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که آب داخل آن‌ها از روی سد سرریز نشود.

اندازه یک حوضچه مرطوب متناسب با وسعت حوزه آبخیزی که حوضچه برای آن ساخته شده است تغییر می‌کند. در برخی مناطق، حوضچه‌های مرطوب باید به بزرگی ۱ تا ۲ درصد از سطحی که روان‌آب آن را زهکشی می‌کنند باشند. مثلاً یک حوزه‌ی ۱۰ کیلومتر مربعی ممکن است به یک حوضچه مرطوب به وسعت ۱۰ تا ۲۰

2. Best Management Practices

3. Wet Ponds

4. Fore Bay



شکل ۱- پلان یک حوضچه مرطوب

خسک کردن تالاب‌ها می‌تواند زیان‌های زیادی در برداشته باشد. تالاب‌ها در بعضی شرایط سطح ایستابی را تغذیه کرده و باعث آبدار شدن چشمه‌ها و برخی آبراهه‌ها می‌گردند. نقش تالاب‌ها در به تله انداختن رسوبات و پالایش آلودگی‌ها نیز بسیار مهم می‌باشد. از تالاب‌های مصنوعی است که در سال‌های اخیر کاربرد زیادی پیدا نموده‌اند با اهداف گوناگون باز یافت روان‌آب و تصفیه فاضلاب‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و نیز توسعه چشم‌اندازهای اکولوژیکی مناسب استفاده شده است. تالاب‌های مصنوعی، سیستم‌های مؤثری برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی هستند که قادرند BOD، مواد معلق، پاتوژنها، مواد مغذی و فلزات سنگین را از آب حذف نمایند. این سیستم‌ها هزینه ساخت و نگهداری نسبتاً کمی دارند و در آنها انرژی (اکسیژن) لازم از طریق اتمسفر و مواد غذایی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها از مواد آلی فاضلاب تأمین می‌گردد. اگرچه تالاب‌ها در ابتدا بمنظور تصفیه فاضلاب از منابع نقطه‌ای به کار گرفته شدند، اما در طول سه دهه اخیر ارزش و کاربرد چند منظوره تالاب‌ها و برکه‌های گیاهی به‌خوبی در کشورهای پیشرفته شناخته شده و اهمیت فزاینده آنها در تصفیه روان‌آب سطحی کشاورزی و شهری نیز مشخص گردیده است. از این‌رو آگاهی و شناخت درباره توانایی این سیستم‌های تصفیه در حذف آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه که هم‌اکنون با بحران کم‌آبی روبه‌رو هستند بسیار مهم می‌باشد.

هم‌اکنون تالاب‌های سیلاب‌گیر در برخی محیط‌های شهری در حال تبدیل شدن به یک اقدام مردمی شده‌اند. طراحی تالاب‌ها شبیه طراحی حوضچه‌های مرطوب است، بجز این‌که عمق آن‌ها خیلی کم‌تر است. تالاب‌های سیلابی به‌ندرت عمیق‌تر از ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر ساخته می‌شوند؛ از این‌رو قابلیت کنترل سیل آن‌ها محدود است. در طراحی این تالاب‌ها برای به حداکثر رساندن طول مسیر جریان، از ایجاد حالت سینوزیته استفاده می‌شود شکل (۲)، این موضوع زمان ماند جریان در تالاب را افزایش داده و از عبور سریع سیلاب از تالاب جلوگیری می‌کند. یک تالاب سیلابی به‌طور تپسیک از یک حوضچه جلویی (یا استخر کوچک) جایی‌که مواد جامد در همان ابتدا ته‌نشین می‌شوند، آغاز می‌شود. همانند حوضچه‌های

هکتار نیاز داشته باشد. فاکتورهای دیگری که بر اندازه حوضچه مرطوب اثر می‌گذارند عبارت از عمق حوضچه ذخیره و مقدار تراوایی سطوح حوضچه هستند. حوضچه‌های عمیق‌تر اجازه استفاده از مساحت کم‌تری را می‌دهند. بدیهی است یک حوزه شهری کاملاً توسعه یافته، با سطوح نفوذناپذیر فراوان در مقایسه با حوزه‌ای که سطوح سبز بیش‌تری دارد، به حوضچه مرطوب بزرگ‌تری احتیاج دارد.

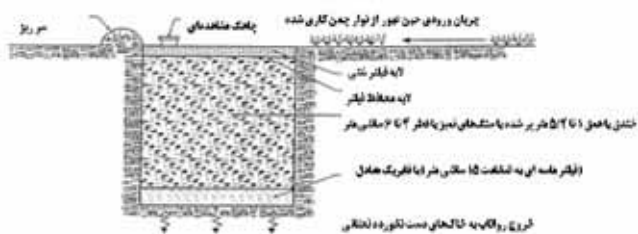
قیمت زمین و هزینه حفاری، هزینه‌های اصلی حوضچه‌های مرطوب می‌باشند. هزینه‌های دیگر شامل هزینه طراحی و ساخت سد و خروجی‌ها (تخلیه‌کننده‌ها)، نگهداری دوره‌ای حوضچه جلویی و تاسیسات خروجی می‌باشد. در نواحی شهری کاملاً توسعه یافته که قیمت زمین خیلی بالاست و خاک‌های حفاری شده باید تا مسافت‌های طولانی حمل شوند، این اقدام ممکن است پرهزینه و غیراقتصادی باشد.

تحقیقات نشان داده است که حوضچه‌های مرطوب نرخ جداسازی رسوب خیلی بالایی بالغ بر ۷۰ درصد یا بیش‌تر برای کل جامدات معلق<sup>۱</sup> (TSS) دارند، به‌شرطی که از حوضچه خوب نگهداری شود. این مسئله به‌دلیل کاهش سرعت روان‌آب هنگام ورود به حوضچه مرطوب می‌باشد که اکثر مواد جامدی را که با سرعت بالا با خود حمل می‌کند، نمی‌تواند نگهدارد. از آن‌جا که دیگر آلودگی‌ها نظیر فسفر و آفت‌کش‌ها به رسوبات می‌چسبند، حوضچه‌های مرطوب، مقدار زیادی از آن‌ها را نیز حذف می‌کنند. با این وجود، حوضچه‌های مرطوب نیترات-نیتروژن را جدا نمی‌کنند. مطالعاتی که اخیراً انجام شده است نشان می‌دهد نرخ پالایش نیترات بین ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد.

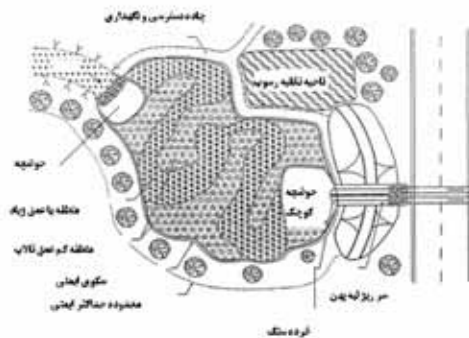
### تالاب‌های سیلاب‌گیر<sup>۲</sup>

تالاب‌های سیلاب‌گیر نقش بسیار مهمی در مدیریت سیلاب‌های شهری ایفا می‌نمایند. این تالاب‌های مصنوعی مخازنی هستند که آب اضافی منطقه وارد آن‌ها شده و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده حجم روان‌آب ورودی در تسکین سیلاب نقش حیاتی دارند. بنابراین زهکشی و

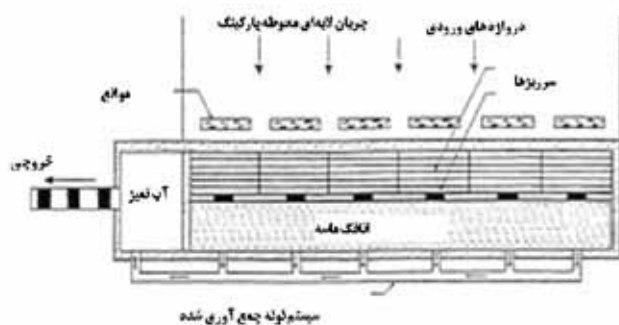
1. Total Suspended Solid
2. Storm Water Wetlands



شکل ۳- پروفیل یک سیستم نفوذ خندقی



شکل ۲- پلان یک تالاب سیلاب گیر



شکل ۴- پلان یک فیلتر ماسه‌ای

هزینه طراحی و احداث سازه تخلیه کننده (خروجی)، که اغلب یک سرریز کوتاه است، به اندازه هزینه حوضچه‌ها نمی‌باشد. با این وجود هزینه کاشت گیاه در تالاب، هزینه اضافی‌ای است که در مورد حوضچه‌ها وجود ندارد.

### خندق‌ها/چاه‌های نفوذ<sup>۲</sup>

همان‌طور که گفته شد، یکی از اثرات اولیه توسعه شهری آن است که آبی که پیش‌تر از طریق نفوذ وارد زمین می‌شد، اکنون تبدیل به روان‌آب می‌شود. از آنجا که آب‌های زیر زمینی دبی پایه بسیاری از آبراهه‌ها را تامین می‌کنند بسیار مهم است که از طریق نفوذ دادن روان‌آب به داخل زمین، سطح آب زیرزمینی در ترازهای بالا نگه داشته شود. شیوه‌های مختلفی برای افزودن آب سطحی به آب‌های زیرزمینی وجود دارد. به‌طور مشخص خندق‌ها یا چاه‌های نفوذ برای این کار طراحی می‌شوند.

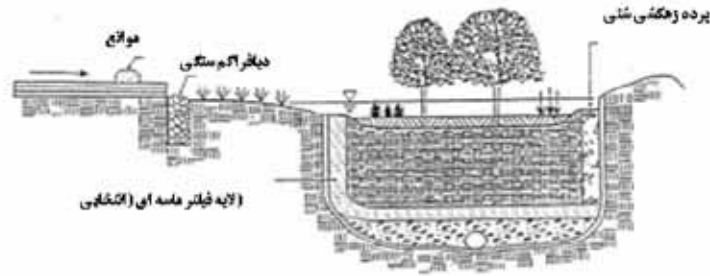
خندق و چاه نفوذ دراصل یک کارکرد دارند و تفاوت آن‌ها تنها در ابعاد و حجم می‌باشد. خندق‌ها طولانی و باریک هستند و در طول بیشتری مسیر روان‌آب سطحی را قطع می‌کنند. چاه‌ها در واقع گودال‌هایی هستند که برای گرفتن جریان‌های متمرکز طراحی می‌شوند. هر دو با سنگ‌های بزرگ بسیار تراوا پر می‌شوند شکل (۳)، خندق یا چاه در طول رگبار از روان‌آب پر شده و آب را ذخیره

مربوط، حوضچه جلویی ناحیه‌ای است که به راحتی قابل دسترسی برای لایروبی و برداشت مواد ته‌نشین شده می‌باشد. بدنه اصلی تالاب از نواحی بلند و پست تشکیل شده است، که موجب تغییر در نوع پوشش گیاهی در سطح تالاب می‌شود.

همانند حوضچه‌های مربوط، تالاب‌ها از ته‌نشین کردن رسوبات و آلودگی‌های پیوسته به آن‌ها به‌عنوان یک ابزار پالایش استفاده می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد که به‌طور متوسط، تالاب‌ها حدود ۸۰ درصد از کل مواد جامد معلق TSS را حذف می‌کنند. هم‌چنین تالاب‌ها در مقایسه با حوضچه‌های مربوط مقدار بیشتری از نیترات-نیتروژن را حذف می‌کنند. پوشش گیاهی درون تالاب مقداری از نیترات محلول را برای رشد گیاه جذب می‌کند، پوشش گیاهی تالاب محیطی را برای میکروبی‌های هوازی و غیر هوازی برای هضم نیترات فراهم می‌کند، که در نهایت از طریق چرخه نیتروژن دهی<sup>۱</sup> به گاز نیتروژن بی‌خطر تبدیل می‌شود. در حالی که نرخ جداسازی نیترات بسته به طراحی تالاب و شرایط پیشین به مقدار زیادی متغیر است؛ نشان داده شده است که تالاب‌ها به‌خوبی بیش از ۴۰ درصد از نیترات ورودی به سیستم را پالایش می‌کنند.

تالاب‌ها، به‌طور طبیعی، سطح زمین بیشتری را نسبت به حوضچه‌های مربوط اشغال می‌کنند. هزینه‌های حفاری در تالاب‌ها به‌دلیل کم عمق بودن، عموماً کم‌تر از حوضچه‌های مربوط است.





شکل ۵- سطح مقطع یک باغچه بارانی

به میزان استفاده از پارکینگ، هر سه سال تا شش ماه یکبار انجام می‌شود. نگهداری این فیلترهای ماسه‌ای معمولاً شامل تعویض لایه بالایی ماسه به ضخامت ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در هنگام گرفتگی فیلتر است.

سامانه‌ی فیلترهای ماسه‌ای یک مزیت مهم دارد و آن این است که نیاز به زمین با سطح زیاد نظیر تالاب‌ها و یا حوضچه‌های مرطوب ندارد. در مناطق شهری بسیار توسعه یافته که زمین بسیار گران است، فیلترهای ماسه‌ای ممکن است بهترین گزینه باشند. فیلترهای ماسه‌ای در جداسازی آلودگی‌های غیر محلول شامل TSS و آلودگی‌های جذب شده به رسوبات بسیار موثرند. در برخی مطالعات نرخ جداسازی حدود ۸۰٪ برای TSS و تا ۶۰٪ برای فسفر بوده است. با این حال فیلترهای ماسه‌ای به‌خاطر طبیعتشان تولید کننده نیترات هستند ولی شکل‌های دیگری از نیتروژن نظیر نیتروژن آلی را، که در یک محیط هوازای به نیترات تبدیل می‌شود، به تله می‌اندازند. از این‌رو، در حالی‌که نرخ جداسازی نیتروژن کل مثبت است، سطح نیتروژن- نیترات در استفاده از فیلترهای ماسه‌ای افزایش می‌یابد. درحال حاضر محققین به‌دنبال طرح‌ها و مواد دیگری برای فیلترهای ماسه‌ای برای جداسازی نیتروژن- نیترات هستند.

### باغچه‌های بارانی

یک اقدام دیگر برای کنترل و بهره‌برداری از روان‌آب حاصل از بارندگی که درحال متداول‌تر شدن است، استفاده از باغچه‌های بارانی<sup>۲</sup> می‌باشد. این اقدام منجر به تلفیق عمل کنترل روان‌آب حاصل از رگبار با ایجاد چشم‌اندازهای زیبا می‌شود، که باعث شده است بسیاری از مالکین خانه‌های بزرگ این روش را به‌کار گیرند. برخلاف تالاب‌ها و حوضچه‌ها، که روان‌آب را برای مدت طولانی در خود نگه می‌دارند، باغچه‌های بارانی روان‌آب‌ها را تنها برای مدت زمانی کوتاه نگه می‌دارند. این باغچه‌ها طوری طراحی می‌شوند که طی ۴۸ ساعت پس از سیلاب‌های بزرگ زهکشی و تخلیه شوند. از این رو گیاهانی که به‌طور طبیعی در تالاب‌ها و حوضچه‌ها قادر به رشد نیستند برای این قبیل باغچه‌ها مناسب می‌باشند. در شکل (۵)، سطح مقطع یک باغچه بارانی نشان داده شده است.

می‌کند تا آب به داخل زمین نفوذ کند. کارایی این شیوه بستگی به نوع خاک محیط دارد. خاک تا حد ممکن بهتر است که ماسه‌ای باشد. انواع خاک‌های ریزدانه‌تر از ماسه‌ی لومی، منجر به شکست خندق یا چاه می‌شود. از این‌رو این اقدام بیشتر در دشت‌های ساحلی و نواحی تپه‌های ماسه‌ای کاربرد دارد.

چنانچه اجازه داده شود جریان‌های واریزه‌ای وارد سیستم شوند ممکن است چاه یا خندق را مسدود کند. در این‌صورت تنها راه بازکردن مجدد سیستم، برداشتن کلیه سنگ‌های درون چاه یا خندق می‌باشد. از این‌رو باید دقت زیادی شود تا تنها آب بتواند وارد سیستم شود و مواد معلق خارج از سیستم نگه داشته شوند.

مطالعات اندکی برای تعیین تاثیر کمی و کیفی این نوع سیستم‌های نفوذ بر جداسازی آلودگی‌ها از روان‌آب انجام شده است. اگر دقت شود تا جریان‌های واریزه‌ای و مواد معلق همراه با روان‌آب وارد چاه‌های نفوذ نشوند، این چاه‌ها هزینه زیادی ندارند و هزینه حفاری، حمل سنگ‌ها و جایگذاری آن‌ها، هزینه عمده این سیستم می‌باشد.

### سامانه فیلترهای ماسه‌ای<sup>۱</sup>

سامانه فیلترهای ماسه‌ای دارای یک سیستم دو ردیفه است شکل (۴)، روان‌آب حاصل از رگبار ابتدا وارد یک اتاقک رسوب‌گذاری می‌شود که در آن مواد رسوبی و غیره ته‌نشین می‌شود. آنگاه آب وارد یک محفظه‌ی پر از ماسه می‌شود و از درون ستونی از ماسه عبور می‌کند. در این مرحله است که بخش عمده پالایش آب انجام می‌شود. ماسه‌ای که در این سیستم استفاده می‌شود اغلب همان ماسه بتن‌سازی است. فیلترهای ماسه‌ای قابلیت آن‌را دارند که به‌آسانی مسدود شوند. به‌همین دلیل از این سیستم بیشتر برای پالایش روان‌آب نواحی بسیار ناتراوا نظیر پارکینگ‌ها استفاده می‌شود. برای احداث فیلتر ماسه‌ای نشان داده شده در شکل (۴)، برای پالایش روان‌آب حاصل از هر ۴۰۰۰ مترمربع زمین، نیاز به سطحی در حدود ۴۰ متر مربع می‌باشد.

