

## بررسی شیب خط نشت در خاکریز کانال‌های آبیاری شبکه آبیاری و زهکشی دشت میاناب با

### استفاده از مدل SEEP/W

فرخ فلاحت<sup>۱</sup>، حسین فتحیان<sup>\*۲</sup> و بهروز دهانزاده<sup>۳</sup>

(۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

(۲) گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۳) گروه مهندسی علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

\* نویسنده مسئول: [Fathian.h58@gmail.com](mailto:Fathian.h58@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۰۶

#### چکیده

یکی از مشکلات شبکه‌های آبیاری موجود پدیده نشت و تراوش می‌باشد. مسئله تراوش آب و کنترل آن در کانال‌های آبیاری یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اینگونه کانال‌هاست. در این تحقیق، میزان و خط آزاد نشت از کانال آبیاری و زهکشی میاناب واقع در حوضه کارون با استفاده از مدل ریاضی دو بعدی Seep/w شبیه‌سازی شد. نتایج نشان می‌دهد که زمانی که عمق جریان در کانال اصلی برابر و یا بیش‌تر از ۱/۶۹ متر باشد، خط آزاد نشت دیواره پائین دست خاکریز را قطع می‌کند و احتمال ایجاد پدیده Piping وجود دارد. با افزایش عمق جریان آب در کانال اصلی، شیب خط نشت افزایش می‌یابد. ضریب هدایت هیدرولیکی تأثیری بر خط آزاد نشت ندارد و تنها عاملی که روی خط آزاد نشت تأثیر می‌گذارد، رقوم سطح جریان آب در کانال اصلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تراوش، خط آزاد نشت، پدیده Piping، خاکریز کانال آبیاری و ضریب هدایت هیدرولیکی.

## مقدمه

از دلایل عمده اهمیت بررسی میزان نشت می‌توان به تلفات آب در اثر نشت، تنزل کیفیت اراضی و خاک اطراف کانال در اثر نشت و تهدید محیط زیست منطقه در اثر نشت اشاره نمود. به همین خاطر، کاهش تلفات آب به حداقل ممکن به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت حیاتی پیدا نموده و باعث جلب نظر کارشناسان به بررسی کمی و کیفی جریان نشت آب از کانال‌ها و مسایل مربوط به آن شده است. نشت آب در کانال‌های خاکی و بتنی و نحوه کنترل آن یکی از مهم‌ترین مسائلی است که در طراحی کانال‌های آبیاری و زهکشی می‌بایستی مورد توجه خاص متخصصین قرار بگیرد. دانش و آگاهی از قوانین بنیادی نشت به متخصصین اجازه می‌دهد تا از بوجود آمدن مشکلات جدی در اثر نشت جلوگیری کنند. تاکنون مطالعات بسیاری در ارتباط با نشت و کنترل آن در کانال‌های آبیاری و زهکشی انجام شده است. حیدری‌زاده (۱۳۶۹) تلفات نشت آب از کانال‌های آبیاری را به وسیله یک مدل ریاضی بررسی کرد. در این مدل ریاضی، پدیده نشت به صورت جریان دو بعدی اشباع و ماندگار در محیط‌های متخلخل اطراف کانال فرض شده و معادله جریان با روش عددی تفاضل‌های محدود حل شده است. نتایج نشان داد که مدل ریاضی تهیه شده با تقریب نسبتاً خوبی، میزان نشت از کانال را پیش‌بینی می‌کند. عراق علوی (۱۳۷۳) در تحقیقاتی روی کانال‌های خاکی پایین‌دست سد زاینده رود ضمن ارزیابی روش‌های تجربی برآورد نشت، میزان نشت از کل تلفات را ۹۸/۵ درصد و سهم تبخیر و تعرق را ۱/۵ درصد برآورد نمود. فتاحی (۱۳۸۳) با استفاده از المان PLANE55-2D و نرم افزار ANSYS مسأله میزان نشت جریان آب و گرادیان هیدرولیکی در پشت سپر را برآورد نمود.

با توجه به نتایج آنالیز، مشاهده شد که میزان نشت آب و گرادیان هیدرولیکی حداکثر برآوردی توسط این نرم‌افزار و روش‌های تئوری و نظری تقریباً برابر و دارای اختلاف خیلی جزئی و قابل اغماض می‌باشند. بنابراین با المان محدود و برنامه ای نظیر ANSYS می‌توان به راحتی مسائل پیچیده نشت آب در پشت سپر را برآورد و گرادیان هیدرولیکی حداکثر را با دقتی برابر نتایج تئوری و نظری بدست آورد. سالمی و سپاسخواه (۱۳۸۵) مقادیر تلفات آب در تعدادی از کانال‌های خاکی منطقه رودشت اصفهان را اندازه گیری و با مقایسه با مقادیر به‌دست آمده از معادلات تجربی، معادلات را برای منطقه مورد مطالعه اصلاح کردند. آنها پس از اصلاح گزارش کردند که معادلات اینگهام و موریتز بالاترین ضریب تشخیص را برای منطقه داشته‌اند. ملک‌پور و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از مدل SEEP/W جریان آب زیرزمینی به سمت کانال احداث شده در زیر سطح آب زیرزمینی را شبیه‌سازی نمودند. در مدل محاسباتی تهیه شده بررسی‌ها به ازای تغییرات سه پارامتر اصلی، شامل اختلاف تراز سطح آب زیرزمینی و سطح خاک، شعاع تاثیر کانال (فاصله افقی شروع منحنی افت تا محور کانال) و ضخامت لایه آبدار انجام گرفت. نتایج محاسبات حاکی از تجمع خطوط جریان عمدتاً در کف

