

## بررسی تاثیر مقدار جریان رودخانه بر آبگیری زیرسطحی با محیط متخلخل در رودخانه‌های فصلی

رامین منصوری<sup>\*۱</sup> - کاظم اسماعیلی<sup>۲</sup> - علی نقی ضیائی<sup>۳</sup> - حسین انصاری<sup>۴</sup> - سعید رضا خدائشناس<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۰

### چکیده

جمع‌آوری جریان‌های زیر سطحی و یا جریان‌های ناچیز پایه در رودخانه‌های فصلی مناطق خشک در کشاورزی فاریاب یا کشت تکمیلی اراضی دیم اهمیت بسزایی دارد. از این رو استفاده از محیط متخلخل و شبکه زهکشی که قادر به انحراف جریان‌های سطحی و زیر سطحی می‌باشد، می‌تواند بعنوان جایگزین روش‌های پرهزینه متداول آبگیری از این رودخانه‌ها مد نظر قرار گیرد. در این تحقیق مدلی آزمایشگاهی از سازه جمع‌آوری جریان و شبکه زهکشی برای انحراف جریان ساخته شد و در آن میزان جریان انحرافی با شبکه زهکشی با فواصل و عمق‌های متفاوت منجر از دبی‌های مختلف جریان اصلی رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مقدار جریان انحرافی رابطه مستقیم با دبی ورودی بالادست دارد و با افزایش فاصله بین زهکش‌ها (کاهش تعداد زهکش‌های موثر) دبی هر زهکش افزایش می‌یابد، بطوریکه با کاهش تعداد زهکش‌ها موثر به نصف دبی کل ۳۵ درصد کاهش می‌یابد. دبی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل روندی نزولی داشته و در دبی‌های اندک جریان اصلی، دبی زهکش‌های انتهایی به صفر می‌رسد. از بررسی اثر طول محیط متخلخل با تعداد یکسان زهکش موثر مشخص شد که دو برابر شدن طول محیط متخلخل باعث کاهش ۵ درصدی در دبی انحرافی و سه برابر شدن طول محیط متخلخل کاهش ۲۲ درصدی دبی انحرافی را به همراه دارد. در بررسی نحوه آرایش زهکش‌ها نیز مشخص گردید که استفاده از دو عمق زهکش همزمان با کوتاه‌تر شدن محیط متخلخل با توجه به کاهش ۶ درصدی دبی نسبت به حالت تک عمقی، مناسب تر می‌باشد. در نهایت مدل‌های ریاضی رگرسیونی برای طراحی سازه آبگیر زیر سطحی با محیط متخلخل و شبکه زهکشی ارائه گردید.

**واژه‌های کلیدی:** آبگیر زیر سطحی، جریان زیر سطحی، محیط متخلخل، شبکه زهکشی، دبی ورودی، مدل رگرسیونی

### مقدمه

ایجاد می‌شوند و آب از طریق آن آبگیری می‌گردد. به طور کلی می‌توان آبگیرهای کفی را به دو دسته آبگیر کفی مشبک و آبگیر کفی با محیط متخلخل تقسیم بندی کرد.

تحقیقات در مورد خصوصیات هیدرولیکی آبگیر کفی با کف مشبک برای اولین بار توسط گروت (۱۰) شروع گردید. وی با انجام آزمایشاتی بر روی آبگیر کفی با میله‌های طولی رابطه ای برای مقدار جریان منحرف شده ارائه کرد. همچنین می‌توان به کارهای، دی مارچی (۱۰)، بووارد (۸)، کانتزمن و بووارد (۱۰)، اورث و همکاران (۱۶)، نوسدا (۱۵)، فرانک (۱۰)، مستکو (۱۴)، کروچین (۱۰)، برونلا و همکاران (۹)، ریگتی و همکاران (۱۷) و مغربی و رزاز (۴) که در مورد آبگیر کفی با کف مشبک صورت گرفته، اشاره نمود که منجر به ارائه توصیه‌ها و روابطی برای طراحی و مقدار جریان انحرافی گردیده است. بکارگیری از شبکه فلزی در آبگیرهای کفی مشکلاتی به همراه دارد که مهم‌ترین موارد آن نگهداری سیستم و تخلیه رسوبات از آن می‌باشد. از میان مشکلاتی که در آبگیری با کفهای مشبک وجود دارد

آبگیری از رودخانه یکی از قدیمی ترین مسایل مطرح در زمینه مهندسی هیدرولیک می‌باشد، با این وجود طراحی یک سازه آبگیر در یک رودخانه طبیعی، امروزه نیز امری مهم به شمار می‌رود. نحوه آبگیری از رودخانه با توجه به شرایط جریان، اقلیم و توپوگرافی منطقه تعیین می‌گردد. آبگیری از رودخانه را می‌توان به دو دسته اصلی آبگیری به روش پمپاژ و ثقلی تقسیم بندی کرد. آبگیر کفی نوعی از سازه آبگیر ثقلی است که تخلیه بخشی از جریان توسط آن از کف مجرا انجام می‌شود. این نوع سازه در قسمتی از طول و در بخشی یا تمامی عرض در کف مجرا به صورت بازشدگی یا محیط متخلخل

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، استادیار، استادیار، دانشیار و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(\* - نویسنده مسئول: Email : Ramin\_Mansouri@yahoo.com)

سیستم زهکشی درون آن در بخشی از طول رودخانه مطرح شد. این نوع آبیگری با الگو گیری از روش کهن زهکشی بستر رودخانه ها با استفاده از آبروهای زیرزمینی (Infiltration gallery) ایجاد گردیده است که در این زمینه عصاره و همیلتون (۷) تحقیقاتی را صورت دادند. در این روش، خاک بخشی از بستر رودخانه بصورت یک ترانشه طولی تخلیه و پس از نصب یک شبکه زهکشی درون آن از مواد درشت دانه پر می‌گردد؛ که قابلیت جذب جریانهای زیر سطحی و نیز بخشی از جریانهای سطحی را خواهد داشت، که از طریق شبکه زهکشی ایجاد شده می‌توان جریان جمع آوری شده را به محل مورد نظر انتقال داد. طرح‌هایی از این دست در چند نقطه کشور اجرا شده است که بنظر می‌رسد نتایج تحقیقات علمی پشتوانه اجرایی آن‌ها نبوده است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی آزمایشگاهی کارایی مدل جدید آبیگری کفی با محیط متخلخل و شناسایی پارامترهای موثر بر میزان دبی انحرافی جهت بهبود عملکرد آن و ارائه مدلی برای طراحی این سازه است. در این مقاله عملکرد سیستم زهکش در دبی‌های مختلف جریان اصلی مد نظر قرار می‌گیرد تا کارایی در فصول خشک و پربابی بررسی شده و با توجه به جریان اصلی، متغیرهای موثر مشخص گردیده و روابطی برای طراحی ارائه گردد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق مدل آزمایشگاهی با توجه به یک نمونه اصلی اجرا شده در روستای بیابانشیر از توابع شهرستان تربت حیدریه تهیه گردید. این مدل در دو مقیاس نسبت به نمونه اصلی (مقیاس طولی ۱/۱۰۰ و مقیاس عرضی ۱/۵) به صورت یک مکعب مستطیل به ابعاد  $2 \times 1 \times 1$  (ارتفاع  $\times$  عرض  $\times$  طول) از جنس ورق گالوانیزه می‌باشد (شکل ۱). برای کنترل سطح آب در دو سمت این مکعب مستطیل به فاصله ۲۵ سانتی متر از هر طرف ورق‌های مشبک قرار گرفته است. به منظور جلوگیری از شسته شدن محیط متخلخل به مخازن کنترل سطح آب در دو طرف سطح این صفحه مشبک با دو لایه گونی پوشیده شد. در این تحقیق از لوله‌های سه لایه با قطر خارجی ۱۶ و قطر داخلی ۱۰ میلی متر استفاده شده است. با توجه به استانداردهای ارائه شده توسط FAO مبنی بر اینکه سوراخ‌های ایجاد شده در چهار ردیف و مجموع کل مساحت سوراخ‌ها (مساحت باز شدگی) می‌بایست ۱ تا ۳ درصد کل سطح لوله باشد و نیز بر اساس استانداردهای اروپا مجموع این مساحت‌ها نباید از ۱۲۰۰ میلی متر مربع بیشتر باشد (۳). در این استاندارد قطر سوراخ‌ها می‌بایست بین ۰/۶ تا ۲ میلی متر باشد. از اینرو بر روی لوله‌های فوق در چهار ردیف و در هر ردیف ۹۶ سوراخ به فواصل تقریباً ۱ سانتی متر به صورت زیگزاگی با متنه به قطر خارجی ۲ میلی متر ایجاد گردید. در مجموع در طول ۱ متر از لوله ۲/۴ درصد

می‌توان به ناپایداری جریان، گرفتگی دهانه آبیگری توسط شاخ و برگ درختان یا رسوبات، یخ زدن، پوسیدن و لرزش میله‌ها اشاره کرد. در مورد ناپایداری جریان برونلا و همکاران (۸) تحقیقاتی را صورت دادند. در زمینه یخ زدگی مطالعاتی صورت گرفته است (ویلیامز، مایکل، استرکمپ، مارتین، دالی، اشتون و رزاق) (۱۰). به منظور فائق آمدن بر مشکلات آبیگریهای کفی با کف مشبک، ایده جایگزینی یک محیط متخلخل تراوا مطرح شد.