سامانه‌ی فیلترهای ماسه‌ای خیلی گران بوده و معمولاً از بتن پیش‌ساخته یا ریخته شده درمحل ساخته می‌شوند. هزینه عمده دیگر این فیلترها در نیاز شدید آن‌ها به نگهداری است که بسته

سطح زمین از لایه‌ای از خاک مناسب برای رشد گیاهان و درختان پوشیده است. در زیر این لایه، یک مخلوط ماسه تا ماسه لومی قرار می‌گیرد که بسیار متخلخل و تراوا است. طرح باغچه بارانی این انتخاب را دارد که از لوله‌های زهکشی در قسمت تحتانی باغچه استفاده کند و یا اجازه دهد که آب به‌طور مستقیم به لایه‌های زیرین زمین نفوذ نماید. همانند سیستم خندق‌ها و چاه‌های نفوذ، شرایط خاک محیط بسیار مهم است. خاک‌های ماسه‌ای در این شرایط بهترین نوع خاک هستند و خاک‌های ریزتر از ماسه‌ی لومی، نیاز به زهکشی دارند و بدون آن، سیستم با شکست مواجه خواهد شد.

از آن‌جا که این روش جدید است و آمار و اطلاعات زیادی در مورد آن وجود ندارد میزان تاثیر باغچه‌های بارانی هنوز نسبتاً ناشناخته است. با این وجود، مطالعات اولیه نشان می‌دهد که این سیستم مقادیری از بیش‌تر انواع آلودگی را از روان‌آب جدا می‌کند، گرچه نتایج نشان می‌دهد که این سیستم نمی‌تواند نیترات را کنترل کند. در این طرح نیز ملاحظات اقتصادی شامل هزینه حفاری، سیستم زهکشی، زمین مورد نیاز و پوشش گیاهی می‌باشد.

### پخش‌کننده‌های سطحی و رودکنارها

در برخی مناطق ایجاد و حفظ فضاهای کنار رودخانه‌ای<sup>۱</sup> یا رودکنارها در طول آبراهه‌ها اجباری است. عبور روان‌آب سطحی ورودی به آبراهه از این فضاها باعث جداسازی انواع آلودگی‌ها از جمله رسوب، فسفر و نیترات می‌شوند. رسوب و فسفر با آهسته شدن سرعت جریان هنگام عبور از فضاهای کنار رودخانه‌ای به تله می‌افتد. نیترات موجود در آب زیر سطحی، به‌وسیله میکروب‌های موجود در محیط زیرین، به همان طریق که در مورد تالاب‌ها گفته شد، به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود. در برخی موارد رودکنارها با استفاده از خندق‌ها و یا لوله‌هایی میان بر زده می‌شوند. این کار تاثیرگذاری این فضاها را در پالایش روان‌آب به مقدار زیادی محدود می‌کند.

از پخش‌کننده‌های سطحی<sup>۲</sup> می‌توان برای پخش کردن جریان استفاده کرد. به‌طوری‌که یک لایه نازک از جریان از طریق فضاهای کناری رودخانه‌ای عبور نماید. پخش‌کننده‌های سطحی به‌صورت خندق‌های کم عمق به موازات آبراهه با پوشش سنگفرش که لبه آن‌ها از ابتدا تا انتها کاملاً تراز می‌باشد احداث می‌شوند. هدف از احداث پخش‌کننده‌های سطحی، ایجاد جریان ورقه‌ای است. اگر یک قسمت از پخش‌کننده سطحی تراز نباشد تمام سیستم بی‌اثر می‌شود.

این روش در محیط‌های شهری کاملاً جدید می‌باشد و داده‌های کمی برای نشان دادن میزان تاثیر پخش‌کننده‌های سطحی وجود دارد. به‌طور نظری این سیستم باعث کاهش سرعت جریان در حین عبور از فضای رودکنار شده و منجر به ته‌نشست رسوبات و نفوذ بخشی

1. Riparian Buffers
2. Level Spreaders

از جریان سطحی به داخل زمین می‌شود. مناطق کنار رودخانه‌ای نیاز به قطعات طولانی از زمین دارند، که مقدار زیادی پول می‌طلبد. احداث پخش‌کننده‌های سطحی نسبتاً آسان است و فضای زیادی نمی‌خواهد. با وجود این، در نواحی معینی با شیب تندتر ممکن است نیاز به بیش از یک پخش‌کننده باشد تا جریان ورقه‌ای را در سرتاسر منطقه ایجاد کند.

کاشت درخت و گیاهان متنوع متناسب با اقلیم منطقه در نواحی حاشیه‌ای و اطراف رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری می‌تواند باعث کنترل حرکت سیل و روند رسوب‌گذاری و همچنین جلوگیری از شسته شدن خاک و خروج مواد مغذی و کاهش گونه‌های مختلف گردد. این نواحی سبز ضمن ایجاد مناظر بدیع (که موجبات جذب توریست و ایجاد مکان مناسب جهت تفریح شهروندان را فراهم می‌کند) سبب ایجاد تنوع گونه‌های زیستی و کمک به مهاجرت و بازگشت گونه‌های از دست رفته می‌گردد، که خود می‌تواند یکی از موفقیت‌های بزرگ طرح‌های مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری باشد.

### کانال‌های چمنی مسلح<sup>۳</sup>

کانال‌های چمنی (کانال‌های کوچک با پوشش چمن) برای انتقال روان‌آب در مناطق کم‌تر توسعه یافته به‌کار می‌روند. این کانال‌ها می‌توانند مقدار کم اما مهمی از آلودگی را پالایش کنند. برای روان‌آب‌های با سرعت بالا (بیش از ۱/۲ متر بر ثانیه) استفاده از کانال‌های چمنی مناسب نیست زیرا منجر به فرسایش آن‌ها می‌شود. در این صورت لازم است از پوشش‌های بتنی یا سنگفرش در کف کانال‌ها استفاده شود. شیب‌شکن‌های مناسب نیز می‌توانند در طول این کانال‌ها ساخته شوند. این شیب‌شکن‌ها مخازن موقتی را برای نگهداری روان‌آب ایجاد کرده و در نهایت آن‌را به درون زمین نفوذ می‌دهند. میزان تاثیر این اقدام با ۱۵ درصد جداسازی مواد آلی و حدود ۳۰ درصد مواد جامد معلق (TSS) نسبتاً کم می‌باشد. چنان‌چه کانال‌های چمنی درست نگهداری نشوند، مثلاً کوتاه کردن چمن‌ها به موقع انجام نشود، این سیستم ممکن است به افزایش مواد آلی موجود در آب کمک کند.

ملاحظات زیست محیطی در مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری امروزه برای محیط‌های شهری در سطح بین‌المللی قوانینی با تاکید بر مدیریت جامع محیط زیست و صیانت از حریم‌های تعریف شده رودخانه‌ها و مسیل‌ها و تاکید بر اجرای پروژه‌های به‌سازی زیست محیطی و حفظ پوشش گیاهی و گونه‌های بومی با هدف حفظ محیط زیست برای نسل‌های آینده شکل گرفته است. به‌طوری‌که ملاحظات زیست محیطی با ضروریاتی نظیر حفظ محیط طبیعی، از جایگاه والا‌یی در طرح‌های مدیریت رودخانه‌ها و مسیل‌های شهری برخوردار شده و جزء اهداف اصلی می‌باشند. از نقطه نظر محیط زیست، بهترین پروژه، پروژه‌ای است که انجام آن مطلقاً ضروری

3. Reinforced Grassy Swales

حفاظت هر چه بیشتر از محیط زیست شهری و هم‌چنین با عنایت به مشکلات عدیده موجود در کشور، نیاز به تصویب قوانین حمایتی روزآمد و منطبق با واقعیات موجود در کشور و زمینه‌سازی قانونی در ایجاد مدیریت واحد در مدیریت سیلاب‌ها و مسیل‌های شهری و رفع موانع قانونی موجود بر سر راه به‌سازی آن‌ها بیش از پیش احساس می‌گردد.

#### منابع

- 1- Anon. 1995. Green Cities, Australian Urban and Regional Development Review. Strategy paper number 3.
- 2- Andoh, R. 2002. Urban Drainage and Wastewater Treatment for the 21st Century. 9th International Conference on Urban Drainage, 1-16.
- 3- Butler, D. and Parkinson, J. 1997. Towards Sustainable Urban Drainage. Water Science and Technology, 9: 53-63.
- 4- Ellis, J.B. 1979. The Nature and Sources of Urban Sediments and Their Relation to Water Quality: a Case Study from North-West London, in: Hollis G.E. (Ed.) Mans Impact on the Hydrological Cycle in the United Kingdom, geo Abstracts, Norwich, 199-216.
- 5- Hunt, W.F. 1999. Urban Storm water Structural Best Management Practices (BMPs). College of Agriculture and Life Sciences, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, June.
- 6- Keller, E.A. and Brooks, A. 1984. Consideration of Meandering in Channelization Projects: Selected Observations and Judgments. River Meandering, Proc. of Conference RIVERS 83, ASCE, Vicksburg, Mississippi, 384-398.
- 7- Kibble, G. 1987. Metropolitan Strategy for Sydney. Planner, 3, 7-10. Lands berg H.E 1956. The Climate of Towns. In: Thomas W.L (Ed.) Mans Role in Changing The Face of Earth, University of Chicago Press, Chicago, 584-606.
- 8- Nash, L. 1993. Water Quality and Health, In: Gleick, P.H. (Ed.) Water in Crisis: A Guide to the Worlds Fresh Water Resources, Oxford University Press, New York, 25-39.

باشد و کم‌ترین تغییر را در وضعیت طبیعی ایجاد نماید. از این‌رو، لازم است اقدامات ساماندهی رودخانه، به کوتاه‌ترین طول محدود شده و سازه‌های مورد نیاز بیش‌ترین تطابق را با مناظر طبیعی داشته باشند. در همین راستا، به‌کارگیری راه‌حل‌های طبیعی یا شبه‌طبیعی و روش‌های بیولوژیکی و بیومکانیکی و استفاده از کم‌ترین اقدامات مصنوعی، برای دستیابی به اهداف پروژه، به‌طور جدی توصیه می‌شوند.

در سال‌های اخیر، در نقاط مختلف دنیا، طرح‌های ساماندهی رودخانه‌ها و مسیل‌ها عمدتاً شامل سازوکارهای مناسب برای توسعه‌ی تنوع زیستی و محیطی رودخانه‌ها، ساخت کانال‌هایی با ظاهر هر چه طبیعی‌تر و بازیافت شرایط طبیعی اولیه، برای رودخانه‌هایی که در اثر تغییر کاربری زمین تخریب شده‌اند، بوده است [۲]. چنان‌که در برخی از کشورها (نظیر انگلستان و دانمارک) بسیاری از رودخانه‌های کانالیزه شده، با حذف کارهای حفاظت کناره‌ها و تغییر جانمایی موجود، به صورت طبیعی‌تر بازگردانده شده‌اند [۶]. هم‌چنین دیدگاه‌های مشابهی از نظر ساماندهی رودخانه در سیاست‌های حکومتی کشور هلند برای برنامه‌ریزی‌های شهری و ملی گنجانده شده است [۹].

#### نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر اقدامات سازه‌ای و مدیریتی نسبتاً زیادی به‌منظور مقابله با انواع آلودگی‌های روان‌آب شهری نظیر کاهش رسوب، نیترات، فسفر و فلزات سنگین و سموم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما با توجه به توپوگرافی شهری، وسعت، پیچیدگی خطوط مراسلاتی شهری از قبیل خیابان‌ها و مترو و اتوبان‌ها و شدت بارش و روان‌آب و سیلاب تولیدی و شدت و انواع آلودگی‌ها در روان‌آب، انتخاب روش‌های موثر و اقتصادی که دارای هزینه‌های نگهداری قابل تحمیلی نیز باشند دارای پیچیدگی خاص به خود است. به‌هر حال در مدیریت کاهش آلودگی باید به انجام پروژه‌های نسبتاً بزرگ نظیر حوضچه‌های تالابی تا پروژه‌های کوچک محلی، نظیر باغ‌های بارانی، برای مدیریت روان‌آب در مقیاس‌های کوچک اقدام نمود. بهترین اقدام مدیریتی برای کنترل آلودگی سیلاب شهری آن است که با پیش‌گیری کاهش آلودگی روان‌آب شروع شوند. اقدامات ساده‌ای نظیر اصلاح فرهنگ کود مصرفی در فضای سبز شهری و آموزش‌های شهروندان در جهت کاهش مصرف سموم دفع آفات و مدیریت داروهای اضافی در منازل به روش‌های صحیح و مهم‌تر از همه کاهش زباله‌های تر و خشک و بازیافت صحیح پسماندهای شهری به کاهش آلودگی روان‌آب کمک می‌کنند. در ادامه سیاست پاک‌سازی روان‌آب، استفاده از سازه‌های مهندسی هم‌چون احداث تالاب سیلاب‌گیر و برخی اقدامات دیگر از قبیل افزایش نفوذپذیری سطوح حوزه آبخیز شهری به کاهش هزینه‌های احداث و انتخاب بهترین اقدام مدیریتی سازه‌ای کنترل روان‌آب آلوده باید بیانجامد. با توجه به گستره اقدامات قانونی صورت گرفته در دنیا در جهت

State of the Art, Conference Hydraulic Engineering,  
New Orleans, ASCE, Aug.1-32.

9- Pilarczyk, K.W., Havinga, H., Klaassen, G.J.,  
Verhey, H.J., Mosselman, E. and Leemans, J.A.M.  
1989. Control of Bank Erosion in Netherlands.

## مقدمه

خاک به عنوان یک از چهار عنصر حیاتی (آب، خاک، باد و آتش)، مهم ترین بخش از اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم و زیربنای اقتصاد کشاورزی هر کشور است. بی شک چگونگی بهره برداری و نگهداری از این منبع طبیعی می تواند مسیر پیشرفت یا سیر قهقراپی هر جامعه را تعیین می کند. با در نظر گرفتن چگونگی و سرعت پیدایش خاک و این که برای تشکیل یک لایه قابل تشخیص خاک به سال ها وقت نیاز است، می توان به اهمیت و ارزش خاک و به عظمت خسارت ناشی از تخریب این منبع حیاتی بیش تر پی برد. از این رو، ضرورت دارد راه کارهای عملی و اساسی همراه با اصلاح زیرساخت ها برای حفاظت و مدیریت خاک در اراضی زراعی و غیر زراعی با هدف کاهش فرسایش خاک و با توجه به کلیه ابعاد آن بررسی، تدوین و معرفی شود. در این خصوص، با استفاده از فرآیند برنامه ریزی و مدیریت فرسایش خاک به سوی حل مشکلات این بخش قدم برداشته می شود.

برنامه راهبردی<sup>۱</sup>، روشی سیستماتیک است که فرآیند مدیریت را پشتیبانی می کند. طبق تعریف، برنامه راهبردی متضمن همه مقدماتی است که منجر به تعریف اهداف و تعیین راهبردهای مناسب برای دستیابی به آن اهداف برای کل یک سازمان می شود. در میان پیشرفت های دانش مدیریت در دهه های گذشته می توان به پیدایش جنبشی تازه به نام مدیریت استراتژیک یا راهبردی اشاره کرد. ضرورت توجه به مدیریت راهبردی به این دلیل است که با استفاده از روش های خاص، بیم ها و تهدیدهای احتمالی را بازشناسی کرده و با به کار بستن تمهیدات لازم، آن ها را به فرصت مبدل می کند. مدیریت راهبردی نه تنها از روش های معمول برای بررسی پدیده ها بهره می گیرد، که خود با تکیه بر اصول و قواعدی تازه می کوشد تا خطرهای احتمالی را به کامیابی های قطعی مبدل سازد و توان پایداری سازمان ها را افزایش دهد. بر همین اساس یکی از برنامه های اساسی و آرمان های مورد عنایت در بخش تحقیقات آبخیزداری و منابع طبیعی، داشتن برنامه راهبردی برای حفاظت خاک می باشد که به عنوان یکی از راهبردهای اساسی در راستای کاهش فرسایش و پسرقت خاک مد نظر قرار بگیرد.