کانال بوده و نشان می‌دهد که افزایش شعاع تاثیر (R) موجب کاهش دبی نشت و در مقابل افزایش ضخامت لایه آبدار (H)، باعث افزایش دبی نشت شده و در نسبت معینی از R/H، مقدار عددی دبی نشت ثابت می‌شود. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با به‌کارگیری فیلتر و زهکش در کف کانال می‌توان قسمت اعظم زه‌آب‌نشتی و نیروی زیرفشار را بدون نیاز به استفاده از زهکش و فیلتر برای کل مقطع کانال کنترل کرد. رستمیان و کوپایی (۱۳۹۰) توانایی مدل SEEP/W را برای تخمین میزان نشت آب تعدادی از کانال‌های خاکی زیردست سد زاینده‌رود بررسی نمودند. به همین منظور میزان نشت در هفت کانال خاکی درجه سه و چهار منطقه توسط مدل SEEP/W شبیه‌سازی شد و با نتایج روش بیلان آبی مقایسه گردید. سپس میزان نشت با استفاده از چهار روش تجربی شامل دیویس و ویلسون، مولس ورثینی دومیا، موریتز و اینگهام نیز محاسبه شد. نتایج بیانگر توانایی بالای مدل SEEP/W در تخمین میزان نشت آب از کانال‌های خاکی درجه ۳ منطقه مورد مطالعه و ضعف معادلات تجربی بود.

برای استفاده از معادلات تجربی باید این معادلات برای شرایط محلی واسنجی گردند. محمدنژاد و علیزاده (۱۳۹۱) به مطالعه و مقایسه کارایی استفاده از پتوی رسی دیواره‌های سپری و پوشش‌های سنتتیک در کاهش اثرات سوء نشت از مقطع تیپ یک سد خاکی ناهمگن فرضی پرداختند. مقادیر نشت از پی و بدنه سد خاکی و نیز گرادیان هیدرولیکی حداکثر افقی و قائم خروجی در پنجه سد با بهره‌گیری از مدل SEEP/W مبتنی بر روش اجزای محدود محاسبه شد.

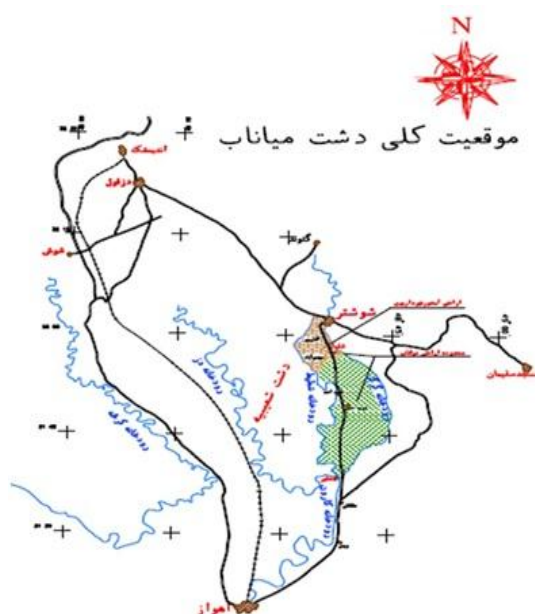
نتایج نشان داد که صرف‌نظر از امکانات اقتصادی اجرایی و محلی برای مقطع مطلوب سد خاکی بهترین روش کنترل نشت و گرادیان خروجی به‌کارگیری دیواره سپری در موقعیت میانی پی همراه با پوشش کامل سنتتیک می‌باشد. Kemper و Kahlown (۲۰۰۴) به بررسی تأثیر دیواره‌های کانال در میزان نشت از کانال پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در صورت بهبود دیواره، دبی نشت به اندازه ۲۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. همچنین ۸۰ درصد مقدار نشت از هشت سانتی‌متری بالای خاکریز کانال‌های قدیمی اتفاق می‌افتد. Ji و همکاران (۲۰۰۵) عوامل اصلی تأثیرگذار بر میزان تراوش از کانال‌های فرسایش‌پذیر را در نظر گرفتند و با استفاده از مدل SEEP/W به تحلیل نشت از کانال‌های خاکی و اصلاح ضریب فرمول تجربی موریتس پرداختند. Kinzli و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های دستگاه ADCP به تخمین میزان نشت از کانال‌های آبیاری پرداختند و رابطه‌ای بر اساس سرعت جریان و مشخصات هندسی کانال برای تخمین میزان نشت از کانال ارائه کردند.