بازرگان و بیات (۳) برای آبیگری از رودخانه، طرح آبیگری سنگدانه‌ای را مطالعه نموده و دریافتند که با افزایش جریان ورودی، میزان دبی انحراف در ابتدا زیاد و سپس به تدریج به مقدار ثابتی می‌رسد. همچنین اندازه ذرات محیط متخلخل نیز بر میزان دبی انحراف تاثیر قابل ملاحظه داشته چنانکه با افزایش اندازه ذرات، میزان دبی انحرافی روند افزایشی را نشان می‌دهد. ایشان با استفاده از آنالیز ابعادی و رگرسیون چند متغیره روابطی برای مقدار جریان منحرف شده و ضریب دبی ارائه کرد. همچنین نقوی و همکاران (۶) به منظور بررسی رسوب گرفتگی و کاهش گذردهی این نوع آبیگری، آزمایشات با چندین نوع رسوب مختلف تکرار و با نتایج جریان بدون رسوب مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که تاثیر گرفتگی ناشی از رسوبات در جریان رسوبدار با افزایش شیب سطح محیط متخلخل کاهش یافته و ضریب گذردهی (دبی انحرافی به دبی جریان اصلی) افزایش می‌یابد. علاوه بر این ضریب گذردهی در هر دو حالت حدوداً بین ۰/۱۳ تا ۰/۶ بوده و وجود رسوبات، گذردهی آبیگری را در شرایط مختلف نسبت به جریان زلال ۵ تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. معادلات تجربی بدست آمده از ضرایب گذردهی نشان می‌دهند که مهمترین عوامل جهت بهبود عملکرد آبیگری انتخاب دانه بندی و شیب مناسب برای محیط متخلخل آبیگری است که بواسطه آن نسبت تغییرات ضریب گذردهی جریان رسوبدار به زلال ناچیز می‌شود. استفاده از محیط متخلخل به این صورت نیز با محدودیت‌ها و مشکلاتی همراه است که از جمله می‌توان به عدم کارایی آن برای انحراف جریان‌های زیر سطحی در فضولی رودخانه فاقد جریان سطحی است، اشاره کرد. دیگر مشکلات این سازه ناپایداری جریان در کانال انحراف آب، نشست رسوب بر روی محیط متخلخل بعد از سیلاب در رودخانه و شسته شدن محیط متخلخل به کانال انحراف می‌باشد. از اینرو برای فائق آمدن بر برخی از این مشکلات روش جدیدی در آبیگری از جریان‌های سطحی و زیر سطحی در رودخانه مطرح گردید. از آنجا که رودخانه‌های مناطق کم باران معمولاً خشک بوده و یا آب پایه بسیار کم دارد استفاده از این پتانسیل ضروری بنظر می‌رسد. معمولاً در این نوع رودخانه‌ها جریان زیر سطحی در فصول گرم که آب سطحی کاملاً خشک شده است وجود دارد. برنامه‌ریزی برای اجرای طرح‌هایی که منجر به استفاده از چنین منابعی گردد، بسیار مورد توجه خواهد بود. به منظور فائق آمدن بر این مشکل، ایده جایگزینی یک محیط متخلخل به‌همراه یک



به عنوان فیلتر آزمایشاتی در دو نوع محیط متخلخل با خاک درشت دانه و ریزدانه و نیز حالت بدون خاک و در ترازهای مختلف سطح آب صورت گرفت. با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که با ریز شدن محیط متخلخل ذرات ریز از فیلتر گونی عبور کرده و باعث گرفتگی سوراخ‌های زهکش می‌شود در حالی که فیلتر پشم شیشه اجازه عبور به ذرات ریز را نمی‌دهد، در نتیجه افت دبی در این حالت با ریز تر شدن خاک نسبت به فیلتر گونی کمتر می‌گردد. لذا از دو لایه پشم شیشه به عنوان فیلتر در تمامی زهکش‌ها استفاده گردید.

### اثر فاصله زهکش‌ها

در مرحله ی اول برای مشخص کردن تاثیر فاصله بین زهکش‌ها بر روی دبی خروجی، یک زهکش از نظر دبی در فواصل مختلف مورد بررسی قرار گرفت. از اینرو زهکش وسط (شماره ۸ برای ردیف پایین و شماره ۷ برای ردیف بالا) که از نظر آزمایشات دارای داده اندازه گیری بیشتری بود انتخاب و تغییرات دبی در آن برای دو ارتفاع کار گذاری ۵۰ و ۳۰ سانتی متر از کف مدل ارزیابی شد. شیوه برداشت دبی بدین صورت است که در فواصل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۱۵۰ سانتی متر زهکش‌ها از یکدیگر، فقط دبی زهکش وسط مورد بررسی قرار گرفت. این نتایج در شکل ۲ ترسیم گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش فاصله بین زهکش‌ها، دبی خروجی از زهکش میانی افزایش می‌یابد. دلیل این افزایش، کاهش تعداد زهکش‌ها و در نتیجه افزایش سطح آب روی زهکش می‌باشد. همچنین با افزایش فاصله، میدان تاثیر زهکش وسیع‌تر می‌گردد. نکته قابل توجه این که در دبی‌های مختلف سطح آب الگوی تغییرات دبی نسبت به فاصله بین زهکش‌ها مشابه است.

برای روشن تر ساختن اثر فاصله بین زهکش‌ها می‌توان این اثر را در برابر دبی کل زهکش‌ها نشان داد. از اینرو دبی تک تک زهکش‌ها با یکدیگر جمع گردید، تا دبی کلی برای طول مدل (۱۵۰ سانتی متر) حاصل شود. شکل ۳ نتایج حاصل از این بررسی را نشان می‌دهد.

در این حالت روند تغییرات دبی کل در برابر فاصله یکسان می‌باشد. با افزایش فاصله بین زهکش‌ها، با توجه به کم شدن تعداد زهکش فعال، دبی کل خروجی کاهش می‌یابد. با توجه به توضیحات فوق الذکر، درصد افت دبی کل در فواصل مختلف نسبت به دبی در حالتی که بیشترین مقدار را دارا می‌باشد (فاصله بین زهکش‌ها ۱۰ سانتی متر)، در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص می‌باشد که با افزایش فاصله بین زهکش‌ها، افت دبی یک روند صعودی دارد ولی شیب این روند صعودی با افزایش فاصله بین زهکش‌ها کاهش می‌یابد.

از شکل ۴ مشخص می‌باشد با کاهش تعداد زهکش‌ها موثر به

با در نظر گرفتن  $\rho$  (چگالی آب) از خصوصیات سیال،  $k$  (هدایت هیدرولیکی) از خصوصیات جریان و  $w$  (فاصله بین زهکش‌ها) از خصوصیات آزمایش، به عنوان متغیرهای تکراری با استفاده از تئوری  $\Pi$  با کینگهام داریم:

$$\phi\left(\frac{qw^2}{k^3}, \frac{Qw^2}{k^3}, \frac{\mu}{\rho kw}, \frac{wg}{k^2}, \frac{D}{w}, \frac{L}{w}, \frac{x}{w}\right) = 0 \quad (2)$$

در رابطه بالا دو پارامتر  $\frac{wg}{k^2}$  و  $\frac{\mu}{\rho kw}$  به ترتیب بیانگر عدد فرود و عدد رینولدز می‌باشند. با توجه به اینکه سه متغیر  $n$ ،  $d_{50}$  و  $k$  بیانگر خصوصیات محیط متخلخل هستند، از اینرو می‌توان پارامتر  $k$  را به عنوان پارامتر متغیر محیط متخلخل استفاده کرد و از دو پارامتر دیگر چشم پوشی نمود. از سوی دیگر با بررسی داده‌های آزمایشگاهی در حالات یکسان آبیگری می‌توان عامل  $form$  از رابطه ۲ حذف کرد. در اینصورت رابطه ۲ به رابطه ۳ تبدیل می‌گردد:

$$\phi\left(\frac{qw^2}{k^3}, \frac{Qw^2}{k^3}, Re, Fr, \frac{D}{w}, \frac{L}{w}, \frac{x}{w}\right) = 0 \quad (3)$$

همانطور که گروه‌های بدون بعد رابطه ۳ نشان می‌دهند، علاوه بر مشخصات هیدرولیکی، مشخصات هندسی آبیگری و محیط متخلخل نیز در نحوه کارکرد این نوع آبیگری موثر هستند.

