

شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در مانیفولدهای آبیاری قطره‌ای با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت

علی اشرف صدرالدینی^{۱*}، امیرحسین ناظمی^۲، رضا دلیر حسن‌نیا^۳، سعید صمدیان فرد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۱۳

چکیده

تعیین افت بار هیدرولیکی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های طراحی این سیستم‌ها می‌باشد. برای حصول یکنواختی مطلوب توزیع آب در شبکه قطره‌چکان‌ها لازم است که اختلاف بار در یک زیرواحد سیستم قطره‌ای در محدوده معینی قرار داشته باشد. در سال‌های اخیر نرم‌افزار فلوئنت به میزان زیادی در علوم هیدرولیک و مکانیک سیالات برای تجزیه و تحلیل انواع جریان به کار گرفته شده است. این نرم‌افزار قابلیت‌های زیادی دارد و توانمندی‌های آن در حل بسیاری از مسائل جریان سیالات و انتقال جرم و دما به اثبات رسیده است. در مطالعه حاضر تلاش شد با استفاده از این نرم‌افزار جریان در مانیفولدهای آبیاری قطره‌ای از نظر هیدرولیکی شبیه‌سازی گردد. بدین منظور سه لوله مانیفولد به طول ۱۸ متر با قطرهای خارجی ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر و هر کدام دارای ۸ خروجی به فواصل ۲ متر آماده گردید. با برقراری جریان با فشارهای ورودی ۰/۸، ۱/۰ و ۱/۲ بار در سه تکرار، توزیع فشار در هر سه لوله با استفاده از فشارسنج‌های دیجیتالی دقیق اندازه‌گیری گردید. سپس همین شرایط با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. همچنین با کاربرد رابطه داری-ویسیاخ افت بار در شرایط آزمایشی مذکور محاسبه شد. نتایج حاصل از مقایسه عملکرد نرم‌افزار مذکور و رابطه داری-ویسیاخ با داده‌های آزمایشی نشان داد که نرم‌افزار فلوئنت و رابطه داری-ویسیاخ به ترتیب با داشتن حداکثر خطای نسبی ۱/۱۲۶۸ و ۰/۵۷۲۰ درصد و ضریب تبیین ۰/۹۹۹۵۹ و ۰/۹۹۹۹۳ در مقایسه با مقادیر افت بار اندازه‌گیری شده، روش‌های مناسبی برای شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در مانیفولدهای آبیاری قطره‌ای می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، توزیع فشار، شبیه‌سازی هیدرولیکی، مانیفولد، نرم‌افزار فلوئنت

مقدمه

زمینه افت بار در مانیفولدها و اتصالات آبیاری قطره‌ای به انجام رسیده است. واریک و یتایف یک راه حل تحلیلی را برای جریان در یک مانیفولد ارائه کردند. در این روش، یک رابطه درجه دوم بر اساس افت بار سرعت و دبی متغیر برای دو نوع رژیم ورقه‌ای و متلاطم در نظر گرفته شده است (Warrick, and Yitayew, 1987). یتایف راه حل تحلیلی ساده‌ای را بر حسب دبی و طول مانیفولد برای محاسبه افت بار کل ارائه کرد (Yitayew, 1990). امین و سوهلیک رابطه داری-ویسیاخ را به همراه یک ضریب ترکیبی اصطکاک با لحاظ نمودن لوله صاف و افت موضعی اتصال قطره‌چکان به صورت گام به گام برای محاسبه دقیق افت بار به کار بردند. در این روش اثر تغییرات ساخت و دما روی دبی قطره چکان نیز لحاظ شده است (Amin, and Svehlik, 1994). ماهر و سینگ با آزمایش بر روی لوله‌های لترال آبیاری بارانی به قطرهای مختلف و ترکیب تیمارهای گوناگون شامل فشارهای متفاوت ورودی، تعداد خروجی‌ها و نیز فاصله ی اولین خروجی از ابتدای لترال مقدار F کریستیانسن را مورد تصحیح قرار داد و جدولی از مقادیر K را ارائه نمودند. ایشان استفاده از مقادیر K را برای طراحی دقیقتر افت فشار موضعی در لوله‌های با چندین خروجی

برای کشوری مانند ایران که دچار کمبود منابع آب می‌باشد، صرفه جویی در مصرف آب و استفاده از سیستم‌های کم فشار، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. پذیرش شیوه‌های جدید آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب برای پیاده کردن این روش‌ها از جمله راه‌های افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب است (علیزاده، ۱۳۸۰). در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، چنانچه فشار کارکرد مورد نیاز بطور دقیق برآورد نگردد، علاوه بر اتلاف فشار تولیدی در ایستگاه‌های پمپاژ، در اغلب موارد به دلیل اعمال فشار بیش از حد نیاز، دبی قطره چکانها افزایش یافته و تلفات آب بیشتر می‌شود. در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای توسط محققین مختلف در

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- دانش‌آموخته مقطع دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(Email: alisadraddini@yahoo.com

)*- نویسنده مسئول:

مواد و روش‌ها

نحوه انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های عملی برای بدست آوردن مشخصه‌های هیدرولیکی جریان در سیستم آبیاری قطره‌ای در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه تبریز (کرکج) واقع در کیلومتر ۱۲ جاده تبریز- باسمنج صورت پذیرفت. برای تعیین مشخصه‌های هیدرولیکی سیستم آبیاری قطره‌ای، فشار در ابتدا و انتهای لوله‌های لترال، فشار در ابتدا و انتهای لوله‌های مانیفلد و همچنین دبی در ابتدای سیستم اندازه گیری شد. بدین منظور از تجهیزاتی به شرح زیر استفاده گردید:

