نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 3، جلد 10، مرداد - شهریور 1395، ص. 306-294

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 10, Jul.-Agu. 2016, p. 294-306

مدل‌سازی فیزیکی سامانه جمع آوری جریان زیرسطحی از بستر رودخانه

الهه قوامی[1]، کاظم اسماعیلی[2*]، علی اصغر بهشتی[3]

تاریخ دریافت: 1395/1/22 تاریخ پذیرش: 1395/4/30

چکیده

رودخانه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک عمدتاً از نوع فصلی یا خشکه‌رود می‌باشد که جریان با تداوم کوتاه مدتی در آن‌ها وجود دارد و یا اینکه اصلاً جریانی وجود ندارد. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای انحراف جریان در چنین رودخانه‌هایی به‌کارگیری سیستم آبگیر زیرسطحی با شبکه زهکشی در بستر رودخانه است. مدلی آزمایشگاهی برای بررسی اثر خصوصیات هیدرولیکی جریان و هندسی آبگیر بر میزان دبی انحرافی طراحی گردید، که در آن امکان اندازه‌گیری جریان ورودی و جریان انحرافی در نظر گرفته شد. در این تحقیق تأثیر توأم عواملی همچون شیب کف آبگیر و اندازه قطر زهکش‌ها در دو حالت تراز ثابت سطح آب و عدم کنترل جریان پایین دست (دبی ورودی) بر میزان جریان انحرافی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد شیب محیط متخلخل تأثیر محسوسی بر جریان انحرافی در حالت ثابت بودن تراز سطح آب ندارد. اما در حالت دبی ورودی افزایش شیب سبب افزایش ناچیزی در دبی انحراف می‌گردد. ضمناً افزایش20 درصد در قطر زهکش‌ها، در حالت دبی ورودی 9 درصد و در حالت تراز ثابت سطح آب 20 درصد دبی زهکش‌ها را بهبود می‌بخشد. با کمک نرم افزار آماری spss معادلات رگرسیونی جهت تخمین میزان جریان انحرافی بر پایه میزان جریان ورودی و بار آبی روی لوله‌ها و هدایت هیدرولیکی محیط متخلخل ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: آبگیر ترانشه‌ای، جریان زیرسطحی، شبکه زهکشی، محیط متخلخل

مقدمه

آبگیری از رودخانه همواره از مسائل مهم مطرح در زمینه مهندسی سازه‌های آبی بوده است. به‌طوریکه طرح یک سازه آبگیر مناسب از رودخانه‌های فصلی می‌تواند به‌عنوان یک طرح قابل بررسی و تحقیق در پژوهش‌های مهندسی به‌شمار آورد. آبگیری از رودخانه را می‌توان به دو دسته اصلی آبگیری به روش پمپاژ و ثقلی تقسیم‌بندی کرد. در مواردی که جریان رودخانه در دوره طولانی از سال خشک می‌شود چنانچه بستر، شرایط مناسب داشته باشد می‌توان با احداث نوع خاصی از آبگیر کفی که در آن قابلیت جمع‌آوری جریان‌های زیرسطحی وجود دارد به جمع‌آوری و هدایت آب‌های مورد نظر پرداخت. در این صورت یک ترانشه معمولاً به عرض رودخانه و به طول مناسب (چندین ده متر) در بستر ایجاد کرده و آن را از مواد درشت دانه پر می‌نمایند، جریان‌های زیرسطحی عبوری از رودخانه در محیط متخلخل تله‌اندازی شده و با نصب یک شبکه زهکشی می‌توان آن‌ها را برای اهداف مورد نظر به‌کار برد(شفاعی بجستان1384). این سامانه توسط منصوری در سال 1390 با ساخت مدلی آزمایشگاهی در دو حالت تراز ثابت سطح آب و دبی ورودی مورد تحقیق قرار گرفت. ایشان به این نتیجه رسیدند که در حالت تراز ثابت سطح آب، مقدار جریان انحرافی رابطه مستقیم با تراز سطح آب بر روی زهکش‌ها دارد. اما دبی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل روند ثابتی نداشته چنانکه ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. ولی در حالت دبی ورودی، جریان در طول محیط متخلخل روندی نزولی داشته و مقدار جریان انحرافی رابطه مستقیم با دبی ورودی بالا دست دارد. در هر دو حالت با افزایش فاصله بین زهکش‌ها دبی هر زهکش افزایش می‌یابد. رستمی و همکاران در سال1390 تأثیر برخی پارامترها از جمله، اندازه ذرات محیط متخلخل، تغییرات جریان‌های زیرسطحی رودخانه و دیوار آب‌بند برجریان‌های انحرافی را به صورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد با افزایش جریان ورودی و تراز سطح آب در بالادست لوله‌ها، جریان انحرافی از لوله‌ها افزایش می‌یابد سپس به دلیل محدودیت هدایت هیدرولیکی و ظرفیت لوله‌های زهکش به یک مقدار ثابت می‌رسد. اندازه ذرات محیط متخلخل تأثیر زیادی بر جریان انحرافی از زهکش‌ها دارد، که با کاهش اندازه ذرات و به طبع آن کاهش هدایت هیدرولیکی به میزان قابل توجهی جریان انحرافی تنزل می‌یابد (منصوری، 1390). ریواز و موسوی جهرمی2012) نیز در زمینه مدل‌سازی برآورد جریان

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
3- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Esmaili@um.ac.ir)

زیرسطحی مطالعاتی را در رودخانه کوشک انجام دادند. ژوزف و همکاران 2004 اقدام به جمع‌آوری تمامی تحقیقات انجام شده در مورد امکان برخورداری از جریان‌های زیرزمینی به‌صورت تلفات زیرسطحی پرداختند نتایج نشان داد در این زمینه خلاء مطالعاتی زیادی وجود دارد که نیازمند پژوهش‌های بیش‌تر می‌باشد. این تحقیق با هدف مدل‌سازی فیزیکی جریان زیرسطحی رودخانه برای ارائه روابط هیدرولیکی در زمینه استفاده بهتر از چنین سازه‌های برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز در مناطق خشک وکم باران می‌باشد.