در این مقاله میزان و خط‌آزاد نشت از کانال آبیاری و زهکشی میاناب واقع در حوضه کارون به ازای عمق‌های مختلف جریان در کانال اصلی با استفاده از مدل ریاضی دوبعدی SEEP/W شبیه‌سازی می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت میاناب شوشتر در جنوب غربی ایران در استان خوزستان و در ناحیه‌ای بین عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و دو دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۹ درجه و پنج دقیقه شرقی واقع شده است. وسعت این دشت ۴۳۰۰۰ هکتار است که از آن ۳۶۸۵۰ هکتار اراضی قابل کشت محسوب می‌شود. این دشت از شمال به شهر شوشتر و از جنوب به تپه‌های عله، از شرق به رودخانه گرگر و از غرب به رودخانه شطیط محدود شده است. به‌طور کلی اطراف دشت میاناب را دو رودخانه فوق‌الذکر احاطه کرده است و راه دسترسی آن به نواحی خارج از منطقه تنها از طریق دو محل یکی بند قیر و دیگری پل آزادگان به ترتیب به اهواز و دزفول می‌باشد. به همین دلیل این دشت را جزیره میاناب شوشتر نیز نامیده‌اند. شیب غالب دشت میاناب از شمال به جنوب و از حواشی به سمت مرکز دشت است. به طوری که ناحیه گودی در امتداد شمال به جنوب در نواحی مرکزی دشت ایجاد شده است که زهکش اصلی دشت در آن ناحیه احداث شده است و محل تخلیه آب‌های اضافی دشت محسوب می‌شود. (شکل ۱) موقعیت دشت میاناب را نشان می‌دهد. کانال مورد مطالعه دارای سه مقطع به ترتیب در کیلومتر ۵+۹۷۲ ، ۶+۰۷۲ و ۶+۱۷۲ می‌باشد که فاصله بین مقاطع ۱۰۰ متر است و در مجموع ۲۰۰ متر طول کانال می‌باشد. مشخصات هیدرولیکی اندازه‌گیری شده کانال مذکور به شرح (جدول ۱) می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت دشت میاناب

## جدول ۱: مشخصات هیدرولیکی اندازه‌گیری شده کانال

دبی (متر مکعب بر ثانیه)	عرض کف کانال (متر)	عمق جریان (متر)	طول کانال (متر)	شیب طولی کانال (متر بر متر)	شیب جداره‌های کانال (متر بر متر)	ارتفاع کف کانال تا رقوم بتنی دیواره کانال (متر)	ارتفاع کف کانال تا رقوم بتنی دیواره کانال (متر)
۱۱/۶	۳	۲/۱۳	۲۰۰	۰/۰۰۰۱۵	۱:۱/۵	۲/۹	۲/۴

## معرفی مدل SEEP/W

SEEP/W یک محصول نرم‌افزاری با المان‌های متناهی است که از آن می‌توان در مدل‌سازی نحوه جابجایی و توزیع فشار آب منفذی در داخل مواد متخلخل مانند خاک و صخره استفاده کرد. فرمولاسیون جامع و گسترده آن امکان آنالیز مسائل ساده و بسیار پیچیده نشت آب را فراهم می‌آورد. این نرم افزار در آنالیز و طراحی پروژه‌های ژئوتکنیکی، عمرانی، هیدرولوژیکی و معدن کاربرد دارد. SEEP/W یک برنامه کلی آنالیز نشت آب است که جریان محیط‌های اشباع و غیر اشباع را مدل‌سازی می‌کند. برای اینکه نتایج آنالیز، با واقعیت شباهت بیشتری داشته باشند، لازم است که در مدل‌سازی آب زیرزمینی جریان غیراشباع را نیز در نظر بگیریم. در خاک‌ها، ضریب هدایت هیدرولیکی و میزان گنجایش حجمی آب، یا آب ذخیره شده به صورت تابعی از فشار آب منفذی تغییر می‌کند. نرم‌افزار SEEP/W، این روابط را به صورت تابع پیوسته‌ای مدل‌سازی می‌کند. اکثر دیگر نرم‌افزارهای مشابه این مسئله را در نظر نمی‌گیرند و به جای آن، از یک سری فرضیات غیر واقعی فیزیکی استفاده می‌کنند که در واقع توابع مرحله‌ای هستند. به عنوان مثال، در فشار آب منفذی صفر و بزرگتر از آن (یعنی زیر سطح ایستابی)، مقدار هدایت هیدرولیکی آب به صورت اشباع فرض می‌شود و یا در فشار آب منفذی کوچک‌تر از صفر (یعنی بالای سطح ایستابی)، مقدار هدایت هیدرولیکی آب صفر است. استفاده از چنین توابع مرحله‌ای غیر واقعی در مدل‌سازی قابلیت هدایت هیدرولیکی خاک و میزان گنجایش حجمی آب می‌تواند منجر به نتایج نادرست شود.

## نتایج و بحث

## محاسبه میزان نشت و خط آزاد نشت به روش تقریبی

روش‌های متعددی برای محاسبه تلفات آب در کانال‌ها وجود دارد که از میان آنها روش‌های تجربی، تحلیلی و مدل‌های گرافیکی بیش‌ترین کاربرد را دارند. یکی از روش‌های تجربی که می‌توان از آن نام برد رابطه پیشنهادی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) است که به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف) مقاطع دوزنقه‌ای برای حالتی که  $\frac{b}{d} < 4$  باشد

$$Q = K_s \cdot U \cdot (W_s + 2d) \frac{1}{P} \quad \text{رابطه ۱:}$$

ب) مقاطع دوزنقه‌ای برای حالتی که  $\frac{b}{d} > 4$  باشد

$$Q = K_s (W_s + Ad) \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن B عرض کف بر حسب متر، d عمق آب در کانال بر حسب متر،  $W_s$  عرض سطح آب در کانال بر حسب متر و P محیط خیس شده بر حسب متر می باشد.  $K_s$ ، A، U بر حسب بافت خاک، شیب جداره و نسبت عرض کف طبق جداول زیر تعیین می‌شود.