جهت ایجاد بار فشاری ثابت از یک سیستم جریان گردشی بین یک مخزن ذخیره آب در سطح زمین و یک مخزن در ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین، استفاده شد. آب به طور دائمی به مخزن در ارتفاع ۱۵ متری پمپاژ می‌گردد و آب مازاد این مخزن پس از عبور از سرریز (برای تثبیت سطح آب) توسط لوله انتقالی به مخزن زمینی برگشت داده می‌شود. برای کنترل و تثبیت فشارهای ۰/۸، ۱/۰ و ۱/۲ بار، از یک شیر فلکه یک اینچی به منظور ایجاد افت بار موضعی و از یک فشارسنج و یک کنتور حجمی با دقت یک دهم لیتر در انتهای لوله بازگشتی به منظور اندازه‌گیری‌های مورد نیاز استفاده گردید. با بستن فلکه، فشار جریان بعد از فلکه کاهش می‌یافت تا فشار مورد نظر حاصل می‌گردد. شکل (۱-الف) نحوه قرارگیری مخزن برای ایجاد بار فشار مورد نیاز را نشان می‌دهد. سه مانیفلد با قطرهای خارجی ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر هریک شامل ۸ خروجی لترال به فواصل ۲ متر از هم آماده گردید. در هر آزمایش یکی از مانیفلدها به لوله برگشتی از مخزن متصل و جریان با فشار مشخص ۰/۸، ۱/۰ یا ۱/۲ بار برقرار گردید. سپس با اندازه‌گیری فشار در ابتدا و انتهای هر یک از مانیفولدها، تغییرات فشار در طول مانیفولدها اندازه‌گیری شد. جهت حصول اطمینان از داده‌های ثبت شده هر یک از حالت‌های آزمایشی در سه تکرار انجام گردید. در اندازه‌گیری فشار از دو دستگاه فشارسنج دیجیتال Wöhler-DC2000 با دقت یک میلی‌بار استفاده بهره برده شد که یکی از فشارسنج‌ها برای اندازه‌گیری فشار در ابتدای مانیفلد و دیگری در انتها و به صورت همزمان استفاده گردید. فشارسنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری فشار در شکل (۱-ب) نشان داده شده است.

معرفی نرم افزار فلوئنت

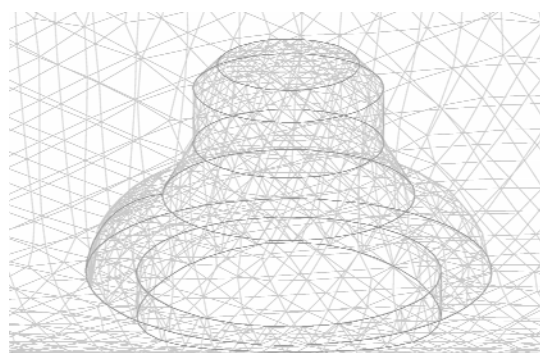
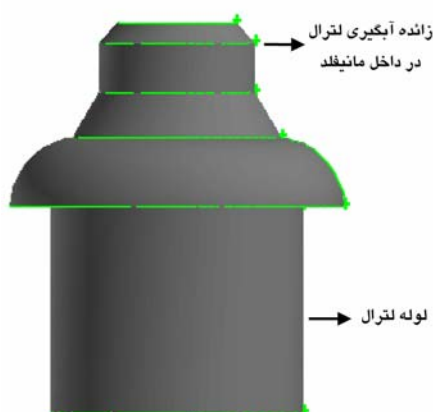
فلوئنت یکی از کاربردی ترین نرم افزارها در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد. تعریف محدوده جریان در شرایط اولیه و مرزی به صورت مراحل زیر انجام پذیرفت:

توصیه نمودند (Mahar, and Singh, 2003). یلدریم و اگیراوغلو روش‌های محاسبات هیدرولیکی لترال‌های آبیاری قطره‌ای را به صورت مقایسه ای مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. ایشان هفت روش معروف محاسبات هیدرولیکی را از نقطه نظرهایی مانند روش حل، فرضیات اساسی، فرمول‌های بکار رفته و نیز تفاوت در موارد کاربرد مورد مقایسه قرار داده و نتایج تحلیل خود را با اعمال بر روی هفت مثال متنوع به صورت گرافیکی ارائه کردند (Yildirim, and Agiraioglu, 2004). صدرالدینی و همکاران (۱۳۸۶) با تست هیدرولیکی یک لوله لترال آبیاری قطره‌ای به قطر ۱۶ میلی‌متر و ۴ نوع قطره‌چکان روی خط متداول در ایران، افت بار نظیر تیزه‌های قطره‌چکان‌ها را مورد تحلیل قرار دادند. طبق گزارش ارائه شده، به ازای افزایش سرعت جریان، افت بار نظیر تیزه‌های قطره‌چکان نیز افزایش می‌یابد. بر اساس اندازه‌گیری‌ها مقادیر افت ناشی از وجود هر تیزه بطور متوسط در محدوده‌ی ۱۲ الی ۱۶ درصد افت بار معادل واحد طول لترال تعیین گردید. مزید نشان داد که با استفاده از دو ضریب حاصل از کاربرد روش حداقل مربعات می‌توان رابطه مناسبی بین دبی و بار هیدرولیکی در ورودی لترال به دست آورد. او با استفاده از این مدل، افت در خطوط مانیفلد را به افت در لترال معادل تبدیل نمود و مشخصه‌های هیدرولیکی جریان را با استفاده از روش نیوتن رافسون به دست آورد (Mizyed, 2002). والیانتراس عملکرد روابط تجربی داری-ویسباخ و هیزن-ویلیامز را مورد مقایسه قرار داد و به این ترتیب ضریب C رابطه‌ی هیزن-ویلیامز را تصحیح نمود. وی با تحلیل نتایج آزمایشات مختلف بر روی لوله‌هایی با جنس‌ها و قطرهای گوناگون اعم از لترال‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای، به این نتیجه رسید که مقدار افت بار اصطلاحی در طول لوله‌ی لترال که از رابطه‌ی داری-ویسباخ محاسبه می‌شود، دارای یک رابطه‌ی توانی با دبی جریان می‌باشد (Valiantzas, 2005).