مواد و روش ها

آزمایشات در مدلی از سازه آبگیر زیرسطحی که از ورق گالوانیزه با ضخامت 2 میلی‌متر و به ابعاد 1×1×2 (ارتفاع× عرض× طول) در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شد، صورت گرفت. به منظور ایجاد جریان زیر سطحی، از دو طرف مدل به اندازه 25 سانتی‌متر جدا گردید. سپس با ورق گالوانیزه مشبک با قطر روزنه‌های 2 میلی‌متر دیواره جدیدی ایجاد گردید تا جریان از این صفحه به راحتی عبور نماید. هم‌چنین به‌منظور جلوگیری از شسته شدن ذرات محیط متخلخل از نوعی پارچه نفوذپذیر به گونه‌ای که در برابر جریان ورودی مقاومتی ایجاد نکند استفاده شد. جهت برداشت تراز سطح آب در محیط متخلخل پیزومترهایی به قطر 10 میلی‌متر و فاصله 10 سانتی‌متر در کف مدل متصل شد. به‌منظور کنترل سطح آب در بالادست و پائین دست محیط متخلخل از دو لوله در ابتدا وانتهای مدل استفاده شد که با تغییر تراز ورودی لوله‌ها، تراز سطح آب نیز تغییر می‌نماید. برای جمع-آوری آب در محیط متخلخل از لوله‌های با قطر خارجی 16 و20 میلی‌متر در دو تراز 30 و50 سانتی‌متری از کف استفاده شده است. که با توجه به استانداردهای ارائه شده توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) مبنی بر نحوه‌ی توزیع سوراخ‌ها روی لوله، آن‌ها را در چهار ردیف که مجموع کل مساحت سوراخ‌ها (مساحت باز شدگی) 1 تا 3 درصد کل سطح لوله شامل می‌شود، ایجاد گردید و هم‌چنین بر اساس استانداردهای اروپا مجموع این مساحت‌ها نباید از 1200 میلی‌متر مربع بیش‌تر باشد و قطر سوراخ‌ها می‌باید بین 0/6 تا 2 میلی‌متر باشد (قهرمان 1389). در نتیجه بر روی لوله‌های 16 میلی‌متری در چهار ردیف و در هر ردیف 96 سوراخ به فواصل تقریباً 1 سانتی‌متر به صورت زیگزاگی با مته به قطر خارجی 2 میلی‌متر ایجاد گردید و بر روی لوله‌های با قطر 20 میلی‌متری در چهار ردیف و در هر ردیف 100 سوراخ به فواصل تقریباً 1 سانتی‌متر با مته 2 میلی‌متری ایجاد گردید. در مجموع در طول 1 متر از لوله سطح بازشدگی لوله 16 میلی‌متری معادل 2/4 درصد از سطح لوله و لوله 20 میلی‌متری نیز معادل 2 درصد از سطح لوله می‌باشد. به‌منظور هدایت لوله‌ها از داخل مخزن به بیرون و آب‌بندی سوراخ‌های ایجاد شده از بست‌های لاستیکی مورد استفاده در آبیاری موضعی و چسب آکواریوم استفاده گردید. برای ممانعت از ورود ذرات ریز به داخل لوله از نوعی پارچه نفوذپذیر به عنوان پوشش روی لوله‌ها استفاده شد. جهت تأمین جریان ورودی دائمی به مدل مورد نظر برای انجام آزمایشات از یک ناودانی و یک مخزن به منظور جمع‌آوری جریان‌های انحرافی در پائین دست مدل و نیز یک دستگاه پمپ کف‌کش با حداکثر دبی پمپاژ 2 لیتر بر ثانیه استفاده شد. در کل آزمایش ضخامت محیط متخلخل 65 سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی آن 0/0067 متر بر ثانیه بوده است.

به‌منظور انجام آزمایشات در شیب‌های مختلف دو شیب 2 و 4 درصد استفاده گردید. میزان جریان انحرافی از لوله‌ها به‌صورت حجمی در دو حالت، تراز ثابت سطح آب (50، 65 و100 سانتی‌متر از کف) و دبی ورودی به آبگیر (0/93، 1/9 و 1/46 لیتر بر ثانیه) اندازه‌گیری شد. به‌صورتی که به ازای تراز ثابت سطح آب پس از به تعادل رسیدن سیستم، میزان جریان انحرافی از لوله‌های زهکش در مدت زمان، به-صورت حجمی اندازه‌گیری شده است. شکل 1 نمای شماتیک از مدل آبگیر زیر سطحی می‌باشد.

تحلیل ابعادی

به‌منظور ارائه رابطه ابتدا از روش Π باکینگهام در تحلیل ابعادی بین متغیرهای مؤثر بر سیستم آبگیر زیرسطحی مورد استفاده قرار گرفت.

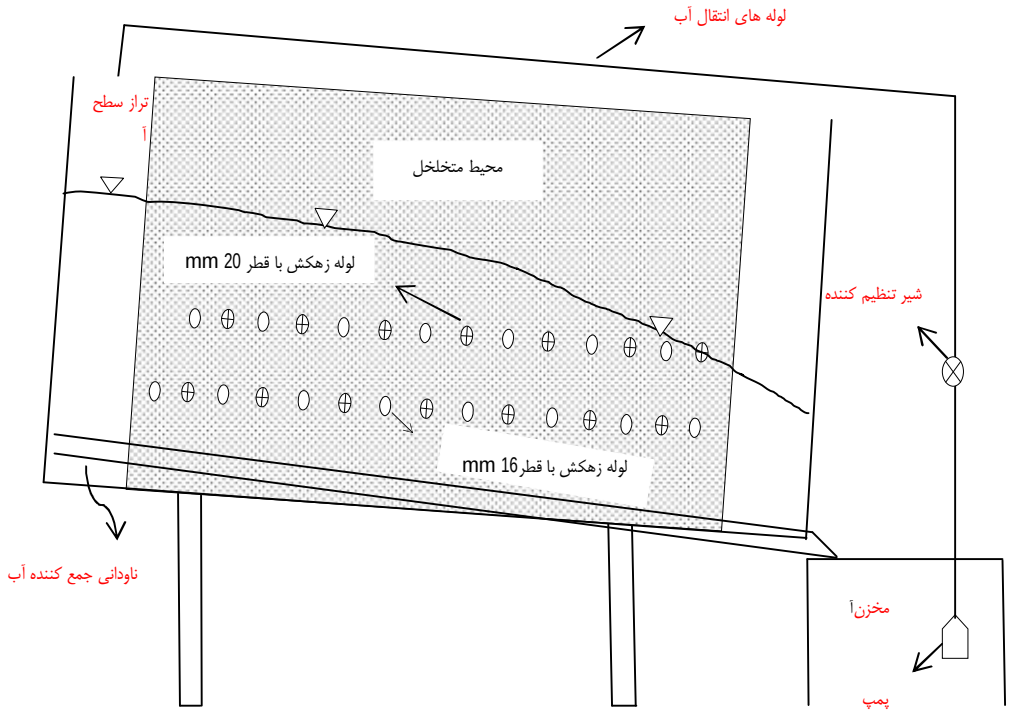
با صرف نظر کردن از اثرات مربوط به کشش سطحی و تراکم پذیری مایع، و استفاده از یک نوع فیلتر، نوع وشیب ثابت لوله های زهکش در تمام آزمایشات پارامترهای حاکم بر جریان انحرافی در طول آبگیر زیرسطحی با محیط متخلخل به‌شکل زیر در می‌آید:

$$f(\rho, g, \mu, q, k, L, w, Q, D, h, x, d_p, S_0) = 0 \quad (1)$$

در رابطه 1، ρ چگالی آب، g ثابت ثقل، μ لزجت دینامیکی آب، q دبی جریان از زهکش‌ها، k هدایت هیدرولیکی خاک، L طول آبگیر، w فاصله بین لوله‌های زهکش، Q دبی ورودی جریان به مخزن، D ارتفاع کارگذاری، h ارتفاع آبروی زهکش، x فاصله از بالادست محیط متخلخل،d_p قطر لوله‌های زهکش، S_0 شیب کلی محیط متخلخل می‌باشد. با انتخاب ρ,k و w به عنوان متغیرهای اصلی (تکرارشونده) گروه‌های بدون بعد به‌دست آمده از رابطه 1 عبارتند از:

$$\emptyset\left(\frac{q}{kw^2}, \frac{Q}{kw^2}, \frac{D}{w}, \frac{\mu}{\rho kw}, \frac{gw}{k^2}, \frac{h}{w}, \frac{d_p}{w}, \frac{L}{w}, \frac{x}{w}, S_0\right) = 0 \quad (2)$$

دررابطه فوق دو پارامتر$\mu/\rho kw$ و gw/k^2 به ترتیب بیانگر عدد فرود و عدد رینولدز می‌باشند.



