

مدل ریاضی شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در شبکه‌های آبیاری با وجود شرایط مرزی داخلی (مطالعه موردی شبکه دربند کرمانشاه)

رسول قبادیان^{*۱} - ساحره گلزاری^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۵

چکیده

جریان‌های غیرماندگار بهره‌برداري بهینه از شبکه‌های آبیاری را با مشکل مواجه می‌سازند؛ بنابراین شناخت دقیق آنها ضروری است. از این رو در این مقاله مدلی کامپیوتری تهیه شده است که در یک شبکه آبیاری، جریان غیرماندگار ایجاد شده به دلیل تحویل و توزیع آب و تغییرات ناگهانی جریان ورودی به سیستم را شبیه‌سازی می‌کند. در مدل مذکور معادلات جریان غیرماندگار یک بعدی در حالت کلی (معادلات سنت-ونانت)، با روش تفاضل-های محدود منفصل شده‌اند. رقوم جریان در محل انشعاب کانال فرعی از اصلی، با استفاده از روش خط تأثیر و به صورت کاملاً ضمنی در هر گام زمانی تعیین می‌گردد. با سه مثال موردی، مدل مذکور مورد صحت‌سنجی دقیق قرار گرفت و نشان داده شد که می‌تواند موج مثبت بالا رونده در اثر بسته شدن ناگهانی دریچه و همچنین جریان متغیر تدریجی در یک شبکه حلقه‌ای پیچیده را به خوبی شبیه‌سازی نماید. علاوه بر این، تطابق خوبی بین نتایج مدل حاضر با نتایج مدل ICSS، در شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در یک کانال منفرد (کانال EIRI شبکه دز) با انواع سازه‌های آب‌گیر و آب‌بند وجود دارد. پس از صحت‌سنجی مدل، کانال انتقال شبکه دربند کرمانشاه به طول ۱۴ کیلومتر با ۵ کانال درجه دو منشعب شده از آن، به صورت یکپارچه شبیه‌سازی گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد در اثر کاهش ۲۵ درصدی دبی کانال انتقال (از ۱۷/۷۱ به ۱۳/۲۸ مترمکعب بر ثانیه) به صورت ناگهانی، دبی آب‌گیری کانال‌های فرعی درجه دو بین ۱۸/۶۸ تا ۲۶/۱۵ درصد تغییر می‌نماید. علاوه بر این در محل آبگیر کانال درجه دو SC5 حداکثر ۴/۴۲ ساعت شرایط جریان غیرماندگار باقی می‌ماند.

واژه‌های کلیدی: مدل ریاضی، شبکه آبیاری دربند، جریان غیرماندگار، معادلات سنت-ونانت

مقدمه

ریاضی، پیش‌بینی دقیق وضعیت و رفتار جریان بسیار مشکل است. اولین مطالعات جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز، بیش از ۱۵۰ سال قبل با تحقیقات ریاضی‌دانان فرانسوی، لاپلاس و لاگرانژ شروع شد که رابطه سرعت موج در آب‌های کم‌عمق اولین نتیجه این مطالعات بود. بعد از آن راسل آزمایش‌هایی را در مورد حرکت امواج در طول کانال انجام داد و داده‌های زیادی به منظور صحت‌یابی فرمول تئوری جمع‌آوری نمود. پارتیوت به مطالعه پدیده طبیعی جریان‌های غیرماندگار جذر و مدی پرداخت. سپس بوزینسک تحقیقات فراوانی را در مورد تئوری امواج در هیدرولیک منتشر نمود. پس از آن، مطالعات پیشرفته جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز، با ارائه دو معادله با مشتقات جزئی به نام سنت-ونانت شروع شد (۱).

با توسعه روش‌های عددی و مدل‌های شبیه‌سازی هیدرودینامیک، امکانات بیشتری برای مدیریت بهینه شبکه‌های آبیاری به وجود آمده است. منعم (۱۲) با استفاده از یک روش عددی

کانال‌های آبیاری یکی از مهمترین محل‌های تشکیل جریان غیرماندگار می‌باشند. عامل آن باز و بسته شدن دریچه‌ها و سازه‌های تنظیم ارتفاع آب می‌باشد. انتشار جریان غیرماندگار در کانال‌های آبیاری موجب تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد کانال‌ها و سازه‌های مرتبط و در نهایت موجب کاهش عملکرد شبکه می‌شود؛ چون جریان غیرماندگار موجب تغییر مکانی و زمانی دبی و عمق در سرتاسر شبکه می‌گردد. تنوع سازه‌های آبی، انواع سیستم‌های کنترل و میزان کنترل جریان عبوری از آنها در شبکه، موجب پیچیدگی رفتار هیدرولیکی جریان در شبکه‌ها می‌شود؛ به طوری که بدون استفاده از مدل‌های

۱-۲۰۱- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
* - نویسنده مسئول: (Email: rsglobal@gmail.com)

جریان غیرماندگار در شبکه را به وجود آورد. شبیه سازی هیدرولیکی جریان غیرماندگار در یک شبکه آبیاری، با حل همزمان معادلات پیوستگی و اندازه حرکت که به معادلات سنت - ونانت معروف می باشد، انجام می شود. در این تحقیق معادلات مذکور به صورت زیر استفاده شده است :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T_w \frac{\partial Z}{\partial t} = q_i \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2\beta Q T_w}{A} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{2\beta Q q_i}{A} - \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = -gA \frac{\partial A}{\partial x} - g \frac{n_m^2 Q |Q|}{AR^{4/3}} \quad (2)$$

که در آنها Q دبی جریان، A سطح مقطع جریان، Z رقوم سطح آب، T_w عرض سطح آب، β ضریب اندازه حرکت، n_m ضریب زبری مانینگ، R شعاع هیدرولیکی مقطع و q_i دبی جریان ورودی یا خروجی (ورودی مثبت و خروجی منفی) در واحد طول کانال می باشد. با استفاده از روش تفاضل های محدود (finite difference)، معادلات بالا منفصل شده اند. بازه مورد نظر، که شامل طول هر یک از کانال های شبکه می باشد، به صورت تناوبی (Staggered Grid) گره بندی شده است. چنانچه شرط مرزی بالادست، هیدروگراف ورودی و شرط مرزی پائین دست، رابطه دبی - اشل یا رقوم سطح آب در گره باشد (همانند کانال های درجه ۲ و یا بازه ابتدائی کانال انتقال قبل از اولین انشعاب)، ابتدا معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره زوج و سپس معادله اندازه حرکت بر روی مقاطع با شماره فرد منفصل می شوند. از طرفی چنانچه شرط مرزی بالادست و پائین دست بازه، رقوم سطح آب باشد (کانال انتقال بین هر دو انشعاب)، ابتدا معادله اندازه حرکت بر روی مقاطع با شماره زوج و سپس معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره فرد منفصل می شوند. پس از منفصل کردن معادله پیوستگی روی هر یک از گره های مورد نظر در هر یک از کانال های شبکه رابطه خطی زیر حاصل می شود:

$$a_{pi} \times Q^{n+1}_{i-1} + b_{pi} \times Z^{n+1}_i + c_{pi} \times Q^{n+1}_{i+1} = d_{pi} \quad (3)$$