با پیشرفت روز افزون سیستم‌های محاسباتی و ورود نسل جدید کامپیوترها استفاده از نرم افزارها به منظور حل مسایل مهندسی توسعه زیادی پیدا کرده است. در سال‌های اخیر نرم افزار فلوئنت به میزان زیادی در علوم هیدرولیک و مکانیک سیالات برای تجزیه و تحلیل انواع جریان در سیالات به کار گرفته شده است. این نرم افزار قابلیت‌های زیادی دارد و توانمندی‌های آن در حل بسیاری از مسائل جریان سیالات و انتقال جرم و دما به اثبات رسیده است. به نظر می‌رسد که این نرم افزار بتواند به صورت دقیق‌تری مقادیر افت بار مربوط به لوله‌ها و اتصالات آبیاری قطره‌ای را بر مبنای شبیه‌سازی جریان محاسبه نماید. لذا در این بررسی شبیه‌سازی عددی جریان در لترال‌های آبیاری قطره‌ای در سه مانیفلد با قطرهای ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر در سه فشار ورودی ۰/۸، ۱/۰ و ۱/۲ بار و با در نظر گرفتن ۸ خروجی به فواصل ۲ متری از همدیگر، توسط نرم افزار فلوئنت انجام گردید و نتایج حاصله با داده‌های آزمایشی مقایسه شده است.



شکل ۱- (الف) محل قرارگیری مخزن برای ایجاد بار فشارمورد نیاز و (ب) فشارسنج برای اندازه‌گیری فشار در مانیفلدها



شکل ۲- شبکه بندی و محدوده هندسی ترسیم شده در نرم افزار گمبیت برای خروجی‌های مانیفلد

۳- تعریف فضای جریان و اطلاعات ورودی در نرم افزار فلوئنت

به منظور باز خوانی فایل شبکه ایجاد شده توسط مدل، این فایل با فرمت msh ذخیره شد.

پس از باز خوانی فایل، مقیاس مدل تعریف شده و با بررسی شبکه، اطمینان از عدم وجود مشکل در المان‌ها حاصل شد. گام بعدی در مدل فلوئنت تعیین نوع جریان از قبیل ماندگار و یا غیر ماندگار بودن می‌باشد. با توجه به اینکه رژیم جریان در لوله‌ها به صورت تحت فشار بوده و نهایتاً جریان به حالت ماندگار می‌رسد. در نتیجه جریان به صورت ماندگار شبه‌سازی شد.

در این تحقیق با توجه به تلاطم زیاد جریان، رژیم جریان آشسته در نظر گرفته شده و بهترین مدل آشفتگی که نتایج آن با داده‌های تجربی، کمترین خطا نسبی را داشت، انتخاب گردید. همچنین با توجه به ماهیت تک فازی جریان در لوله‌های پلی اتیلنی، در این شبه‌سازی‌ها نوع جریان به صورت تک فاز آب تعریف شد. مشخصات فیزیکی سیال در دمای آزمایشگاهی (20°C) فرض شده است.

۱- تعریف محدوده هندسی

محدوده جریان عبارت است از جدار داخلی لوله‌های پلی اتیلنی مانیفلد با قطرهای خارجی ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر و طول ۱۸ متر. انتهای لوله مانیفلد بسته بوده و آب از ابتدای آن وارد می‌گردد. هشت محل اتصال لترال‌ها به مانیفلد سبب ایجاد افت موضعی و تغییر سرعت در طول مانیفلد می‌شود و لذا تعیین دقیق‌تر مشخصه‌های جریان در این محل‌های اتصال لترال‌ها اهمیت دارد. شکل (۲) محدوده هندسی جریان در بست‌های ابتدائی لترال‌ها (محل اتصال لترال به مانیفلد) را نشان می‌دهند.

۲- ایجاد شبکه

برای ایجاد شبکه قابل فراخوانی توسط نرم افزار فلوئنت از نرم افزار گمبیت استفاده شد. در شکل (۲) محدوده هندسی شبکه بندی شده در نرم افزار گمبیت برای خروجی‌های مانیفلد نشان داده شده است. برای شبکه بندی مدل به طور کلی از المان‌های ۵ و ۶ وجهی با استفاده از ابزار Hex/Wedge استفاده گردید.

۴- معادلات جریان

در مدل فلونت حل معادلات پیوستگی و مومنت ناویر - استوکس (روابط ۱ و ۲) با استفاده از تکنیک‌های تفاضلات محدود انجام می‌پذیرد.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) =$$

$$-\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} [\mu (\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial u_l})] \quad (2)$$

$$+ \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j})$$

که در آن، ρ چگالی سیال، u سرعت، t زمان، p فشار، x_i, x_j مولفه طولی در جهت‌های i و j و δ_{ij} دلتای کرونکر می‌باشد.