شکل 1- نمای کلی از مدل فیزیکی آبگیر زیر سطحی

نتایج وبحث

سطح آب در تراز ثابت

تأثیر قطر زهکش‌ها بر میزان جریان انحرافی

قطر زهکش از عوامل مهم در دبی انحرافی است بدین منظور جریان خروجی زهکش‌ها در برابر فاصله از بالادست در ترازهای مختلف سطح آب (فاصله بین زهکش‌ها 20 سانتی‌متر) برای دو قطر (dp) 20 و16 میلی‌متر در دو شیب 2 و4 درصد در شکل 2 رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود افزایش قطر باعث افزایش دبی زهکش‌ها شده و در نهایت دبی خروجی منحرف شده افزایش می‌یابد. از طرفی تفاوت جریان خروجی در ترازهای بیش‌تر نسبت به ترازهای کم‌تر افزایش نشان می‌دهد که حاکی از اثر غیر قابل انکار تراز سطح آب بر خروجی زهکش‌ها است. در عین حال مقایسه نتایج خروجی برای دو شیب 2 و4 درصد مبین آنست که دبی زهکش‌های نزدیک‌تر به ورودی به دلیل افزایش شیب قدری کاهش دارد. با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، دبی تجمعی زهکش‌ها در قطرهای مختلف نسبت به عمق کارگذاری زهکش‌ها در فاصله 20 سانتی‌متری بین زهکش‌ها برای تراز سطح آب 67 سانتی‌متری در شکل 3 نشان می‌دهد که در هر دو عمق کارگذاری افزایش قطر زهکش‌ها باعث افزایش تقریباً 20 درصدی دبی کل خروجی می‌شود. که دلیل آن افزایش سطح مقطع زهکش‌ها در نتیجه افزایش دبی تک تک زهکش‌ها می‌باشد.

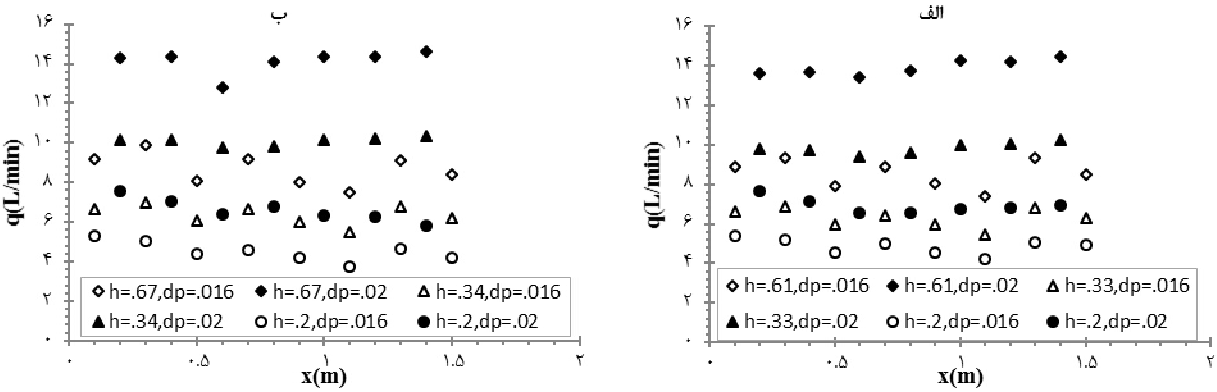
تأثیر شیب بر میزان جریان انحرافی

از آنجا که چنین سامانه‌هایی عمدتاً در نواحی کوهستانی کاربرد دارند، لذا آزمایشات در دو شیب 2 و4 درصد انجام شده و دبی زهکش‌های 16 میلی‌متر در مقابل فاصله از بالادست برای تراز سطح آب 67 سانتی‌متر و فاصله بین زهکش‌ها 20 سانتی‌متری در شکل 4 ترسیم شده است. با توجه به شکل 4 افزایش شیب باعث کاهش دبی زهکش‌های ابتدایی شد و دبی زهکش‌های انتهایی مقدار کمی افزایش می‌یابد که به دلیل تجمع آب در پایین دست می‌باشد ولی دبی کل خروجی در این دو حالت هیچ تغییری نمی‌کند (شکل5).

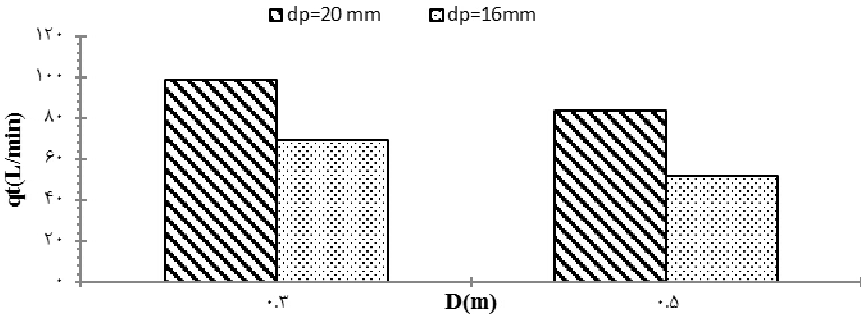
حالت دبی ورودی

تأثیر قطر زهکش بر میزان جریان انحرافی

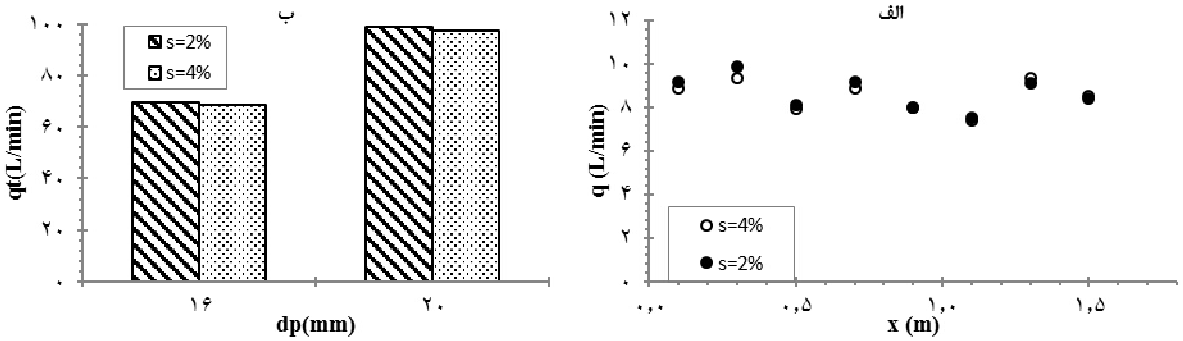
برای بررسی اثر قطر زهکش‌ها بر دبی آن‌ها نتایج برداشت شده از آزمایشات که مقادیر خروجی زهکش را در برابر فاصله هر لوله زهکش از ابتدای مخزن نشان می‌دهد برای جریان ورودی 1/42 لیتر بر ثانیه در عمق نصب30 سانتی‌متری زهکش برای دو شیب 2و 4 درصد ترسیم گردید (شکل 5). همانگونه که پیش‌بینی می‌شد افزایش قطر باعث افزایش دبی زهکش‌ها گردیده اما شیب تغییرات دبی در لوله‌های با قطر بیش‌تر، تندتر است و در عین حال در زهکش‌های ابتدایی تفاوت جریان بین لوله‌های ابتدایی بسیار بیش‌تر از لوله‌های انتهایی است.