دخالت انسان در طبیعت روند فرسایش طبیعی<sup>۲</sup> را به هم زده و

 بررسی تحقیقات و چالش های موجود در زمینه مهار  
 فرسایش خندقی در ایران

رضا بیات<sup>۱</sup>، داود نیک کامی<sup>۲</sup>، مجید صوفی<sup>۳</sup>، آزاده مهدی پور<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

## چکیده

یکی از آرمان های مورد عنایت در کشور، داشتن برنامه جامع برای کاهش فرسایش و پسرقت خاک است که می توان با استفاده از فرآیند برنامه ریزی راهبردی و تدوین رهیافت های عملی و تحقیقاتی به سوی آن قدم برداشت. این بررسی به منظور بررسی مشکلات و مسائل پیش رو در زمینه پژوهش های مهار فرسایش خندقی، ارایه راه کارها و رسیدن به یک برنامه جامع انجام شده است. بر همین اساس با کمک دست اندرکاران، محققین و اساتید کشاورزی و منابع طبیعی و طی جلسات متعدد، بحث و بررسی عمیق در زمینه های مربوطه انجام شد. با طراحی سوالات اساسی و جستجوی جواب ها و مثال ها، مشکلات و مسائل ارگان های مرتبط، ذینفع و یا موثر در فرسایش و حفاظت خاک در سطح کشور را مطرح نمودند. در نتیجه بررسی های فوق و پس از مشخص شدن چالش های پیش رو، درخت واره مسائل و مشکلات و در نهایت درخت اهداف استخراج شد. هم چنین مشکلات و نیازهای تحقیقاتی مشخص و عناوین پروژه های تحقیقاتی مورد نیاز پیشنهاد شده است.

واژه های کلیدی: مهار فرسایش خندقی، بهینه سازی، حفاظت خاک، برنامه راهبردی

۱. مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، نویسنده مسئول  
bayato52@gmail.com

۲. استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

۴. کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

5. Strategic Plan  
6. Natural Erosion

موجب بروز فرسایش تشدید شونده<sup>۱</sup> می‌شود که در این صورت مقدار فرسایش از فرسایش مجاز<sup>۲</sup> (میزان خاک‌سازی) پیشی گرفته و طبیعت منطقه از حالت تعادل و پایدار خارج خواهد شد. در تعریف، فرسایش مجاز یا قابل تحمل<sup>۳</sup> به بیشینه مقدار فرسایش که در آن هنوز امکان دستیابی به تولید بالای قابل توجیه اقتصادی و بدون محدودیت فراهم باشد، اطلاق می‌شود. در مقیاس مزرعه نیز عبارت است از آن مقدار هدررفت که تاثیر منفی بر کیفیت‌های اکولوژیک و مدیریتی واحد ارزیابی اراضی در ارتباط با کاربری خاص نداشته باشد [۸]. در این میان، فرسایش خندقی<sup>۴</sup> یکی از انواع فرسایش آبی است عمدتاً در اثر فعالیت‌های بشری تشدید شده و خسارات و اثرات آن نسبت به انواع فرسایش پاشمانی<sup>۵</sup>، سطحی<sup>۶</sup> و شیاری<sup>۷</sup>، بیش‌تر قابل مشاهده است. فرسایش خندقی، نوعی فرسایش خطی است که از طریق ایجاد سر خندق و گسترش آبراه‌های کوچک با شکل‌های مختلف و مقاطع گوناگون مشاهده می‌شود. عمق آن‌ها بیش‌تر از ۳۰ سانتی‌متر است و به سه شکل خطی، جبهه‌ای و پنجه‌ای مشاهده می‌شود. این نوع فرسایش با عملیات خاک‌ورزی از بین نمی‌رود [۸].

متأسفانه آمار علمی قابل استنادی در خصوص میزان فرسایش خاک و خسارات آن و به‌ویژه فرسایش خندقی در کشور وجود ندارد. اعداد و ارقامی متفاوتی هم که در منابع مختلف ملاحظه می‌شود، کم‌تر براساس اندازه‌گیری و یا برآورد بر پایه مدل‌های واسنجی شده استوار بوده‌است. لذا ضرورت تهیه یک برنامه مدون براساس اصول علمی و آینده‌نگرانه جهت داشتن آمار مناسبی از وضعیت فرسایش خندقی در کشور و روش‌های مهار آن به‌منظور حفاظت خاک احساس می‌شود. مسایل و مشکلات ناشی از فرسایش خاک و حمل ذرات و رسوب‌گذاری، به‌صورت زیر قابل طبقه‌بندی است.

الف- مسایل و مشکلات در عرصه فرسایش که شامل تخریب و کاهش کیفیت اراضی و تغییر کاربری، متروکه شدن اراضی فرسوده، فشار بیش‌تر برای بهره‌برداری از اراضی باقی‌مانده، بالا رفتن هزینه‌های تولید، نیاز به عملیات پر هزینه کنترل فرسایش، و افزایش سیل‌خیزی می‌شود.

ب- مسایل و مشکلات در محل رسوب که شامل رسوب‌گذاری در آبراه‌ها، کانال‌ها و مخازن سدها، بالا آمدن کف بستر، کاهش کیفیت، کاهش عمق و ظرفیت آبراه‌ها، کانال‌ها و مخازن سدها، افزایش سیلاب‌ها و خسارات ناشی از سیل و حمل مواد شیمیایی، تغییر شرایط زیستی، تاثیر منفی بر گیاهان و جانوران، رشد ناخواسته خزه‌ها و جلبک‌ها و کاهش کیفیت آب در محیط‌های آبی می‌شود.

1. Accelerated Erosion
2. Permissible Soil Loss; Acceptable Soil Loss
3. Soil loss Tolerance
4. Gully Erosion
5. Splash Erosion
6. Surface Erosion
7. Rill Erosion

از سویی، حفاظت خاک به مجموعه‌ای از فعالیت‌های برنامه‌ریزی، مدیریتی و عملیات فنی در یک حوزه آبخیز اطلاق می‌شود که ضمن حفاظت از منابع آب و خاک، باعث افزایش کمیّت و کیفیت تولید در واحد سطح شود که خود گامی در راستای دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد. این هدف زمانی تحقق می‌یابد که سرعت از دست رفتن خاک بیش‌تر از سرعت تشکیل آن نباشد.

سابقه حفاظت خاک در کشور ما به بیش از ۵۰ سال بر می‌گردد ولی با ارزیابی وضعیت فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز می‌توان دریافت که اقدامات آبخیزداری در این سال‌ها آن گونه که مورد انتظار است، به‌طور اصولی و موثر و کافی انجام نگرفته است. گواه این مدعا رسوب‌دهی حوضه‌ها است که روند کاهشی نداشته‌اند. اعتبارات محدود در بخش آبخیزداری (در طول برنامه پنج‌ساله سوم مجموعاً ۲۴۷۱ میلیارد ریال یا کم‌تر از ۵۰۰ میلیارد ریال در سال در سطح کشور)، نحوه هزینه کرد این اعتبارات (تنها پنج درصد صرف انجام اقدامات مدیریتی و بیولوژیکی شده است)، عدم جلب مشارکت مردمی، عدم وجود ابزارها و زمینه‌های قانونی مناسب از جمله نقطه ضعف‌های مدیریت حفاظت خاک و آبخیزداری کشور است و بدون رفع این نواقص معضل عظیمی که در حفاظت خاک و آبخیزداری کشور وجود دارد، حل نمی‌شود [۳].

در حال حاضر دفتر حفاظت خاک سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری در زیرمجموعه وزارت جهاد کشاورزی از نظر تشکیلاتی، مسئولیت حفاظت خاک اراضی ملی را به عهده دارد. این دفتر و سطح مدیریتی آن برای جلب مشارکت سایر وزارت‌خانه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کارآیی لازم را نداشته و حتی برای حفاظت خاک اراضی کشاورزی هم ابزارهای لازم را در اختیار ندارد. پتانسیل نیروی انسانی در بخش حفاظت خاک و آبخیزداری نیز از جمله موارد دیگر است که در پیش‌برد اهداف این بخش نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارند. طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری بدون مشارکت مردم محکوم به شکست است. با توجه به این‌که ساکنان حوزه‌های آبخیز در سطح حوضه پراکنده هستند، لازم است نیروی انسانی شاغل در بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، تمامی مناطق حوضه را پوشش داده و ادارات مربوطه به تعداد کافی وجود داشته باشد تا ضمن پی‌گیری اجرای طرح و نظارت بر آن دائماً به ترویج، فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت ساکنین آبخیز بپردازند.

اهمیت حفاظت خاک در مقابل فرسایش خندقی: فرسایش خندقی از فرآیندهای مهم تخریب خاک است که در اقلیم مختلف سبب تلفات قابل ملاحظه خاک و تولید مقادیر فراوان رسوب می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، Morgan سهم تولید رسوب آن را در واحد سطح چند صد برابر فرسایش پاشمانی و سطحی می‌داند [۵]. به‌نظر Poesen و همکاران [۱۶]، گرچه در سال‌های اخیر تحقیقات وسیعی بر روی تاثیرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر نرخ فرسایش آبی صورت گرفته، ولی اکثر این تحقیقات به فرسایش سطحی در اراضی زراعی پرداخته و بیش‌تر در سطح کرت‌ها انجام

شده است [5]. در حالی که در همین مدت تحقیقات ناچیزی درباره فرسایش خندقی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی صورت پذیرفته است. در ایران نیز تحقیقات بسیار کمی در این زمینه انجام شده و نیاز شدیدی به پایش و مطالعات تجربی در زمینه ایجاد و گسترش انواع خندق و مدل‌سازی درباره فرسایش خندقی وجود دارد تا بستر مناسبی برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر نرخ توسعه فرسایش خندقی و طراحی و اجرای پروژه‌های پایش‌گیری و مهار آن به وجود آورد. متأسفانه طرح‌های معدودی نیز در خصوص مهار و پایش‌گیری از توسعه خندق‌ها انجام شده است. یکی از سؤالات مطرح درباره انواع اقدامات مورد نیاز برای کنترل خندق‌ها، میزان کارایی آن‌ها و درس‌های گرفته شده از موفقیت‌ها و شکست‌ها در مبارزه با این نوع فرسایش است. به عبارت دیگر، با بررسی اقدامات متنوع به کار رفته در کنترل خندق در کشورهای مختلف جهان می‌توان به یک جمع‌بندی مناسب درباره طبقه‌بندی آن‌ها براساس شرایط اقلیمی، مباحث فنی، فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی رسید که یکی از اهداف زیربرنامه بهینه‌سازی روش‌های حفاظت خاک در فرسایش خندقی بوده است [۱۶].

از روش‌های متعددی که در مهار فرسایش خندقی استفاده می‌شود، بعضی در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. اولین و مهم‌ترین اقدام در مهار فرسایش خندقی، کاهش حجم و سرعت روان‌آب سطحی و یا زیرسطحی است. شواهد نشان می‌دهد که بدون توجه به عامل اصلی که معمولاً با مدیریت اراضی، تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده به مراتع، هدایت مناسب روان‌آب در حواشی راه‌های احداث شده و آب‌گذرها و مدیریت آبیاری قابل کنترل است، اقدام به احداث انواع سدهای اصلاحی در درون خندق‌ها و آبراه‌ها شده و در واقع به جای توجه و درمان ریشه‌های مشکل (علل)، به معلول‌ها پرداخته شده است [۷].

البته در مناطقی مانند بخش‌هایی از استان کرمان که دارای اقلیم خشک و کم‌بارانی می‌باشند، نمی‌توان از روش‌های بیولوژیکی استفاده نمود. به نظر می‌رسد که برخی از روش‌های مکانیکی متناسب با شرایط منطقه هم‌راه با اعمال روش‌های مدیریت اراضی و سازه‌ای بتواند در بسیاری از مناطق نتایج بهتری به دست آورد [۹]. این در حالی است که در کشورهای اروپایی، امریکا و استرالیا، مهار فرسایش خصوصاً خندقی به صنعتی تبدیل شده که شرکت‌ها و صنایع دست‌اندر کار، آخرین راه‌کارهای نوین خود را ارائه می‌دهند و به‌منظور شکوفایی آن جوایزی برای نوآوران اختصاص داده می‌شود [۷].

مسلماً در تعریف حد قابل قبول فرسایش در مقیاس حوزه‌های آبخیز در آینده باید فرسایش خندقی مد نظر قرار گیرد. نوآوری در تحقیق مهار فرسایش خندقی کم‌تر از نوآوری در تحقیقات فرآیندهای فرسایش در زمینه خندق بوده است [۱۶]. با وجود تحقیقات ارزنده در این زمینه، هنوز نیاز بیش‌تری برای بررسی تاثیر اقدامات پیشنهاد شده در یک موقعیت خاص و ارزیابی هزینه کارایی آن‌ها لازم است. بدیهی است بسیاری از اقدامات پیشنهادی مهار خندق در محل

دیگر ممکن است پاسخ مناسبی ارائه ندهد و لازم است تا تحقیق بیش‌تری در زمینه سازگاری آن انجام گیرد. متأسفانه اکثر اقدامات اجرایی مهار خندق بدون پشتوانه تحقیقاتی بوده و بیش‌تر به شکست انجامیده است. هر چند در سال‌های اخیر همین مقدار تحقیقات در خصوص شناسایی خندق‌های کشور می‌تواند کمک شایانی به مدیران کند تا بتوانند شناخت مناسبی از انواع و گسترش خندق در کشور داشته باشند، اما متأسفانه معدود پروژه‌هایی در خصوص پایش عوامل موثر بر ایجاد و گسترش و پایش‌گیری از توسعه آن بوده و بیش‌تر پروژه‌های تحقیقاتی با موضوع خندق به دلیل نبود اطلاعات و ضرورت تامین آن، در محدوده شناخت خندق‌ها انجام شده است.

تخریب اراضی مرتعی و زراعی، تخریب راه‌ها و پل‌ها و منازل مسکونی روستاها، تخلیه رطوبت خاک مراتع و زراعت دیم، تخلیه آب زیرزمینی و ایجاد یا تشدید بحران آبی، پر شدن سدها و مخازن آبی، افزایش گل‌آلودگی آب رودخانه‌ها و چشمه‌ها و آبراه‌ها و در نتیجه صدمه رسیدن به موجودات آبی، باعث ارائه یک نقش منفی برای فرسایش خندقی در دست‌رسی به اهداف توسعه می‌شود. هر چند تحقیقات سال‌های اخیر می‌تواند کمک شایانی به شناخت انواع و گسترش خندق در کشور داشته باشند، اما متأسفانه معدود پروژه‌های انجام شده، برای برآورد خسارات ناشی از این پدیده کافی به نظر نمی‌رسند. حتی خسارات ثانوی ناشی از شکست پروژه‌های اجرایی مهار فرسایش خندقی در جایی منعکس نیست.

اطلاعات به دست آمده در خصوص مشکلات و مسائل ناشی از تشدید این پدیده حکایت از آسیب‌های جدی به منابع آبی در پایین‌دست از نظر افزایش گل‌آلودگی و تخریب اکوسیستم‌های آبی، تخلیه منابع آب زیرزمینی و کف‌کنی چاه‌ها و افزایش هزینه‌های پمپاژ آب، قطع راه‌های ارتباطی و به‌موقع نرسیدن محصولات کشاورزی به بازار و خراب شدن آن‌ها می‌شود. تخریب راه‌ها و پل‌ها علاوه بر افزایش مشکلات روحی و روانی برای روستائیان، هزینه‌های زیادی را برای دستگاه‌های دولتی تحمیل می‌نماید. هم‌چنین، گسترش خندق باعث تخریب مراتع و مزارع و متعاقباً کاهش درآمد و بیکاری روزافزون روستائیان و نهایتاً بستر و دلیل مهاجرت ایشان به شهرها را فراهم می‌کند [۷]. آمار مشخصی از نحوه و میزان گسترش این پدیده در دست نیست ولی مشاهدات نشان داده که در دهه‌های اخیر با افزایش تغییرات در کاربری‌ها، سرعت گسترش و ایجاد مناطق خندقی بسیار زیاد بوده و در بعضی مناطق سرعت رشد شاخه اصلی خندق به ۲۵ متر در سال می‌رسد.

نتایج تحقیقی در لامرد و علامرودشت استان فارس نشان داده که مساحت تحت اشغال خندق از ۹۵/۵ کیلومتر مربع در سال ۱۳۳۴ به ۳۳۲/۵۱ کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۳ افزایش یافته است. این نتایج نشان‌گر افزایش سطح مناطق مسکونی، زراعت و تحت اشغال خندق به ترتیب به میزان ۱۰، ۳ و ۴ برابر می‌باشند. به عبارت دیگر، بهره‌برداری از اراضی و سطوح تولید روان‌آب سطحی در منطقه در

طی چهار دهه گذشته افزایش چشم‌گیری یافته است [۴]. فرسایش خندقی در برخی از استان‌ها نظیر سیستان و بلوچستان، زنجان و فارس، سبب تخریب سکونت‌گاه‌های روستائی و مهاجرت سکنه آن‌ها و یا تغییر محل روستاها شده است. برای مهاجرت روستاها اندرکنش فرسایش خندقی با تشدید بحران آب زیرزمینی و کاهش رطوبت خاک و تخریب مراتع که به‌صورت کاهش تولید حتی در سال‌های پر باران و مصرف کافی کودهای شیمیایی ظهور دارد، سبب افزایش فقر، ورشکستگی دام‌داران و کشاورزان و مهاجرت به حاشیه شهرهای بزرگ می‌شود. متأسفانه آمار دقیقی از میزان تخریب اراضی و سکونت‌گاه‌های روستائی، بیکاری و مهاجرت سکنه آن‌ها و یا تغییر محل روستاها در دست نمی‌باشد [۶].