جدول ۲: مقادیر ضریب U بر اساس رابطه پیشنهادی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)

مقادیر ضریب U	b/d	۲	۳	۴
		۱/۵=Z	۰/۷۸	۰/۹۶

جدول ۳: مقادیر ضریب  $K_s$  بر اساس رابطه پیشنهادی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)

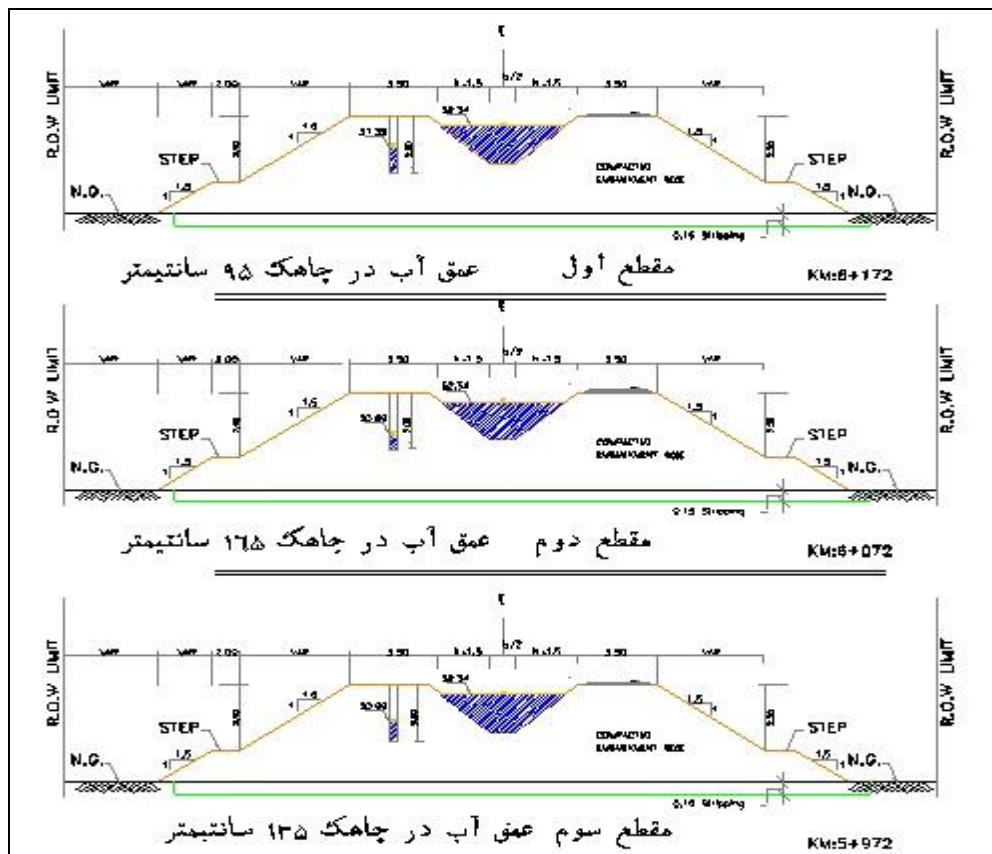
بافت خاک	سبک	لوم متوسط	لوم ماسه‌ای	نیمه سنگین	سنگین
$K_s$	۰/۰۵	۰/۰۵-۰/۱	۰/۱-۰/۵	۰/۵-۱	۱-۵

جدول ۴: مقادیر ضریب A بر اساس رابطه پیشنهادی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)