در آزمایشات این تحقیق پارامترهایی مانند فاصله بین زهکشی‌ها (۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰، ۱۵۰، ۶۰ سانتی متر)، ارتفاع کار گذاری زهکش‌های (۵۰ و ۳۰ سانتی متر از کف مدل)، طول محیط متخلخل (۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰ سانتی متر)، نحوه آرایش زهکش‌ها (عمق اول، عمق دوم و زیگزگی دو عمق) در حالت با دبی ورودی جریان (۴/۰، ۸/۰، ۱۲/۱، ۱۶/۱ لیتر بر ثانیه) مورد بررسی قرار گرفت. در هر سری از آزمایشات دبی هر یک از زهکش‌ها به صورت حجمی در سه تکرار اندازه گیری و با متوسط گیری دبی نهایی با کمترین خطا به عنوان داده مربوطه ذخیره شد. علاوه بر دبی هر لوله زهکش تراز سطح آب در پیومترها در هر سری از آزمایشات برداشت گردید.

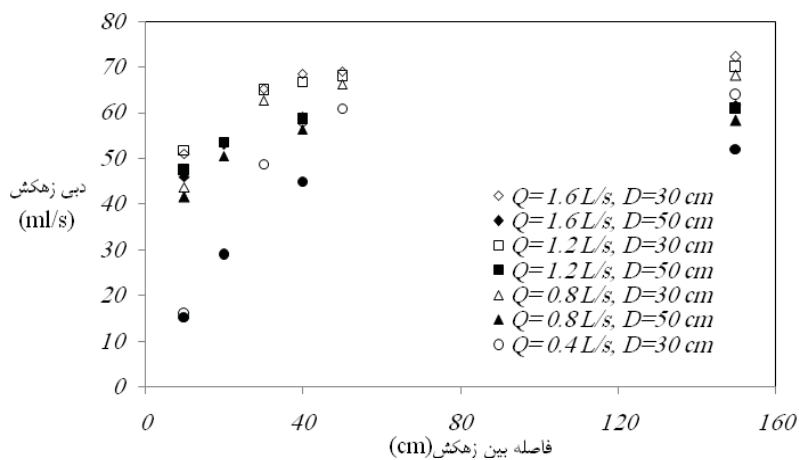
برای صحت سنجی مدل‌های برازش شده بر نتایج آزمایشگاهی از سنجه‌های آماری مجموع باقیمانده‌ها (Residual Sum)، میانگین باقیمانده‌ها (Residual Average)، خطای استاندارد (Standard Error)، خطای نسبی (Relative Error)، مجموع مجذورات رگرسیون (SSR)، ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE)، ضریب تبیین ( $R^2$ )، ضریب تبیین تعدیل شده ( $Ra^2$ ) و در نهایت پارامتر d ویلموت (۱۸) استفاده شد.

### نتایج و بحث

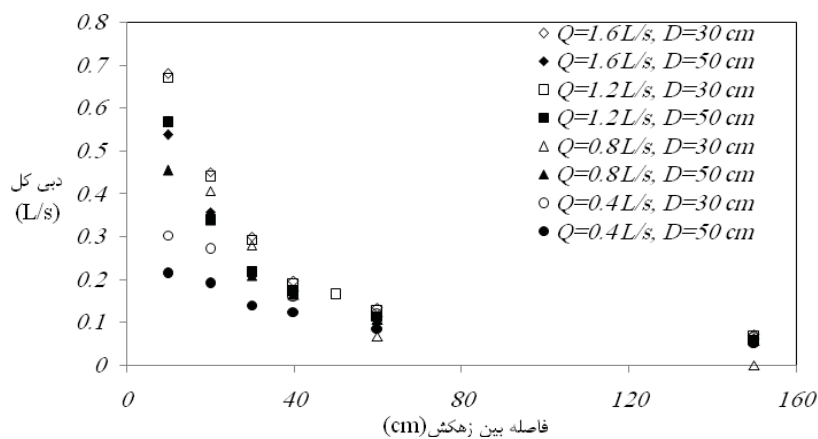
#### بررسی فیلتر

برای انتخاب مناسب ترین نوع مواد (گونی با تراکم بافت کم، گونی با تراکم بافت متوسط، گونی با تراکم بافت زیاد، و پشم شیشه)

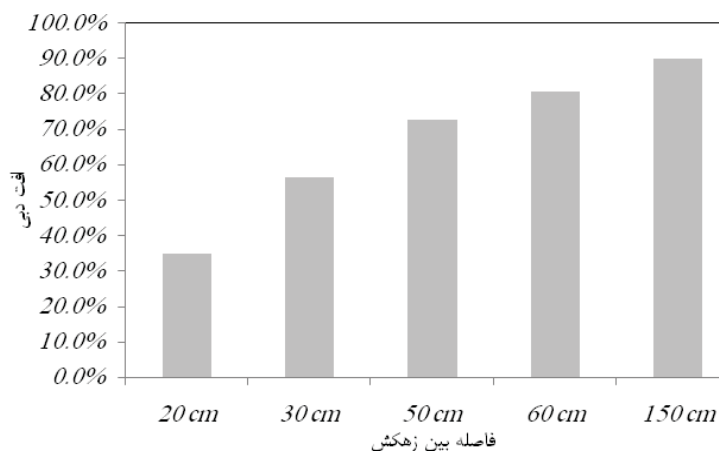
نصف (فاصله بین زهکش ۲۰ سانتی متر) دبی کل ۳۵ درصد کاهش می‌باشد. یافته که به علت روند نزولی بودن دبی در طول محیط متخلخل



شکل ۲- تغییرات جریان منحرف شده زهکش میانی در فواصل بین زهکش متفاوت

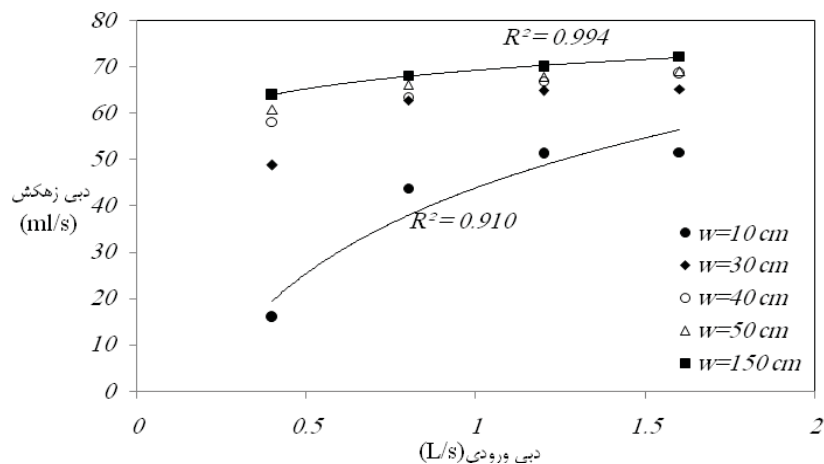


شکل ۳- کل جریان منحرف شده (دبی مجموع زهکش‌ها) در فواصل بین زهکش متفاوت

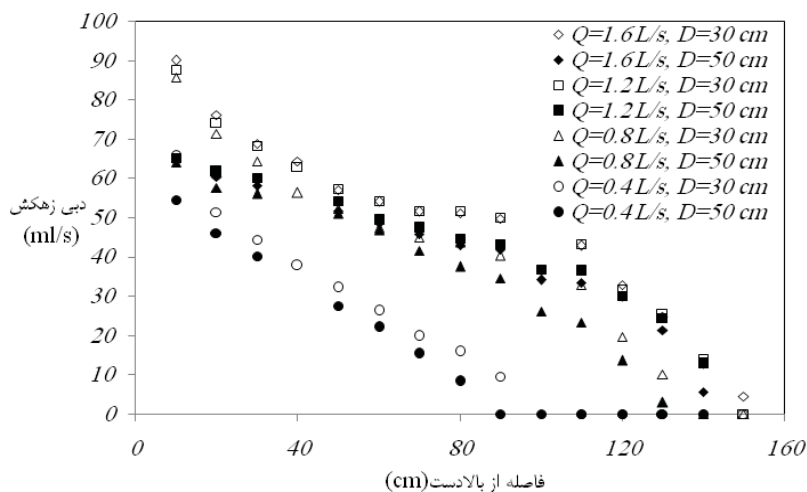


شکل ۴- اثر تغییر فاصله بین زهکش بر درصد افت دبی کل (مجموع زهکش‌ها)





شکل ۵- روند تغییر جریان انحرافی زهکش میانی در برابر تغییر جریان ورودی



شکل ۶- تغییرات دبی زهکش ها در طول محیط متخلخل

شکل ۶ ترسیم گردیده است.