که در آن:

$$a_{pi} = -\frac{\theta}{x_{i+1} - x_{i-1}} = -c_{pi}, \quad b_{pi} = \frac{T_w^n}{\Delta t}$$

$$d_{pi} = -\frac{(1-\theta)(Q^{n+1}_{i+1} - Q^{n+1}_{i-1})}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{T_w^n \times Z^n_i}{\Delta t} + \frac{Q^{n+1}_i}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

همچنین منفصل کردن معادله اندازه حرکت رابطه خطی زیر را

نتیجه می دهد:

$$a_{mi} \times Z^{n+1}_{i-1} + b_{mi} \times Q^{n+1}_i + c_{mi} \times Z^{n+1}_{i+1} = d_{mi} \quad (4)$$

که در آن:

پیشرفته در بهینه سازی و با استفاده از بکارگیری مدل شبیه سازی ICSS، مدل ریاضی برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه های آبیاری ارائه داد. محسنی موحد (۵) با استفاده از تلفیق مدل هیدرودینامیک ICSS و الگوریتم بهینه سازی، به ارزیابی و بهبود عملکرد یکی از کانال های شبکه آبیاری دز پرداخت. کسب دوز و همکاران (۳) با استفاده از مدل ICSS در شبکه آبیاری قوری چای، مناسب ترین گزینه، یعنی توزیع آب مداوم با دبی متغیر را تعیین کردند. منعم و همکاران (۶) با تحلیل جریان غیرماندگار ایجاد شده در کانال آبیاری در اثر تغییرات نیاز آب گیرها، دستورالعمل بهره برداری از شبکه دز را با استفاده از مدل ICSS ارائه دادند. قدوسی و همکاران (۲) با استفاده از روش صریح مک کورمک، به شبیه سازی جریان غیرماندگار در شبکه آبیاری با شرط مرزی داخلی پرداختند. حبیب و همکاران (۹) با استفاده از مدل SIC، به منظور شبیه سازی کانال های آبیاری تهیه شده، شرایط هیدرولیکی و بهره برداری در شبکه آبیاری در پاکستان را شبیه سازی نموده و وضعیت کانال ها را مورد مطالعه قرار دادند.

کیا پاشا و همکاران (۴)، با استفاده از تکنیک فازی سیستم کنترلی برای تنظیم عمق آب در کانال های آبیاری تدوین کردند و با استفاده از مدل هیدرودینامیک ICSS در کانال E_1R_1 از شبکه دز، عملکرد آن را مورد ارزیابی قرار دادند. همچنین منعم و همکاران (۷) با استفاده از الگوریتم بهینه سازی PSO (رفتار جمعی اجزا) در کانال Amx شبکه آبیاری ورامین، به برنامه ریزی توزیع و تحویل مناسب آب در شبکه های آبیاری پرداختند که با حداقل سازی ظرفیت کانال و حداکثر استفاده از دور آبیاری، برنامه ریزی مناسب برای بهره برداری را تدوین کردند. با توجه با اهمیت شناخت جریان های غیرماندگار و اثرات آن در شبکه های آبیاری، در این تحقیق مدلی کامپیوتری توسعه یافت که در آن معادلات دیفرانسیلی جریان غیرماندگار پس از خطی شدن به روش تفاضل های محدود و تکنیک تناوبی، حل می شوند. رقوم سطح آب در محل انشعاب ها به صورت کاملاً ضمنی و با استفاده از تکنیک خط تأثیر در هر گام زمانی به دست می آید. مدل مذکور مجموعه کانال ها را به صورت یک جا شبیه سازی نموده و این قابلیت را دارد که تأثیر کاهش یا افزایش دبی ورودی به سیستم بر روی دبی هر یک از آبگیرها و همچنین زمان رسیدن و تداوم شرایط غیرماندگاری در محل آبگیرها را محاسبه و ارزیابی نماید.

مواد و روش ها

مدل ریاضی و شرایط مرزی

همان گونه که قبلاً اشاره گردید، هدف از این تحقیق شبیه سازی جریان غیرماندگار در یک شبکه آبیاری است که می تواند در اثر تغییر بازشدگی دریاچه های دهانه آبگیر کانال انتقال به وجود آید. همچنین بستن و یا باز نمودن دهانه های آبگیر کانال های درجه ۲، می تواند

اندازه حرکت خطی شده در یک کانال با شرایط مرزی دبی و سطح آب به ترتیب برای بالادست و پائین دست به صورت رابطه ۵ بیان می شود. همان گونه که از این رابطه مشخص است، ماتریس معلومات سمت راست به سه ماتریس تفکیک شده است. ماتریس اول که در آن جوابها، بدون در نظر گرفتن شرط مرزی بالادست یا پائین دست، به دست می آیند. این جوابها به صورت نماد (Z_{00} یا Z_{00}) نشان داده می شوند. ماتریس دوم با ضریب Q_1^{t+dt} (دبی ورودی به ابتدای بازه در زمان $t + dt$) و ماتریس سوم با ضریب Z_n^{t+dt} (رقوم سطح آب در زمان $t + dt$ در انتهای باز) به ترتیب تأثیر شرط مرزی بالادست و پائین دست را در جوابها نشان می دهند. جوابها در این حالتها به ترتیب با نمادهای (Q_{10} یا Z_{10}) و (Q_{01} یا Z_{01}) نشان داده می شوند. این روش تفکیک ماتریس معلومات سمت راست به سه ماتریس، که بنام روش خط تأثیر معروف است، اولین بار توسط سوبی و همکاران (۱۳) استفاده شده است.

$$\begin{bmatrix} b_{p2} & c_{p2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{n8} & b_{n8} & c_{n8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{p4} & b_{p4} & c_{p4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{n5} & b_{n5} & c_{n5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{n(n-3)} & b_{n(n-3)} & c_{n(n-3)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{p(n-2)} & b_{p(n-2)} & c_{p(n-2)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{n(n-1)} & b_{n(n-1)} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_2 \\ Q_3 \\ Z_4 \\ Q_5 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Q_{N-3} \\ Z_{N-2} \\ Q_{N-1} \end{bmatrix}^{t+\Delta t} = \begin{bmatrix} d_{p2} \\ d_{m3} \\ d_{p4} \\ d_{m5} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_{m(n-3)} \\ d_{p(n-2)} \\ d_{m(n-1)} \end{bmatrix} + Q_1^{t+\Delta t} \times \begin{bmatrix} -a_{p2} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - Z_n^{t+\Delta t} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ 0 \\ -c_{n(n-1)} \end{bmatrix} \quad (5)$$

انتهای کانال بسته باشد، شرط جریان صفر نیز قابل بررسی است. دبی ورودی در هر گام زمانی $n+1$ با میان یابی از هیدروگراف ورودی به دست می آید و با استفاده از رابطه زیر که از منفصل کردن معادله پیوستگی روی مقطع آخر به دست آمده، رقوم سطح آب برای گام زمانی $n+1$ در مقطع آخر، به عنوان شرط مرزی وارد دستگاه معادلات می شود.

$$Z_{ns}^{n+1} = Z_{ns}^n - \frac{\Delta t}{TW_{ns}^n} \times \frac{Q_{ns}^n - Q_{ns-1}^n}{x_{ns} - x_{ns-1}} \quad (6)$$

در رابطه بالا اندیس ns نشان دهنده مقطع آخر می باشد. همچنین در Z_{ns}^n و Q_{ns}^n توسط رابطه دبی - اشل پایاب با هم مرتبط هستند.