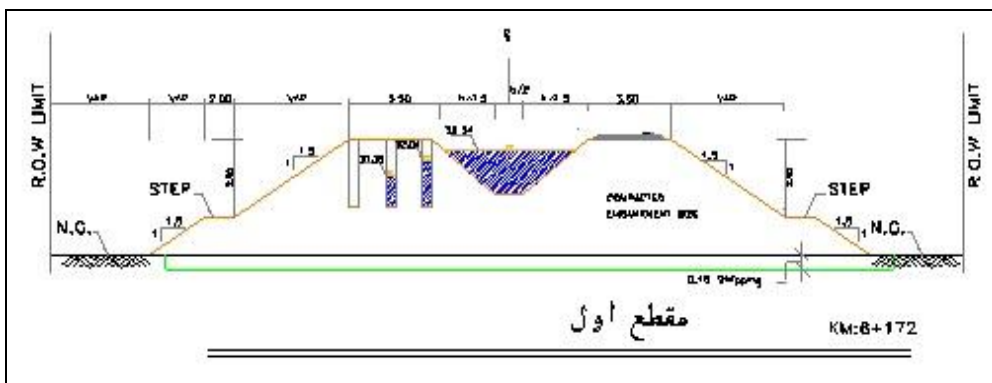
مقادیر A	b/d	۵	۶	۷	۱۰
		۱/۵=Z	۲/۵	۲/۷	۳

(۱) پس از بررسی‌های به عمل آمده خصوصاً در مسئله نشت آب از کانال به زمین‌های زراعی و بعضاً مناطق مسکونی، اقداماتی به شرح زیر انجام گرفت: یک: در سه مقطع ۵+۹۷۲، ۶+۰۷۲ و ۶+۱۷۲ روی برم کانال (در نقطه آکس برم) گمانه‌هایی به عمق حدوداً دو متر زده و سطح آب در آن‌ها قرائت شد. (توضیحاً قرائت سطح آب ۲۴ ساعت در دو نوبت انجام گرفت) که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. (۲) از بین سه مقطع بررسی شده مقطع شماره ۱ واقع در کیلومتر ۶+۱۷۲ که سطح آب در آن بالاتر از دو مقطع دیگر بود به عنوان مقطع بحرانی انتخاب و با دقت بیشتر مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور طرفین آن مطابق (شکل ۳) گمانه‌هایی زده شد که پس از قرائت در دو نوبت (باتوجه به تثبیت سطح ایستایی) تراز آب مطابق (شکل ۳) می‌باشد. (۳) با توجه به (شکل ۳) شیب تقریبی سطح آب را می‌توان مطابق (شکل ۴) در نظر گرفت. توضیحاً منحنی واقعی سطح آب در بدنه سازه‌های خاکی آب بند بر اساس مبانی مکانیک خاک معمولاً خطی نمی‌باشد، ولی ترسیم دقیق آن مستلزم حفر تعداد زیادی گمانه و بررسی‌های کامل می‌باشد. اما به شکل محافظ کارانه در جهت اطمینان می‌توان تراز سطح آب را با یک خط تقریب زد. (لازم به ذکر است که روش زیر به-

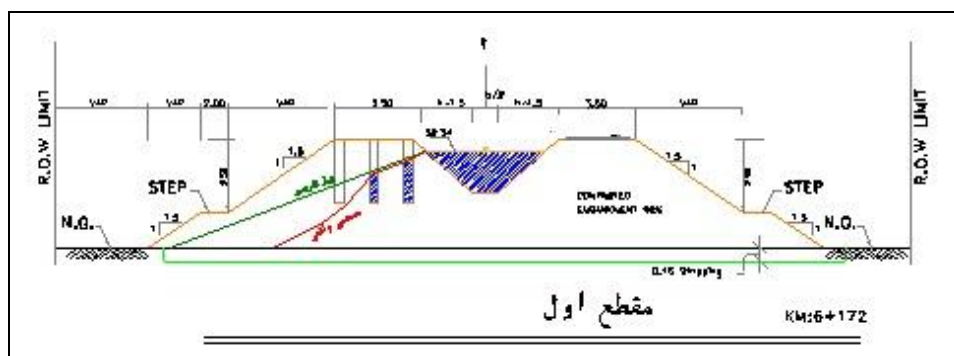
صورت تجربی می‌باشد و دقیق نیست و به همین جهت در راستای برآورد نشت و تأثیر آن بر روی دیواره پایین دست کانال از نرم‌افزار استفاده شد که نتیجه‌ای کاملاً معکوس با این روش به دست آمد و در ادامه نتایج حاصل از مدل ارائه خواهد شد. به منظور مقایسه نشت موجود با نشت مجاز روش‌ها و تکنیک‌های متعددی وجود دارد که روش رایج و ساده در این زمینه روش تقریبی ۱:۴ می‌باشد. با پذیرفتن این روش سطح آب موجود در بدنه کانال با سطح مجاز آب در (شکل ۵) مقایسه شده است.