نظام‌ها و روش‌های جاری تولید در کشور، نقش مهمی در بروز فرسایش خندقی دارند و تبدیل بسیاری از مراتع در اراضی حاشیه‌ای به زراعت دیم، سبب بروز پدیده فرسایش خندقی شده است که خطرات نامشهود و یا ناگفته برای منابع طبیعی، کشاورزی و توسعه عمرانی دارد. از دیگر علل عمده ایجاد خندق جاده‌سازی، کنش (پایین رفتن) بستر رودخانه‌ها، افزایش ارتفاع روان‌آب در خروجی آب‌گذرها و مدیریت نادرست آبیاری مزارع تشخیص داده شده است [۶].

### نتایج تحقیقات داخلی در مهار فرسایش خندقی

نوآوری در تحقیقات مربوط به کنترل فرسایش خندقی بسیار کم‌تر از نوآوری در تحقیقات سایر زمینه‌های فرسایش خندقی است. محققین علت این امر را پیچیده بودن ساز و کار این نوع از فرسایش، هزینه بالا در روش‌های کنترل و تحقیقات مربوط به آن و بلندمدت بودن ماهیت تحقیقات آن می‌دانند. یکی از مشکلات موجود در ارائه روش‌های مختلف برای کنترل خندق‌ها مربوط به شناخت علل ایجاد یا گسترش آن‌ها است. با توجه به تاکید بسیاری از محققین در شناخت فرآیندهای ایجاد و گسترش خندق و عدم انجام این مهم در شرایط مختلف آب‌خیزهای دنیا، مبحث کنترل، شاهد نوآوری و تحقیقات ناچیزی است [۱۶]. با نگاهی به کنترل فرسایش خندقی در ایران و سایر کشورها و بررسی نتایج آن‌ها خلاءهای موجود تعیین می‌شوند.

حیبی [۱] نتایج طرح تحقیقاتی تثبیت و کنترل خندق‌ها را به‌طریق بیولوژیکی و در منطقه فیروزکوه را که از سال ۱۳۷۶ شروع شده بود، از بین رفتن قلمه‌های کاشته شده و در نتیجه، شکست طرح اعلام کرده است. در این تحقیق، قرار بود از طریق کاشت قلمه درختان بید و صنوبر در کف خندق، مانع رشد بیش‌تر آن شده و از هدررفت آب و خاک جلوگیری شود که به‌دلیل وقوع خشک‌سالی، نامناسب بودن گیاه انتخاب شده، عدم انجام اقدامات پشتیبانی و سرمای زمستانه، قلمه‌ها از بین رفتند. در تحقیق دیگری، مهار خندق‌ها به‌روش بیولوژیکی در نزدیکی اینچه‌برون و در ۶۰ کیلومتری شمال گرگان، با استفاده از چهار تیمار شاهد، قرق، قرق به‌علاوه کاشت گونه‌های

درختی و قرق به‌علاوه استفاده از بند چپری در میانه حوضه انجام و در خندق‌های انتخاب شده پارامترهای گسترش رأس خندق‌ها، عمق، عرض، طول و حجم و هم‌چنین میزان فشردگی خاک سطحی، میزان محتوای رطوبت خاک و درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد. در تیمار کاشت درخت، گونه‌های زیتون، اقاچیا، زیتون تلخ و عرعر مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بین تیمار شاهد و تیمارهای دیگر اختلاف آماری وجود دارد [۲].

مهدی‌پور [۹] در تحقیق خود بر روی اثر سه راه‌کار انحراف آب از پیشانی خندق، احداث بندهای گابیونی و چپر بر روی پیش‌روی طولی خندق‌ها در منطقه بافت کرمان نتیجه گرفت که پیش‌روی طولی در نتیجه استفاده از چپر، انحراف آب و گابیون از ۱۹۰-۲۲/۵ سانتی‌متر قبل از اجرای سازه‌ها به ۲۴/۲-۱۰ سانتی‌متر پس از اجرای آن‌ها رسید. تفاوت مقادیر پیش‌روی خندق‌ها قبل و بعد از اجرای هر سه سازه در سطح ۵ درصد معنی‌داری بوده است. از ۱۲۱ رساله کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری دانشگاه تهران تنها سه رساله در زمینه فرسایش خندقی بوده است. یعنی ۲/۵ درصد از رساله‌های با موفقیت گذرانده شده از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۵ که آن‌هم در رابطه با شناخت و عوامل ایجاد و گسترش بوده است. در بررسی موضوعات پژوهشی چاپ شده نیز در گزارشات تحقیقی و مقالات مجلات فقط ۱۰ مقاله در زمینه فرسایش خندقی ملاحظه می‌شود.

### نتایج تحقیقات خارجی در مهار فرسایش خندقی

Poesen و Govers [۱۵] در تحقیق خود در بلژیک، فرسایش خندقی را در خاک‌های لومی بلژیک بررسی کردند تا ضمن شناسایی آن‌ها روش‌های کنترل را نیز بررسی نمایند. Xiang-Xu و همکاران [۱۸]، تحقیقی در فلات لسی در چین انجام داده و سامانه‌های چکدم در خندق‌ها را مورد بررسی قرار دادند. Guera و همکاران [۱۲]، برای مهار فرسایش خندقی در محدوده شهری برزیل از روش مهندسی- بیولوژیکی و با کاربرد ضایعات برگ نخل به‌صورت تشک‌های قابل تجزیه استفاده نمودند که دارای مزیت‌هایی از جمله ارزان بودن، قابل توسعه به‌وسیله مردم فقیر و با آموزش و ترویج آسان بوده است.

مشاهدات میدانی و نتایج تحقیق Martinaz-Casansnovas و همکاران [۱۳] در خندق‌های منطقه‌ای در شمال‌شرق اسپانیا نشان می‌دهد که پوشش گیاهی یکی از عوامل موثر بر پایداری دیواره‌های کناری خندق است، ولی حضور پوشش گیاهی برای جلوگیری از پیش‌روی خندق کافی نیست.

نتایج تحقیق Bingner و همکاران [۱۰] نشان می‌دهد که غالب خندق‌های موقت ایجاد شده در اراضی زراعی آمریکا به‌دلیل عملیات شخم بوده است. USDA [۱۷] در تحقیقی راجع به ارزیابی تثبیت خندق‌ها با استفاده از گیاهان در فلوریدا گزارش نموده است که در این منطقه فرسایش خندقی مشکلات جدی ایجاد نموده است، ولی پوشش گیاهی، پتانسیل کاهش این نوع از فرسایش را داشته و قادر



به کنترل آن می‌باشد. Uma و Okagbue [۱۴] در جنوب شرقی نیجریه با کاشت درخت، اقدامات اصلاحی هیدرولیکی، کاربرد چکدم در کانال اصلی و استفاده از حفاظ توری و پرچین بر روی شیب داخلی خندق‌ها تحقیقی را انجام دادند. تحقیقات De Baets و همکاران [۱۱] نشان داده که در مناطق مدیترانه‌ای مستعد فرسایش خندقی، ۸۰ درصد رسوب به وسیله فرسایش خندقی ایجاد می‌شود و احیا و کاشت مجدد در مناطق دارای روان‌آب متمرکز مثل خندق‌ها، موثرترین راه کاهش تولید رسوب است.

جمع‌بندی مطالب نشان می‌دهد که تحقیقات انجام شده در زمینه فرسایش خندقی به خصوص پروژه‌های مهار خندق، در سطح کشور بسیار کم است و از سویی دیگر استفاده از نتایج تحقیقات سایر نقاط جهان نیز با توجه به اختلافات خاک و اقلیم باید با دقت زیاد صورت پذیرد. از آنجایی که یکی از آرمان‌های مورد عنایت در کشور، داشتن یک برنامه برای کاهش فرسایش و پسرفت خاک می‌باشد که می‌توان با استفاده از فرآیند برنامه‌ریزی راهبردی و تدوین رهیافت‌های عملی و تحقیقاتی می‌توان به سوی یک برنامه راهبردی قدم برداشت. بنابراین، ضرورت دارد در این خصوص ضمن برنامه‌ریزی مشخص و در نظر گرفتن اعتبارات کافی با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات منسجم بنیادی و کاربردی انجام شود.

## روش تحقیق

به منظور انجام بررسی در خصوص پژوهش‌های مرتبط با مهار فرسایش خندقی، ابتدا نسبت به شناسایی دست‌اندرکاران، محققین و اساتیدی که تخصص یا تجربه‌ای در زمینه فرسایش خندقی، کنترل فرسایش و مدیریت و برنامه‌ریزی داشتند، اقدام شد. برنامه‌ریزی لازم جهت تشکیل جلسات مستمر، تفکیک وظایف همکاران و تنظیم برنامه زمان‌بندی اجرایی براساس تجربه و تخصص صورت گرفت. از طریق جستجوهای اینترنتی، کتابخانه‌ای و فردی بر روی گزارشات، پایان‌نامه‌ها و سایر منابع مرتبط، نهاده‌ها و آمارهای مورد نیاز فراهم و در طول اجرای طرح به تکمیل آن توجه شد.

با تشکیل جلسات و بحث و بررسی در زمینه‌های مربوط به فرسایش و حفاظت خاک و با تمرکز بر مهار فرسایش خندقی، به روش تهیه برنامه راهبردی، با طراحی سوالات اساسی و بررسی جواب‌ها و مثال‌ها، نسبت به تعیین وضعیت موجود، مصادیق مشکلات و مسائل، ارگان‌های ذینفع و موثر در فرسایش و حفاظت خاک کشور خصوصاً در حیطه جنگل‌ها، مراتع و اراضی کشاورزی و پروژه‌های پیشنهادی مورد نیاز اقدام شد.

## نتایج

الف- وضعیت موجود: در خصوص مهار فرسایش خندقی و اقدامات انجام شده می‌توان گفت که فاصله زیادی بین وضع فعلی تا وضعیت مطلوب در تحقیقات مرتبط با مهار گسترش فرسایش خندقی وجود دارد. به نحوی که در بررسی‌های انجام شده در اکثر استان‌ها

و براساس مدارک موجود در طرح ملی طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران، مشخص شده که در ۹۰ درصد مناطق خندقی هیچ اقدامی برای مهار آن‌ها انجام نشده است. به نظر می‌رسد که اقدامات انجام شده در محدوده امور مربوط به مدیریت آبخیزها باشد که در بعضی مناطق سازه‌هایی چون گابیون برای تعدیل شیب و کاهش فرسایش احداث شده و در مناطقی نیز به تقویت پوشش گیاهی و یا فرق اقدام شده است. در این میان اقداماتی نظیر سدهای اصلاحی از نوع خشکه‌چین، گابیونی و سنگ و سیمان و در برخی از سدهای سبک فلزی و یا چوبی استفاده شده است. لازم به ذکر است که در بیش‌تر موارد مهار خندق، به دلیل مطالعه، طراحی و اجرای ناصحیح به شکست انجامیده و میزان خسارت ناشی از عدم موفقیت، متعاقباً با شدت بیش‌تری افزایش یافته است.

ب- ارگان‌ها و نهادها: براساس جمع‌بندی نظرات مطروحه در جلسات، وزارت راه و ترابری، وزارت معادن و صنایع، معاونت زراعت، وزارت مسکن و شهرسازی، وزارت نفت، موسسه تحقیقات روستایی، موسسه تحقیقات دیم، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، موسسه تحقیقات خاک و آب، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان هواشناسی، سازمان جغرافیایی ارتش، ستاد حوادث غیر مترقبه، مجلس شورای اسلامی و قوه قضایی به‌عنوان ارگان‌ها و نهادهای مسئول شناخته شدند.

ج- درخت‌واره مسائل و مشکلات: با بررسی دقیق‌تر مشکلات و محدودیت‌ها و ارگان‌های درگیر یا موثر در کاهش فرسایش و حفاظت خاک، چالش‌های آموزش، صنعت و مکانیزاسیون، تحقیقات، مدیریت کاربری اراضی، عوامل طبیعی، مردم یا آبخیزنشینان، آمایش سرزمین، قابلیت اراضی، ارتباطات و تعامل ارگان‌ها، مالکیت، حفاظت و حمایت، قوانین و مقررات، مدیریت اراضی مرتعی، جنگلی و کشاورزی، نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، توزیع سوخت در سطح کشور، حریم رودخانه‌ها، مدیریت دام، کوره‌های آجرپزی در عرصه‌ها، حضور خانواده عشایر در عرصه‌ها به همراه دام، اطلس فرسایش کشور و بانک اطلاعاتی و شناسنامه حوزه‌های آبخیز کشور مشخص شدند. این چالش‌ها به صورت درخت‌واره مشکلات و محدودیت‌ها در چهار بخش اصلی تحقیقات، اجرا، آموزش و ترویج، و قوانین و مقررات دسته‌بندی و ارائه شدند.

۱- تحقیقات، کم‌بود بومی‌سازی تحقیقات جهانی، تحقیقات کم روش سنتی استفاده پایدار خاک، کم‌بود نوآوری در روش‌های حفاظت خاک، کم‌بود تحقیقات در تعیین ارزش واقعی خاک، فقدان بانک اطلاعاتی جامع از منابع آب و خاک و عدم وجود اعتبارات متناسب با اهمیت موضوع ملاحظه شدند.

۲- اجرا، عمده مشکلات و محدودیت‌ها در دو دسته اصلی قرار گرفتند. در دسته مشکلات و محدودیت‌های مدیریتی، اجرای غلط آمایش سرزمین، رعایت نکردن تناسب اراضی، مدیریت غلط منابع خاک و آب، عدم استفاده از مشارکت مردم، عدم وجود اعتبارات

متناسب، تعامل غلط نهادهای منابع طبیعی و کشاورزی، شرح خدمات غلط طرح‌های حفاظت خاک و عدم توسعه واحدهای تولید و خدمات روستائی و در دسته مشکلات و محدودیت‌های داده‌های پایه، فقدان بانک اطلاعاتی جامع، عدم وجود نقشه ثبتی منابع ملی و فقدان و به‌روز نبودن نقشه‌های پایه را می‌توان ملاحظه نمود.

۳- آموزش و ترویج، عمده مشکلات و محدودیت‌ها در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل ناآگاهی بهره‌برداران از اراضی، ضعف تعامل با اجرا و تحقیقات، فقدان ترویج یافته‌های تحقیقاتی و فقدان بانک اطلاعاتی جامع از منابع می‌شود.

۴- قوانین و مقررات نیز عمده مشکلات و محدودیت‌ها در پنج دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل فقدان، ضعف و اجرای نامناسب قوانین، اجرا نکردن قوانین مالکیت و استفاده اراضی، ضعف تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، قوانین نامناسب هزینه اعتبارات تحقیقاتی و نهایتاً فقدان بانک اطلاعاتی قوانین آب و خاک هستند.

د- درخت‌واره اهداف: با مد نظر قرار دادن درخت‌واره مشکلات و مسائل، درخت‌واره اهداف استخراج شد. به‌منظور کاهش فرسایش خاک و در نتیجه کاهش رسوب، این درخت‌واره در چهار بخش تحقیقات، اجرا، آموزش و ترویج، و قوانین و مقررات طبقه‌بندی شده است.

۱- در بخش تحقیقات، بومی سازی تحقیقات جهانی، تحقیقات بر پایه روش‌های سنتی استفاده پایدار خاک، نوآوری در روش‌های حفاظت خاک، تعیین ارزش واقعی خاک و شاخصه‌های کمی، تشکیل بانک اطلاعاتی جامع از منابع آب و خاک و تامین اعتبارات متناسب با اهمیت موضوع قرار گرفتند.

۲- در بخش اجرا، عمده اهداف در دو دسته اصلی قرار گرفتند. در دسته اهداف مدیریتی، آمایش سرزمین در کشور، رعایت تناسب اراضی، مدیریت منابع خاک و آب، مشارکت مردم در طرح‌ها، تامین اعتبارات متناسب، تعامل صحیح نهادهای منابع طبیعی و کشاورزی، تهیه شرح خدمات طرح‌های حفاظت خاک و توسعه واحدهای تولید و خدمات روستائی و در دسته اهداف داده‌های پایه، تشکیل بانک اطلاعات منابع، تهیه نقشه ثبتی منابع ملی و تهیه و بروز نمودن نقشه‌های پایه ارائه شدند.

۳- در بخش آموزش و ترویج، عمده اهداف در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل آگاهی دادن به بهره‌برداران از اراضی، تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، ترویج یافته‌های تحقیقاتی و به‌روز نمودن بانک اطلاعات جامع منابع می‌شود.

۴- در بخش قوانین و مقررات نیز عمده اهداف در پنج دسته اصلی قرار می‌گیرند که شامل تصویب و تحکیم و اجرای مناسب قوانین، اجرای قوانین مالکیت و استفاده اراضی، تعامل بین اجرا، تحقیقات و آموزش، مناسب کردن قوانین هزینه اعتبارات تحقیقاتی و تهیه بانک اطلاعاتی قوانین آب و خاک جای می‌گیرند. با توجه به این‌که وجود قوانین کارآمد از مبانی اصلی موفقیت محسوب می‌شود، تدوین و تصویب مقررات و قوانین در سه محور مقررات

پیش‌گیرانه، اقدامات اصلاحی و احیایی و تخلفات، جرائم و جبران خسارات پیشنهاد شده‌اند.