در شکل ۶ روند کاهش دبی در طول محیط متخلخل مشاهده می‌گردد. برای دبی‌های بالا، روند کاهشی، تقریباً تا وسط محیط متخلخل دارای شیب کمتری می‌باشد و پس از آن روند کاهش دبی سرعت بیشتری پیدا می‌کند. به منظور بررسی بیشتر نحوه کارکرد این سیستم تغییرات دبی در طول محیط متخلخل نسبت به فاصله بین زهکش‌ها بازای دبی ورودی ۱/۲ لیتر بر ثانیه و ارتفاع کارگذاری ۳۰ سانتی متر از کف در شکل ۷ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، نرخ تغییر دبی در فاصله کمتر زهکش‌ها نسبت به زهکش‌هایی که فاصله آنها زیادتر است، بمراتب بیشتر می‌باشد. این نشان می‌دهد که برای دبی‌های اندک، افزایش طول محیط متخلخل مناسب نبوده و عملاً زهکش‌های انتهایی هیچ نقشی در انحراف آب ندارند. همچنین به توجه به اشکال ۶ و ۷ می‌تواند دریافت که روند دبی در طول محیط متخلخل غیر از دبی ۰/۴ لیتر بر ثانیه دارای نقطه

### اثر دبی ورودی

به منظور بررسی اثر دبی ورودی جریان بر دبی خروجی زهکش، تغییرات دبی ورودی در برابر دبی خروجی زهکش‌ها برای فواصل مختلف بین آنها در شکل ۵ ترسیم شده است. مشاهده می‌گردد با افزایش دبی ورودی، دبی زهکش‌ها نیز افزایش پیدا کرده اما این افزایش از روند خطی پیروی نمی‌کند. اثر افزایش دبی بر زهکش‌های با فواصل کمتر بیشتر است و با افزایش فاصله بین زهکش‌ها روند افزایش دبی کندتر می‌گردد.

### اثر فاصله از بالادست

جهت بررسی روند تغییرات دبی در طول محیط متخلخل به ازای دبی‌های ورودی مختلف، در طول محیط متخلخل با فاصله بین زهکش‌ها ۱۰ سانتی متر، دبی زهکش در طول محیط متخلخل در

افزایش طول محیط متخلخل دبی کل کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش دبی روند نزولی دبی در طول محیط متخلخل می‌باشد. درصد افت دبی در طول ۱۰۰ سانتی متر به طول ۵۰ سانتی متر، ۵ درصد می‌باشد و در طول ۱۵۰ سانتی متر این افت به ۲۲ درصد می‌رسد. که این درصد افت قابل توجه می‌باشد و در طراحی نمی‌توان از آن صرفه نظر کرد.

### اثر آرایش زهکش‌ها

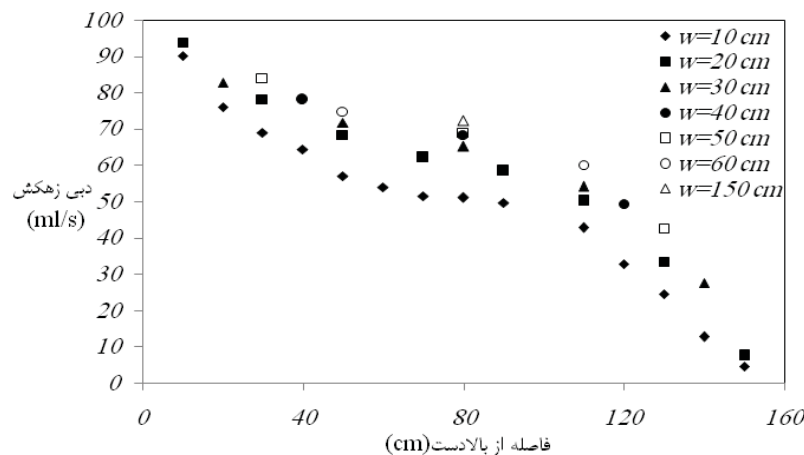
یکی از پارامترهایی که در بررسی اقتصادی یک پروژه آبگیر کفی باید مد نظر داشت نحوه قرارگیری زهکش‌ها در محیط متخلخل است. در این راستا ضروری است، ویژگی‌های هیدرولیکی و راندمان جمع آوری جریان در الگوهای مختلف قرارگیری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. بدین منظور در مرحله اول برای ۱۰ عدد زهکش در طول ۱۰۰ سانتی متر و فاصله ۱۰ سانتی متر و مجدداً همان ۱۰ عدد زهکش در طول ۵۰ سانتی متر با فاصله ۱۰ سانتی متر در دو ردیف به صورت زیگزاگی برای یک دبی ورودی ثابت بررسی صورت گرفت. از این بررسی مشخص گردید که طول ۵۰ سانتی متر با دو ردیف زهکش از نظر هیدرولیکی بهتر از طول ۱۰۰ سانتی متر با یک ردیف زهکش است چون با یک تعداد زهکش یکسان و نصف کردن طول محیط متخلخل خروجی جریان ۶ درصد کاهش پیدا کرده است که چندان محسوس نیست و لذا از دیدگاه طراحی می‌توان با قبول کاهش ناچیزی در مقدار دبی خروجی ابعاد کوچکتر برای محیط متخلخل در نظر گرفت که از دیدگاه اقتصادی بنظر مناسب‌تر است. نکته قابل توجه آنکه، دبی ورودی برای تامین حد لازم جهت خروج جریان از زهکش فوقانی باید مد نظر قرار گیرد.

عطف است. می‌توان گفت انرژی جریان در محیط متخلخل با توجه اصطکاک موجود و کاسته شدن از جریان به دلیل تخلیه زهکش‌ها کاهش می‌یابد. تاثیر کاسته شدن از جریان بر انرژی جریان تا نقطه عطف نسبتاً کم بوده که باعث می‌گردد شیب افت دبی در این ناحیه بیشتر تحت تاثیر اصطکاک بین ذرات می‌باشد؛ در نتیجه شیب کاهش دبی ملایم است. در حالی که از نقطه عطف تا انتهای محیط متخلخل کاهش دبی باعث افت زیادی از انرژی جریان می‌گردد در نتیجه باعث کاهش شدید دبی در این ناحیه است. در دبی ۰/۴ لیتر بر ثانیه جریان از ابتدا دارای انرژی کمی می‌باشد از اینرو شیب منحنی کاهش دبی در این ناحیه بسیار تند می‌باشد و می‌توان گفت تاثیر کاهش دبی نسبت به تاثیر اصطکاک بین ذرات، بر افت جریان، بیشتر است.

### تاثیر طول محیط متخلخل

در این بررسی سه طول محیط متخلخل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی متر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد با افزایش طول محیط متخلخل دبی خروجی از مجموعه زهکش‌ها افزایش می‌یابد اما روند افزایش به نسبت فاصله تغییر نمی‌نماید. دبی در طول ۱۰۰ سانتی متر ۶۳ درصد نسبت به طول ۵۰ سانتی متر افزایش پیدا کرده است. اما دبی در طول ۱۵۰ سانتی متر ۹۰ درصد نسبت به طول ۵۰ سانتی متر افزایش پیدا کرده این در حالی است که طول محیط متخلخل ۳ برابر گردیده است. دلیل کاهش شیب منحنی افزایش دبی نسبت به افزایش طول محیط متخلخل، نزولی بودن دبی خروجی در طول محیط متخلخل می‌باشد.

از دیدگاه دیگر نیز می‌توان اثر طول را مورد بررسی قرار داد، با انتخاب سه طول ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی متر محیط متخلخل با ۵ عدد زهکش در هر طول آزمایشاتی صورت گرفت. نتایج مشخص کرد با



شکل ۷ - تاثیر فاصله از بالادست بر دبی زهکش‌ها برای فواصل مختلف زهکش

بر اساس رابطه ۴ می‌توان داده‌های آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار داد که نتایج حاصل از این بررسی در شکل ۸ مشاهده می‌گردد. بر اساس رابطه ۴ بر روی ۷۰ درصد از داده‌ها برداشت شده با کمک نرم افزار Datafit برازش صورت گرفت. نتایج حاصل در جدول ۱ مشخص می‌باشد. همانطور که از این جدول مشاهده می‌گردد، منحنی‌های برازش داده شده دارای یک فرم با ضرائب متفاوت می‌باشند. در ادامه، مدل بدست آمده از ۷۰ درصد داده‌ها با ۳۰ درصد باقی مانده داده‌های برداشت شده صحت سنجی گردید (جداسازی ۳۰ درصد داده‌ها به صورت تصادفی صورت گرفت). خلاصه نتایج و بررسی‌های صورت گرفته در جدول ۲ درج شده است.