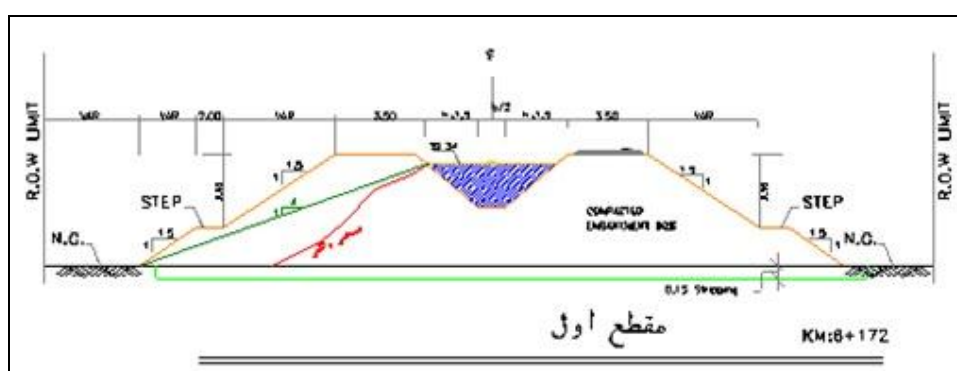
شکل ۲: مقاطع مورد مطالعه



شکل ۳: مقطع انتخابی به عنوان مقطع بحرانی



شکل ۴: ترسیم خط نشت بصورت تقریبی



شکل ۵: مقایسه نشت موجود با نشت مجاز در روش تقریبی

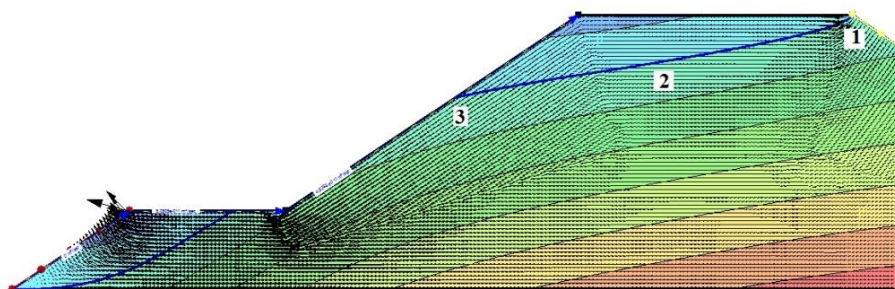
علاوه بر کنترل سطح آب، می‌توان مستقیماً به کمک فرمول دارسی، دبی عبوری از یک متر طول کانال (در مقطع بحرانی) را تعیین و با دبی مجاز مقایسه نمود. عمق آب کانال در کیلومتر  $6+172$  برابر  $2/13$  متر و عرض کف سه متر می‌باشد. در این مقطع با توجه به اختلاف تراز سطح آب برابر با  $1/7$  متر و فاصله  $3/5$  متر، گرادیان هیدرولیکی برابر با  $0/48$  متر در متر به دست می‌آید. بنابر این با توجه به مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی برابر با  $10^6 \times 2$  متر در ثانیه، دبی نشت در واحد طول کانال بر اساس رابطه دارسی  $0/002$  لیتر در ثانیه در متر به دست می‌آید.

#### تعیین میزان نشت و خط آزاد نشت در کانال با مدل ریاضی SEEP/W

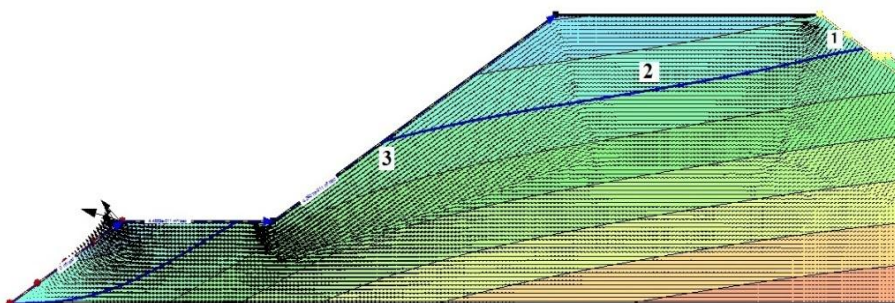
به منظور تعیین سطح آزاد نشت در کانال با استفاده از مدل SEEP/W ابتدا اقدام به ترسیم هندسه مقاطع نموده و سپس با استفاده از اطلاعات موجود، مدل راه‌اندازی گردید. با توجه به اینکه، تنها عامل تأثیرگذار بر روی محل تشکیل خط نشت، تراز آب در کانال می‌باشد، ترازهای مختلف سطح آب در کانال مورد بررسی قرار گرفته است تا بتوان در مورد برخورد خط نشت با خاکریز کانال با اطمینان بیشتری نظر داد. (شکل ۶) تا (شکل ۱۰) خط آزاد نشت به ازای پنج تراز مختلف سطح جریان آب در کانال اصلی و همچنین تراز خط آزاد نشت در سه نقطه شامل نقطه ابتدایی (محل تلاقی سطح آزاد آب در کانال اصلی و بدنه)، نقطه میانه خاکریز و نقطه انتهایی (محل برخورد خط آزاد نشت با شیب پائین دست



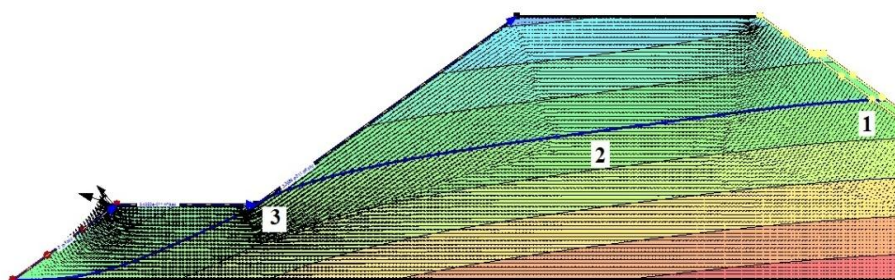
خاکریز) را نشان می‌دهند. با توجه به شکل ۶ تا شکل ۱۰ می‌توان دریافت که زمانی که تراز سطح جریان آب در کانال اصلی برابر و یا بیش‌تر از  $1/69$  متر باشد، خط آزاد نشت دیواره پائین دست خاکریز را قطع می‌کند. علاوه بر این (جدول ۵) مقادیر ترازهای خط نشت در سه نقطه و شیب خط نشت به ازای رقوم مختلف سطح آب در کانال اصلی را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول می‌توان دریافت که با افزایش رقوم سطح آب در کانال اصلی و بتبع افزایش عمق جریان آب در کانال اصلی، شیب خط نشت افزایش می‌یابد. شکل ۱۱ نمودار تغییرات شیب خط نشت نسبت به عمق جریان آب در کانال اصلی و همچنین معادله خط برازش را نشان می‌دهد. با توجه به معادله خط برازش نرخ تغییرات شیب خط آزاد نشت نسبت به عمق جریان در کانال اصلی برابر با  $0/0531$  می‌باشد.