۵- شرایط مرزی

سه نوع شرط مرزی برای مدل استفاده شد. شرایط مرزی به کار برده شده عبارتند از: سرعت ورودی، فشار ورودی و شرط مرزی دیواره. شرط مرزی فشار ورودی در ابتدای لترال، شرط مرزی سرعت ورودی برای تعریف خروج آب از مانیفلدها و شرط مرزی دیواره برای تعریف محیط لوله مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۶- انتخاب شبکه بهینه و اجرای برنامه

پس از تعیین کلیه پارامترهای فوق، شبیه‌سازی جریان در مانیفلدهای ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی متری انجام پذیرفت. متوسط زمان شبیه‌سازی برای هر حالت با توجه به روش‌های به کار رفته حدود ۶ الی ۷ ساعت بود. لازم به ذکر است که چون تحلیل جریان به صورت ماندگار انجام شد، معیار ماندگار شدن جریان در تمامی مدل‌ها، ثابت شدن تغییرات پروفیل سرعت می‌باشد.

۷- صحت سنجی مدل و استخراج نتایج

پس از اتمام اجرای مدل، نتایج شبیه‌سازی عددی جریان به صورت نمودار و جدول استخراج شد که در بخش نتایج ارائه شده است. برای مشخص نمودن میزان دقت شبیه‌سازی‌ها از آماره‌های خطای نسبی (RE)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R)، میانگین مطلق خطا (MAE) و ضریب انطباق (IA) مقادیر محاسباتی و مشاهداتی از طریق روابط زیر مورد مقایسه قرار گرفت:

$$RE = \frac{|P_{est} - P_{obs}|}{P_{obs}} \times 100 \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_{est} - P_{obs})^2} \quad (4)$$

$$R = \frac{\left(\sum P_{est} P_{obs} - \frac{1}{n} \sum P_{est} \sum P_{obs} \right)^2}{\left(\sum P_{est}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum P_{est} \right)^2 \right) \left(\sum P_{obs}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum P_{obs} \right)^2 \right)} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |P_{est} - P_{obs}| \quad (6)$$

$$IA = 1 - \frac{\sum (P_{est} - P_{obs})^2}{\sum \left(|P_{est} - \overline{P_{obs}}| + |P_{obs} - \overline{P_{obs}}| \right)^2} \quad (7)$$

در روابط ۳ تا ۷، P_{est} فشار انتهائی محاسبه شده توسط نرم‌افزار فلونت و P_{obs} فشار انتهائی مشاهده شده در مانیفلد می‌باشند.

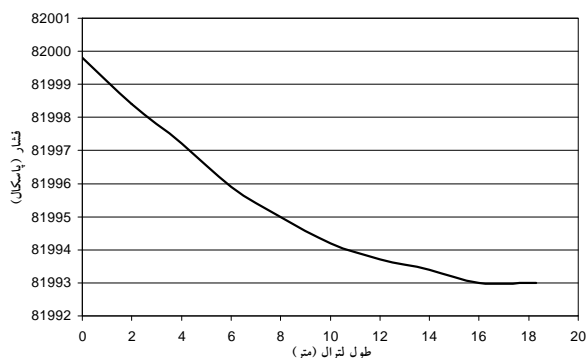
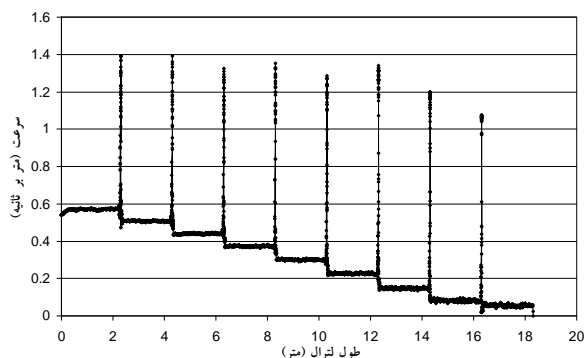
نتایج و بحث

شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در مانیفلدها

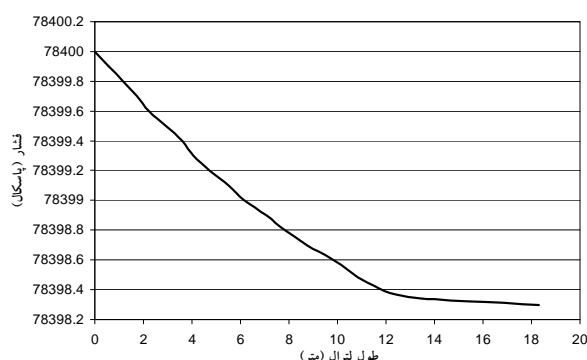
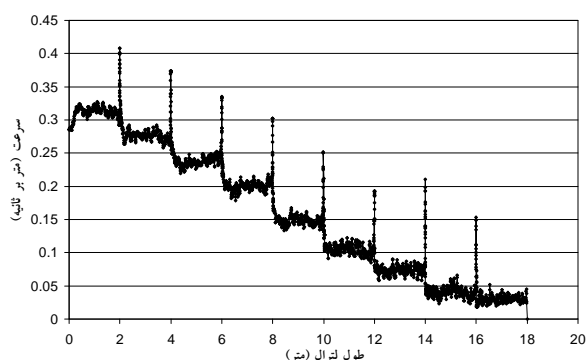
بعد از طراحی محدوده شبیه‌سازی مانیفلدها در نرم افزار گمبیت و اجرای آن در نرم‌افزار فلونت برای هر سه قطر ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر با هشت خروجی، نمودارهای تغییرات فشار و سرعت جریان در طول مانیفلدها با قطرهای ذکر شده و فشار ۰/۸ بار (به عنوان نمونه) در شکل (۳) ارائه گردیده است. همانطوری که در نمودارهای تغییرات سرعت مشخص است، در محل اتصال لترال‌ها به مانیفلد به دلیل وجود تغییرات موضعی سرعت، خطوط قائم ظاهر گردیده است. دامنه خطوط قائم با افزایش قطر لوله مانیفلد کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند به دلیل کم بودن سرعت جریان و کوچک بودن اندازه تیزه نسبت به سطح مقطع در مانیفلدهای با قطر بزرگتر باشد. بلافاصله در پایین دست محل اتصال، سرعت به صورت پلکانی کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش قطر لوله‌ها دامنه نوسانات سرعت نشان داده شده در نمودارها بیشتر گردیده است که عمدتاً به دلیل بزرگتر شدن اشل محورهای قائم می‌باشد. همچنین به دلیل کاهش سرعت جریان در طول مانیفلد شیب نمودارهای نشان‌دهنده تغییرات فشار به تدریج کم شده است. متوسط شیب تغییرات فشار در مانیفلد با قطر ۳۲ میلی متر بیشتر از دو مانیفلد دیگر می‌باشد که علت آن بیشتر بودن دامنه تغییرات کاهشی سرعت در طول مانیفلد می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل تغییرات سرعت در محل اتصالات لترال‌ها به مانیفلد، به عنوان نمونه پروفیل‌های توزیع فشار و سرعت حاصله از نرم‌افزار فلونت در اولین بست ابتدائی در فشار ۰/۸ بار در شکل ۴ نشان داده شده است.