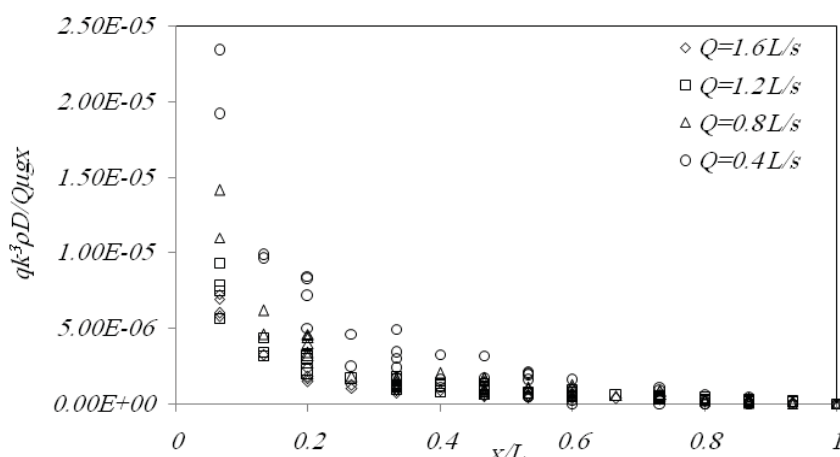
### رابطه پیشنهادی برای طراحی مشخصات آبیگر بر اساس دبی ورودی

با استفاده از پارامترهای و بکارگیری روش آنالیز ابعادی، به دو صورت کاملاً متفاوت بی بعد سازی و مقیاس سازی صورت گرفت.

#### بی‌بعد کردن با تاثیر x

با استفاده از قوانین حاکم بر آنالیز ابعادی می‌توان پارامترهای بی‌بعد از رابطه ۲ را به صورت زیر تبدیل کرد.

$$\frac{qk^3 \rho D}{Q \mu g x} = \phi\left(\frac{x}{L}\right) \quad (۴)$$



شکل ۸- تغییرات عدد بی‌بعد دبی به عدد بی‌بعد طول محیط متخلخل (رابطه ۴)

جدول ۱- مدل بدست آمده از برازش ۷۰ درصد داده‌ها آزمایشگاهی (رابطه ۴)

مدل	دبی ورودی (Q)	خطای استاندارد	مجموع باقیمانده‌ها	میانگین باقیمانده‌ها	مجموع مجذورات رگرسیون	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	ضریب تعدیل شده	ضریب تبیین	خطای استاندارد
رابطه ۵	۱/۶ L/s	۲/۳۹×۱۰ <sup>-۷</sup>	-۹/۳۱×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	-۱/۹۱×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	-۲/۶۲×۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۰/۹۸۲	۰/۹۸۱	a	-۲/۶۱×۱۰ <sup>-۷</sup>
	۱/۲ L/s	۴/۷۷×۱۰ <sup>-۷</sup>	-۳/۵۹×۱۰ <sup>-۱۹</sup>	-۷/۱۹×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	-۱/۰۷×۱۰ <sup>-۱۱</sup>	۰/۹۴۸	۰/۹۴۶	a	-۴/۱۵×۱۰ <sup>-۷</sup>
	۰/۸ L/s	۵/۵×۱۰ <sup>-۷</sup>	.	.	-۱/۳۱×۱۰ <sup>-۱۱</sup>	۰/۹۶۲	۰/۹۶۰	a	-۴/۱۵×۱۰ <sup>-۷</sup>
رابطه ۵	۰/۴ L/s	۹/۶۱×۱۰ <sup>-۷</sup>	-۱/۳۶×۱۰ <sup>-۲۰</sup>	-۲/۸۲×۱۰ <sup>-۲۲</sup>	-۴/۱۶×۱۰ <sup>-۱۱</sup>	۰/۹۶۰	۰/۹۵۸	a	-۴/۱۵×۱۰ <sup>-۷</sup>
								b	۱/۷۱×۱۰ <sup>-۶</sup>
								c	-۱/۱۲×۱۰ <sup>-۸</sup>



**پارامتر بدون بعد دبی مستقل از فاصله از بالادست (x)**

با استفاده از قوانین حاکم بر آنالیز ابعادی می‌توان پارامترهای بی‌بعد از رابطه ۲ را بدون تاثیر اثر x به صورت زیر تبدیل کرد.

$$\frac{qk^3 \rho D(L^3 - w^3)}{Q\mu g L^3} = \phi\left(\frac{x}{L}\right) \quad (6)$$

با حذف اثر x روند تغییرات پارامتر بی‌بعد در طول محیط متخلخل همانند روند تغییرات دبی در طول محیط متخلخل نمایان می‌گردد. بر اساس رابطه ۶ داده‌های آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی در شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد. همانند حالت قبل مدلی با استفاده از برازش بر روی ۷۰ درصد داده‌ها توسط نرم افزار Datafit تولید گردید. نتایج حاصل برای دبی‌های متفاوت در جدول ۳ مشخص می‌باشد. همانطور که از منحنی‌های برازش داده مشخص می‌باشد پراکندگی عدد بی‌بعد بالا می‌باشد و این عامل باعث گردیده که R<sup>2</sup> حاصل از این برازش مقادیر نسبتاً پایینی باشد.

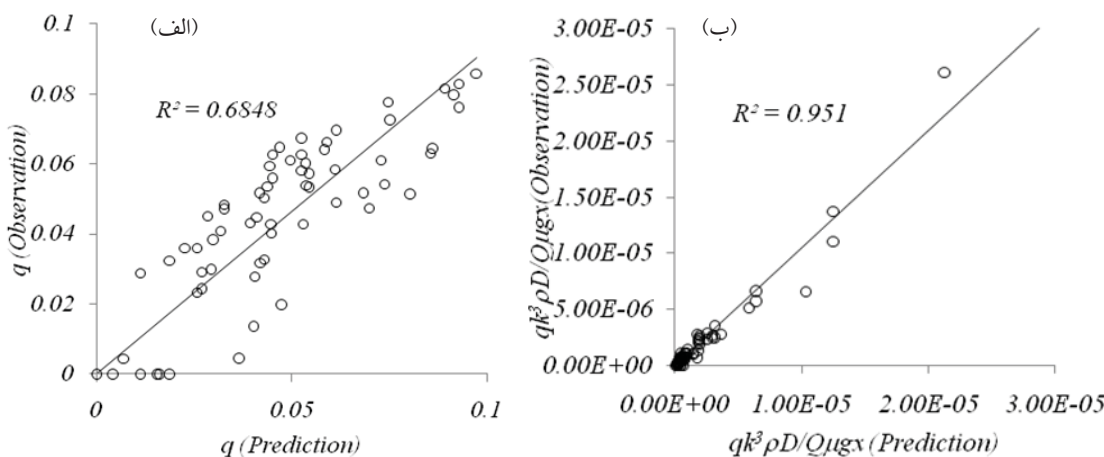
مقادیر جدول ۲ حاکی از تطابق نسبتاً خوب واسنجی مدل بدست آمده با نتایج آزمایشگاهی می‌باشد. با بررسی داده‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که بیشترین اختلاف بین مدل ارائه شده و داده‌های آزمایشگاهی مربوط به زهکش‌ها با دبی بسیار کم است و این اختلاف در تعدادی به ۶۰ درصد هم می‌رسد. مقایسه صورت گرفته بین نتایج آزمایشگاهی و مدل بدست آمده در شکل ۹ (الف، ب) در دو حالت، مقایسه اعداد بی‌بعد و مقایسه دبی زهکش مشخص می‌باشد. در این شکل از مقایسه نتایج آزمایشگاهی و مدل نتیجه می‌گردد که، عدد بی‌بعد شده تحت تاثیر x دارای تطابق بهتری نسبت به دبی زهکش می‌باشد. این نشان می‌دهد که تاثیر x باعث کاهش تاثیر دبی زهکش‌ها در پارامتر بی‌بعد می‌گردد. در نتیجه زمانی که اثر x از نتایج مدل حذف می‌گردد تا دبی زهکش‌ها بدست آید خطای مدل در برآورد دبی زهکش‌ها مشخص می‌گردد.

در نهایت مدل بدست آمده را می‌توان به صورت رابطه ۵ بیان کرد. مقادیر a، b، c در جدول ۱ برای دبی‌های ورودی متفاوت مشخص می‌باشد. منحنی‌های بدست آمده از این مدل در دبی‌های مختلف در شکل ۱۰ ترسیم شده است.