شرایط مرزی داخلی

در یک شبکه آبیاری، محل آب گیری کانالهای درجه کوچکتر از کانال با درجه بزرگتر و یا سازه های تنظیم سطح آب، به عنوان شرط

$$a_{mi} = -\frac{\beta Q_i^n T_{Wi}^n}{A_i^n \times \Delta t} - \frac{g A_i^n \theta}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

$$b_{mi} = \frac{1}{\Delta t} + \frac{2\beta\theta Q_L^{n+1}}{(x_{i+1} - x_{i-1})A_i^n} - \frac{\beta Q_i^n}{(A_i^n)^2} \times \frac{A_{i+1}^n - A_{i-1}^n}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{g Q_i^n n_{mi}^2}{A_i^n R_i^{4/3}}$$

$$c_{mi} = -\frac{\beta Q_i^n T_{Wi}^n}{A_i^n \times \Delta t} + \frac{g A_i^n \theta}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

$$d_{mi} = \frac{Q_i}{\Delta t} + \frac{2\beta(1-\theta)Q_L^{n+1}}{(x_{i+1} - x_{i-1})A_i^n} - \frac{\beta Q_i^n T_{Wi}^n (Z_{i+1}^n + Z_{i-1}^n)}{A_i^n \Delta t} - g A_i^n (1-\theta) \frac{Z_{i+1}^n - Z_{i-1}^n}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

در روابط فوق n و $n+1$ نشان دهنده گام های زمانی و θ پارامتر وزنی مربوط به زمان است که اگر برابر با صفر در نظر گرفته شود، روش کاملاً صریح و اگر یک باشد، روش کاملاً ضمنی برای منفصل کردن استفاده شده است. فرم ماتریسی همه معادلات پیوستگی و

شرایط اولیه

دبی و عمق جریان اولیه، در تمام کانالها به عنوان شرط مرزی اولیه می تواند به مدل معرفی شود. علاوه بر این، به منظور جلوگیری از واگرا شدن حل معادلات، می توان با در نظر گرفتن عمق جریان اولیه در هر یک از کانالهای فرعی، دبی را با توجه به رابطه دبی - اشل در انتهای باز و یا رابطه مانینگ در مدل محاسبه نمود و سپس دبی کانالهای با درجه بزرگتر در محل اتصالها، از جمع دبی کانالهای فرعی به دست آید و این روند تا رسیدن به ابتدای کانال انتقال ادامه یابد.

شرایط مرزی باز

در یک شبکه آبیاری و زهکشی، شرط مرزی باز معمولاً شامل دبی ورودی به سیستم در بالادست و سطح آب یا رابطه دبی - اشل در انتها که از روابط جریان یکنواخت به دست می آید می باشد. چنانچه

شماره ۱ کانال شماره ۳، به دست آمده از حل فرم ماتریسی با در نظر گرفتن ماتریس اول سمت راست، ماتریس دوم و ماتریس سوم، $Z(3, ns_3)$ رقوم سطح آب در مقطع آخر کانال شماره ۳، a_3 و b_3 ضرایبی که با توجه به نوع آبگیر، مقدار بازشدگی و طول سرریزی آن، برای هر نوع آبگیر تعریف می شود و نهایتاً Z_{03} رقوم آستانه آبگیر است که به ازای رقوم سطح آب کمتر از آن در محل گره J1، جریان وارد کانال شماره ۳ نمی گردد.

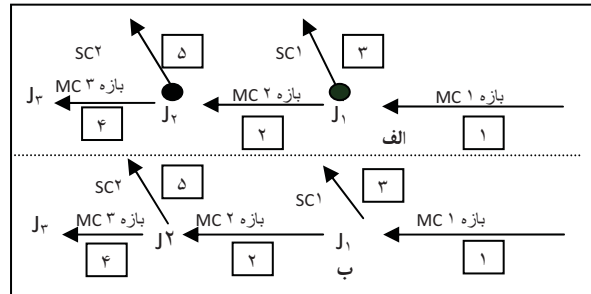
به تعداد انشعابات موجود در شبکه، روابطی همچون روابط ۷ یا ۸ بر حسب رقوم سطح آب در محل انشعابات نوشته می شوند. از آنجایی که روابط مذکور در حالت کلی غیرخطی هستند، به روش تکراری در مدل تهیه شده در این تحقیق حل می شوند و مقادیر رقوم سطح آب در گره ها به صورت ضمنی به دست می آیند. برتری این روش در مقایسه با روش های صریح، پایداری بهتر دستگاه معادلات حاکم می باشد. پس از به دست آوردن رقوم سطح آب در محل انشعابات با حل دستگاه معادلات، که یک نمونه آن در رابطه ۵ نشان داده شده است، مقادیر دبی جریان و رقوم سطح آب در هر گام زمانی در تمام شبکه به دست می آید.

به منظور حل دستگاه معادلات و به دست آوردن دبی و عمق جریان در مقاطع مورد نظر در هر زمان مطلوب، مدلی کامپیوتری توسط مؤلفین این مقاله در محیط ویژوال بیسیک نوشته شده است که در آن دستگاه معادلات سه قطری حاصل شده با الگوریتم ماتریس سه قطری (TDMA)، حل می شود. به منظور تسهیل در وارد کردن اطلاعات مقاطع عرضی و شرایط مرزی بالادست و پائین دست، محیط ویژوال بیسیک با محیط اکسل جفت شده است؛ به گونه ای که تمام اطلاعات از قبیل کیلومتر از مقاطع، مشخصات هندسی مقاطع برداشت شده، ضرایب زبری، هیدروگراف ورودی به عنوان شرط مرزی بالادست و رابطه دبی-اشل به عنوان شرط-مرزی پائین دست، در محیط اکسل وارد گردیده و سپس در محیط ویژوال بیسیک فراخوانی می شوند. علاوه بر این، هم زمان با اجرای مدل، نتایج به صورت هیدروگراف دبی یا هیدروگراف اشل و به صورت گرافیکی در مقاطع از قبل تعیین شده ترسیم می شوند. در حالت کلی، مدل برای مقاطع نامنظم هندسی نوشته شده است که به راحتی می تواند شبکه های زهکشی طبیعی را نیز، که در آن به ازای انشعاب در محل گره ها اتصال زهکشی وجود دارد، شبیه سازی نماید.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این تحقیق کانال انتقال (MC) شبکه آبیاری و زهکشی دربند کرمانشاه، از محل سد انحرافی رازآور تا محل انشعاب کانال (PC1) از آن، به طول ۱۴ کیلومتر و ۵ کانال درجه دو منشعب شده از آن می باشد. همچنین دهانه های آبگیر منشعب شده از

مرزی داخلی می باشد. مثلاً محل ابگیری کانال درجه دو (SC) از کانال اصلی (MC) یا درجه یک (PC)، با توجه به نوع ابگیری جریان کانال درجه دو از کانال درجه یک، که می تواند به صورت کنترل شده (کنترل بالادست) یا بدون کنترل (کنترل پائین دست) باشد، شرط مرزی داخلی متفاوت است (شکل ۱).