برای بررسی دقت نرم‌افزار فلوتنت، مقادیر فشار مشاهداتی در انتها لوله‌های مانیفلد با مقادیر فشار حاصل از شبه‌سازی و نیز مقادیر محاسباتی حاصله از کاربرد رابطه داری و یسباخ مورد مقایسه قرار داده شد. مقادیر فشار اندازه‌گیری شده در انتهای مانیفلدها با مقادیر حاصله از طریق کاربرد رابطه داری و یسباخ و نیز مقادیر حاصله از شبه‌سازی در جدول ۱ مورد مقایسه قرار داده شده‌اند.

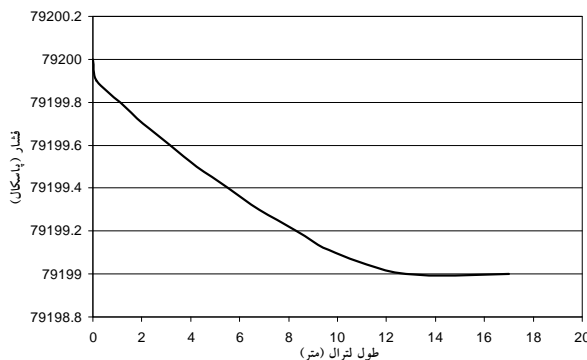
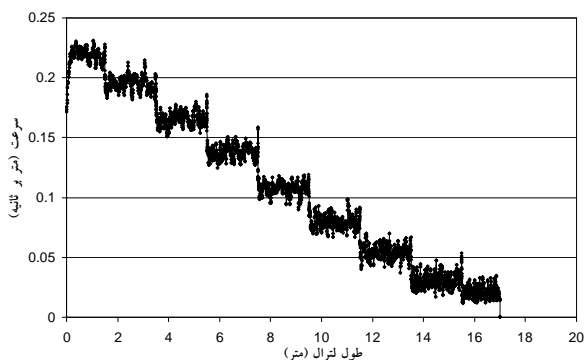
لازم به ذکر است که افزایش سرعت در محل خروجی از مانیفلدها به علت تنگ شدگی مقطع و وجود بست ابتدائی است. این اثر در مانیفلد با قطر ۳۲ میلی متر زیاد (شکل ۴)، در مانیفلد با قطر ۴۰ میلی متر مقداری کاهش یافته و در مانیفلد با قطر ۵۰ میلی متر به حداقل مقدار خود می‌رسد و این مورد می‌تواند به دلیل کوچکتر شدن اندازه نسبی تیزه نسبت به سطح مقطع جریان و پایین بودن سرعت در مانیفلد با قطر بزرگتر در نظر گرفته شود.