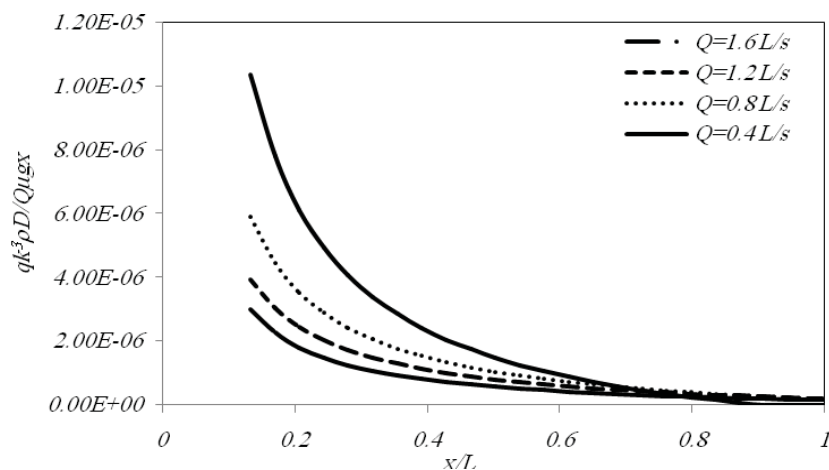
$$\frac{qk^3 \rho D}{Q\mu g x} = a + \frac{b}{x/L} + \frac{c}{(x/L)^2} \quad (5)$$

جدول ۲- واسنجی دبی زهکش (q) مدل توسط ۳۰ درصد داده‌ها آزمایشگاهی (رابطه ۴)

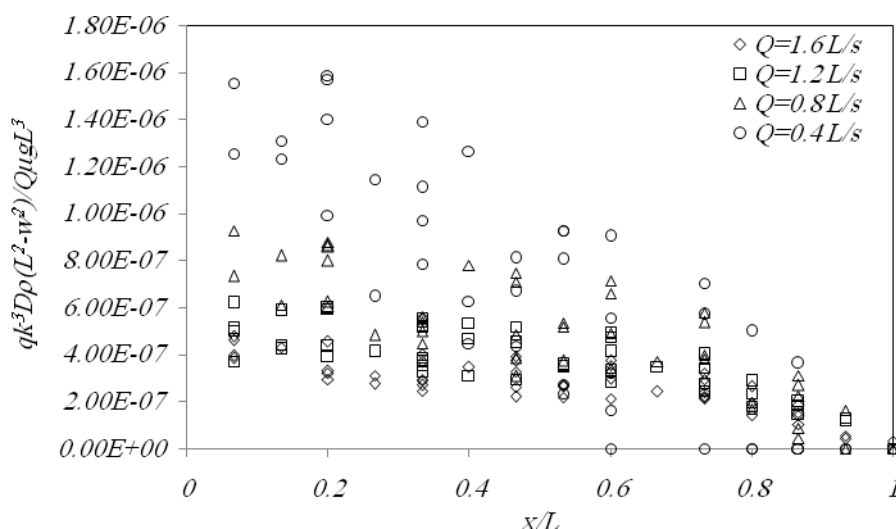
دبی ورودی (Q)	d (Wilmot)	RMSE	MAE	Absolute Error	Avg. Absolute Error
۱/۶ L/s	۰/۸۴۹	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۱۱	۱۸/۹۴%	
۱/۲ L/s	۰/۸۶۵	۰/۰۱۲۷	۰/۰۰۱۷	۲۹/۳۵%	۲۷/۸۵%
۰/۸ L/s	۰/۹۲۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۲۱	۲۰/۸۸%	
۰/۴ L/s	۰/۹۱۶	۰/۰۱۴۸	۰/۰۰۳۲	۴۲/۲۳%	



شکل ۹- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل (رابطه ۴) (الف) دبی زهکش (ب) عدد بی‌بعد



شکل ۱۰- تغییرات پارامتر بدون بعد دبی در برابر فاصله نسبی از ابتدای مخزن (رابطه ۵)



شکل ۱۱- روند تغییرات عدد بی بعد معرف دبی به عدد بی بعد معرف طول محیط متخلخل (رابطه ۶)

نسبت به نتایج آزمایشگاهی می باشد. خطای حاصل به علت کم بودن مقادیر، با کوچکترین تغییر مقادیر بالایی را نشان می دهد و این باعث می گردد میانگین خطای مطلق افزایش یابد. مقایسه صورت گرفته بین نتایج آزمایشگاهی و مدل بدست آمده در شکل ۱۲ (الف، ب) در دو حالت پارامتر بی بعد و دبی زهکش ارائه گردیده است. از مقایسه نتایج شکل الف و ب مشخص می گردد که پارامتر بی بعد و دبی زهکشها دارای دقت نسبتاً یکسانی می باشند. در نهایت مدل بدست آمده را می توان به صورت رابطه ۷ بیان کرد. مقادیر  $b$ ،  $a$  و  $c$  در جدول ۴ برای دبی های ورودی متفاوت مشخص می باشد. نمودارهای تولید شده از این مدل برای دبی های ورودی متفاوت در شکل ۱۳ نمایان می باشد.

$$\frac{qk^3 \rho D(L^2 - w^2)}{Q \mu g L^3} = a \left(\frac{x}{L}\right)^3 + b \left(\frac{x}{L}\right)^2 + c \left(\frac{x}{L}\right) + d \quad (7)$$

در ادامه همانند روش قبل، مدل تولید شده با ۳۰ درصد مابقی داده ها صحت سنجی گردید. خلاصه نتایج و بررسی های حاصل از مقایسه صورت گرفته ما بین دبی زهکشها در دو حالت، اندازه گیری شده و پیش بینی شده در جدول ۴ مشخص می باشد.

با توجه به جدول ۴ مشاهده می شود، واسنجی مدل بدست آمده با نتایج آزمایشگاهی تطابق نسبتاً خوبی دارد. با توجه به اینکه متوسط خطای مطلق مقدار نسبتاً بالایی را ارائه کرده ولی مقادیر پارامتر  $d$  (Wilmot) نشان دهند تطابق بسیار خوب نتایج مدل با آزمایشگاهی می باشند. و این نشانه این است که خطای مطلق به تنهایی پارامتر خوبی برای تعیین صحت مدل نمی باشد. در این حالت نیز مانند همانند حالات قبل بیشترین اختلاف بین مدل ارائه شده و داده های آزمایشگاهی مربوط به زهکش های دارای دبی بسیار کم می باشد. می توان گفت دلیل این اتفاق بسیار کم بودن دبی در تعدادی زهکش می باشد و چون مدل دبی پیش بینی شده توسط مدل مقداری بیشتری

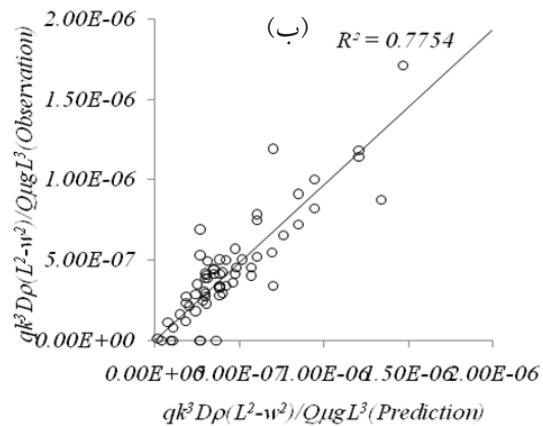
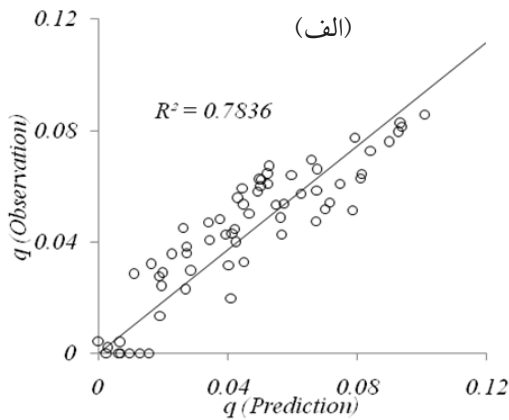
جدول ۳- مدل بدست آمده از برازش ۷۰ درصد داده ها آزمایشگاهی (رابطه ۶)

مدل	دبی ورودی (Q)	خطای استاندارد	مجموع باقیمانده ها	میانگین باقیمانده ها	مجموع مجذورات رگرسیون	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	ضریب تبیین تعدیل شده	تعیین کننده	پارامتر
	۱/۶ L/s	۵/۲۷×۱۰ <sup>-۸</sup>	-۶/۹۱×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	-۱/۴۴×۱۰ <sup>-۲۲</sup>	۱/۲۲×۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۰/۷۶۵	-۰/۷۴۹	b	۲/۳۱×۱۰ <sup>-۶</sup>
	۱/۲ L/s	۷/۹۷×۱۰ <sup>-۸</sup>	۱/۷۲×۱۰ <sup>-۲۰</sup>	۳/۵۷×۱۰ <sup>-۲۲</sup>	۲/۸۰×۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۰/۷۰۹	-۰/۶۸۹	b	۸/۵۹×۱۰ <sup>-۷</sup>
	۰/۸ L/s	۱/۳۵×۱۰ <sup>-۷</sup>	۴/۴۵×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	۱/۰۱×۱۰ <sup>-۲۲</sup>	۷/۲۶×۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۰/۷۴۶	-۰/۷۲۷	b	۳/۱۸×۱۰ <sup>-۷</sup>
	۰/۴ L/s	۲/۷۴×۱۰ <sup>-۷</sup>	۱/۸۰×۱۰ <sup>-۲۱</sup>	۳/۹۱×۱۰ <sup>-۲۲</sup>	۳/۱۵×۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۰/۷۳۳	-۰/۷۱۴	b	۳/۲۵×۱۰ <sup>-۷</sup>
								c	-۱/۹۱×۱۰ <sup>-۶</sup>
								d	۱/۶۰×۱۰ <sup>-۶</sup>