شکل2- دبی زهکش‌ها در برابر فاصله از بالادست برای ترازهایمختلف آب و قطرهای مختلف زهکش (الف) شیب4% (ب) شیب 2%



شکل3- دبی تجمعی برای عمق‌های مختلف کارگذاری در دو قطر مختلف زهکش

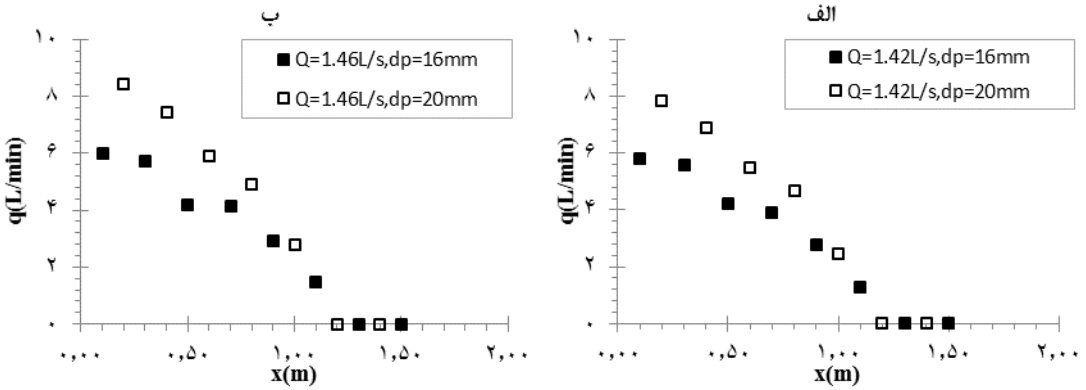


شکل4- تغییرات دبی زهکش‌ها در دو شیب 2 و4 درصد (الف) تغییرات دبی زهکش در مقابل فاصله از بالادست (ب) تغییرات دبی تجمعی زهکش-ها برای دو قطر 20 و 16 میلی‌متر

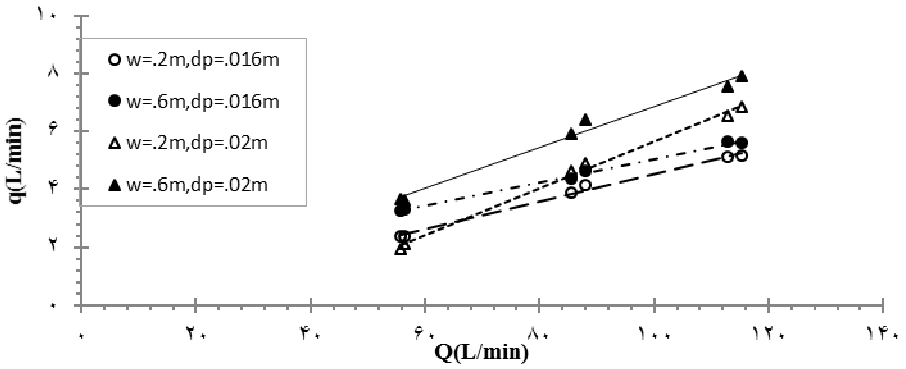
همچنین از شکل 6 مشخص است شیب منحنی دبی خروجی زهکش با قطر 20 میلی‌متر بیش‌تر از شیب منحنی دبی خروجی زهکش با قطر 16 میلی‌متر می‌باشد. علاوه بر توضیحات فوق شکل 7 تغییرات دبی تجمعی در برابر دبی ورودی را نشان می‌دهد. که در تمامی دبی‌های ورودی افزایش قطر باعث افزایش دبی کل خروجی شده است. با توجه به درصد دبی تجمعی زهکش‌ها در هر دو قطر نسبت به هم به ازای دبی ورودی یکسان که در شکل 8 نشان داده شده است، به‌طور میانگین در هر نوع شیبی افزایش قطر سبب افزایش تقریباً 9 درصدی دبی کل خروجی زهکش‌ها می‌شود.

تأثیر شیب بر میزان جریان انحرافی

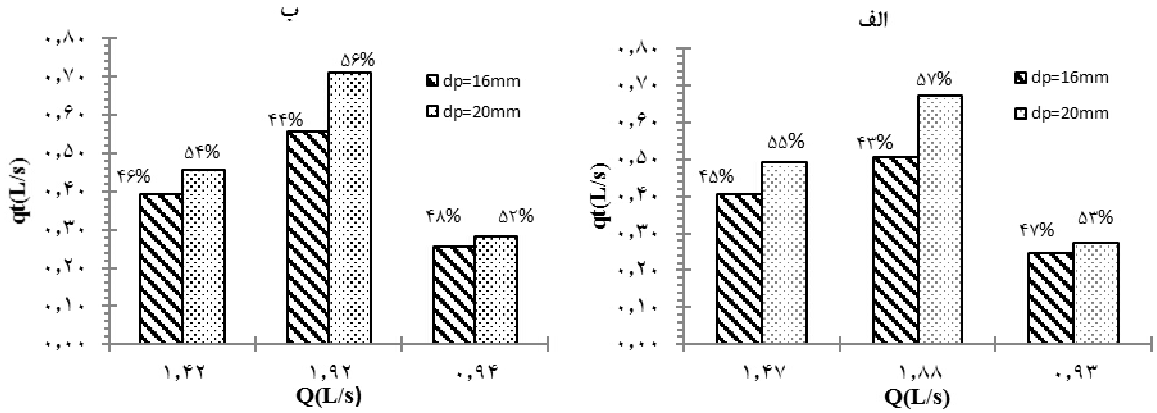
نتایج آزمایشات بر روی دبی‌های مختلف ورودی درحالت عمق کارگذاری 30 سانتی‌متر و قطر زهکش 16 میلی‌متر در شکل 8 نشان می‌دهد که با افزایش شیب محیط متخلخل دبی خروجی زهکش‌های ابتدایی کاهش و دبی زهکش‌های انتهایی افزایش می‌یابد.



شکل 5- اثر قطر زهکش بر روی دبی زهکش‌ها (الف) شیب2% (ب) شیب 4%



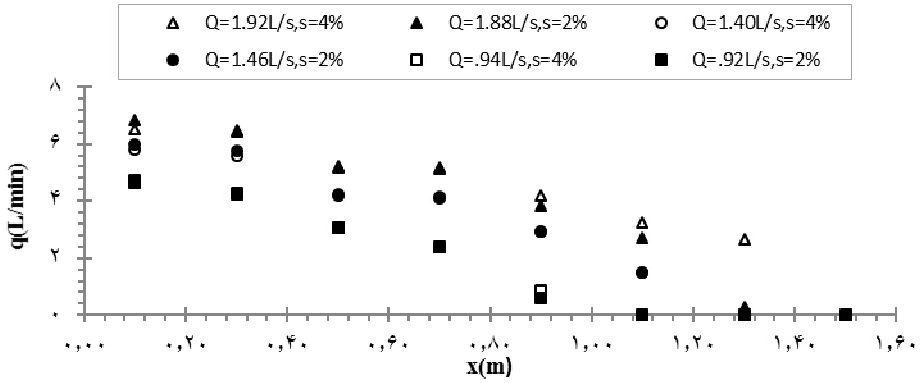
شکل6- تغییرات دبی زهکش میانی (q) دراثر تغییر دبی ورودی جریان (Q)



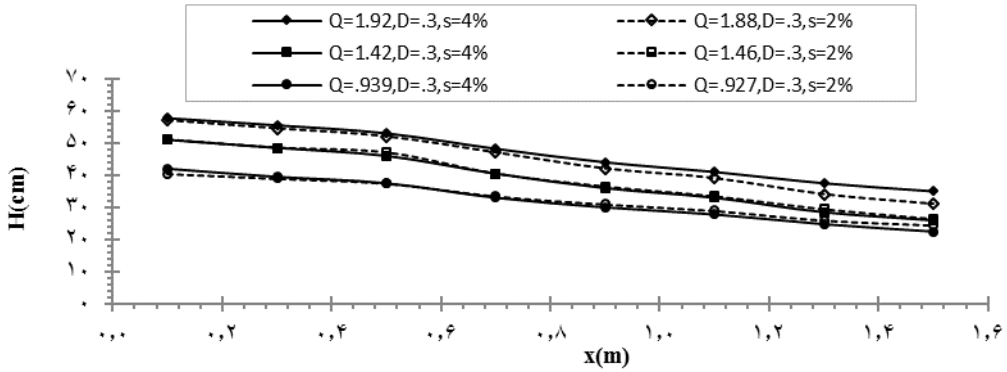
شکل 7- روند دبی تجمعی زهکش‌ها در دو شیب مختلف (الف) شیب 2% (ب) شیب 4%