الف - قطر ۳۲ میلی‌متر

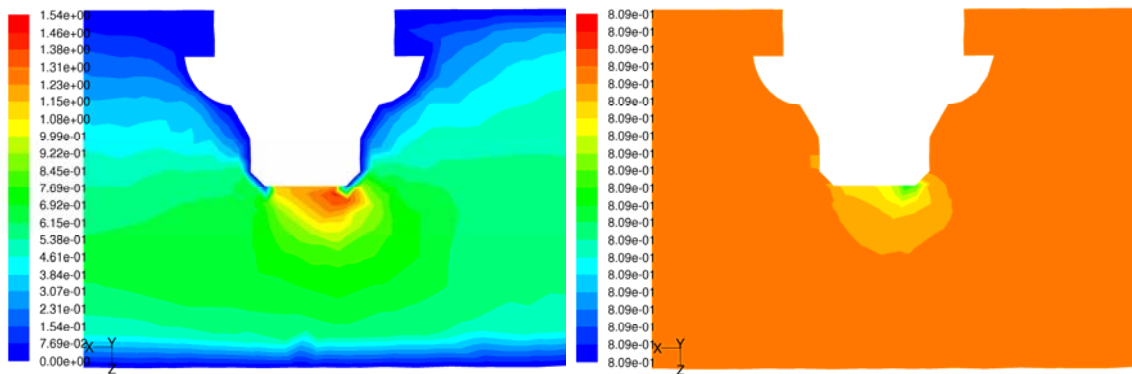


ت - قطر ۴۰ میلی‌متر

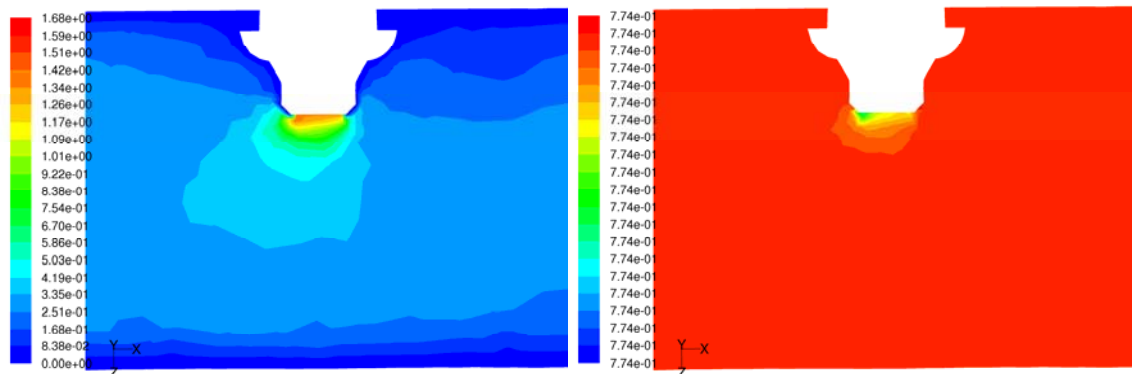


ج - قطر ۵۰ میلی‌متری

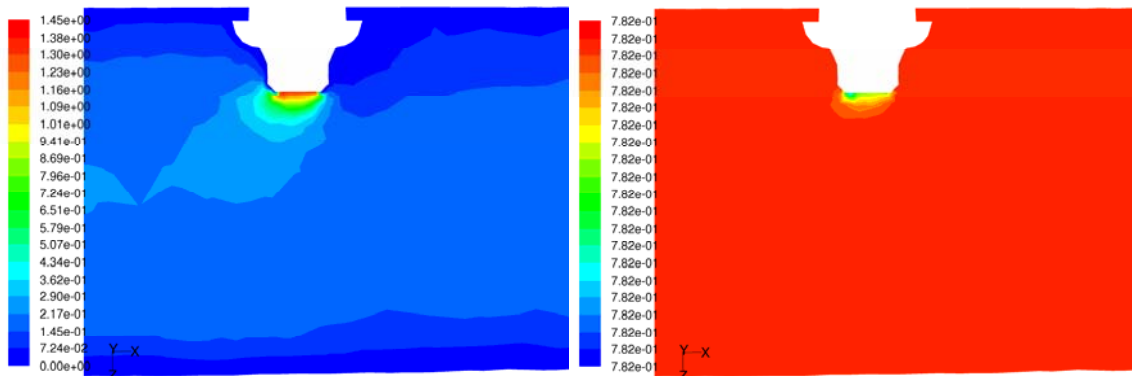
شکل ۳- نمودار تغییرات سرعت و فشار در مانیفلد با قطرهای مختلف و فشار ورودی ۰/۸ بار



الف - قطر ۳۲ میلیمتر



ت - قطر ۴۰ میلیمتر



ج - قطر ۵۰ میلیمتر

شکل ۴- پروفیل توزیع فشار (شکل سمت راست) و سرعت (شکل سمت چپ) در مانیفولد با قطرهای مختلف و فشار ورودی ۰/۸ بار

دقت رابطه داری ویسیاخ در تمامی موارد به جز در فشارهای نزدیک ۱/۲ بار (فشارهای بزرگتر از $11000 \text{ (Kg/m}^2\text{)}$ در جدول ۲) در قطر ۵۰ میلی متر از نرم افزار فلوئنت بیشتر است. همچنین برای مقایسه دقیق تر، نمودار پراکنش فشارهای محاسبه شده در برابر فشارهای محاسباتی برای نرم افزار فلوئنت و رابطه داری ویسیاخ در شکل ۵ نشان داده شده است.

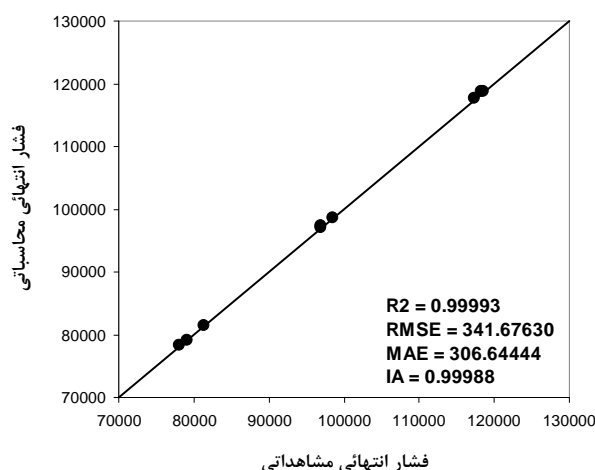
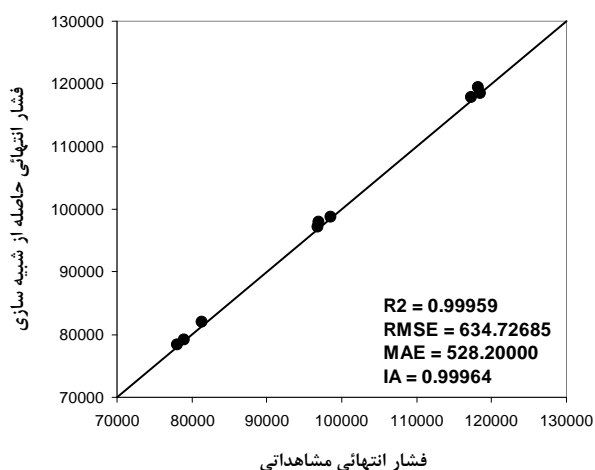
در جدول ۲، علاوه بر ارائه نسبت فشارهای محاسباتی و شبیه سازی شده به فشارهای اندازه گیری شده، خطای نسبی هر یک از روش ها نیز ارائه گردیده است. بیشترین و کمترین میزان خطای نسبی به ترتیب برابر $1/1268\%$ و $0/0008\%$ متعلق به مقادیر محاسبه شده از نرم افزار فلوئنت می باشد. در حالیکه بیشترین و کمترین مقدار خطای نسبی حاصله از کاربرد رابطه داری ویسیاخ برای فشار انتهائی به ترتیب برابر $0/5720\%$ و $0/1390\%$ می باشد.