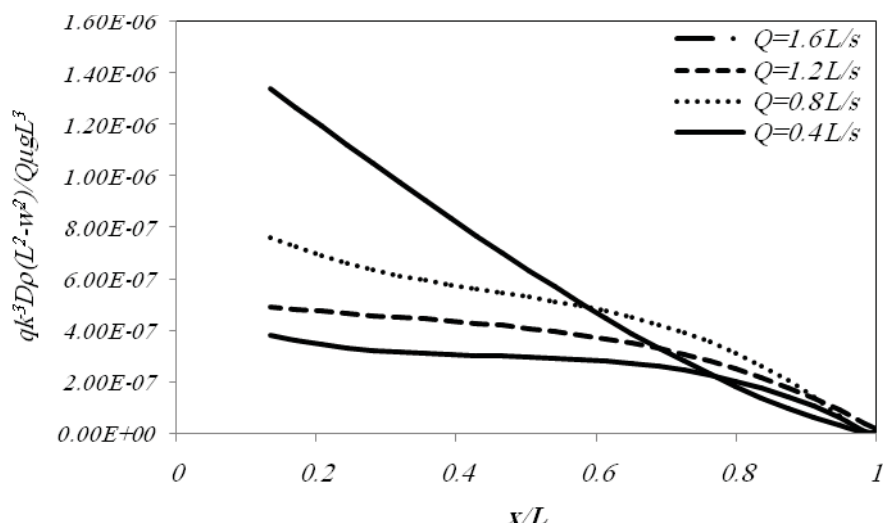
رابطه ۷

جدول ۴- واسنجی دبی زهکش (q) از مدل توسط ۳۰ درصد داده ها آزمایشگاهی (رابطه ۷)

Avg. Absolute Error	Absolute Error	MAE	RMSE	d (Wilmot)	دبی ورودی (Q)
	۲۸/۶۹%	-۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۰۹	-۰/۹۳۳	۱/۶ L/s
۲۶/۹۷%	۲۱/۹۲%	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۰۵	-۰/۹۴۱	۱/۲ L/s
	۲۰/۲۴%	-۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۱۱	-۰/۹۴۲	۰/۸ L/s
	۳۷/۰۴%	-۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۳۲	-۰/۹۵۷	۰/۴ L/s



شکل ۱۲- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل (رابطه ۶) (الف) دبی زهکش (ب) پارامتر بی بعد معرف دبی



شکل ۱۳- تغییرات جریان منحرف شده در طول محیط متخلخل بر اساس مدل بدست آمده (رابطه ۷)

دبی‌های متفاوت نتایج نسبتاً خوبی ارائه می‌کند. هر چند نتایج آماری مانند ضریب تبیین ( $R^2$ ) در این حالت ۰/۳۲۵ می‌باشد. ولی ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و  $d$  ویلموت اعداد نسبتاً خوبی ارائه می‌کنند (جدول ۶). می‌توان با قبول تقریباً ۴۰ درصد خطا در طراحی از این مدل استفاده کرد. مقایسه بین دبی زهکش‌ها حاصل از مدل و نتایج آزمایشگاهی در شکل ۱۴ ارائه گردیده است.

نهایتاً مدل بدست آمده برای کلیه دبی‌های ورودی را می‌توان به صورت رابطه ۸ بیان کرد. منحنی این مدل در شکل ۱۵ مشخص می‌باشد.

با توجه به شکل ۱۳ از آنجایی که منحنی‌های این مدل متقاطع و دارای نقاط مشترک می‌باشند، این احتمال وجود دارد، بتوان با برازش یک منحنی بر کل داده‌ها و ارائه یک مدل با ضرایب ثابت برای تمامی دبی‌های ورودی روند طراحی را ساده‌تر ساخت. از اینرو در این مرحله از تحقیق بر روی کل داده‌ها یک مدل برازش داده شد. نتایج حاصل از برازش نشان داد که مدل بدست آمده همانند حالت قبل دارای فرمی مشابه رابطه ۷ می‌باشد. ضرایب این مدل و نتایج آماری برای بررسی دقت این مدل به ترتیب در جدول ۵ و ۶ درج گردیده است.

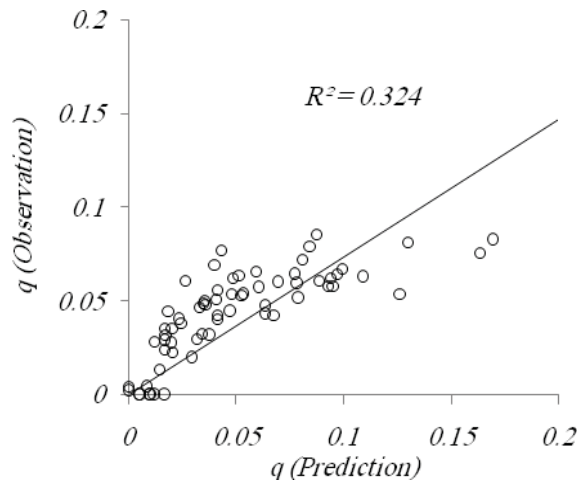
با توجه به جداول بالا می‌توان نتیجه گرفت مدل اخیر برای

جدول ۵- مدل واحد از برازش ۷۰ درصد داده‌ها آزمایشگاهی (کل دبی‌های ورودی)

مدل	خطای استاندارد	مجموع باقیمانده‌ها	میانگین باقیمانده‌ها	مجموع مجذورات رگرسیون	ضریب تبیین ( $R^2$ )	ضریب تبیین تعدیل شده	پارامتر
	$2/54 \times 10^{-7}$	$-3/45 \times 10^{-20}$	$-1/86 \times 10^{-22}$	$1/17 \times 10^{-11}$	$0/397$	$0/387$	$a$
							$b$
							$c$
							$d$

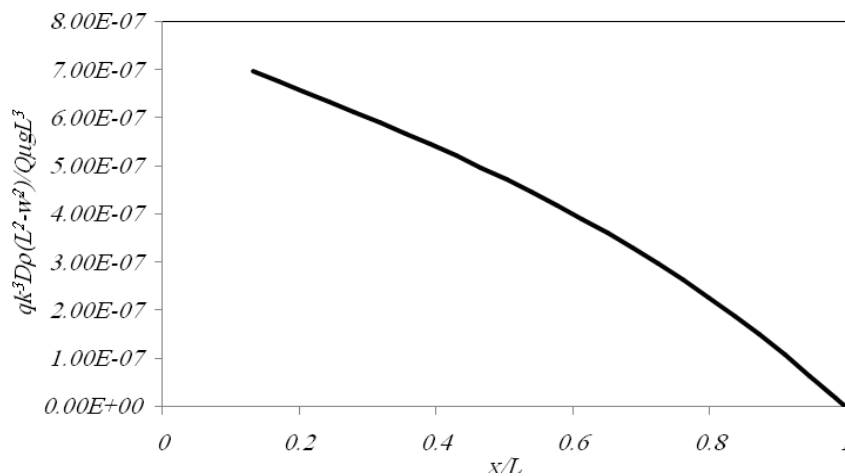
جدول ۶- واسنجی دبی زهکش ( $q$ ) مدل واحد توسط ۳۰ درصد داده‌ها آزمایشگاهی (کل دبی‌های ورودی)

دبی ورودی ( $Q$ )	d (Wilmot)	RMSE	MAE	Absolute Error	Avg. Absolute Error
۱/۶ L/s					
۱/۲ L/s	۰/۸۱۱	۰/۰۲۵۵	۰/۰۰۶	۴۶/۵۴%	۰/۳۲۵
۰/۸ L/s					
۰/۴ L/s					



شکل ۱۴- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدل برای کلیه دبی‌ها

$$\frac{qk^3 \rho D(L^2 - w^2)}{Q\mu gL^3} = -3.68 \times 10^{-7} \left(\frac{x}{L}\right)^3 + 2.02 \times 10^{-7} \left(\frac{x}{L}\right)^2 - 6.14 \times 10^{-7} \left(\frac{x}{L}\right) + 7.77 \times 10^{-7} \quad (۸)$$



شکل ۱۵- منحنی واحد از مدل تولید شده برای کلیه دبی‌های ورودی (رابطه ۸)