شکل ۱- دو نوع انشعاب (الف) با کنترل (ب) بدون کنترل

در شرایط بدون کنترل، معادله حاکم برای گره ها با فرض برقراری رابطه پیوستگی جریان در محل انشعاب و یکسان بودن رقوم سطح آب در هر سه انشعاب $[z(1, ns1)=z(2,1)=z(3,1)=z]$ به صورت رابطه ۷ در گره J1 نوشته می شود:

$$F(J_1) = Q_1 - (Q_2 + Q_3) = Q_{00}(1, ns_1 - 1) + Q_{10}(1, ns_1 - 1) \times Q(1, 1) + Q_{01}(1, ns_1 - 1) \times Z_{J_2} - [Q_{00}(2, 2) + Q_{10}(2, 2) \times Z_{J_1} + Q_{01}(2, 2) \times Z_{J_2}] - [Q_{00}(3, 1) + Q_{10}(3, 1) \times Z_{J_1} + Q_{01}(3, 1) \times Z(3, ns_3)] \quad (7)$$

در شرایط کنترل شده، معادله حاکم برای گره ها، با فرض برقراری رابطه پیوستگی جریان در محل انشعاب و معلوم بودن رابطه بین دبی ابگیری کانال درجه ۲ و رقوم سطح آب در محل انشعاب که بسته به نوع آبگیر متفاوت است، به صورت رابطه ۸ در گره J1 نوشته می شود:

$$F(J_1) = Q_1 - (Q_2 + Q_3) = Q_{00}(1, ns_1 - 1) + Q_{10}(1, ns_1 - 1) \times Q(1, 1) + Q_{01}(1, ns_1 - 1) \times Z_{J_2} - [Q_{00}(2, 2) + Q_{10}(2, 2) \times Z_{J_1} + Q_{01}(2, 2) \times Z_{J_2}] - [a_3 \times (Z_{J_1} - Z_{03})^b] \quad (8)$$

که در روابط ۷ و ۸، Q_1 ، Q_2 و Q_3 به ترتیب دبی جریان در انتهای کانال ۱، ابتدای کانال ۲ و ابتدای کانال شماره ۳ می باشد.

$Q_{00}(1, ns_1 - 1)$ ، $Q_{10}(1, ns_1 - 1)$ و $Q_{01}(1, ns_1 - 1)$ دبی جریان در مقطع شماره (ns1-1) کانال شماره ۱ که به ترتیب از حل فرم ماتریسی، با در نظر گرفتن ماتریس اول سمت راست، ماتریس دوم و ماتریس سوم رابطه ۵ به دست می آیند. $Q(1, 1)$ دبی ورودی به شاخه ۱ از مقطع شماره ۱ در زمان $t + dt$ و Z_{J_1} و Z_{J_2} به ترتیب رقوم سطح آب در محل گره شماره ۱ و ۲ می باشند.

$Q_{00}(2, 2)$ ، $Q_{10}(2, 2)$ و $Q_{01}(2, 2)$ دبی جریان در مقطع شماره ۲ کانال شماره ۲، به دست آمده از حل فرم ماتریسی با در نظر گرفتن ماتریس اول سمت راست، ماتریس دوم و ماتریس سوم، $Q_{00}(3, 1)$ ، $Q_{10}(3, 1)$ و $Q_{01}(3, 1)$ دبی جریان در مقطع

همچنین بیشترین میزان خطا در محاسبه عمق جریان ۰/۰۲۰۹ درصد و مربوط به کانال‌های شماره ۱ و ۲ می‌باشد.

همچنین به منظور بررسی توانایی مدل در شبیه‌سازی جریان غیرماندگار، از نتایج تحقیق جا و همکاران (۱۰) استفاده گردید. در تحقیق مذکور، پروفیل سطح آب در یک کانال دوزنقه‌ای با جریان یکنواخت، ۳۵۴ ثانیه بعد از بسته شدن کامل دریچه انتهایی آن به صورت ناگهانی، ارائه شده است. طول کانال ۵ کیلومتر، با شیب طولی ۰/۰۰۰۷۸۵، شیب جانبی ۱ افقی به ۱/۵ قائم، عمق جریان ۵/۷۹ متر و سرعت جریان ۱/۴۷ متر بر ثانیه می‌باشد. در اثر بسته شدن دریچه، یک موج مثبت بالارونده در طول کانال از انتها به طرف ابتدای کانال ایجاد می‌شود. در شکل ۴ پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده توسط مدل ارائه شده در این تحقیق و نتایج اندازه‌گیری شده توسط جا و همکاران (۱۰)، با هم مقایسه شده‌اند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود مدل مذکور به خوبی موج ایجاد شده در کانال را شبیه‌سازی می‌نماید. لازم به ذکر است پروفیل محاسبه شده توسط مدل به ازای گام زمانی ۶ ثانیه، فاصله مقاطع ۵۰ متر و پارامتر وزنی مربوط به زمان ۰/۹ ارائه شده است.

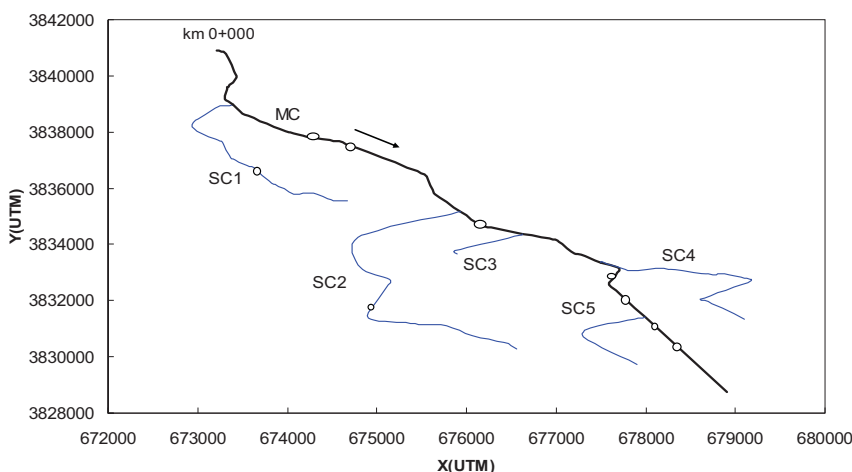
کانال انتقال به صورت مستقیم و آب‌گیر کانال‌های درجه دو نیز در نظر گرفته شده‌اند. در شکل ۲ پلان محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. آب‌گیرهای منشعب شده از کانال انتقال به صورت دایره‌های توخالی در شکل مذکور نمایش داده شده‌اند. در جدول ۱ مشخصات عمومی کانال‌های محدوده این تحقیق ارائه شده است.