همچنین با توجه به شکل 9 تراز سطح آب روی زهکش انتهایی کمی کاهش یافته اما در حالت دبی 1/9 لیتر بر ثانیه احتمالاً به دلیل تأثیر تراز سطح آب مجرای خروجی بر روی زهکش انتهایی، تراز سطح آب کمی افزایش یافته است. همچنین به دلیل افزایش سطح ورود جریان به روزنه‌ها ناشی از افزایش شیب مقدار جریان زهکش شده در انتها کمی افزایش می‌یابد که خود موجب کاهش اندکی در تراز سطح آب نسبت به شیب 2 درصد شده است. همچنین تغییرات دبی تجمعی زهکش‌ها با فاصله 20 سانتی‌متر به ازای دبی‌های ورودی مختلف، برای هر دو قطر 20 و16 میلی‌متر در شکل 10 ترسیم شده است. که نشان می‌دهد با افزایش شیب محیط شیب خط

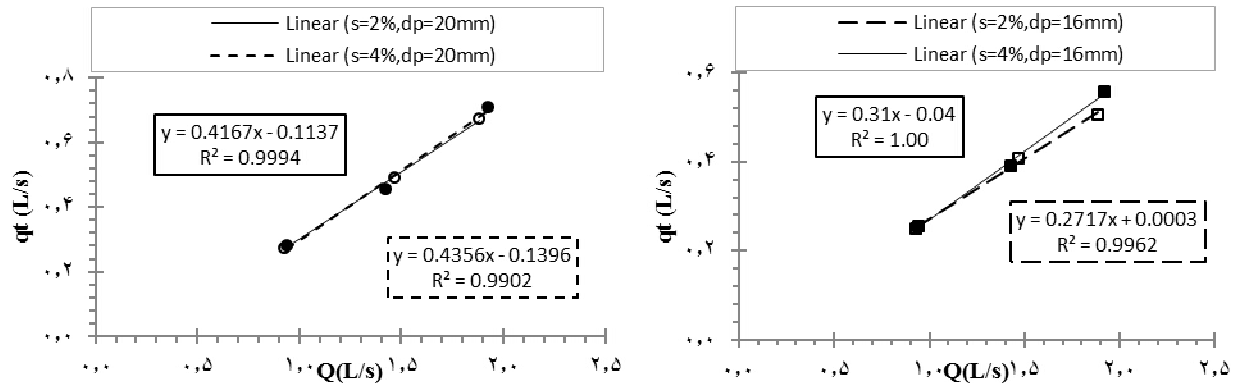
برازش داده شده 0/01 تا 03/ 0 افزایش می‌یابد. برای بررسی دبی کل خروجی به ازای دبی ورودی یکسان (0/93 لیتر بر ثانیه) در دو شیب مختلف، روند دبی تجمعی زهکش‌ها در شکل 11 ترسیم شده است. همانطور که از شکل مشخص است دبی خروجی کل با افزایش شیب افزایش می‌یابد و اختلاف جریان به‌وجود آمده در اثر افزایش شیب برای هر دو قطر یکسان است. اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. هم‌چنین روند تغییرات دبی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل در دو عمق مختلف ترسیم شده (شکل12). این نمودار نشان دهنده این است که روند افزایش دبی در عمق 30 سانتی‌متر بیش‌تر از عمق 50 سانتی‌متر می‌باشد. که به دلیل افزایش هد آب روی زهکش می‌باشد.



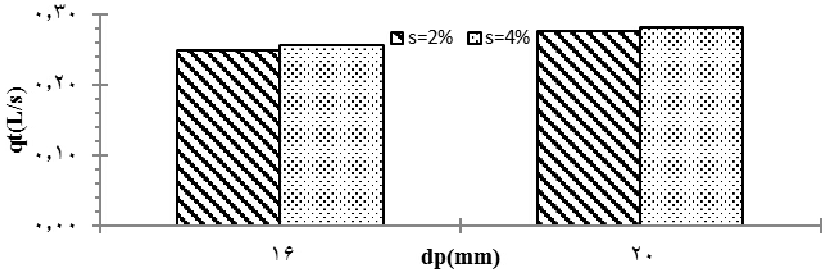
شکل 8- تغییرات دبی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل به ازای دبی ورودی و شیب مختلف برای قطر 16 میلی‌متر و D=30cm



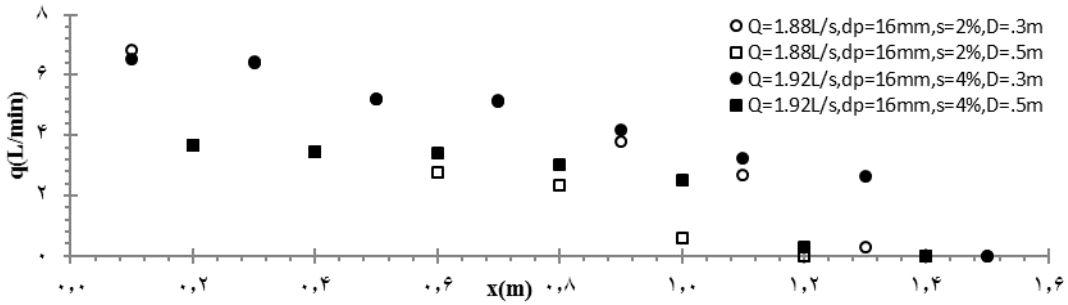
شکل 9- بار آبی روی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل برای قطر 16 میلی‌متر



شکل 10-دبی تجمعی در مقابل دبی ورودی برای فاصله 20 سانتی‌متری بین زهکش‌ها



شکل 11-روند دبی تجمعی زهکش‌ها در دو شیب مختلف برای دبی ورودی 0/93لیتر بر ثانیه



شکل 12-تغییرات دبی زهکش‌ها در طول محیط متخلخل در عمق‌های مختلف کارگذاری

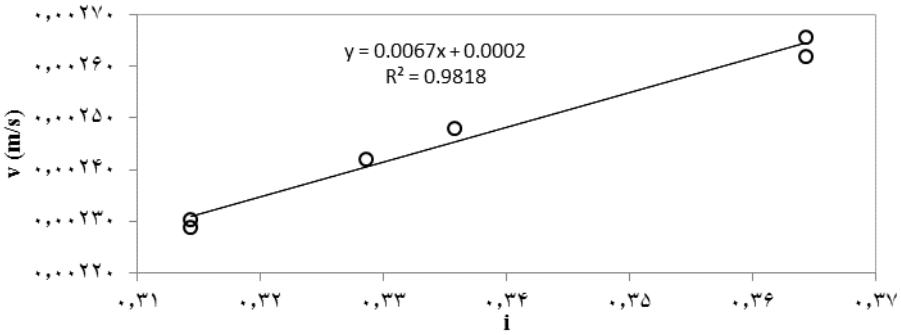
مدل ریاضی پیشنهادی برای برآورد جریان زهکش ها