### نتیجه گیری

در این تحقیق برای نخستین بار مدل آزمایشگاهی یک نوع آبگیر زیر سطحی که در مناطق خشک و رودخانه‌های فصلی کارایی دارد و در عمل نیز مورد استفاده قرار گرفته است به منظور ارائه معادلاتی برای طراحی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله بین زهکش‌ها دبی هر زهکش افزایش پیدا کرده در صورتی که دبی مجموع زهکش‌ها کاهش می‌یابد. افزایش دبی ورودی باعث افزایش دبی زهکش‌ها می‌گردد ولی این تغییرات به صورت خطی نبوده و دارای یک پوش می‌باشد. همچنین در دبی‌های کم عملکرد سازه مطلوب نبوده و در طول کوتاهی پس از مخزن بالادست، دبی

نحوه استفاده این مدل در طراحی به این صورت است که در مرحله اول با توجه به جریان‌های سطحی و زیرسطحی محل مورد نظر، دبی جریان مشخص می‌گردد. سپس در مرحله دوم نوع محیط متخلخل انتخاب و هدایت هیدرولیکی اشباع محیط برآورد شده، در مرحله سوم با توجه به ارتفاع کارگذاری و اشکال و جداول مربوطه ضرائب معادله مورد نظر استخراج می‌گردد. در مرحله چهارم با انتخاب طول محیط متخلخل و فاصله بین زهکش‌ها، دبی هر زهکش با استفاده از مدل بدست آمده محاسبه و در نهایت مجموع آن‌ها بعنوان دبی انحرافی کل منظور می‌گردد. اگر مقدار جریان انحرافی مطلوب نباشد می‌توان با تغییر طول محیط متخلخل و فاصله بین زهکش‌ها و تکرار مراحل فوق به مقدار مورد نظر دست یافت.

کردن نتایج چندان موفق نبود و نتایج مطلوب‌تری در برآورد دبی زهکش‌ها تولید می‌نماید لذا استفاده از این معادله برای انتخاب عمق کارگذاری و فاصله مناسب بین زهکش‌ها توصیه می‌گردد. هرچند هزینه این سازه نسبت به سازه آبیگر کفی با محیط متخلخل و مشبک کمی بیشتر است، اما با توجه به کارایی سیستم در بلند مدت، عدم نیاز به نیروی انسانی جهت نگهداری، در دسترس بودن مصالح سنگدانه‌های در محل و اقتصادی بودن طرح نسبت به سازه‌هایی که این مقدار جریان را منحرف می‌کنند، می‌توان این گزینه را به‌عنوان جایگزین مناسبی برای آبیگری در مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی نمود.

زهکش‌ها به صفر میل می‌کند. روند تغییرات دبی در طول محیط متخلخل به صورت نزولی بوده و افزایش طول محیط متخلخل باعث کاهش جریان زهکش‌ها می‌گردد اما تغییرات دبی با طول محیط متخلخل غیر خطی می‌باشد. در تحقیق بر روی نحوه آرایش زهکش‌ها در دو عمق مشخص گردید که در تعداد زهکش یکسان مقدار جریان خروجی در دو حالت یک ردیف و دو ردیف تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد، در نتیجه از نظر اقتصادی بهتر است طراحی با دو عمق صورت بگیرد این نکته را نباید فراموش کرد که دبی رودخانه در حدی باشد تا زهکش‌ها در دو عمق کارایی لازم را دارا باشند. اگر چه مدل ارائه شده بدون اثر فاصله از بالادست در مقیاس

## منابع

- ۱- بازرگان ج. و بیات ح.ا. ۱۳۸۱. تعیین ضرایب معادله ی غیر خطی جریان در پی‌های آبرفتی درشت دانه. مجله علمی پژوهشی استقلال ۲۱ (۱).
- ۲- بازرگان ج. و بیات ح.ا. ۱۳۸۱. روشی نوین برای آبیگری از دریا به وسیله آبیگرهای سنگریزه ای. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی سواحل و سازه‌های دریایی.
- ۳- عسکری ت. ۱۳۸۸. رهنمودها و برنامه‌های کامپیوتری برای برنامه ریزی و طراحی سیستم‌های زه کشی اراضی. چاپ اول انتشارات مهرالبینی.
- ۴- فغفور مغربی م. و رزاز م. ۱۳۸۵. بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی آبیگرهای کفی. هفتمین کنفرانس بین المللی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- کوروش وحید ف.، نقوی ب.، اسماعیلی ک.، و فغفور مغربی م. ۱۳۸۸. ضریب دبی جریان در روش جدید آبیگری از رودخانه از طریق آبیگر کفی با محیط متخلخل. سومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت تاسیسات آبی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران
- ۶- نقوی ب.، فغفور مغربی م.، اسماعیلی ک.، خداشناس س.ر.، و کوروش وحید ف. ۱۳۸۸. مقایسه آبدگری آبیگر با محیط متخلخل در جریان زلال و رسوبدار. نشریه آب و خاک ۲۳(۳):۱۲۲-۱۳۵
- 7- Asare E. B., and Bosque-Hamilton E. K. 2004. The performance of an infiltration gallery used as a simple water treatment option for a small rural community. Water Research Commission, 30(2).
- 8- Bouvard M. 1992. Mobile Barrages and Intakes on Sediment Transporting Rivers. IAHR monograph series, Rotterdam, Balkema.
- 9- Brunella S., Hager W. H., and Minor H. E. 2003. Hydraulics of bottom rack intake. Journal of Hydraulic Engineering, 129(1): 2–10.
- 10- Castillo L. and Guama P. 2010. Analisis Del Dimensionamiento de la longitud de reja en una captacion de fondo. Hydrualic Congress of Latin American(IAHR., Punta Del Est., Uruga, November 2010 (Spanish)
- 11- Kooroshvahid F., Esmaili K. and Naghavi B. 2011. Experimental study on hydraulic characteristics of bot tom intake with granular porous media, Special Topics and Reviews in Porous Media. 2(4): 301-311.
- 12- Li,B, and Garga V.K. 1998. Theoretical solution for seepage flow in overtopped rockfill. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 124(2): 213-217.
- 13- Martin S. 1981. Frazil ice in rivers and oceans. Annual Review of Fluid Mechanics. 13: 379-397.
- 14- Mostkow M. 1957. Theoretical study of bottom type water intake. Houille Blanche, 4: 570–580.
- 15- Nosedo G. 1955. Operation and design of bottom intake racks. Proc, VI General Meeting IAHR. 3 (17): 1-11.
- 16- Orth J., Chardonnet E., and Meynardi G. 1954. Study of bottom type water intake grids. Houille Blanche, 3: 343–351.
- 17- Righetti M., and Lanzoni S. 2008. Experimental study of the flow field over bottom intake racks. Journal of Hydraulic Engineering, 134: 1-15.
- 18- Willmott C. J. 1981. On the validation of models. Phys. Geog., 2: 184-194



## Study of River Flow Effects on Subsurface Water Diversion Using Porous Media in Seasonal Rivers

R. Mansouri<sup>1\*</sup> - K. Esmaili<sup>2</sup> - A.N. Ziaei<sup>3</sup> - H. Ansari<sup>4</sup> - S. R. Khodashenas<sup>5</sup>

Received: 10-01-2012

Accepted: 09-06-2012

### Abstract

In arid and semi-arid regions, collection of surface and subsurface waters in small seasonal rivers is very crucial, particularly in dry seasons. The cost of construction and maintenance of classical water intakes makes them inappropriate for these rivers. In this study a rather new method to divert surface and subsurface water is experimentally evaluated. In this kind of intakes, a couple of trenches are excavated and the drain pipes are installed in them and then filled with very porous materials. Indeed the system acts as a river drainage network. This method not only reduces the construction and maintenance costs but also minimize the disturbance of river topology and morphology. Therefore this intake is also suitable for rivers with high sedimentary loads. In a few small rivers in Khorasan Razavi province, Islamic republic of Iran, such systems have been installed but their design and applicability have not been evaluated. In this research, experimental model of the intake to collect flow was built for flow diversion and flow rate deviation examined. Results showed a direct relationship between flow diversion with water level and with increasing distance between the drainages, the drainage flow increases. Drainage flow in the porous medium is initially decreased and then increased and drainage flow is the lowest in the middle drainage. In the review drainage arrange, the drainage of two deep with shorter porous medium is more suitable. Finally, regression mathematical model for the structural design of the intake subsurface with porous medium and drainage system were presented.

**Keywords:** Subsurface intake, Subsurface flow, Porous media, Drainage system, Inlet flow, Regression model

---

1,2,3,4,5- M. Sc. Student, Assist. Prof., Assist. Prof., Associ. Prof., and Associ. Prof., Water Eng. Dept, Ferdowsi University of Mashhad, Iran , respectively  
(\*-Corresponding Author Email: Ramin\_Mansouri@yahoo.com)