نتایج و بحث

صحت‌سنجی مدل

به منظور بررسی توانایی مدل در شبیه‌سازی جریان متغیر تدریجی ماندگار، از سیستم کانال‌های روباز نشان داده شده در شکل ۳ و اطلاعات ارائه شده در مرجع ۲ استفاده شد. همه کانال‌ها داری مقطع مستطیلی و جریان در آنها زیر بحرانی است. عمق جریان در کانال ۶ برابر ۵ متر و دبی ورودی به سیستم، ۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. سایر مشخصات هندسی سیستم حلقه‌ای نشان داده شده در شکل ۳، در جدول ۲ ارائه شده است.

در جدول ۳ مقادیر عمق جریان و دبی محاسبه شده در هر یک از کانال‌ها با مقادیر ارائه شده در چادری (۸) ذکر شده است. بیشترین خطای محاسبه دبی ۰/۷ درصد و مربوط به کانال شماره ۵ است.



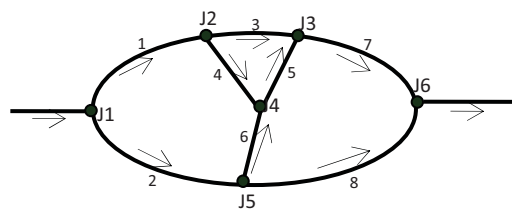
شکل ۲- پلان موقعیت شبکه آبیاری میان دربند کرمانشاه

جدول ۱- مشخصات عمده کانال‌های محدوده مورد مطالعه

کانال	عرض کف (متر)	طول کانال (متر)	شیب جانبی (Z)	دبی ابتدای کانال (متر مکعب بر ثانیه)
MC	۵	۱۴۰۸۰	۱/۵	۱۷/۷۱
SC1	۰/۳، ۰/۴۵، ۰/۵ و ۰/۶	۴۳۷۵	۱/۵ و ۱	۰/۳۸
SC2	۰/۳، ۰/۴۵، ۰/۵ و ۰/۶	۶۵۱۲	۱/۵ و ۱	۰/۳۸
SC3	۰/۳ و ۰/۴۵	۱۰۶۷	۱	۰/۲۵
SC4	۰/۴۵، ۰/۵ و ۰/۶	۳۶۹۸	۱/۵ و ۱	۰/۶
SC5	۰/۴۵، ۰/۵	۲۱۸۳	۱	۰/۲۶

جدول ۲- مشخصات هندسی سیستم نشان داده شده در شکل (۳)

کانال	طول(متر)	عرض	ضریب زبری	شیب
۱	۲۰۰	۳۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۵
۲	۲۰۰	۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۵
۳	۲۰۰	۲۰	۰/۰۱	۰/۰۰۰۵
۴	۱۰۰	۲۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۵
۵	۱۰۰	۲۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۵
۶	۱۰۰	۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۵
۷	۱۰۰	۳۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۵
۸	۳۰۰	۵۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۵



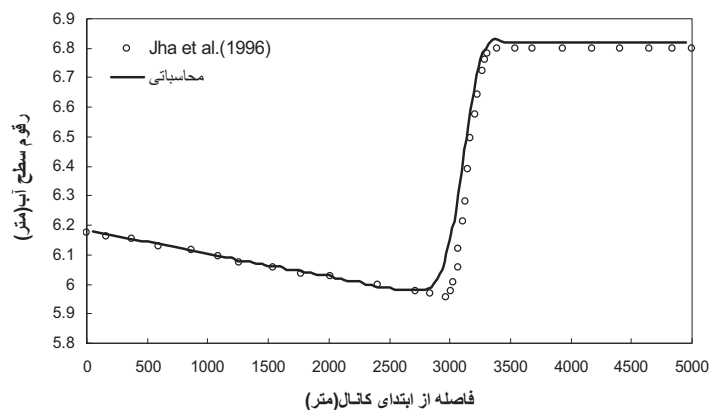
شکل ۳- نحوه اتصال کانالها در سیستم ارائه شده توسط چادری (۸)

جدول ۳- مقایسه دبی (Q) و عمق جریان (Y) محاسبه شده در طول کانال توسط مدل این تحقیق و ارائه شده در چادری (۸)

کانال ۴			کانال ۳			کانال ۲			کانال ۱		
$Q1=40/66m^3/sec$			$Q1=55/092m^3/sec$			$Q1=152/204m^3/sec$			$Q1=95/748m^3/sec$		
$Q1=40/653m^3/sec$			$Q1=55/092m^3/sec$			$Q1=152/204m^3/sec$			$Q1=95/745m^3/sec$		
$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله
4/853	4/853	.	4/853	4/853	.	4/755	4/754	.	4/755	4/754	.
4/866	4/865	25	4/878	4/877	50	4/78	4/779	50	4/78	4/779	50
4/878	4/877	50	4/903	4/902	100	4/804	4/803	100	4/804	4/803	100
4/891	4/890	75	4/928	4/927	150	4/828	4/828	150	4/829	4/828	150
4/903	4/902	100	4/952	4/951	200	4/853	4/853	200	4/853	4/853	200

کانال ۸			کانال ۷			کانال ۶			کانال ۵		
$Q1=42/238m^3/sec$			$Q1=107/762m^3/sec$			$Q1=12/014m^3/sec$			$Q1=52/669m^3/sec$		
$Q2=42/244m^3/sec$			$Q2=107/707m^3/sec$			$Q2=1m^3/sec$			$Q2=52/660m^3/sec$		
$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله	$Y_2(m)$	$Y_1(m)$	فاصله
4/853	4/853	.	4/952	4/951	.	4/853	4/852	.	4/903	4/902	.
4/890	4/889	75	4/964	4/963	25	4/865	4/868	25	4/915	4/914	25
4/927	4/926	150	4/977	4/976	50	4/878	4/877	50	4/928	4/927	50
4/964	4/963	225	4/989	4/988	75	4/890	4/889	75	4/940	4/939	75
5/000	5/000	300	5/000	5/000	100	4/903	4/902	100	4/952	4/952	100

نمایه ۱ مربوط به چادری (۸) و نمایه ۲ برای نتایج تحقیق حاضر است



شکل ۴- مقایسه پروفیل سطح آب محاسبه شده توسط مدل با نتایج ارائه شده توسط جا و همکاران (۱۰)

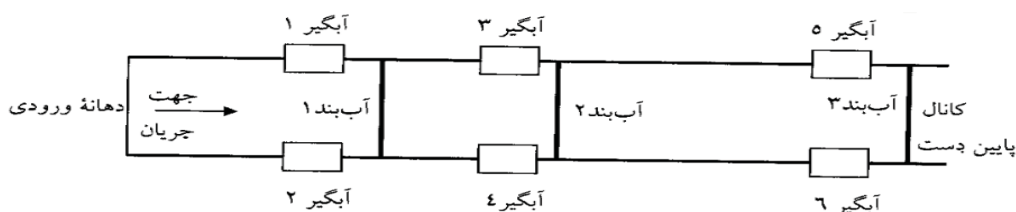
قرار گرفت. دستورالعمل تنظیم سازه‌ها در این گزینه، در جدول ۵ آورده شده است. سپس رفتار جریان و تعیین میزان دبی تحویلی به آب‌گیرها در برنامه زمانی ۶ ساعته تعیین شده است.