حالت تراز ثابت سطح آب

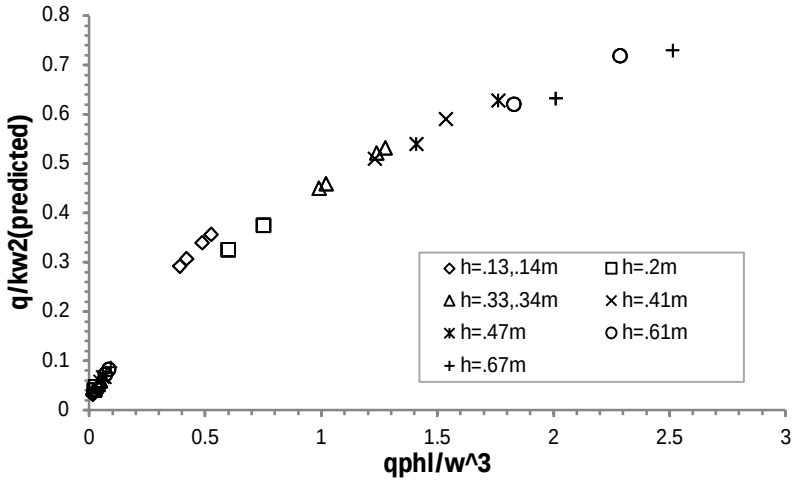
به‌منظور مشخص نمودن نوع جریان در محیط متخلخل، با توجه به اینکه قانون دارسی برای جریان‌های آرام بر قرار است، بایستی نوع جریان (آرام یا آشفته) در محیط مشخص گردد (قهرمان، 1389). که بدین منظور شار عبوری در برابر گرادیان هیدرولیکی جریان رسم گردید که با توجه به شکل 13 اگر رابطه بین دو متغیر خطی باشد در نتیجه جریان آرام و رابطه دارسی برقرار است. بنابراین می‌توان از عدد بی بعد فرود و رینولدز در رگرسیون صرف نظر کرد. در نتیجه ترکیب پارامترهای بی بعد رابطه 2 منتهی به رابطه 3 گردید.

$$\frac{q}{kw^2} = \emptyset\left(\frac{d_p hl}{w^3}\right) \quad (3)$$

پارامترهای بدون بعد فوق، برای بارهای آبی ثابت 50، 65 و100 سانتی‌متر از کف مدل برای هر دو شیب 2 و 4 درصد و فواصل لوله-های 20، 40، 60، سانتی‌متر در هر دو قطر 20 و 16 میلی‌متر بدست می‌آید. سپس 70 درصد داده‌ها را در نرم افزار spss وارد نموده و بهترین و دقیق‌ترین مدل غیرخطی بر روی این مقادیر برازش داده شد. میزان دبی انحرافی از لوله‌ها براساس منحنی برازش داده شده به‌دست آمد و برای 30 درصد بقیه داده‌ها مقایسه صورت گرفت. شکل 14 منحنی برازش داده شد بین پارامترهای بی بعد $\frac{q}{kw^2}$ و $\frac{d_p hl}{w^3}$ برای بارهای آبی مختلف 70 درصد داده‌ها براساس خروجی نرم افزار spss نشان می‌دهد.



شکل 13- تغییرات گرادیان هیدرولیکی در دبی‌های مختلف



شکل 14- منحنی برازش داده شده برای ترازهای مختلف سطح آب

جدول 1- ضرایب معادله 3 استفاده شده در منحنی شکل13

h (m) هد آب	StdError	a	b	R^2
0/13-0/14	0/16	0/515	0/675	0/98
0/2	0/137	0/448	0/624	0/983
0/33-0/34	0/16	0/453	0/658	0/979
0/41	0/189	0/445	0/659	0/974
0/47	0/201	0/428	0/678	0/972
0/61	0/189	0/418	0/655	0/973
0/67	0/188	0/403	0/645	0/973

کلیه منحنی‌های برازش داده شده در شکل 14 براساس رابطه 4 به‌دست آمدند. لیکن ضرایب مربوط به هر منحنی متفاوت و در جدول 1 نشان داده شده است.

$$\frac{q}{kw^2} = a\left(\frac{d_p^2 hl}{w^3}\right)^b \qquad (4)$$

با توجه به شکل 14 مشاهده می‌شود که مقادیر پارامترهای $\frac{d_p^2 hl}{w^3}$ تقریباً نزدیک بهم می‌باشند. به همین منظور در شکل 14 برای تمامی بارهای آبی با استفاده از نرم افزار spss یک منحنی برازش داده شده است. شکل 15 براساس رابطه 5 ترسیم شده که ضرایب آن در جدول 2 درج شده است.

$$\frac{q}{kw^2} = a + b\left(\frac{d_p^2 hl}{w^3}\right) + c\left(\frac{d_p^2 hl}{w^3}\right)^2 + d\left(\frac{d_p^2 hl}{w^3}\right)^3 \qquad (5)$$

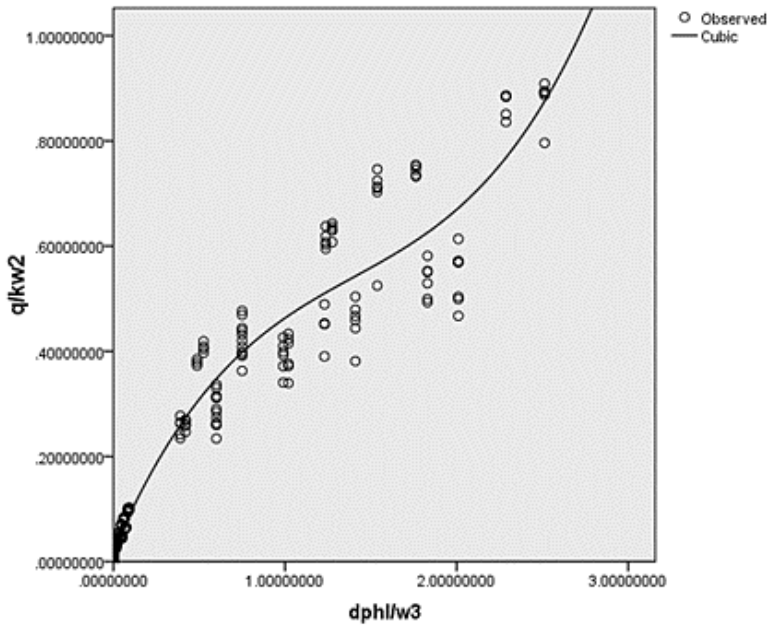
هم‌چنین در شکل16 مقایسه مقادیر دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی ارائه شده است و در آن مشاهده می‌شود ضریب تبیین R^2 برای هر دو حالت آموزش و آزمون (70 و 30 درصد) داده‌ها برابر 0/86 به‌دست آمده و میزان خطا حدود 20 درصد بین مقادیر آزمایشگاهی و محاسبات بیانگر آن است که منحنی‌های برازش یافته براساس نرم افزار spss با دقت مناسبی دبی انحرافی را تخمین زدند.