جدول ۱- مقایسه فشارهای انتهایی مانیفلد در شرایط فشارهای ورودی متفاوت

نوع مانیفلد	میانگین فشار انتهایی مشاهده شده (Kg/m ²)	فشار انتهایی محاسبه شده توسط نرم افزار فلوئنت (Kg/m ²)	فشار انتهایی محاسبه شده توسط رابطه داریسی ویسباخ (Kg/m ²)
۳۲ میلیمتری	۸۱۳۰۰	۸۱۹۹۳	۸۱۵۲۹/۸
۳۲ میلیمتری	۹۶۹۰۰	۹۷۹۹۱/۹	۹۷۴۵۴/۳
۳۲ میلیمتری	۱۱۸۳۰۰	۱۱۹۳۹۲	۱۱۸۸۲۷/۵
۴۰ میلیمتری	۷۸۰۰۰	۷۸۳۹۸/۳	۷۸۲۷۳/۰
۴۰ میلیمتری	۹۶۸۵۰	۹۷۱۹۸/۲	۹۷۱۴۵/۲
۴۰ میلیمتری	۱۱۷۳۰۰	۱۱۷۸۹۸	۱۱۷۷۱۹/۵
۵۰ میلیمتری	۷۹۰۵۰	۷۹۱۹۹	۷۹۱۵۹/۹
۵۰ میلیمتری	۹۸۵۰۰	۹۸۶۹۸/۵	۹۸۶۵۱/۰
۵۰ میلیمتری	۱۱۸۵۵۰	۱۱۸۵۴۹	۱۱۸۷۴۹/۶

جدول ۲- مقایسه خطای نرم افزار فلوئنت و رابطه داریسی ویسباخ در بیش بینی فشار انتهایی در شرایط فشارهای ورودی متفاوت

نوع مانیفلد	میانگین فشار انتهایی مشاهده شده (Kg/m ²)	نسبت فشار انتهایی محاسبه شده توسط نرم افزار فلوئنت به میانگین فشار انتهایی مشاهده شده	نسبت فشار انتهایی محاسبه شده توسط رابطه داریسی ویسباخ به میانگین فشار انتهایی مشاهده شده	خطای نسبی فلوئنت (درصد)	خطای نسبی رابطه داریسی ویسباخ (درصد)
۳۲ میلیمتری	۸۱۳۰۰	۱/۰۰۸۵۲	۱/۰۰۲۸۳	+۰/۸۵۲۴	+۰/۲۸۲۷
۳۲ میلیمتری	۹۶۹۰۰	۱/۰۱۱۲۷	۱/۰۰۵۷۲	+۱/۱۲۶۸	+۰/۵۷۲۰
۳۲ میلیمتری	۱۱۸۳۰۰	۱/۰۰۹۲۳	۱/۰۰۴۴۶	+۰/۹۲۳۱	+۰/۴۴۵۹
۴۰ میلیمتری	۷۸۰۰۰	۱/۰۰۵۱۱	۱/۰۰۳۵۰	+۰/۵۱۰۶	+۰/۳۵۰۰
۴۰ میلیمتری	۹۶۸۵۰	۱/۰۰۳۶۰	۱/۰۰۳۰۵	+۰/۳۵۹۵	+۰/۳۰۴۸
۴۰ میلیمتری	۱۱۷۳۰۰	۱/۰۰۵۱۰	۱/۰۰۳۵۸	+۰/۵۰۹۸	+۰/۳۵۷۶
۵۰ میلیمتری	۷۹۰۵۰	۱/۰۰۱۸۸	۱/۰۰۱۳۹	+۰/۱۸۸۵	+۰/۱۳۹۰
۵۰ میلیمتری	۹۸۵۰۰	۱/۰۰۲۰۲	۱/۰۰۱۵۳	+۰/۲۰۱۵	+۰/۱۵۳۳
۵۰ میلیمتری	۱۱۸۵۵۰	۰/۹۹۹۹۹	۱/۰۰۱۶۹	-۰/۰۰۰۸	+۰/۱۶۹۲



شکل ۵- نمودار پراکنش فشارهای محاسباتی توسط رابطه داریسی ویسباخ (سمت راست) و نرم‌افزار فلوئنت (سمت چپ) در برابر فشارهای مشاهده‌ای

همانطوری که از شکل ۵ مشاهده می‌شود، رابطه داریسی ویسباخ با داشتن ضریب انطباق ۰/۹۹۹۸۸ تطابق بهتری با داده‌های

می‌گردد.

منابع

علیزاده، الف. ۱۳۸۰. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه امام رضا، ۴۵۰ صفحه.

صدرالدینی، ع. الف.، دلیرحسن‌نیا، ر.، فعالیان، الف. و صیادی، ح. ۱۳۸۶. بررسی افت بار ناشی از اتصالات قطره‌چکان‌های روی خط آبیاری قطره‌ای، طرح تحقیقاتی، مدیریت امور پژوهشی دانشگاه تبریز. ۵۳ صفحه.