تغییرات دبی نسبت به زمان در محل سازه‌های آب‌بند، قبل از اعمال شرایط بهره‌برداری گزینه ۵ و بعد از آن، در شکل ۶ نشان داده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، روند تغییرات دبی نسبت به زمان در هر دو مدل شبیه هم می‌باشد. دبی جریان عبوری از روی هر سه آب‌بند پس از برقراری شرایط ماندگار، کاملاً یکسان است. در شکل ۷ تغییرات دبی تحویلی نسبت به زمان، بعد از اعمال تغییرات بهره‌برداری، برای دو آب‌گیر نمونه شماره ۴ و ۵ نشان داده شده است. تطابق خوبی بین نتایج مدل حاضر با مدل ICSS برقرار است. مقدار دبی نهایی تحویلی در هر دو مدل برابر است. در زمان غیرماندگاری، اندک اختلاف موجود بین نمودارها می‌تواند ناشی از تغییرات ضریب تخلیه آب‌گیر در طی تغییرات رقوم سطح آب در محل آب‌گیر باشد که در تحقیق حاضر این ضریب مقدار ثابت ۰/۶ در نظر گرفته شده است.

به منظور بررسی توانایی مدل در شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در یک کانال منفرد آبیاری با وجود انواع سازه چک و آب‌گیر، از نتایج ارائه شده توسط منعم و همکاران (۶) استفاده شد. تحقیق مذکور با تحلیل جریان‌های غیرماندگار ایجاد شده در شبکه آبیاری دز در اثر تغییر نیاز آب‌گیرها، دستورالعمل بهره‌برداری از کانال EIR1 را با استفاده از مدل هیدرودینامیکی ICSS ارائه نموده است. ICSS مدلی برای شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در کانال‌های آبیاری می‌باشد (۱۱).

کانال EIR1 با متوسط ضریب زبری ۰/۱۷، دارای ۶ سازه آب‌گیر و ۳ سازه آب‌بند (چک) است. تنظیم تراز سطح آب در کانال برای هر دو آب‌گیر در طرفین کانال، با یک سازه آب‌بند انجام می‌شود. شکل ۵ شماتیک کانال EIR1 و سازه‌های موجود در مسیر آن را نشان می‌دهد.

همچنین مشخصات هندسی کانال EIR1 که به ۱۲ بازه تقسیم شده است، در جدول ۵ ارائه شده است. به منظور مقایسه، گزینه بهره‌برداری شماره ۵ ارائه شده توسط منعم و همکاران (۶) مورد استفاده



شکل ۵- شماتیک کانال EIR1 و سازه‌های موجود در مسیر

جدول ۴- مشخصات کانال EIR1 از شبکه آبیاری دز

بازه	کیلومتر از	طول بازه (m)	شیب طولی	عرض کف (m)	سازه بالادست	سازه پایین دست
۱	۱-۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰/۰۰۰۱۵	۱/۵	ورودی کنترل شده	آب‌گیر روزنه‌ای ۱
۲	۱۰۰۰-۱۰۰۱	۱	۰/۰۰۰۱	۱/۵	-	آب‌گیر روزنه‌ای ۲
۳	۱۰۰۱-۱۰۰۳	۲	۰/۰۰۰۱	۱/۵	-	سازه آب‌بند ۱
۴	۱۰۰۳-۱۰۰۷/۵	۴/۵	۰/۰۰۰۲۲	۱	-	ادامه کانال
۵	۱۰۰۷/۵-۱۲۷۷/۵	۲۷۰	۰/۰۰۱۱۷	۱	سازه آب‌بند ۱	آب‌گیر روزنه‌ای ۳
۶	۱۲۷۷/۵-۱۲۷۸/۵	۱	۰/۰۰۱	۱	-	آب‌گیر روزنه‌ای ۴
۷	۱۲۷۸/۵-۱۲۸۰/۵	۲	۰/۰۰۱	۱	-	سازه آب‌بند ۲
۸	۱۲۸۰/۵-۱۲۸۳/۵	۳	۰/۰۰۰۲۸	۱	-	ادامه کانال
۹	۱۲۸۳/۵-۲۰۱۳	۷۲۹/۵	۰/۰۰۱۰۹	۱	-	ادامه کانال
۱۰	۲۰۱۳-۲۸۲۷	۸۱۴	۰/۰۰۰۱۲	۱	سازه آب‌بند ۲	آب‌گیر روزنه‌ای ۵
۱۱	۲۸۲۷-۲۸۲۸	۱	۰/۰۰۲	۱	-	آب‌گیر روزنه‌ای ۶
۱۲	۲۸۲۸-۲۸۳۰	۲	۰/۰۰۰۵	۱	-	سازه آب‌بند ۳

جدول ۵- دستورالعمل تنظیم سازه‌ها در گزینه ۵ قبل

از بهره برداری					
دبی آبگیر ۴	دبی آبگیر ۳	دبی آبگیر ۶	دبی آبگیر ۵	دبی کانال پایین	دبی کانال اصلی*
۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۶	۱

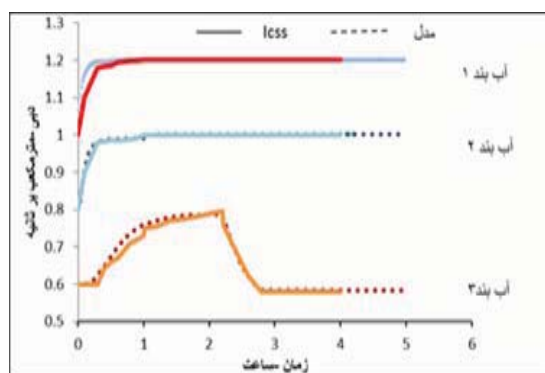
شرایط بهره برداری

زمان (ساعت)	ارتفاع آب بند ۳	بازشدگی دریاچه ۵ آبگیر	بازشدگی دریاچه ۶ آبگیر	ارتفاع آب بند ۲	بازشدگی دریاچه ۳ آبگیر	بازشدگی دریاچه ۴ آبگیر
۰	۰/۸	۰/۱۲۸	۰/۱۲۸	۰/۱۵	۰/۰۶۶	۰/۲۳۳
۱	۰/۸	۰/۱۲۸	۰/۱۲۸	۰/۰	۰/۰۶۳	۰/۲۱۷
۲/۲	۰/۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۰	۰/۰۶۳	۰/۲۱۷