در مقررات پیش‌گیرانه، در رابطه با عملیات حفاظت آب و خاک، ابتدا سیاست پیش‌گیری را اعمال نموده و به برنامه‌ریزی کلان، مهار و پیش‌گیری جامع و فراگیر، اتخاذ اقدامات مناسب با توجه به شرایط محلی، تقویت نظام مدیریت و تاکید بر نتایج سودمند و مفید روی آورده می‌شود. به منظور جلوگیری از پر شدن مخازن سدها و حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک، مناطق بحرانی، قرق اعلام گردیده و چرانیدن دام و زراعت دیم در مناطق قرق شده مطلقاً ممنوع می‌شود. کشت آبی در این مناطق و تعیین مناطق قرق در اراضی زیردست سدها طبق آئین‌نامه‌هایی به دستگاه‌های ذیربط ابلاغ می‌شود. هرگونه بهره‌برداری از اراضی ملی حوضه‌ها و یا تغییر کاربری موکول به اخذ مجوز لازم است. شرایط صدور، تعلیق، ابطال، مدت اعتبار و نحوه تمدید و انتقال کلی یا جزئی و میزان تعرفه مجوز بهره‌برداری براساس آیین‌نامه اجرایی خواهد بود. دولت در سطوح مختلف، تمام مردم را سازمان‌دهی و تشویق و ترغیب خواهد نمود تا متعهد به حفظ آب و خاک و توسعه فضای سبز و پوشش گیاهی از طریق جنگل‌کاری و اقدامات بیولوژیک شوند. در شرح خدمات پروژه‌های عمرانی دستگاه‌های مختلف که در حوزه‌های آبخیز فعالیت می‌کنند، بخشی تحت عنوان اقدامات آبخیزداری می‌گنجانند. در بهره‌برداری از معادن به‌خصوص معادن شن و ماسه رودخانه‌ای، تمهیدات لازم برای سامان‌دهی رودخانه و مهار فرسایش کناری رودخانه و حمل رسوبات به پایین‌دست توسط بهره‌بردار لحاظ می‌شود. دولت در سطوح مختلف کشور فرهنگ حفاظت آب و خاک را از طریق مبادی مربوطه چون صدا و سیما، نشریات و کتب درسی و ... اشاعه داده و سطح آگاهی عمومی را نسبت به موضوعات حفاظت آب و خاک ارتقاء می‌دهد. جهت تشویق و ترغیب اشخاص حقیقی و حقوقی به رعایت اصول فنی و مشارکت در اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری، دولت هر ساله تسهیلات اعتباری و امکانات لازم در بودجه کشور منظور می‌نماید. دستگاه‌های مسئول واگذاری اراضی، موظفند اراضی مورد نیاز جهت اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری را به مجریان حقیقی یا حقوقی واگذار نماید.

در اقدامات اصلاحی و احیایی، جهت احیای اراضی بیابانی و حاشیه کویرها، این اراضی در قالب پروژه‌های آبخیزداری در اختیار کارشناسان منابع طبیعی و مردم قرار می‌گیرند (ماده ۳۴ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع مصوب سال ۷۲). به‌منظور حفاظت و پیش‌گیری از فرسایش خاک و تولید رسوب، مناطق بحرانی، حفاظت شده اعلام می‌شوند. هرگونه بهره‌برداری از این مناطق تا احیای مجدد، ممنوع شده و نحوه تعیین مناطق بحرانی و اجرای این ماده بر اساس آیین‌نامه‌ای مشخص می‌شود. به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، مستثنیات مذکور در قانون ملی شدن جنگل‌ها واقع در منابع ملی در برابر واگذاری

عوض، تملک و تصرف می‌شوند. حفظ و ایجاد پوشش گیاهی و غرس اشجار برای تحکیم و تثبیت کناره‌ها و هم‌چنین اجرای پروژه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری در حوزه آبخیز رودخانه‌های مرزی به‌عهده دولت خواهد بود.

در قالب تخلفات، جرائم و جبران خسارات، هر کس ممنوعیت‌های قانونی را عمداً نقض نماید، علاوه بر جبران خسارات که طبق نظر کارشناس تعیین می‌شود، به پرداخت جزای نقدی تا دو برابر مبلغ خسارت مستقیم و غیر مستقیم محکوم می‌شود. هرگونه بهره‌برداری از اراضی که منجر به بروز یا تشدید سیل، فرسایش خاک و رانش زمین شود، ممنوع و متخلفین برای بار اول، جهت توقف فعالیت و جبران خسارات، به مراجع ذیصلاح معرفی شده و ادامه فعالیت منوط به رعایت دستورالعمل‌های پیش‌بینی شده می‌شود. در صورت تکرار، به پرداخت جریمه نقدی معادل خسارت وارده و حبس از ۳ تا ۶ ماه محکوم می‌شوند. دستگاه‌های اجرایی و بانک‌ها از ارائه خدمات و تسهیلات به متخلفین، به‌جز مواردی که منجر به جبران خسارت شود، خودداری می‌نمایند. درآمد حاصل از اجرای این قوانین به صرف تامین هزینه‌های حفاظت آب و خاک و آبخیزداری اختصاص داده می‌شود.

۵- طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی: برای تامین نیازهای تحقیقاتی کشور در زمینه مهار فرسایش خندقی و با توجه به بررسی‌های انجام شده و مباحثی که در بخش‌های قبل ذکر شد، عناوین اصلی زیر پیشنهاد می‌شود.

- ۱- بررسی منابع و اقدامات انجام شده در خصوص راه‌کارهای سنتی و نوین مهار خندق در ایران
- ۲- شناسایی روش‌های سنتی و بومی مهار فرسایش خندقی و بهینه‌سازی آن‌ها با استفاده از فن‌آوری‌های روز
- ۳- تحقیقات به‌منظور نوآوری و ابداع روش‌های جدید مهار فرسایش خندقی با استفاده از فن‌آوری‌های روز
- ۴- بومی‌سازی تحقیقات جهانی و روش‌های خارجی پیش‌گیری و مهار خندق
- ۵- بررسی و تعیین روش‌های مناسب پیش‌گیری از ایجاد یا مهار فرسایش خندقی در مناطق مختلف کشور
- ۶- بررسی گونه‌های مناسب گیاهی در مهار و یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۷- بررسی و بومی‌سازی روش‌های سازه‌ای و مکانیکی در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۸- بررسی نقش مواد اصلاحی آلی، معدنی و یا مصنوعی در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۹- بررسی روش‌های مدیریتی و تلفیقی مناسب در مهار یا پیش‌گیری از ایجاد فرسایش خندقی
- ۱۰- بررسی و تعیین زمان و روش مناسب مهار فرسایش خندقی در مناطق کشور
- ۱۱- بررسی و ارزیابی تاثیر اقدامات به‌کار رفته در پیش‌گیری و

مهار خندق‌های ایران

۱۲- تهیه بانک اطلاعات و نقشه مناطق فرسایش خندقی تحت حفاظت و پایش آن‌ها با استفاده از فن‌آوری‌های نوین با توجه به روند طی شده در مراحل مختلف این تحقیق و نتایج حاصل از آن، شایسته است مسئولین ذیربط، به‌روز رسانی نتایج این تحقیق را مورد توجه قرار دهند.

### تشکر و قدردانی

بی‌شک نتایج این تحقیق مرهون زحمات تعدادی از اساتید دانشگاه‌ها، اعضای هیئت علمی و کارشناسان مراکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان‌ها بوده که به‌نوبه خود قابل تقدیر می‌باشد. هم‌چنین از مدیران و اعضای هیئت علمی و کارشناسان پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به‌دلیل حمایت‌های علمی، مدیریتی و تدارکاتی تشکر می‌شود.

### منابع

- ۱- حبیبی، ر. ۱۳۸۳. طرح تثبیت و کنترل گالی‌ها در منطقه فیروزکوه به‌طریق بیولوژیکی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۲- شاهینی، غ. ۱۳۸۷. بررسی نقش پوشش گیاهی و اقدامات حفاظت خاک در کنترل رشد خندق‌ها در اراضی لسی گلستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۳- صمدی بروجنی، ح. و شمسانی، م. ۱۳۸۵. نقش و جایگاه آبخیزداری در آینده کنترل و بهره‌برداری منابع آب کشور. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۴- صوفی، م. ۱۳۸۱. فرآیند ایجاد خندق و نرخ رشد آن در لامرد و علامرودشت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۵- صوفی، م. ۱۳۸۲ الف. ایجاد و گسترش فرسایش آب‌کندی: اهمیت و نیازهای تحقیقاتی. سومین گردهمایی علمی مجریان استانی طرح محوری بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندقی ایران (منتشر نشده).
- ۶- صوفی، م. ۱۳۸۲ ب. گزارش سالانه طرح بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آب‌کندهای ایران. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (منتشر نشده).
- ۷- صوفی، م. ۱۳۸۶. زیربرنامه شناخت عوامل مؤثر بر ایجاد گسترش آب‌کندها از برنامه راهبردی شناخت عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش و تولید رسوب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۸- طالب بیدختی، ناصر، صابر شاهوئی، عبدالکریم بهنیا و فرهاد بهبودی. ۱۳۸۲. فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب. تهران: انتشارات یونسکو - ۳۸۶ صفحه.
- ۹- مهدی‌پور، آ. ۱۳۸۷. بررسی و ارزیابی برخی از روش‌های

- 14- Okagbue, C.O. and UMA, K.O. 1987. Performance of Gully Erosion Control Measures in Southeastern Nigeria. *Forest Hydrology and Watershed Management, Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987: IAHS-AISH Publ. No. 167.*
- 15- Poesen, J. and Govers, G. 1990. Gully Erosion in the Loam Belt of Belgium, Typology and Control Measures. *Soil Erosion on Agriculture Land. Edited 1990. John Wiley and Sons Ltd.*
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstaeten, G. and Valentin, C. 2003. Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. *Catena. 50: 91-133*
- 16- USDA. 2001. Evaluation of Plants for Gully Stabilization in the Florida Panhandle. Final Report.
- 17- Xiang-Xu, X., Hong-Wu, Z. and Ouyang, Z. 2004. Development of Check-Dam System in Gullies on the Loess Plateau, China. *Environmental Science and Policy. 7: 79-86.*
- کاهش فرسایش خندقی در منطقه بافت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- 10- Bingner, R.L., Theurer, F.D., Gordon, L.M., Bennett, S.J., Parker, C., Thorne, C. and Alonso, C.V. 2007. Ann AGNPS Ephemeral Gully Erosion Simulation Technology. Casali, J. and R. Gimenz (Eds.). 2007. Progress in Gully Erosion Research. IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre. 20-21.
- 11- De Baets, S., Poesen, A., Knapen, J., Barberá, G.G. and Navarro, J.A. 2007. Evaluation of Mediterranean Plants for Controlling Gully Erosion. *Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf. Process. Landforms. 32: 1323-1345.*
- 12- Guerra, A.J.T., Bezerra, J.F.R., Fullen, M.A., Mendonca, J.K.S., Sathler, R., Lima, F.S., Mendes, S.P., Guerra, T.T. 2007. Urban Gullies in SAO Luis City, Maranhao atate. Brazil. Casali, J. and Gimenz, R. (Eds.). Progress in Gully Erosion Research, IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre, 58-59.
- 13- Martinaz-Casansnovas, J.A., Garcia-Hernandez, D., Ramos, M.C., 2007, Does Vegetation Cover Suppose Gully Erosion Stabilization?, Casali, J. and Gimenz, R. (Eds.). 2007. Progress in Gully Erosion Research, IV International Symposium on Gully Erosion, (UPNA) Public University of Navarre. 78-79.

محقق نگردیده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت و برنامه‌ریزی، آبخیزداری، PRA و RRA

مسائل و مشکلات مدیریت و برنامه‌ریزی حوزه‌های آبخیز و راه‌کارهای تعدیل آن<sup>۱</sup>

#### مقدمه

تجربه سال‌ها سعی و خطا در شیوه مدیریت و برنامه‌ریزی برای حفاظت و احیاء حوزه‌های آبخیز در این کشور نشان می‌دهد که رفع نارسایی‌های موجود نیازمند تحول بنیادین در بینش‌ها و تغییرات اساسی در روش‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی می‌باشد. تا اوایل دهه ۱۹۷۰ برنامه‌ریزی از بالا به پایین، عدم انطباق‌پذیری فن‌آوری مدرن با شرایط و ویژگی‌های کشورهای در حال توسعه، ناکامی‌های برنامه‌های توسعه را به همراه داشت. دهه ۷۰-۱۹۸۰ تئوری چگونگی انتقال فن‌آوری، توسعه پایدار، سازگاری فن‌آوری‌های جدید، و بسیاری از مباحث در این ارتباط مطرح گردید [۴]. و منابع آب و خاک یکی از محورهای توسعه پایدار در مناطق روستایی مطرح گردید [۵]. این مباحث مقدمه‌ای برای ورود رهیافت و روش‌هایی نظیر ارزیابی سریع مشارکتی<sup>۶</sup> (RRA) و ارزیابی مشارکت روستایی<sup>۷</sup> (PRA) در مدیریت و برنامه‌ریزی گردیده، و امکان درک بهتر مسایل و مشکلات جوامع و شناخت پتانسیل‌ها و فرصت‌ها، متناسب با نیاز و سازگاری آن‌ها را فراهم آورد. در به‌کارگیری تئوری جدید، برنامه‌ریزان توسعه به‌نوعی در تلاش بودند با نگاهی عمیق‌تر به عدم انطباق‌پذیری روش‌های مذکور در جهان در حال توسعه، با وارد ساختن مردم در برنامه‌ریزی‌ها، کاستی‌های آن را برطرف سازد [۱]. در جهت بهبود شرایط، برنامه‌ریزی مشکل-مدار (Problem Oriented)، با محور اصلی رفع مسائل و مشکلات موجود بدون ایده‌آل‌نگری مورد توجه قرار گرفته است.

جهت شناخت و رویارویی با مسایل حوزه‌های آبخیز تحقیقات بی‌شماری نیاز است. این تحقیقات می‌بایست در برگیرنده پیچیدگی این سیستم باشد. هم‌اکنون سیستم مدیریت و برنامه‌ریزی آبخیزداری در کشور در حمایت شعار برنامه‌ریزی همه‌جانبه، نه تنها در چارچوب این شعار عمل نکرده، بلکه رشد سریع عملیات اجرایی آبخیزداری در دهه گذشته و عمل‌زدگی بیش از حد، فرصت هرگونه اصلاحات را از دستگاه اجرایی ذیربط گرفته است. به‌طوری‌که هم‌اکنون آبخیزداری با مشکلات عدیده‌ای به شرح ذیل، روبرو می‌باشد: ۱- بخش مهمی

سید احمد حیدریان<sup>۲</sup>، سید محمود موسوی‌نژاد<sup>۳</sup>، محمد قیطوری<sup>۴</sup>،

حسین عیسایی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۳

#### چکیده

رشد سریع عملیات اجرایی آبخیزداری در دهه گذشته و عمل‌زدگی بیش از حد، فرصت هرگونه اصلاحات مدیریت و برنامه‌ریزی را از دستگاه اجرایی ذیربط سلب نموده است. درک صحیح از موانع مدیریتی و برنامه‌ریزی در آبخیزداری و ارائه راه‌کارهای مربوطه از نیازهای اساسی کشور می‌باشد. برای بررسی به این موضوع، چندین پایلوت از پروژه‌های اجرایی آبخیزداری در استان‌های سمنان، کرمانشاه و گرگان با ویژگی‌های متفاوت طبیعی و تمایزات مشهود در تعاملات بخش دولتی و جامعه محلی در انجام فعالیت‌های آبخیزداری، انتخاب گردیده است. پس از بررسی‌های اولیه میدانی به‌روش ارزیابی سریع مشارکتی (RRA)، با انجام مصاحبه، و اجرای کارگاه‌های ارزیابی مشارکت روستایی (PRA) داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و سپس با بررسی تفسیری شاخص‌ها و تفکیک شاخص‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر و بررسی توصیفی و تفسیری آنها، مسایل مدیریت و برنامه‌ریزی بررسی شده و توصیه‌های ضروری برای بهبود مدیریت و برنامه‌ریزی در حوزه‌های آبخیز ارائه گردیده است. این بررسی نشان می‌دهد که اگرچه بخش مهمی از اقدامات انجام گرفته در تعامل با جامعه محلی و رفع نیاز معیشتی آنان بوده است، ولی به‌دلیل اینکه این برنامه‌ها در قالب یک برنامه جامع و همه‌جانبه در تعامل کافی با جامعه محلی قرار نگرفته و به‌صورت منسجم و برنامه‌ریزی شده به اجرا در نیامده است، بسیاری از اهداف اصلی آبخیزداری

۱. برگرفته از نتایج طرح تحقیقاتی

۲. نویسنده مسئول: هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، saheyd@yahoo.com

۳. هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان

۴. هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

۵. هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

6 Participatory Rapid Appraisal

7 Participatory Rural Appraisal

از برنامه‌ها قابل اجرا نیستند. ۲- اهداف بخشی بر ضرورت‌های محلی در برنامه‌ها قالب است. ۳- برنامه روشنی برای مدیریت و نگهداری سازه‌های بنا شده، وجود ندارد. ۴- حفظ خاک به هر بهای ممکن و دور از غایت اندیشی صورت می‌گیرد.