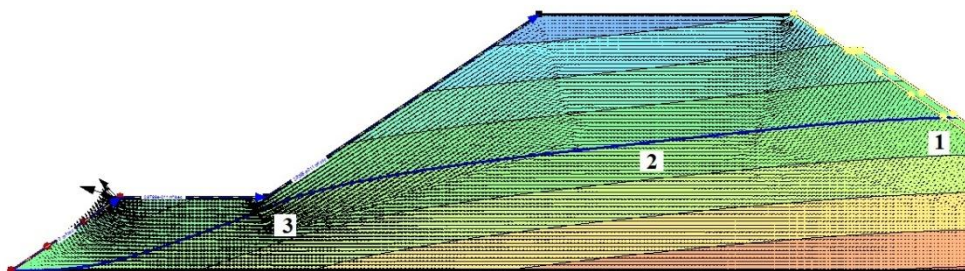
شکل ۶: تراز خط نشت به ازای تراز آب در کانال اصلی برابر با  $33/11$  متر



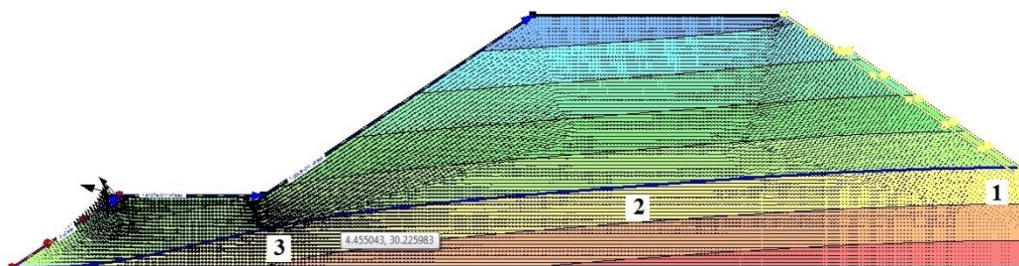
شکل ۷: تراز خط نشت به ازای تراز آب در کانال اصلی برابر با  $32/7$  متر



شکل ۸: تراز خط نشت به ازای تراز آب در کانال اصلی برابر با  $32$  متر



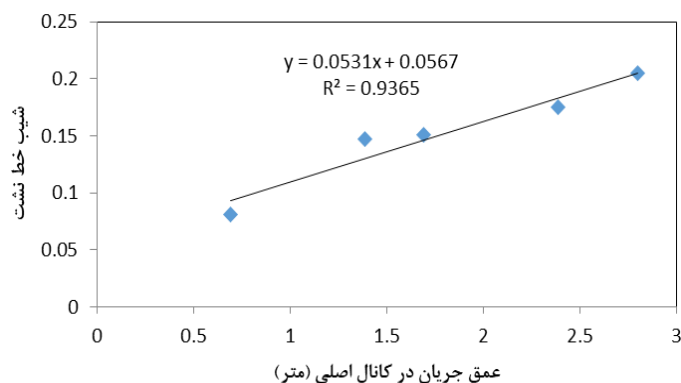
شکل ۹: تراز خط نشت به ازای تراز آب در کانال اصلی برابر با ۳۱/۷ متر



شکل ۱۰: تراز خط نشت به ازای تراز آب در کانال اصلی برابر با ۳۱ متر

جدول ۵: تراز های مختلف آب در کانال و مقادیر متناظر خط نشت

تراز آب در کانال اصلی (متر)	عمق جریان در کانال اصلی (متر)	تراز نقطه اول خط نشت (روی جداره کانال اصلی) (متر)	تراز نقطه دوم خط نشت (میانه پوسته) (متر)	تراز نقطه سوم خط نشت (روی خاکریز پایین دست) (متر)	شیب خط نشت
۳۳/۱۱	۲/۸	۳۳/۱۱	۳۲/۵	۳۲/۰۷	۰/۲۰۵
۳۲/۷	۲/۳۹	۳۲/۷	۳۲/۱۸	۳۱/۵۸	۰/۱۷۵
۳۲	۱/۶۹	۳۲	۳۱/۶	۳۰/۶۴	۰/۱۵۱
۳۱/۷	۱/۳۹	۳۱/۷	۳۱/۳۴	۳۰/۴۴	۰/۱۴۷
۳۱	۰/۶۹	۳۱	۳۰/۷۵	۳۰/۱۴	۰/۰۸۱



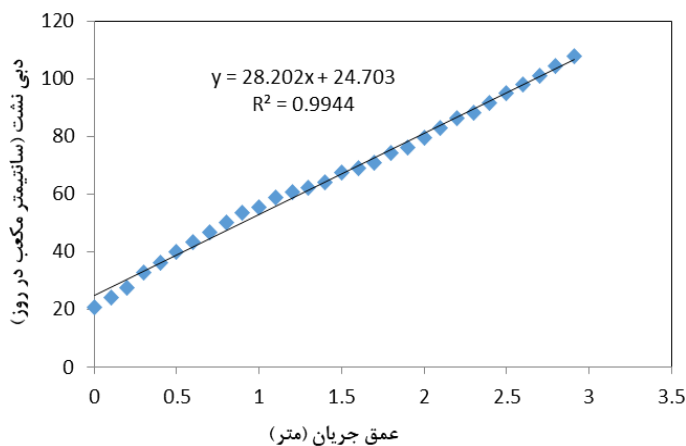
شکل ۱۱: نمودار تغییرات شیب خط نشست نسبت به عمق جریان آب در کانال اصلی

**تأثیر ضریب هدایت هیدرولیکی (K) بر روی خط آزاد نشست و میزان نشست**

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مشخص شد که ضریب هدایت هیدرولیکی هیچ نقشی در تعیین موقعیت مکانی خط نشست ندارد، زیرا که خط نشست متأثر از ضریب هدایت هیدرولیکی نمی‌باشد و عاملی که روی موقعیت خط نشست تأثیر می‌گذارد، رقوم سطح جریان آب در کانال اصلی می‌باشد که شکل ۶ تا شکل ۱۰ تأییدکننده این موضوع می‌باشد.