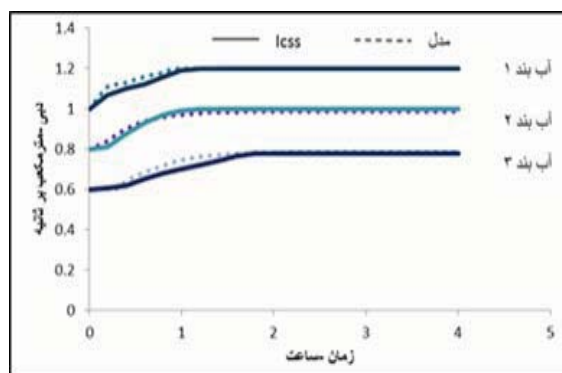
بعد از بهره برداری

دبی آبگیر اصلی	دبی کانال پایین	دبی آبگیر ۵	دبی آبگیر ۶	دبی آبگیر ۳	دبی آبگیر ۴
۱/۲	۰/۶	۰/۲	۰/۲	۰/۸	۰/۸

*: دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه، باز شدگی دریاچه بر حسب مترمربع و ارتفاع آب بند بر حسب متر

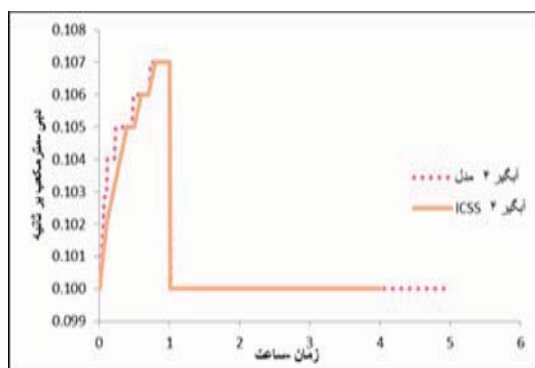


ب- بعد از بهره برداری

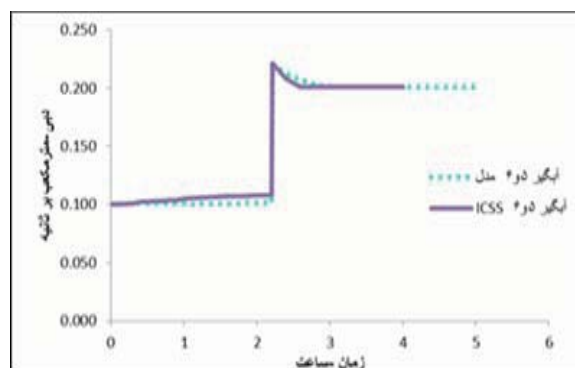


الف- قبل بهره برداری

شکل ۶- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در سازه‌های تنظیم کننده



ب- آبگیر شماره ۴



الف- آبگیر شماره ۵ یا ۶

شکل ۷- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان آبگیر ۵ و ۶ و ۴، بعد از بهره‌برداری

دانستن دو موضوع برای مدیریت شبکه ضروری است. اول اینکه در اثر این تغییر ناگهانی کاهش دبی، مقدار دبی هر یک از کانال‌های فرعی و آب‌گیرها چه مقدار تغییر خواهد نمود و دبی خروجی از انتهای کانال انتقال، که به نواحی عمرانی پائین دست می‌رسد چه مقدار است. موضوع دوم اینکه چه مدت زمان طول می‌کشد که اثر اغتشاش جریان به محل آب‌گیرها برسد و زمان غیرماندگاری در محل هر آب‌گیر، چه مدت به طول می‌انجامد. شکل (۸-الف)، تغییرات دبی جریان نسبت به زمان از شروع محاسبات را برای مقاطع ابتدایی بازه‌های مختلف کانال انتقال (MC)، نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هرچه فاصله بازه از ابتدای کانال اصلی بیشتر باشد زمان رسیدن غیرماندگاری جریان به آنجا بیشتر است؛ در عوض مدت زمانی که شرایط جریان غیرماندگار حاکم است بیشتر طول می‌کشد. همچنین شکل (۸-ب) نحوه تغییرات دبی هر یک از آب‌گیرهای کانال‌های درجه دو، در اثر کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به سیستم را نشان می‌دهد.

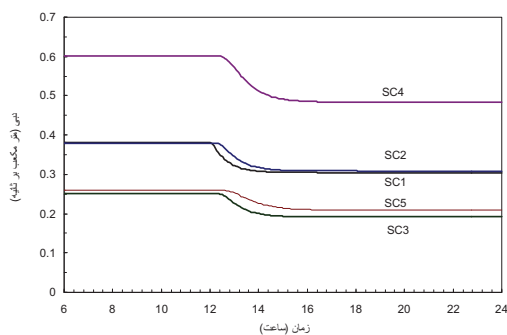
مقادیر ارائه شده در جدول ۷ نشان می‌دهد در اثر کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به شبکه آبیاری، چند درصد دبی کانال اصلی در بازه‌های مختلف تغییر می‌نماید و چه مدت زمان طول می‌کشد که اثر غیرماندگاری جریان به ابتدای هر بازه برسد.

پس از صحت‌سنجی مدل و اطمینان از توانایی مدل در شبیه‌سازی جریان ماندگار و غیرماندگار، به بررسی تأثیر باز و یا بسته شدن ناگهانی بخشی از دریاچه آبگیر ورودی شبکه آبیاری در بند بر روی عملکرد سیستم آبیاری و مقدار آب‌گیری هر یک از کانال‌های درجه ۲ و همچنین آب‌گیرهایی که مستقیماً از کانال اصلی آب‌گیری می‌نمایند، پرداخته شد. بدین منظور ابتدا برای شرایط جریان ماندگار، پارامترهای a و b (در رابطه ۸) برای هر یک از آب‌گیرها در مدل به گونه‌ای تغییر داده شد که دبی آب‌گیری برابر با نیاز هیدرومُدول شبکه برای کانال پائین دست یا واحد زراعی باشد. یادآور می‌شود پارامتر b، با توجه به نوع آب‌گیری عددی بین ۰/۵ تا ۱/۵ می‌باشد. برای هر شبکه با توجه به نوع آب‌گیر، اعم از آبگیر ساده، دریاچه نیرپیک و... مقدار b تعیین می‌گردد. برای برخی آب‌گیرها، به‌ویژه دریاچه‌های نیرپیک، پارامتر b با توجه به رقوم سطح آب از ۰/۵ برای شرایط جریان روزنه‌ای تا ۱/۵ برای شرایط جریان سرریزی تغییر می‌کند. مقادیر پارامتر a و b برای آب‌گیرهای محدوده مورد مطالعه، در زمان پیک مصرف به ازای دبی کل ورودی به سیستم، معادل ۱۷/۷۱ مترمکعب بر ثانیه به شرح جدول زیر به‌دست آمده است.