این مشکلات گوشه‌ای از مسایل مدیریت و برنامه‌ریزی آبخیزداری در کشور بوده و لذا یافتن راه‌کارهایی برای رفع و یا تعدیل آن مستلزم استفاده از تجربه‌های گذشته، بررسی‌های کارشناسی می‌باشد.

این رویکرد اگرچه در ظاهر مورد توجه بخش‌های دولتی ذیربط در ایران بوده است، ولی هنوز جلوه‌های عملی آن در بخش مهمی از اقدامات اجرایی آبخیزداری مشاهده نمی‌گردد. این تحقیق با هدف بررسی این مسایل در چند پایلوت و دستیابی به راه‌کارهایی برای جهت‌گیری اساسی مدیریت و برنامه‌ریزی آبخیزداری به رویکرد مذکور به انجام رسیده است. مقاله حاضر به ارایه این مسایل و راه‌کارهای مربوطه پرداخته است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در چندین پایلوت از کشور که پروژه‌های آبخیزداری به اجرا درآمده است، به شرح زیر به انجام رسیده است:

۱- انجام بررسی‌های مقدماتی شامل: مرور گزارشات و منابع موجود، بررسی اولیه میدانی جهت فراهم آمدن امکان تمایز اقلات مختلف جامعه و دست‌اندرکاران اصلی (Stakeholders) و شناخت بهتر وضعیت فیزیکی محیط طبیعی و طراحی سؤال‌های کلیدی برای به‌کارگیری روش‌های PRA و RRA، از طریق اجرای کارگاه‌های تشخیص مشارکت‌مدار (Participatory Diagnosis) و انجام پیمایش و مصاحبه با دست‌اندرکاران دولتی و جامعه محلی.

۲- انجام بررسی‌های اولیه میدانی از طریق مصاحبه و اجرای کارگاه‌های PRA برای بررسی شاخص‌هایی نظیر: مسایل اجتماعی (فقر، مهاجرت، مالکیت، سرانه درآمد)، مسایل فرهنگی- قومی (محدودیت‌های عرفی، نظام‌های مدیریت و برنامه‌ریزی بومی و...)، مسایل مدیریت دولتی (نظام مدیریت و برنامه‌ریزی فعلی، ساختار سازمانی و تشکیلاتی، هماهنگی‌ها و ارتباطات درون سازمانی و برون‌سازمانی، روش‌های برنامه‌ریزی و ارتباطات مدیریت طرح و سیستم اجرایی، پایش و ارزشیابی و اعمال بازخوردها)، زیست‌مایه‌های اجتماعی (قابلیت‌های اجتماعی، پتانسیل‌های بهبود سایر منابع معیشتی)، انگیزه‌ها و گرایش‌ها (نیازها و انگیزه‌های اجتماعی و نیازهای عرفی (فرهنگی-قومی)).

۳- انجام بررسی موانع موجود شامل: ضرورت‌های محلی و بادهای سیاست‌گذاری، موانع طبیعی (مسایل طبیعی مانند فرسایش، رسوب، سیل و...)، زیست‌مایه‌های طبیعی (Livelihoods) (پتانسیل‌های بهبود و توسعه آب و خاک)، موانع موجود در برنامه‌ریزی و مدیریت (ضرورت‌های ملی، استانی (و یا حوزه‌ای) و بادهای کارشناسی).

۴- جستجوی روابط با توجه به ویژگی‌ها و مقادیر شاخص‌های

ذکر شده در بند دو، از طریق تفسیر مقدماتی شاخص‌ها و گروه‌بندی شاخص‌ها با توجه به وضعیت داده‌های به‌دست آمده در مراحل قبلی.

۵- بررسی توصیفی، تفسیری موانع و نتایج و اثرات.

این بخش از تجزیه و تحلیل به‌منظور تکمیل بررسی‌ها در ارتباط با مقادیری از شاخص‌ها که به‌صورت غیرکمی بوده و یا مقایسه و بررسی آماری آن به‌دلیل قلت داده ممکن نمی‌باشد، به انجام می‌رسد. توضیح این‌که پارامترهای غیرکمی و یا مقادیر ناکافی داده‌ها (به‌دلیل محدودیت در وضعیت آن داده)، به روش تفسیری، توصیفی مورد بررسی قرار گرفته است.

ویژگی پایلوت‌های انتخابی به شرح زیر می‌باشد:

• حوزه آبخیز مجن تاش در استان سمنان: این حوزه در محدوده شهرستان شاهرود و در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی این شهرستان قرار دارد. این حوزه با آب و هوای کوهستانی، دارای اراضی دیم در بالادست و اراضی آبی در پایین‌دست می‌باشد. منبع تأمین آب در این حوزه رودخانه‌های پیش‌ده و پی‌حصار و دو رشته قنات و تعدادی حلقه چاه می‌باشد. عمده منابع معیشتی این حوزه کشاورزی و دامداری می‌باشد. مردم این منطقه از گذشته دور در فعالیت‌های گروهی بسیار موفق عمل کرده‌اند. در این حوزه مدیریت سنتی بر منابع آب و خاک به سال ۱۳۴۱ برمی‌گردد. تشکیل شرکت سهامی زراعی و آبیاری مجن، که بیش از چهار دهه پایدار بوده، یکی از حرکت‌های خودجوش در این منطقه می‌باشد. این پیشینه موفق کار گروهی، توسعه فعالیت‌های آبخیزداری در سال‌های اخیر را در منطقه به‌دنبال داشته است. ویژگی‌های مذکور زمینه‌ای برای انتخاب این حوزه جهت مقایسه با سه پایلوت دیگر بوده است.

• حوزه آبخیز مرک در استان کرمانشاه: این حوزه در شهرستان کرمانشاه، در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی کرمانشاه واقع شده است. در این زیر حوزه ۴۵ روستا موجود بوده و عمده محصولات کشاورزی گندم، ذرت و چغندر قند می‌باشد. در قسمت کوهستانی بالادست این حوزه به‌دلیل کمبود آب و شرایط فیزیوگرافی زمین، عمده کشاورزی به‌صورت دیم بوده، و مردم آن از طریق کشاورزی امرار معاش می‌نمایند. در پایین‌دست این حوزه اراضی دشتی حوزه قرار دارد. در این بخش به‌دلیل قرار داشتن در اراضی مسطح حوزه و آب نسبتاً فراوان، کشاورزی عمدتاً به‌صورت آبی بوده و مردم آن از این طریق امرار معاش می‌نمایند. عمده مسایل در این منطقه شامل: کوچکی قطعات زمین کشاورزی، سنگلاخی بودن اراضی، کمبود منابع آب، سیل‌خیزی و پایین بودن سطح بهداشت می‌باشد. در این حوزه اقدامات گسترده آبخیزداری بدون مشارکت مردم صورت گرفته است. در این حوزه روستای سراب علیا در سرفیروزآباد انتخاب شده است و بررسی‌ها با روستای لعل‌آباد که در ماهیدشت قرار دارد مورد مقایسه قرار گرفته شده است.

• حوزه‌های آبخیز کاشیدار و ده‌چناشک در استان گلستان: این دو حوزه در شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت در استان گلستان

قراردارند. در حوزه کاشیدار از شهرستان آزادشهر، دو روستای سیب چال و وامنان انتخاب شده است. در محدوده روستای وامنان عملیات آبخیزداری نسبت به سیب چال از رونق بیشتری برخوردار می‌باشد. هر دو روستا از جمعیت بالای ۱۰۰ خانوار برخوردار می‌باشد.

### نتایج

با توجه به شرح داده شده در روش تحقیق، سه پرسش‌نامه و طرح سؤالات اساسی مبنای کار قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده به تفکیک مناطق مورد بررسی قرار گرفته است. پایلوت‌های مورد مطالعه در سه اقلیم متمایز شامل مناطق مرطوب (استان گلستان)، منطقه خشک البرز جنوبی (استان سمنان) و منطقه نیمه خشک زاگرس (کرمانشاه) اختیار شده است. تمایزات در خصوصیات اقلیمی و اجتماعی، تمایزاتی در برنامه‌ها و فعالیت‌های آبخیزداری نیز به همراه داشته است. لذا لازم است که قبل از شناخت فعالیت‌های آبخیزداری در این مناطق، نسبت به ویژگی‌های طبیعی و اجتماعی و تفاوت‌ها و تشابه‌های این پایلوت‌ها شناخت حاصل گردد. در این حالت امکان درک بهتر تفاوت‌ها در برنامه‌های آبخیزداری بهتر فراهم می‌گردد.

### وضعیت محدوده‌های مطالعاتی از نظر ویژگی‌های اجتماعی و منابع معیشتی

حوزه کاشیدار: این حوزه یکی از زیرحوزه‌های آبخیز تیل آباد می‌باشد که در منتهی الیه ضلع جنوب شرقی این حوزه بزرگ واقع شده است که مساحتی بالغ بر ۱۵۰۱۷/۷ هکتار در قالب شش پارچه آبادی به نام‌های ۱- کاشیدار ۲- وامنان ۳- سیب چال ۴- نراب ۵- گلستان ۶- طلوع بین تشکیل شده است. که عمده مردم در بخش کشاورزی و دامداری از عرصه‌های طبیعی و ندرتاً به صنایع دستی کوچک مشغول به کار می‌باشند. مالکین این اراضی عمدتاً کم سواد و بی‌سواد و بومی حوزه می‌باشند که شغل اصلی آنان کشاورزی و دامداری می‌باشد که به صورت سنتی انجام می‌گیرد. ساکنین حوزه که مالکین اراضی نیز می‌باشند دارای مذهب تشیع که در روستاهای کاشیدار وامنان و سیب چال فارس زبان محلی و در روستاهای نراب گلستان و طلوع بین ترک زبان می‌باشند. در این حوزه باغات عمدتاً در حاشیه آبراهه و به شکل طولی استقرار یافته‌اند. اراضی زراعی این حوزه نیز عمدتاً شیب‌دار بوده و برخی نقاط نیز توسط کارهای خوبی از جمله تراس‌بندی که توسط مردم صورت گرفته تحسین برانگیز می‌باشد و نشان‌گر آن است که مردم جهت اجرای عملیات تراس‌بندی با ذهنیت قبلی آمادگی مناسبی دارند. کشاورزان حوزه در سه ماه از سال مشغول به کار هستند اما در نه ماه دیگر سال درآمد سالانه خود را خرج می‌کنند. در نتیجه عامل نیاز و بیکاری سبب می‌شود که ساکنین حوزه به دامنه‌های مجاور و اراضی جنگلی و مرتعی روی آورند.

حوزه لعل‌آباد: ساکنین این روستا به زبان کردی صحبت می‌کنند. کشاورزان این روستا شامل ۷ تیره می‌باشند که تمامی این تیره‌ها جزء ایل کلهر می‌باشند. جمعیت روستا ۸۰ خانوار است که معادل با ۴۴۰ نفر است، متوسط هر خانوار ۵/۵ نفر است. سطح اراضی دیم برابر ۲۴ جفت (هرجفتی ۱۲ هکتار است) برابر با ۴۸۰ هکتار، سطح اراضی آبی این روستا بسیار کم و در حدود ۲ هکتار می‌باشد. سطح اراضی مرتعی برابر ۱۸۷۶/۲ هکتار و سطح اراضی جنگلی ۵۰۱/۴۲ هکتار می‌باشد. بهره‌برداری از منابع طبیعی، سامانه عرفی مراتع به صورت مشاع انجام می‌گیرد [۲].

حوزه مجن تاش: همانطور که در بخش قبل مطرح گردید، در این منطقه سه محل تراکم جمعیتی به اسامی مجن، تاشین و نکارمن وجود دارد. جمعیت کل حوزه ۹۷۹۴ نفر می‌باشد که تعداد خانوار در مجن ۱۷۰۰، در تاشین ۳۰۰ و در نکارمن ۳۰ خانوار می‌باشد. سطح اراضی این محدوده ۷۳۰۶ هکتار بوده که ۶۲۹۸ هکتار از آن آبی می‌باشد. این پایلوت به دلیل فعال بودن تشکل مردمی در مدیریت آب و خاک انتخاب شده است. در منطقه تشکل‌های رسمی و غیر رسمی زیادی فعال می‌باشند که شرکت تعاونی موجن، تشکل هدف این تحقیق می‌باشد. بنابراین پایلوت این تحقیق محدوده مرتبط با اراضی این شرکت در موجن می‌باشد. شرکت تعاونی تولید روستایی مجن تنها یک مرکز جمعیتی یعنی شهر-روستای مجن را تحت پوشش دارد. اراضی مزروعی حوزه عمل این شرکت از یک مزرعه بزرگ و چند مزرعه کوچک تشکیل شده است. این مزارع از نظر موقعیت استقرار منبع آب و هم‌چنین مالکیت از یکدیگر متمایز هستند. مهم‌ترین مزرعه و یا به‌عبارت دیگر مزرعه اصلی از اراضی دو طرف شاخه اصلی رودخانه مجن در بالادست شهر مجن تشکیل شده است [۳].

### وضعیت محدوده‌های مطالعاتی از نظر طرح‌ها و برنامه‌های آبخیزداری

حوزه کاشیدار: به‌طور کلی برنامه‌ها و عملیات مدیریت، حفاظت و بهره‌برداری از حوزه آبخیز در این منطقه در سه گروه به شرح زیر قابل تفکیک می‌باشد:

۱- فعالیت‌های مردمی شامل پیشینه تراس‌بندی و کشت نهال از گذشته دور، و هم‌چنین نوآوری در کشت محصولات زراعی و توسعه منابع معیشتی؛

۲- فعالیت‌های جاری مدیریت آبخیزداری شامل عملیات مکانیکی و بیولوژیکی؛

۳- فعالیت‌های استانی ناشی از حساسیت‌های ملی در ارتباط با سیل و تخریب اراضی در سال‌های اخیر، به خصوص در استان گلستان و تأمین اعتبارات خارج از برنامه‌های جاری مدیریت آبخیزداری استان در این خصوص؛

برنامه‌ها و عملیات مدیریت آبخیزداری در این حوزه با محور کنترل سیل از سال ۸۱ شروع شده است. این اقدامات شامل عملیات

مکانیکی و بیولوژیکی به شرح جدول شماره (۱) می‌باشد. به طور کلی این اقدامات با گرایش توسعه کشت علوفه و نهال‌کاری (به‌خصوص گردو) همراه بوده است.

طرح پخش سیلاب که در گروه سوم یاد شده قرار می‌گیرد، نشانه خوبی بر برنامه‌های بهره‌برداری از آب سیلاب در توسعه منابع آب و خاک در این حوزه می‌باشد. این برنامه که در پایین دست حوزه (در محل خروجی این حوزه) قار دارد، خارج از عملیات برنامه‌ریزی شده در حوزه مدیریت آبخیزداری بوده که با استفاده از بودجه استانی مهار سیلاب‌ها و برنامه توسعه گردوکاری در سطح وسیعی در پایین دست حوزه با اعتبار دولتی و بدون حضور جامعه محلی به اجرا درآمده است.

گرایشات و اقدامات هر سه گروه یاد شده، مسایل و مشکلات را به شرح زیر نشان می‌دهد:

- استفاده از منابع محدود آب و خاک در اراضی بالادست، با رعایت حفاظت از خاک از گذشته مورد توجه مردم این منطقه بوده است.

- تخریب جنگل‌ها و مراتع، به دلیل تغییر کاربری اراضی و فشار دام‌مازاد بر ظرفیت مراتع در جهت رفع نیاز معیشتی مردم از مسایل مهم این حوزه بوده است.

- افزایش سیل و تخریب اراضی ناشی از آن، معلول مورد اخیر می‌باشد. این موضوع از مسایل و مشکلات جدی حوزه آبخیز یاد

شده در دهه گذشته بوده است.

با این مقدمه می‌توان گفت که مدیریت آبخیزداری و مسئولین استانی، در جهت تعدیل مسایل ناشی از دو مورد اخیر برنامه‌ها و اقداماتی را در دستور کار خود قرار داده‌اند.

وضعیت اراضی زراعی در حوزه کاشیدار نشان می‌دهد که با ۶۹۴/۷ هکتار اراضی زراعی آبی و ۳۵۲۲/۹ هکتار اراضی زراعی دیم، قابلیت توسعه منابع معیشتی وجود دارد. از سوی دیگر به دلیل کوهستانی بودن و شیب زیاد اراضی پتانسیل سیل‌خیزی، فرسایش و تخریب اراضی وجود دارد. به‌خصوص موضوع سیل در استان گلستان از مسایل اصلی حوزه‌های آبخیز در سال‌های گذشته بوده است. در این حالت گزینه تبدیل اراضی دیم به باغات و کشت علوفه مورد توجه برنامه‌ریزان و جامعه محلی بوده است. بنابراین کاشت نهال‌های مثمره در اراضی شیب‌دار حوزه به عنوان اولین فاکتور اصلاح کاربری حوزه شناخته شده است.