حالت دبی ورودی

ترکیب پارامترهای بی‌بعد رابطه 2 منتهی به رابطه 6 گردید.

$$\frac{qk^3\rho D d_p}{Q\mu g x} = \emptyset\left(\frac{x}{L}\right) \qquad (6)$$

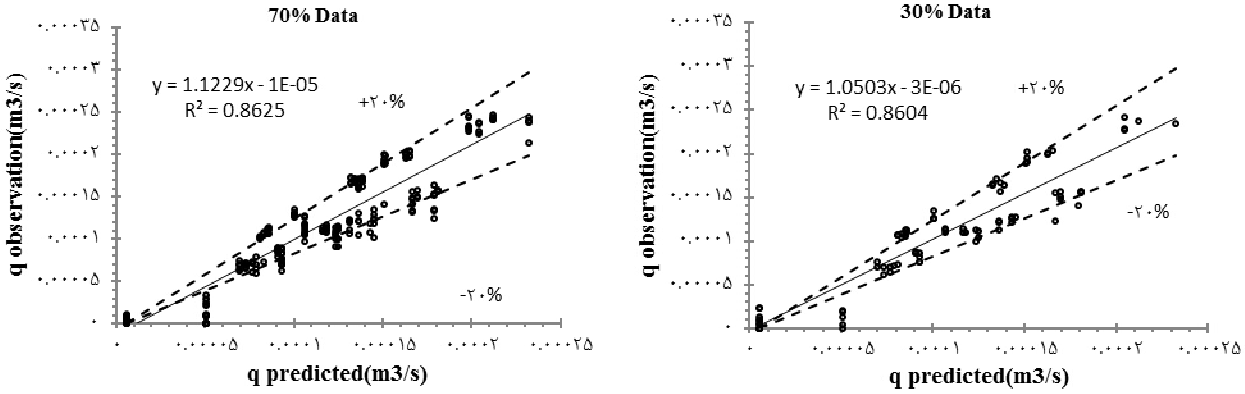
در رابطه بالا q دبی زهکش، dp قطر زهکش، Qدبی ورودی از بالادست ، g شتاب ثقل، x فاصله زهکش از بالادست، L طول کل مخزن،D عمق کارگذاری زهکش. پارامترهای بدون بعد فوق برای دبی‌های ورودی 0/93، 1/9 و 1/46 لیتر بر ثانیه برای هر دو شیب 2 و 4 درصد در هر دو قطر 20 و 16 میلی‌متر بدست می‌آید. سپس 70 درصد داده‌ها را در نرم افزار spss وارد نموده و بهترین و دقیق‌ترین مدل غیرخطی بر روی این مقادیر برازش داده می‌شود.



شکل15- منحنی برازش داده شده با نرم افزار spss برای تمامی بارهای آبی

جدول 2-ضرایب رابطه 5 از برازش بر 70 درصد داده‌های آزمایشگاهی

a	B	c	d	Std. Error	Residual Avg.	R	R^2
0/021	0/756	-0/413	0/098	0/064	0/004	0/97	0/941



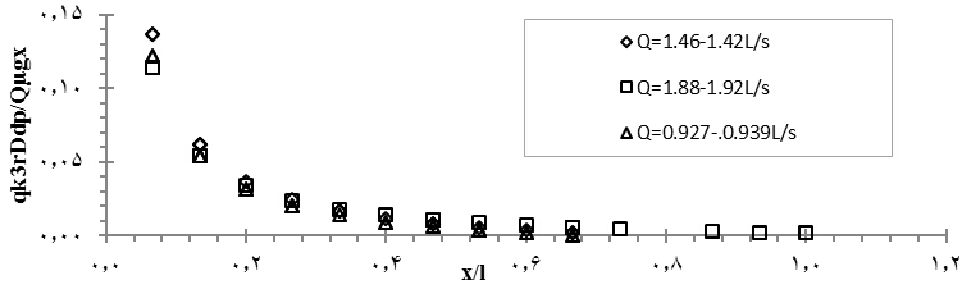
شکل 16- مقایسه نتایج دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی

صحت سنجی مدل غیر خطی بـه‌دسـت آمـده بـا اسـتفاده از 30 درصد بقیه داده‌ها صورت می‌گیرد. شکل 16 منحنی برازش داده شـد بین عامل‌های بـدون بعـد $\frac{qk^5\rho D d_p}{Q\mu g x}$ و $\frac{x}{L}$ بـرای دبـی‌هـای ورودی مختلف را برای 70 درصد داده‌ها (مرحله آموزش) براسـاس خروجـی نرم افزار spss نشان می‌دهد.

منحنی‌های بـرازش داده شـده در شـکل 16 براسـاس رابطـه 7 بدست آمده‌اند. لیکن ضرایب مربوط به هر منحنی متفاوت و در جدول 3 نشان داده شده اند.

$$\frac{qk^5\rho D d_p}{Q\mu g x} = a + \frac{b}{x/L} \quad (7)$$

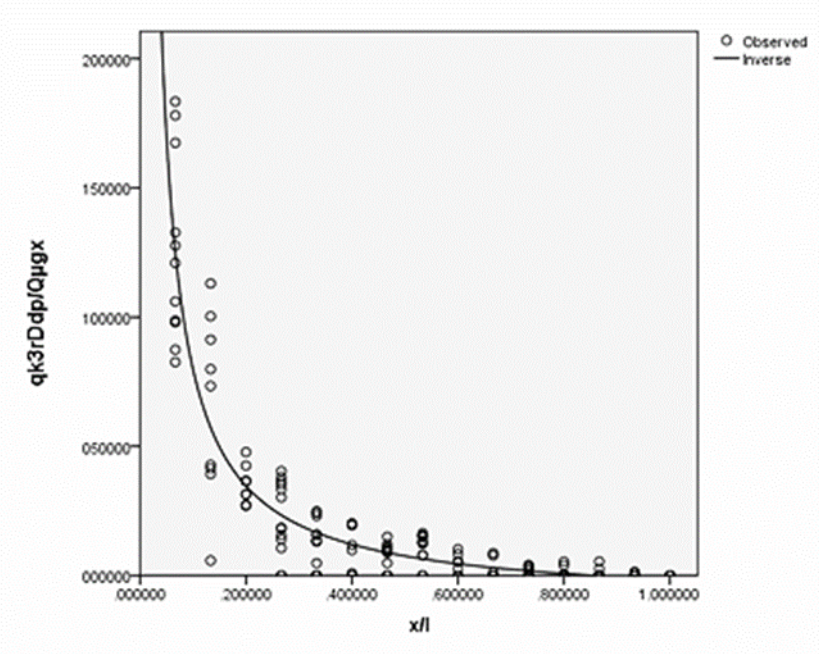
با توجه به شکل 16 و مانند تـراز ثابـت سـطح آب بـرای تمـامی دبی‌های ورودی با استفاده از نرم افزار spss یک منحنی بـرازش داده شده است (شکل17). معادله استفاده شده در شکل 17 رابطه 7 اسـت که ضرایب این معادله در جدول 4 نمایش داده شده است.



شکل 17-خروجی نرم افزار spss برای 70 درصد داده در مرحله کالیبره کردن مدل

جدول3- ضرایب معادله 6 استفاده شده در منحنی شکل16

دبی ورودی (L/s)	Std Error	R^2	a	B
0/927-0/939	0/017	0/82	-0/013	0/009
1/88-1/92	0/014	0/84	-0/006	0/008
1/46-1/42	0/015	0/86	-0/013	0/01

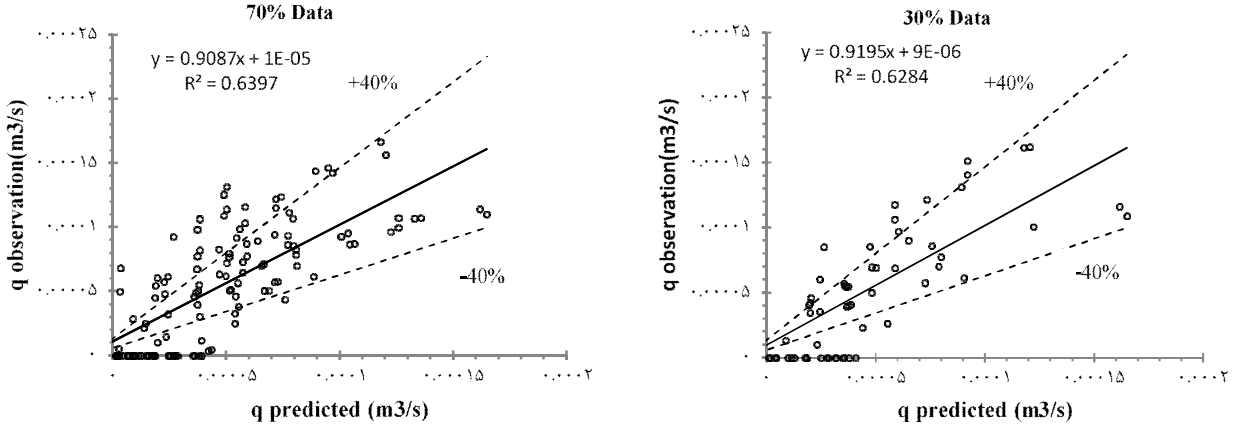


شکل 18- منحنی برازش داده شده با نرم افزار spss برای تمامی دبی‌های ورودی

جدول 4- ضرایب رابطه 7برای تمام دبی های ورودی از برازش بر 70 درصد داده‌های آزمایشگاهی