Amin, M.S.M., and Svehlik, Z.J. (1994), Hydraulic analysis of micro-irrigation laterals: a new approach, *Pertanika Journal of Science & Technology*, 2(1): 107-119.

Mahar, P. S., and Singh, R. P. (2003), Computing inlet pressure head of multioutlet pipeline, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 129(6):464-468.

Mansour, H.A.G., Tayel, M.Y., El-Hadi, M.A.A., Lightfoot, D.D., and El-Gindy, A.M. (2010), Modification of water application uniformity among closed circuit trickle irrigation systems, *Agricultural Science*, 1(1): 1-9.

Mizyed, N. (2002), Numerical analysis to solve the hydraulics of trickle irrigation units, *Irrigation and Drainage Systems*, 16: 53-68.

Valiantzas, J. D. (2005), Modified Hazen-Williams and Darcy-Weisbach equations for friction and local head losses along irrigation laterals, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 129(4), 342-350.

Warrick, A.W, and Yitayew, M. (1987), An analytical solution for flow in a manifold, *Advances in Water Resource*, 10(2), 58-63.

Yildirim, G., and Agiraioglu, N. (2004), Comparative analysis of hydraulic calculation methods in design of microirrigation laterals, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 130(3): 201-217.

Yitayew, M. (1990), Head loss in manifolds or trickle laterals: simplified approach, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 115(4), 739-743.

مشاهداتی نسبت به نرم‌افزار فلونتت دارد. مقادیر کوچکتر جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق مربوطه نیز این موضوع را مورد تأیید قرار می‌دهند. با این حال، میانگین خطای مطلق حاصله برای نرم‌افزار فلونتت تقریباً ۶۳۵ پاسکال (حدود ۶/۳ سانتی‌متر) می‌باشد و در مقایسه با فشار اولیه یک اتمسفر رقم قابل توجهی نمی‌باشد و اصولاً در محاسبات فشار شبکه‌های آبیاری قطره‌ای اختلاف فشار چند سانتی‌متری اثر خاصی روی مشخصه‌های هیدرولیکی، هندسی و طراحی شبکه ندارد.

نتیجه‌گیری

در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای محاسبه افت بار یکی از مهمترین بخش‌های طراحی می‌باشد. در واقع هدف طراحی حصول یکنواختی مطلوب توزیع آب در شبکه قطره چکان‌ها می‌باشد و لذا لازم است که افت بار در یک زیر واحد سیستم قطره‌ای در محدوده معینی قرار داشته باشد به عبارت دیگر قطر لوله‌های مانیفولد، لترال و نیز طول آنها طوری محاسبه می‌شود که افت بار در محدوده مجاز قرار گیرد. بدین منظور، در این مطالعه داده‌های حاصل از شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان توسط نرم افزای فلونتت و رابطه داری و ویسباخ در مانیفولدهایی با قطر ۳۲، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر که دارای ۸ خروجی به فواصل ۲ متری می‌باشند، برای برآورد افت بار مورد تحلیل قرار گرفت. مشاهده گردید که رابطه داری و ویسباخ با داشتن ضریب انطباق بیشتر و مقادیر میانگین خطای مطلق و جذر میانگین مربعات خطای کمتر، تطابق بهتری با داده‌های مشاهداتی نسبت به نرم‌افزار فلونتت دارد. با این وجود، در حالت کلی به دلیل پایین بودن خطای نسبی حاصله، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق و بالا بودن ضریب تبیین و انطباق، کاربرد هر دو روش در محاسبه افت بار در مانیفولدها مناسب و قابل توجه می‌باشد. لذا از دیدگاه کاربردی هر دو روش از دقت قابل قبولی برخوردار هستند ولی برای مسائل تحقیقاتی به ویژه در مواردی که طراحی‌های جدید مدنظر است و شکل و مسیر مجاری در اشکال متفاوت بررسی می‌شود، استفاده از نرم‌افزار فلونتت توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز که پشتیبانی مالی این تحقیق را در قالب طرح پژوهشی تقبل نمودند، تقدیر و تشکر

Hydraulic Simulation of Water Flow in Drip Irrigation Manifolds using Fluent Software

A. Ashraf Sadraddini^{*1}, A. H. Nazemi², R. Delirhasnnia³ and S. Samadianfard⁴

Received: May.14.2013 Accepted: Dec.4.2014

Abstract

Determination of hydraulic head loss is one of the most important components of designing drip irrigation systems. For having an optimized water distribution in drippers, it is necessary that head loss in each section should be in predetermined range. In recent years, fluent software has been used greatly in hydraulic science and fluid mechanics for evaluation of different flow regimes. The mentioned software has fantastic capabilities and its advantages have been proved in solving different fluid problems, mass and heat transfer. In the current study we tried to simulate hydraulic behavior of water flow in drip irrigation manifolds. Thus, three manifolds with same 18 meter length and outer diameter of 32, 40 and 50 millimeters which have 8 outlets with 2 meter intervals have been set. Validation of mentioned model has been done by comparing its result with observed values, measured in laboratory and computed results by Darcy Weisbach formula. In these experiments, pressure distribution was measured in three manifolds with different diameters and inlet pressure of 0.8, 1.0 and 1.2 bar using digital piezometer. Results showed that fluent software and Darcy Weisbach formula by having maximum relative error of 1.1268 and 0.5720 and correlation coefficient of 0.99959 and 0.99993, respectively in comparison of measured head loss are suitable models for simulation of water flow in manifolds and also are the appropriate and accurate methods in hydraulic simulation of water flow in drip irrigation systems.

Keywords: Drip irrigation, Fluent software, Hydraulic simulation, Manifold, Pressure distribution.

1- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

4- PhD, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

(* - Corresponding Author, Email: alisadraddini@yahoo.com)