حوزه روستای لعل‌آباد: در منطقه لعل‌آباد سال‌های متمادی در اثر بارش‌های تند در منطقه، سیلاب‌های متعددی در حوزه اتفاق می‌افتاد که این وضعیت منجر به تخریب اراضی کشاورزی در پایین دست روستا شده است به طوری که در سال ۱۳۷۲، ۱۹ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه تخریب شده است که این مسئله منجر به شکایت مردمی به فرمانداری منطقه شده و فرمانداری درخواست مردم را به مدیریت آبخیزداری وقت (زیر مجموعه وزارت جهاد

جدول ۱- فعالیت‌های انجام شده در کل حوزه ده چناشک از سال ۱۳۸۱ لغایت ۱۳۸۶

ردیف	نوع فعالیت	حجم فعالیت انجام شده
۱	گابیون	۷۹۴۵ متر مکعب
۲	سنگ ملاتی	۳۴۱۱ متر مکعب
۳	تراس‌بندی	۲۰۰ هکتار
۴	یونجه‌کاری	۲۰ هکتار

جدول ۲- برنامه آبخیزداری در حوزه لعل‌آباد

ردیف	نام پروژه	واحد	سال اجرا			
			اول	دوم	سوم	چهارم
۱	احداث باغ دیم	هکتار	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰
۲	علوفه کاری	هکتار	۱۰	۱۵	۲۵	۲۰
۳	کپه کاری	هکتار	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۴	احداث چکدم خشکه چین	متر مکعب	۶۶۲/۵	۹۲۰	۷۳۶	۷۴۵/۲
۵	احداث چکدم گابیونی	متر مکعب	۴۶	۹۲	۹۸/۴	۹۸/۴
۶	آموزش	نفر روز	۲۰۰	۲۰۰	۷۵	۷۵



سازندگی) ارجاع نموده و پس از بررسی‌های کارشناسی و بازدید منطقه، اعتبارات لازم جهت مطالعه و اجرای برنامه‌های کنترل سیل در منطقه به اجرا در آمد (جدول شماره ۲).

بر اساس دیدگاه کارشناسی مشارکت مردم روستا جهت اجرای کارهای آبخیزداری خوب بوده است و با توجه به فقر شدیدی که در اکثریت روستاییان این روستا وجود داشت مشارکت خوبی از سوی مردم دیده شد (مشارکت در حد دادن جا و مکان و استفاده از نیروی انسانی روستا با دستمزد کم بوده است). کلاس‌های توجیهی، آموزشی و ترویجی زیادی برای مردم برگزار گردید که این کلاس‌ها موجب تقویت روحیه مشارکت مردم شده است.

از نظر دیدگاه مردم در این ارتباط، با توجه به تعداد زیاد کلاس‌های ترویجی تشکیل شده، دیدگاه مردم نسبت به برنامه‌های آبخیزداری مثبت بوده است، ولی در جایی که می‌بایست مرتع قرق شود، به دلیل عدم برنامه‌ریزی مناسب از سوی دستگاه اجرایی و وابستگی مردم به علوفه مرتع (به دلیل فقر و درآمد کم) اجرای قرق موفقیت‌آمیز نبود. پروژه‌های آبخیزداری در پایلوت استان سمنان: پروژه‌های آبخیزداری در این پایلوت به پروژه‌های عمده زیر تقسیم شده‌اند: ۱- بند خاکی ۲- تورکینست ۳- بند سنگ و ملاتی ۴- ترانس‌بندی ۵- نهال‌کاری.

پس از انجام این مهم و بررسی بر روی پروژه‌های انجام شده مشخص شد که از هشت پارسل هیدرولوژیکی در زیر حوزه مجن در سه پارسل آن عملیات آبخیزداری پراکنده شده و در پنج پارسل دیگر کاری صورت نگرفته است و در حوزه تاش در دو پارسل از پنج پارسل و در زیرحوزه نکارمن نیز هیچ‌گونه عملیات آبخیزداری صورت نگرفته است.

این اقدامات شامل دو گروه متمایز، یعنی اقدامات مردمی و اقدامات دولتی بوده است. اقدامات مردمی نیز خود به دو گروه متمایز، یعنی اقداماتی که دارای پیشینه مدیریت مردمی در بهره‌برداری از منابع آب و خاک برمی‌گردد و اقداماتی که با پشتیبانی بخش دولتی و انگیزه‌های استحصال و بهره‌برداری حداکثر از منابع آب برای توسعه منابع معیشتی همراه بوده است (جدول‌های شماره ۳ و ۴).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در قبل از سال ۱۳۷۰ در حوزه مجن، به‌جز فعالیت‌های گسترده مردمی در ارتباط با تأمین و بهره‌برداری از منابع آب و خاک، هیچ‌گونه فعالیت آبخیزداری که از سوی بخش دولتی موظف برنامه‌ریزی و به اجرا درآمده باشد، گزارش نشده است. بعد از آن نیز طرح‌های اجرایی هر چند که در تعامل جدی با مردم بوده است (متأثر از پیشینه دخالت مؤثر مردم در مدیریت منابع آب و خاک) و نتایج خوبی را نیز به‌همراه داشته است؛ ولی به دلایل زیادی به‌صورت ناتمام رها شده و لذا هم‌اکنون در ارتباط با پایداری نتایج یاد شده، تردید وارد است. برای مثال اقدامات انجام گرفته در ارتباط با طرح تعادل دام و مرتع، به‌دلایلی متوقف شده است و یا در حوزه مجن از ۸ پارسل تنها ۳ پارسل فعالیت‌ها به انجام رسیده و سایر موارد به دست فراموشی سپرده شده است. این موضوع از نقطه

نظر مدیریت و برنامه‌ریزی مشارکت‌مدار پاسخ روشنی دارد که در بخش بحث و نتیجه‌گیری به آن پرداخته شده است.

از نقطه نظر آبخیزداری در سطح کلان، فعالیت‌های آبخیزداری در این حوزه به این علت که در پایین دست سدی وجود ندارد، از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیست. ولی اهمیت و ارزش آبخیزداری از نگاه استانی و محلی بسیار روشن و اقدامات مؤثری در این ارتباط صورت گرفته است. بنابراین متناسب با حمایت بخش مرکزی و تأمین اعتبار از منابع ملی و استانی، برنامه‌ها به شکل گسترده آغاز و به‌صورت ناقص رها شده است. در این برنامه با ایجاد تاسیسات تأمین و استحصال آب، و اقدامات ترانس‌بندی و تغییر کاربری اراضی و کاهش فشار دام بر عرصه منابع طبیعی، برای رفع مشکلات سیل، فرسایش و رسوب تمهیداتی اندیشیده شده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

از نگاه جهت‌گیری و گرایشات برنامه‌ای می‌توان گفت که برنامه‌های آبخیزداری با شناخت نیازهای محلی همراه بوده است. ولی از مشکلات اساسی این برنامه‌ها، قرار نداشتن اقدامات در یک طرح جامع که رافع مسایل اجتماعی و اقتصادی بوده و پایداری را تضمین نماید، می‌باشد. به‌عبارت دیگر اقدامات یاد شده هرگز نتوانسته است که نیاز معیشتی مردم که خود عامل اصلی تغییر کاربری و تخریب منابع آب و خاک بوده است، حل نماید. این مسایل در زیر مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده سه گروه فعالیت در پایلوت‌های انتخابی قابل تفکیک می‌باشد:

فعالیت‌هایی که متکی به حرکت‌های استانی و نیازهای ضربتی (رفع مشکلات جاری حوزه آبخیز و مردم) سالیانه بوده است.

فعالیت‌هایی که در برنامه مدیریت آبخیزداری قرار داشته است. این فعالیت‌ها عمدتاً متکی به برنامه‌های میان مدت و در چارچوب مطالعات تفصیلی آبخیزداری برنامه‌ریزی شده است.

اقداماتی که به پیشینه مدیریت مردمی در بهره‌برداری و نگهداری از منابع آب و خاک در حوزه‌های آبخیز مرتبط می‌باشد.

نتایج بررسی‌ها در ارتباط با این تقسیم‌بندی‌ها به شرح زیر می‌باشد:

در گروه اول فعالیت‌ها، مردم بخوبی نشان داده‌اند که مشکل تخریب اراضی را با ترانس‌بندی حل می‌کند، لیکن منابع محدود مالی مانع از گسترش اینگونه فعالیت‌ها بوده است. از سوی دیگر توسعه کشت زعفران به‌صورت خودجوش و بدون دخالت بخش دولتی نشان دیگری بر راه‌گزینی مردم برای خروج از مسایل و مشکلات معیشتی بوده است.

اینکه اعتبارات بخش دولتی (گروه دوم و سوم فعالیت‌ها) چگونه می‌تواند در راستای حل مشکل یاد شده باشد، موضوع اصلی این تحقیق می‌باشد. به‌عبارت روشن‌تر اعتبارات هنگفتی در پایین دست حوزه برای کاشت درخت گردو و پخش سیلاب هزینه شده است. این اقدامات اگرچه به لحاظ آبخیزداری اقدامات شایسته و مناسبی

بوده است، ولی نه در کوتاه مدت و نه در بلند مدت قادر نخواهد بود که مشکل معیشتی جامعه محلی محدوده تحقیقاتی را رفع نماید. بنابراین اثرات غیر ملموس این اقدامات بر معیشت مردم، مانع از اقبال و همراهی جامعه محلی در این ارتباط بوده و خواهد بود. این عدم اقبال دو مشکل اساسی به شرح زیر در حال و آینده به همراه دارد:

بخش دولتی برای مدیریت و نگهداری این بخش از اقدامات انتزاعی خود، با مشکل تأمین بودجه و تخصیص پرسنل تخصصی برای حفاظت و نگهداری اقدامات جاری همواره روبرو بوده و لذا به تدریج دامنه اختصاص زمان و بودجه آنها به رفع مسایل اساسی حوزه و توسعه برنامه‌ها محدودتر می‌گردد.

جامعه محلی به دلیل مشکلات تأمین معیشت، امکان حضور در این گونه برنامه‌ها که به مسایل واقعی و کوتاه مدت (و همچنین بلندمدت) آنها توجه لازم نشده است و درگیر مشکلات فزاینده اقتصادی می‌باشد، امکان همراهی با این برنامه‌ها را نخواهد داشت. بنابراین علی‌رغم تمامی تلاش‌های یاد شده، مشکلات مدیریت آبخیزها مستمراً باقی خواهد ماند.

همچنین بررسی‌های کارگاهی در جمع جامعه محلی نشان می‌دهد که بی‌توجهی به زمینه‌های بومی توسعه منابع معیشتی، تردید در سودآوری بهره‌برداری از نهال‌کاری‌های گسترده دولتی و پخش سلاب در پایین دست، باورها را نسبت به امکان سوددهی این منبع آب و خاک را تضعیف نموده است. لذا تمایل مردم به مشارکت در بهره‌برداری و نگهداری را به حداقل رسانده است.

### پیشنهادات

به منظور تحقق عینی نتایج این تحقیق و بهره‌برداری بیشتر از نتایج آن، موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

تغییر جهت‌گیری برنامه‌های آبخیزداری از شکل فعلی (اجرای برنامه‌های انتزاعی آبخیزداری (برنامه‌های دولتی) و یا اجرای برنامه‌های ضربتی کنترل سیل و رسوب) و حرکت به سوی تعیین جایگاه و نقش جامعه محلی در برنامه‌ها و قراردادن زمینه‌های تأمین معیشت جامعه محلی در اولویت اول برنامه‌های آبخیزداری، استفاده حداکثر از زمینه‌های بومی مدیریت و برنامه‌ریزی در منابع آب و خاک (نظیر پیشینه مدیریت مردمی در پایلوت سمنان).

### منابع

- ۱- حیدریان، س.ا. ۱۳۸۷. الگویابی مدیریت مشارکت‌مدار در بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌های پخش سیلاب، مجله علمی-ترویجی حفاظت آب و خاک ایران، زمستان ۸۷.
- ۲- مهندسین مشاور مشاور بوم‌ورزان، ۱۳۷۹. طرح مطالعاتی توجیهی- اجرایی حوزه آبخیز لعل‌آباد استان کرمانشاه، مطالعات اقتصادی و اجتماعی.
- ۳- مهندسین مشاور نشتاک، ۱۳۷۷. بازنگری مطالعات طراحی و تهیه نقشه‌های اجرایی تجهیز و نوسازی مزارع حوزه عمل شرکت تعاونی تولید روستایی مجن (شاهرود). جلد سوم مسایل اجتماعی و سیمای نظام بهره‌برداری.

4- Castellannet, C. and Jordan, C.F. 2002. Participatory Action Research in Natural Resource Management, Taylor and Francis.

5- FASID. 1998. Project Cycle Management (PCM), Foundation for Advanced Studies on International Development (FASID).

### فرم اشتراک نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری

۱- نام و نام خانوادگی (افراد حقیقی):

شماره همراه      آدرس الکترونیکی:

۲- نام شرکت / موسسه (افراد حقوقی):

مشخصات نماینده (افراد حقوقی)

نام و نام خانوادگی      شماره همراه      آدرس الکترونیکی:

۳- تعداد نسخه از شماره: ..... تا ..... مورد نیاز است.

۴- نشانی: .....

کد پستی: ..... صندوق پستی: ..... تلفن: .....

۵- شماره فیش: ..... تاریخ فیش: ..... مبلغ پرداختی:

#### راهنمای اشتراک:

۱- ارسال اصل فیش بانکی مبنی بر واریز هزینه اشتراک به حساب بانک ملت شعبه دکتر فاطمی تهران به شماره حساب ۷۴۵۹۷۴۵۳/۲۲ کد شعبه

۶۷۰۲۵

۲- ارسال کارت دانشجویی مشترکین دانشجو

۳- ارسال فرم تکمیل شده فوق به آدرس:

توجه: در صورت اشتراک دانشجویان، ارسال کپی کارت دانشجویی الزامی است.

#### هزینه اشتراک:

۱- هزینه اشتراک یکساله با احتساب هزینه پستی ۵۰۰/۰۰۰ ریال میباشد.

۲- هزینه اشتراک یکساله دانشجویان ۲۵۰/۰۰۰ ریال می باشد. (۵۰ درصد تخفیف ویژه منظور شده است).

۳- هزینه اشتراک یکساله خارج از کشور ۲۵ دلار آمریکا می باشد.





## شرایط عضویت در انجمن آبخیزداری ایران

شرایط عضویت در انجمن آبخیزداری ایران مطابق اساسنامه به شرح زیر است:

الف - عضویت پیوسته:

- دارا بودن حداقل درجه کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) یا بالاتر در رشته آبخیزداری یا علوم مرتبط
- دارا بودن درجه کارشناسی (لیسانس) در رشته آبخیزداری و یا علوم مرتبط و حداقل ۲ سال سابقه کار

ب - عضویت وابسته:

- دارا بودن درجه کارشناسی (لیسانس) در رشته‌های آبخیزداری و علوم مرتبط

ج - عضویت دانشجویی

- دانشجویان مقطع کارشناسی و بالاتر در رشته‌های آبخیزداری و علوم مرتبط

(هیأت مدیره می‌تواند شخصیت‌های برجسته علمی که در پیشبرد هدف‌های انجمن خدمت ارزنده‌ای ارائه داده‌اند را به عضویت افتخاری بپذیرد.)

د- عضویت حقوقی

- شرکت‌های مهندسی مشاور، پیمانکاری، انجمن‌های مردم نهاد مرتبط، تعاونی‌های آبخیزداران و ....

ه- حق عضویت:

برای اعضاء پیوسته مبلغ ۲۰۰/۰۰۰ ریال، اعضاء وابسته ۱۵۰/۰۰۰ ریال، دانشجویان ۱۰۰/۰۰۰ ریال، اعضاء حقوقی ۳/۰۰۰/۰۰۰ ریال در سال و برای اعضاء افتخاری رایگان می‌باشد.

و- مزایای عضویت:

- دریافت خبرنامه انجمن
- استفاده از تخفیف در بهای نشریات انجمن و حق ثبت نام در کنگره‌ها و گردهمایی‌های انجمن
- دریافت کارت عضویت در انجمن آبخیزداری ایران
- اعضای وابسته علاوه بر امتیازات فوق، امکان همکاری در طرح‌ها و پروژه‌ها، و استفاده از امکانات و تسهیلاتی که انجمن فراهم می‌نماید دارا خواهند بود.
- اعضاء پیوسته علاوه بر امتیازات فوق حق رأی خواهند داشت.

ز - شرایط عضویت در هیئت رئیسه انجمن آبخیزداری ایران:

- عضویت پیوسته در انجمن

● دارا بودن حداقل مدرک کارشناسی ارشد در رشته آبخیزداری و علوم مرتبط

ح- مدارک لازم برای عضویت:

● فرم تکمیل شده تقاضای عضویت

● کپی آخرین مدرک تحصیلی (در مورد مدارک تحصیلی خارجی، به جای آن فتوکپی ارزشیابی مدرک ارسال شود).

● اصل قبض بانکی واریز حق عضویت (کپی فیش نزد متقاضی نگهداری شود) به حساب شماره ۷۴۵۹۷۴۵۳/۲۲ و کد شعبه ۶۷۰۲۵

به نام انجمن آبخیزداری ایران نزد بانک ملت شعبه میدان فاطمی - تهران

● یک برگ کپی شناسنامه و یک قطعه عکس ۳×۴

● کپی کارت دانشجویی (در صورت دانشجویی بودن)

● تصویر رتبه بندی مهندسین مشاور و یا تصویر آگهی آخرین روزنامه رسمی شرکت (برای اعضاء حقوقی)

خ- نشانی ارسال مدارک:

لطفا مدارک لازم را با پست سفارشی به نشانی زیر ارسال دارید:

کرج - بلوار شهید چمران - دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران - صندوق پستی ۴۳۱۴ - ۳۱۵۸۵

دفتر انجمن آبخیزداری ایران

تذکر: مدارک واصله در اولین جلسه هیئت رئیسه مطرح و نتیجه به اطلاع متقاضی خواهد رسید.