A	b	Std. Error	Residual Avg.	R^2
-0/011	0/009	0/064	0	0/845

همچنین در شکل 18 مقایسه مقادیر دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی ارائه شده است. چنانکه از شکل 18 مشاهده می‌شود ضریب تبیین R^2 برای هر دو حالت یعنی 30 و70 درصد داده‌ها برابر 0/63 به‌دست آمد و میزان خطای حدود 40 درصد بین مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی بیانگر آن است که منحنی‌های برازش یافته براساس نرم افزار spss با دقت مناسبی دبی انحرافی از لوله‌ها را محاسبه می‌کنند.



شکل 19- مقایسه نتایج دبی انحرافی در حالت آزمایشگاهی و محاسباتی در حالت دبی ورودی

کفایت مدل‌های پیشنهادی

به‌منظور بررسی مطلوبیت کمی معادلات 7 و 5 از شاخص‌های آماری زیر استفاده شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}[X_m - X_c]^2} \quad (8)$$

$$d = 1 - \left(\sum_i^n (X_m - X_c)^2 / \sum_i^n (|\acute{X}_m| + |\acute{X}_c|)^2\right) \quad (9)$$

$$\acute{X}_m = X_m - \bar{X}_m \quad (10)$$

$$\acute{X}_c = X_c - \bar{X}_m \quad (11)$$

در رابطه 8، N تعداد مشاهدات، $\mathbf{X_m}$، مقادیر دبی مشاهداتی و $\mathbf{X_c}$ مقادیر دبی تخمینی از مدل می‌باشد. مقادیر نزدیک RMSE به صفر حاکی از خطای کم مدل پیشنهادی است. هم‌چنین دامنه تغییرات شاخص ویلموت d بین صفر تا یک بوده و هر چه مقدار به‌دست آمده به یک نزدیک‌تر باشد مدل دارای دقت و کفایت بیش‌تر است. اگر مقدار برابر یک شود نشان‌دهنده تطابق کامل بین مقدار محاسبه شده و اندازه‌گیری شده می‌باشد. مقادیر d و RMSE برای منحنی شکل‌های 14 و 17 و نیز 30 درصد داده‌ها که منحنی براساس آن‌ها برازش نیافته در حالت تراز ثابت سطح آب 0/958 و $0/0237 m^3/s$ وحالت دبی ورودی 0/877 و $0/0296 m^3/s$ به دست آمده است.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان از اثر افزایشی قطر زهکش ها در هر دو حالت تراز ثابت سطح آب و جریان خروجی بدون کنترل پایین دست بر میزان دبی انحرافی از سیستم اثر داشته است. افزایش شیب در حالت تراز ثابت سطح آب تأثیر چندانی بر دبی زهکش شده ندارد ولی در حالت دبی ورودی (بدون کنترل جریان پایین دست) سبب افزایش 2 درصدی دبی زهکشی شده می‌شود. از سوی دیگر جریان خروجی از زهکش‌های ابتدایی به مراتب بیش‌تر از زهکش‌های انتهایی است و لذا به نظر می‌رسد در حالت بدون کنترل جریان پایین دست در طرح-های اجرای بهتر است قطر زهکش به سمت پایین دست کاهش یابد و با توجه به مقدار دبی ورودی و غیر مؤثر بودن زهکش‌های انتهایی بتوان طول آبگیر را برآورد نمود. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار spss، معادله ای بین پارامترهای مختلف مؤثر بر میزان جریان قابل زهکشی برازش گردیده است که دارای دقت مناسبی در حالت تراز ثابت سطح آب می‌باشد و رابطه برازش داده شده در حالت جریان خروجی بدون کنترل پائین دست نیز دقت نسبتاً مناسبی دارا می‌باشد. که می‌توان از این مدل‌ها برای تخمین تأثیر عوامل مختلف بر کارایی آبگیر زیرسطحی استفاده نمود.

منابع

باقری،ح.1389. مقدمه ای بر کاربرد SPSS در روان شناسی. انتشارات سخن. تهران

شرکت آبگیر سازه توس. 1388. گزارش فنی پروژه آبگیر زیر سطحی بیابان شیر.

رستمی،ر. 1390. مطالعه پارامترهای هیدرولیکی مؤثر بر جریان انحرافی در آبگیر زیر سطحی با استفاده از مدل آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

شفاعی بجستان،م. 1384. مبانی و کاربرد مدل‌های فیزیکی – هیدرولیکی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

علیزاده،ا. 1376. زهکشی اراضی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره 96

قهرمان،ب. 1389 .فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد

منصوری،ر.1390. مطالعه پارامترهای فیزیکی مؤثر بر جریان منحرف شده در آبگیر زیرسطحی با استفاده از مدل آزمایشگاهی. پایان-نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

Joseph,C., Christopher,B., Franco,M and Robert,J.P. 2004. A Summary of Published Reports of transmission losses in ephemeral streams in the U.S., A Report to the National Center for Housing and the Environment, 42 pp.

Rivaz, N. , Musavi- Jahrom, S. H. 2012. Estimation of transmission losses in the ephemeral rivers applying MIKE11 (case study: Khoshk River, Shiraz, Iran). *Archives Des Sciences*

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 10, Jul.-Agu. 2016, p. 294-306

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 3، جلد 10، مرداد - شهریور 1395، ص. 306-294

Physical Modeling of Subsurface Flow System of Collection River Bed

E.Ghavami[1], K. Esmaili[2]*,A. Behshti[3]

Recived: Apr.20, 2016 Accepted: Aug.03, 2016

Abstract

The type of rivers are dry or seasonal in arid or semiarid zone and current flowing through them is short or if there is no flow. One of the best methods to divert the flow in the river basin system is implementation with subsurface drainage network in the river bed A laboratory model for study the effects of hydraulic and geometric characteristics of the intake flow rate diversion was designed , Which the possibility measuring the inflow and outflow of diversion was considered.in this study were evaluated the effect of bed slope intake and diameter size of particle on diversion flow in two condition, water level constant and without control input discharge . The results showed that the slope of the porous medium tangible impact on current of deviation is in a state of constant water level. But the steep increase in input mode increases the deviation is negligible in Dubai. The 20% increase in diameter drains, in case the input of 9% and 20% in fixed alignment surface water drainage flow improves.The SPSS were using to obtain an equations that by them can estimate the diversion flow base of head flow hydraulic conductivity in porous media.

Keywords: Trench intake, Subsurface flow, Drainage, Porous media

1 -MSc Graduated of Water and Science Engineering Department. Ferdowsi University of Mashhad
2 - Associate Prof. of Water and science Engineering Department. Ferdowsi University of Mashhad
3 -Assistant Prof. of Water and Science Engineering Department. Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: Esmaili@um.ac.ir)