**تعیین معادله دبی نشست از خاکریز نسبت به عمق‌های مختلف جریان در کانال اصلی**

به منظور تعیین معادله نشست، اعماق مختلف جریان در کانال منظور شد. سپس به ازای اعماق مختلف، میزان دبی نشست توسط مدل محاسبه شد. شکل ۱۲ نمودار تغییرات دبی نشست از خاکریز سمت چپ و راست نسبت به ارتفاع آب در کانال اصلی و معادله خط برازش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود دبی نشست از خاکریز سمت چپ و راست رابطه مستقیم با عمق آب در کانال اصلی دارد و نرخ تغییرات دبی نشست نسبت به تغییرات عمق جریان برابر با ۲۸/۲ سانتیمتر مکعب در روز به ازای یک متر عمق جریان می‌باشد.



شکل ۱۲: نمودار تغییرات دبی نشست از خاکریز سمت چپ و راست نسبت به عمق جریان در کانال اصلی

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رقوم سطح آب در کانال اصلی و افزایش عمق جریان آب در کانال اصلی، شیب خط نشت افزایش می‌یابد. همچنین زمانی که تراز سطح جریان آب در کانال اصلی برابر و یا بیش‌تر از ۳۲ متر باشد، یا به عبارتی عمق جریان در کانال اصلی برابر و یا بیش‌تر از ۱/۶۹ متر باشد، خط آزاد نشت دیواره پائین دست خاکریز را قطع می‌کند. ضریب هدایت هیدرولیکی هیچ نقشی در تعیین موقعیت مکانی خط نشت ندارد. زیرا که خط نشت متأثر از ضریب هدایت هیدرولیکی نمی‌باشد و عاملی که روی موقعیت خط نشت تأثیر می‌گذارد، رقوم سطح جریان آب در کانال اصلی می‌باشد. دبی نشت از خاکریز سمت چپ و راست رابطه مستقیم با عمق آب در کانال اصلی دارد و نرخ تغییرات دبی نشت نسبت به تغییرات عمق جریان در کانال اصلی برابر با ۲۸/۲ سانتی‌متر مکعب در روز به ازای یک متر عمق جریان می‌باشد. مقایسه خط آزاد نشت موجود با خط آزاد نشت مجاز به دست آمده با روش تقریبی رایج و ساده ۱:۴ حاکی از آن است که خط آزاد نشت موجود دیواره پائین دست خاکریز کانال را قطع نمی‌کند. در صورتی که شبیه‌سازی خط آزاد نشت با به-کارگیری مدل SEEP/W نشان می‌دهد که به ازای عمق جریان در کانال اصلی برابر یا بیش‌تر از ۱/۶۹ متر خط آزاد نشت دیواره پائین دست خاکریز را قطع می‌کند و جریان نشت به زمینهای مجاور برقرار بوده که احتمال فرسایش و تخریب شیب دیواره پائین دست خاکریز وجود دارد.

## منابع

- حیدری‌زاده، م. (۱۳۶۹). بررسی تلفات نشت از کانال‌های آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- رستمیان، ر. و کوپایی، ج. ع. (۱۳۹۰). ارزیابی مدل نرم افزاری SEEP/W در برآورد میزان نشت آب از کانال‌های خاکی (مطالعه موردی شبکه آبیاری زاینده رود). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. جلد ۱۵، شماره ۵۸، ص ۱۳-۲۲.
- سالمی، ح. و سپاسخواه، ع. (۱۳۸۵). اصلاح معادلات تجربی نشت آب از کانال در منطقه روددشت اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۰، شماره ۱، ص ۲۹-۴۳.
- عراق‌علوی، س. (۱۳۷۳). مدیریت توزیع آب زاینده رود بر اساس برآورد راندمان انتقال آب در کانال‌های زیردست سد. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

فتاحی، س. ع. (۱۳۸۳). محاسبه نشت آب و گرادیان هیدرولیکی در پشت سپر به کمک اجزاء محدود. اولین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی شریف.

محمدنژاد، ب. و علیزاده، ز. (۱۳۹۱). ارزیابی روش‌های کاهش اثرات نشت و زیرشویی در سدهای خاکی. سومین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

ملک پور، ا.، رحیمی، ح. و احمدی، ح. (۱۳۸۵). بررسی اثر سطح آب زیرزمینی و ضخامت لایه آبدار بر میزان جریان نشت معکوس به کانال. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب. ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵، اهواز، ایران.

**Ji, C.N., Wang, Z.Y. and Shi, Y. (2005).** Application of modified EP method in steady seepage analysis. *Computers and Geotechnics*, 32(1), pp: 27-35.

**Kahlown, M. A. and Kemper, W. D. (2004).** Seepage losses as affected by condition and composition of channel banks. *Agricultural Water Management*, 65(2), pp:145-153.

**Kinzli, K. D., Martinez, M., Oad, R., prior, A. and Gensler, D. (2010).** Using an ADCP determine canal seepage loss in an irrigation district. *Agricultural Water Management* 97(6), pp:801-810.