## پرسشنامه تقاضای عضویت در انجمن آبخیزداری ایران

نام خانوادگی:

نام:

شماره شناسنامه و محل صدور:

سال و محل تولد:

نام پدر:

آخرین مدرک تحصیلی:

رشته:

سال و محل اخذ:

شغل فعلی (نوع شغل و سمت ذکر شود):

نشانی پستی منزل:

تلفن:

تلفن همراه:

آدرس پست الکترونیک:

نشانی پستی محل کار:

تلفن:

نمابر:

شماره و تاریخ رسید و بانک حواله کننده حق عضویت:

مبلغ پرداختی:

تاریخ تکمیل پرسشنامه:

امضای متقاضی:

\* این قسمت توسط سازمان متبوع متقاضی که دارای مدرک تحصیلی پایین تر از کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) می باشد تکمیل شود.

الف) گواهی می شود: متقاضی با مشخصات بالا در تاریخ تکمیل این پرسشنامه به عنوان:

در دانشکده / مؤسسه / سازمان:

در رشته:

مشغول به کار بوده است.

نام و نام خانوادگی، سمت و امضا مسئول مستقیم:

محل مهر دانشکده / مؤسسه / سازمان:



ب) گواهی می‌شود: متقاضی با مشخصات بالا در تاریخ تکمیل این فرم دانشجوی رسمی رشته

دانشکده دانشگاه می‌باشد.

نام و نام خانوادگی و امضاء مسئول بخش یا گروه:

محل مهر بخش یا گروه

\* این قسمت به وسیله انجمن تکمیل می‌شود.

هیأت رئیسه مطرح و با عضویت ایشان به

در جلسه مورخ

تقاضای آقای/خانم

صورت پیوسته/ وابسته/ دانشجو موافقت شد.

مهر انجمن:

امضاء رئیس انجمن:

شماره عضویت:





## پرسشنامه تقاضای عضویت حقوقی در انجمن آبخیزداری ایران

نام تشکیلات:

نوع تشکیلات:

 دولتی       خصوصی

کد اقتصادی:

حوزه فعالیت:

نام مسئول تشکیلات:

نشانی پستی:

تلفن: نما بر:

پست الکترونیکی:

خلاصه ای از اهداف، وظایف و فعالیت های تشکیلات:

شماره و تاریخ رسید و بانک حواله کننده حق عضویت:

مبلغ پرداختی:

تاریخ تکمیل پرسشنامه: امضای متقاضی و مهر شرکت:

\* این قسمت به وسیله انجمن تکمیل می شود.

تقاضای آقای/ خانم/ شرکت در جلسه مورخ هیأت رئیسه مطرح و با عضویت ایشان به صورت حقوقی موافقت شد.

امضاء رئیس انجمن: مهر انجمن:

شماره عضویت:



## داوران مقالات این شماره نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری

- ۱- دکتر حسین اسدی
- ۲- دکتر علی اصغر بسالت پور
- ۳- دکتر جواد بذرافشان
- ۴- دکتر محمدابراهیم بنی حبیب
- ۵- دکتر عبدالرسول تلوری
- ۶- دکتر بهرام ثقفیان
- ۷- دکتر سیداحمد حیدریان
- ۸- دکتر عبدالواحد خالدی درویشان
- ۹- دکتر محمدهادی داوودی
- ۱۰- دکتر محمدتقی دستورانی
- ۱۱- دکتر علی سلاجقه
- ۱۲- دکتر محمدجعفر سلطانی
- ۱۳- دکتر سید صابرشاهویی
- ۱۴- دکتر سید حمیدرضا صادقی
- ۱۵- دکتر ناصر طهماسبی پور
- ۱۶- دکتر مهدی عرفانیان
- ۱۷- دکتر جمال قدوسی
- ۱۸- دکتر محسن محسنی ساروی
- ۱۹- دکتر محمد واعظی
- ۲۰- دکتر مهدی عرفانیان

از تلاش و همکاری عزیزان تشکر و قدردانی می‌گردد.

*Report***Management and Programming Constraints of Watersheds and its Solutions**S.A. Heydarian<sup>1</sup>, S.M. Mosavinejad<sup>2</sup>, M. Ghatori<sup>3</sup> and H. Esaei<sup>4</sup>

Received: 2013. 12. 20      Accepted: 2014. 01 .13

Past decade, Watershed management activities have been attended in Iran increasingly. But Watershed management and programming have been lost its opportunities of improving methodology. Diagnosis of planning and watershed management constraints and its solution are the principal requirements in Iran. This research has been projected as a review on constraints of watershed management through review of secondary data and field survey of implemented projects in Semnan, Kermanshah and Golestan provinces, with different natural and social characteristics, and different conjunctions between local governments and communities. In this research, methods of Participatory Rural appraisal (PRA) and Rapid Rural Appraisal (RRA) were used for investigation of planning and management constraints. Data collections were done through mentioned methods and approaches and questionnaires. The qualitative analysis of main and sub-main selected indexes were done, and the strategies for sustain management to improvement watersheds were suggested. As a result of this research, most of the existing watershed management activities are focused on required livelihoods improvement of local communities, but lack of the comprehensive approaches and planning for holistic solutions of both watershed conservation and livelihoods improvement are the main constraints. Therefore, main objective of the watershed management was not accessible in the reviewed watersheds.

**Keywords:** *Watershed Management, programming, RRA, PRA*

1. Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Corresponding Author Email: saheyd@yahoo.com.

2. Junior Researcher of Semnan Natural Resource and Agricultural Research Center

3. Junior Researcher of Kermanshah Natural Resource and Agricultural Research Center

4. Junior Researcher of Gorgan Natural Resource and Agricultural Research Center

*Abstract***Review on Gully Erosion Control Researches and Challenges in Iran**R. Bayat<sup>1</sup>, D. Nikkami<sup>2</sup>, M. Soufi<sup>3</sup> and A. Mehdipour<sup>4</sup>

Received: 2013. 12. 08      Accepted: 2014. 01 .13

One of the Ideal goals in country is a Plan for reducing soil erosion and degradation that can be reach using strategic planning process and develop practical approaches and research can take steps towards a strategic plan. In order to study the problems and issues facing the gully erosion control researches and demonstrating solutions and achieve a comprehensive program, this study has been done. Accordingly, with the help of professionals, researchers and teachers of agriculture and natural resources over multiple sessions, the issues were discussed. Design with repeated questions and seeking answers and examples, problems, and issues related organizations, stakeholders and contributing to erosion and soil conservation in the countries mentioned. The results of these studies and identified the challenges ahead, the problem tree and the tree is always the problems of extraction purposes. The problems and needs of specific research topics for research projects have been showed in the context.

**Keywords:** *Gully Erosion Control, Optimization, Soil Conservation, Strategic Plan*

- 
1. Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Corresponding author: bayat52@gmail.com
  2. Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
  3. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars, Iran
  4. MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

*Abstract***Urban Runoff Pollution and its Control Methods**M. Habibi<sup>1</sup>

Received: 2013. 11. 28      Accepted: 2014. 01 .18

With development of cities, more and more attention has been paid to the environmental aspects of urban runoff and floodwater. Urban flood problems range from relatively localized issues such as water entering a few basements, to major incidents such as large city areas being inundated for several days. The impacts of urban floods are widespread, but can include temporary relocation of people, risk of diseases, deterioration of water quality and damage to infrastructure, crops, buildings and vehicles. There are numerous ways to reduce pollutant loadings. Some means include source reduction—including proper application of fertilizer and correctly maintaining septic systems. Many best management practices are also available to treat a variety of pollutants such as sediment, nitrate, phosphate, and heavy metals. BMPs range in size from relatively large, multi-acre approaches such as wet ponds and wetlands, to small site-specific projects such as a rain garden designed to catch runoff from a ½-acre yard. Size and selection depend upon the watershed's size and characteristics, land values, cost of construction, and the type of pollutant desired to be treated. This publication will review a number of structural Best Management Practices (BMPs) that can be constructed to treat runoff and thereby reduce the amount of pollution entering streams.

***Keywords: Floodwater, Pollution, Runoff, Urban Waterways, Water Quality***

---

1. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, P. O. Box 13445-1136, Tehran, Iran

*Abstract*

## Application of Mathematical Models and Geographic Information Systems in Production of Flood Zoning Maps (Case Study: Atrak River)

S. A. Hosseini<sup>1</sup>

Received: 2013. 12. 20      Accepted: 2014. 01. 13

The objective of river hydraulic studies in projects of privacy rivers is to determine the privacy and limit the capacity of riverbed in different flood return period. Prepare flood plans maps is the first step in the risk management flood. This map indicates areas of high risk that not only based on simulation and analysis flood flow in the current situation but also is floods historical and calculated risk regional flood containment structure failure modes possible in the display give. This map plays an important role in reaching to high risk flood areas. In this paper hydraulic simulation results on Atrak River from Sysab village to eshgabad in Khorasan shomali province, about 100 km in length, with more than 50 branches input to Atrak river, study and combined with the application of models HEC\_GEO-RAS, HEC\_RAS and ARC GIS to determine flood plain presented. At first determined the amount of flood hydrograph volume in return period different and then areas and rivers flood plain the main surveying scale was appropriate. The next step roughness coefficient floodplain with using land use maps and the existing patterns, to simulate floods were determined. To continue with using of topographic data, the TIN file preparation, and then with implementation Hec-GeoRas software, the different Feature Class for example central line and main river, and the range walls mainstream in left and right of the river, left and right limits torrential rivers and cross sections river preparation and extraction. Following this, the above data transferred to model HEC-RAS, and importing Manning roughness coefficient values in each of the transverse sections and the definition branches, main entrance to the river (Junctions), and defining the border conditions, conditions HEC-RAS model unsteady were performed. Finally, results from HEC-RAS model output to the different of each return period flood, was re-attachment to Hec-GeoRas. Processes and end with the necessary plans were provided flood plain zone areas and parameters like depth of floodwater and other required geometric parameters were extracted.

**Keywords:** *ARCGIS, Floodplain, Flood Management, GeoRAS, HEC\_RAS, Roughness Coefficient, Simulation.*

---

1. Senior Research Engineer, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, P. O. Box 13445-1136, Tehran, Iran

*Abstract***Water Resources Management in Watershed Basin for Livestock Drinking**F. Moghimi Nejad<sup>1</sup>, Y. Ghasemi Aryan<sup>2</sup>, S. A. Abadi<sup>3</sup> and A. Haji Baglo<sup>4</sup>

Received: 2013. 11. 03      Accepted: 2013. 12. 29

Benefit from livestock pasture forage production depends on the amount of water that provides livestock placed. Another word, only if there is enough water that the animals can forage production in pasture, the most for any production of livestock. Spite of shortage of potable water, livestock, and significant levels of pastures Why not is the case or before the full use of forage production, livestock and forced out of the pasture is transmitted to other regions. This problem more obvious in pastures and dry areas can be hand dug wells (livestock) away livestock and water supplies needed to be. To determine areas in need wells drilled this can be geographical information system (GIS) can be used. For this study area ranges in southwestern Sabzevar Chahtalkh were considered. Initially map of the study area was prepared by DGN. hen, referring to the regional situation, water resources, water quality and quantity was determined and related parts of layers separated from the water resources in four gradient 0-10, 10-30, 30-60 and >60 percentage produced and ultimately Combining these four layers of places that need to provide drinking water for livestock had been set.

**Keywords:** *GIS, Livestock Drinking Water, Sabzevar*

---

1. MS.c Graduated in Rangeland Science, University of Tehran

2. Ph.D. Student in Rangeland Science, University of Tehran, Corresponding Author Email:ghasemiaryan@ut.ac.ir

3. MS.c Graduated in Rangeland Science, University of Mohaghegh Ardebili

4. MS.c Office Desert in Forests. Range and Watershed Management Organization of Iran



*Abstract*

## Introduction of Appropriate Measures for Technical and Economical Evaluation of Check Dams

R. Zare Bidaki<sup>1</sup> and A. Ghanbari<sup>2</sup>

Received: 2013. 11. 24 Accepted: 2014. 01 .27

Evaluation of watershed management projects in order to estimating their efficiency and improvement of them is essential; and identification of criteria affecting technical and economical efficiency of check dams as important and cost-consuming works in watershed managements is a basic requirement for an accurate assessment. In this paper we try to recognize the criteria affecting in check dams efficiency using scientific literature, field experiences and questions asked from experts. That can be used for evaluating loose rock; Stone-mortar and Gabion check dams without affecting expert printing and watershed conditions. So in this research we declare 19 criteria as criteria affecting the technical and economical efficiency of check dams; then divided into two categories: criteria affecting dam efficiency individually and criteria affecting group efficiency of check dams. Individual criteria are the measures that effect check dam's performance separately and individually. Group measures are the measurers that influence on performance of check dam's network in establishing a waterway. Then in order to scale these measures, we introduce equations that could be calculating efficiency of check dams.

**Keywords:** *Check Dam, Criterion, Evaluation, Watershed Management*

---

1. Assistance Professor, Natural Resources and Earth Sciences Faculty, Shahrekord University

2. Former M.Sc. of Watershed Management, Shahrekord University

*Abstract*

## Assessment of the Effects of Earthquake Force on Safety Factors and Displacement of Embankments Reinforced with Pier

Y. Fakhari<sup>1</sup>, M.R. Atrchian<sup>2</sup>, Y. Daghighi<sup>3</sup>

Received: 2013. 12. 20 Accepted: 2014. 01 .13

The landslide of natural slopes and man-made embankments will occur during earthquake and as a result will cause financial and human losses. This phenomenon is one of the challenges geotechnical engineers facing in reinforcing trenches, especially in protection of natural environment. In this paper, the effects of vertical and horizontal components of earthquake forces on safety factors and displacements in two cases of reinforced with and without pier and under effects of dry and the influence of groundwater by use of plaxis software will be carried out. The plaxis software with finite element method will calculate the safety factors based on reduction of resistance parameters of friction angle and cohesion (f-C). In this research, various models of embankments in two cases of reinforced with and without pier with use of 15 nodes were investigated. The effects of various factors such as the existing of water in various elevations and the effects of horizontal and vertical components of earthquake forces on safety factors for landslide and displacements of homogenous silty clay embankments with various slopes reinforced with and without pier were investigated. The results show that there is a rational relationship for safety factors for critical rupture failure surface location and length of pier and the type of soil layers in an embankment. The existing of water will cause a rapid reduction of safety factor and an increase in displacements, especially during earthquake occurrences.

**Keywords:** *Finite Elements, earthquake Force, safety Factor, Critical Rupture Zone, pier, Reinforcement.*

1. MS.c Graduated in Soil Machanic, University of Zanjan

2. Associate Professor, Azard University, Zanjan, Iran

3. Scientific member, Soil Conservation Research Center Jahad Agriculture Ministry

## Table of Contents

### Abstracts

- **Assessment of the Effects of Earthquake Force on Safety Factors and Displacement of Embankments Reinforced with Pier** 1  
 Y. Fakhari, M.R. Atrchian, Y. Daghighi
- **Introduction of Appropriate Measures for Technical and Economical Evaluation of Check Dams** 2  
 R. Zare Bidaki and A. Ghanbari
- **Water Resources Management in Watershed Basin for Livestock Drinking** 3  
 F. Moghimi Nejad, Y. Ghasemi Aryan, S. A. Abadi and A. Haji Baglo
- **Application of Mathematical Models and Geographic Information Systems in Production of Flood Zoning Maps (Case Study: Atrak River)** 4  
 S. A. Hosseini
- **Urban Runoff Pollution and its Control Methods** 5  
 M. Habibi
- **Review on Gully Erosion Control Researches and Challenges in Iran** 6  
 R. Bayat, D. Nikkami, M. Soufi and A. Mehdipour
- **Management and Programming Constraints of Watersheds and its Solutions** 7  
 S.A. Heydarian, S.M. Mosavinejad, M. Ghatori and H. Esaei



**Publisher:** Watershed Management Society of Iran

**Managing Director:** Telvari, Abdolrasoul

**Editor-in-Chief:** Ghoddousi, Jamal

**Editorial Board:**

Arabkhedri, Mahmod (Assistant Professor, SCWMRI\*)

Bagherian, Reza. (Assistant Professor, SCWMRI\*)

Kavian, Ataolah (Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University)

Mahdian, Mohammad Hossein (Associate Professor, SCWMRI\*)

Najafinejad, Ali (Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources)

Soltani, Saeid. (Associate Professor, Isfahan University of Technology)

Telvari, Abdolrasoul (Associate Professor, SCWMRI\*)

\* Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

**Publication and Editorial Service:**

Persian Text Editing: Behboodi, Farhad. Moghiminejad, Firoozeh

English Text Editing: Talebbeydokhti, Nasser

Graphic Design: Shoghi, Nahid

**Watershed Management Society of Iran**

**College of Natural Resources / Tehran University / Chamran bld / Karaj**

**Iran /Zip Code: 31587-77871**

**Tel / Fax: +98 26 32253408**

**E- mail: [wmjournal@yahoo.com](mailto:wmjournal@yahoo.com)**