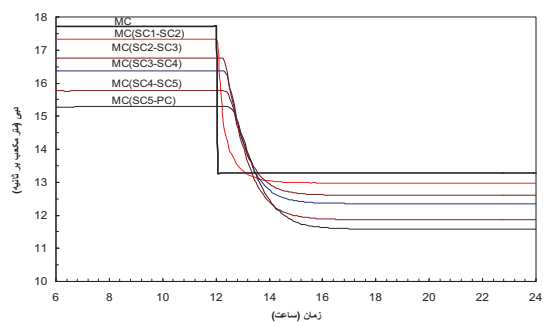
حال چنانچه جریان ورودی به شبکه، که در حالت ماندگار برابر با ۱۷/۷۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد، ۱۲ ساعت پس از شروع محاسبات به‌صورت ناگهانی به مقدار ۲۵ درصد کاهش یابد، در این صورت

جدول ۶- دبی آب‌گیرهای محدوده مورد مطالعه به همراه پارامترهای کالیبره شده برای هر آب‌گیر در شرایط ماندگار

کانال	شماره آبگیر (شکل ۴)	دبی آبگیر (لیتر بر ثانیه)	پارامتر (a)	پارامتر (b)
Mc	۱	۷۰	۰/۲۵	۱/۵
(Sc1-Sc2)	۲	۱۲۰	۰/۳۴۷	۱/۵
Mc	۱	۱۴۰	۰/۴	۱/۵
(Sc2-Sc3)	۱	۱۵۰	۰/۴۶	۱/۵
Mc	۲	۷۰	۰/۱۰۶	۱/۵
(Sc4-Sc5)	۱	۱۳۰	۰/۱۸۷	۱/۵
Mc	۲	۷۰	۰/۱۰۲	۱/۵
(Sc5-Pc)				
Sc1	آب‌گیر ابتدای کانال	۳۸۰	۰/۱۴۲۵	۱/۵
Sc2	آب‌گیر ابتدای کانال	۳۸۰	۰/۱۶۵	۱/۵
Sc3	آب‌گیر ابتدای کانال	۲۵۰	۰/۱۷۶	۱/۵
Sc4	آب‌گیر ابتدای کانال	۶۰۰	۰/۲۴۳	۱/۵
Sc5	آب‌گیر ابتدای کانال	۲۶۰	۰/۱۰۸	۱/۵



ب



الف

شکل ۸- تأثیر کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به سیستم (الف) بر روی دبی جریان در ابتدای بازه های مختلف کانال انتقال (ب) بر روی دبی ورودی به هر یک از کانال های فرعی

جدول ۷- تغییرات دبی و زمان رسیدن غیرماندگاری جریان به ابتدای بازه های مختلف کانال انتقال در اثر کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به شبکه

کانال	دبی اولیه جریان (مترمکعب بر ثانیه)	دبی جریان بعد از تغییرات (مترمکعب بر ثانیه)	درصد کاهش دبی	مدت زمان رسیدن اثر غیرماندگاری جریان به ابتدای بازه (ساعت)
MC	۱۷/۷۱	۱۳/۲۸۲۵	۲۵	۰
Mc بین Sc1- Sc2)	۱۷/۳۲	۱۲/۹۸	۲۵	۰/۰۸
Mc بین Sc2- Sc3)	۱۶/۷۶	۱۲/۶۱	۲۴/۷۶	۰/۲۵
Mc بین Sc3- Sc4)	۱۶/۳۶	۱۲/۳۵	۲۴/۵۱	۰/۳۳
Mc بین Sc4- Sc5)	۱۵/۷۶	۱۱/۸۷	۲۴/۶۸	۰/۴۱
Mc بین Sc5- Pc)	۱۵/۲۸	۱۱/۵۸	۲۴/۲۱	۰/۵۸

جریان در محل آبگیرها محو شود. علاوه بر این، زمان رسیدن اولین اغتشاش به آبگیر اول ۰/۰۸ ساعت و برای آخرین آبگیر، که کانال SC5 است، ۰/۵۸ ساعت می باشد.

همان گونه که در جدول ۸ نیز ارائه شده است، کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به سیستم، دبی کانال های فرعی را از حداقل ۱۸/۶۸ درصد در کانال SC2 تا ۲۶/۱۵ درصد در کانال SC3 تغییر می دهد. بین ۳/۰۸ تا ۴/۴۲ ساعت زمان لازم است که اثر اغتشاش

جدول ۸- تغییرات دبی و زمان رسیدن و تداوم غیرماندگاری در محل آبگیر کانال های درجه ۲ در اثر کاهش ۲۵ درصدی دبی ورودی به شبکه

آبگیر ابتدای کانال	دبی جریان اولیه (لیتر بر ثانیه)	دبی جریان بعد از تغییرات (لیتر بر ثانیه)	درصد کاهش دبی	مدت زمان رسیدن اثر غیرماندگاری جریان (ساعت)	تداوم غیر ماندگاری (ساعت)
Sc1	۳۸۰	۳۰۴	۲۰	۰/۰۸	۳/۰۸
Sc2	۳۸۰	۳۰۹	۱۸/۶۸	۰/۲۵	۳/۵
Sc3	۲۶۰	۱۹۲	۲۶/۱۵	۰/۳۳	۳/۵
Sc4	۶۰۰	۴۸۴	۱۹/۶	۰/۴۱	۳/۷۵
Sc5	۲۶۰	۲۱۰	۱۹/۲۳	۰/۵۸	۴/۴۲

نتیجه گیری

نتایج مدل حاضر با نتایج مدل ICSS، در شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در یک کانال منفرد با انواع سازه‌های آب‌گیر و آب‌بند وجود دارد.

علاوه بر این، نتایج اجرای مدل برای بخشی از شبکه آبیاری دربند کرمانشاه نشان داد با کاهش ناگهانی دبی ورودی به سیستم به مقدار ۲۵ درصد، دبی کانال‌های فرعی SC1 تا SC5 به ترتیب ۲۰، ۱۸/۶۸، ۲۶/۱۵، ۱۹/۶ و ۱۹/۲۳ درصد کاهش می‌کند. همچنین ۳/۰۸ تا ۴/۴۲ ساعت زمان لازم است که اثر اغتشاش جریان در محل آب‌گیرها محو شود. بدیهی است در این مدت زمان، تنظیم دبی دریاچه‌های آب‌گیر با دقت انجام‌پذیر نمی‌باشد و ۰/۵۸ ساعت زمان لازم است تا اثر غیرماندگاری جریان، خود را به آب‌گیر کانال SC5 برساند.

تهیه و توسعه یک مدل ریاضی- کامپیوتری کمک مدیریتی، برای شبیه‌سازی جریان غیرماندگار در شبکه‌های آبیاری، مورد توجه این تحقیق قرار گرفته است. در مدل ارائه شده، معادلات جریان غیرماندگار (معادلات سنت-ونانت) با روش تفاضل‌های محدود منفصل شده‌اند. رقوم جریان در محل انشعاب کانال فرعی از اصلی، با استفاده از روش خط تأثیر و به‌صورت کاملاً ضمنی در هر گام زمانی تعیین می‌گردد. نتایج صحت‌سنجی مدل نشان داد که مدل تهیه شده برای جریان غیرماندگار با دقت بسیار بالایی توانایی شبیه‌سازی جریان ماندگار متغییر تدریجی غیریکنواخت، در یک شبکه حلقه‌ای پیچیده را دارد؛ همچنین مدل به‌خوبی پروفیل سطح آب در جریان غیرماندگار ناشی از بسته شدن ناگهانی دریاچه انتهایی یک کانال دوزنقه‌ای را شبیه‌سازی می‌نماید و تطابق نسبتاً مناسبی بین

منابع

- ۱- قدوسی ح. ۱۳۸۵. طبقه بندی جامع جریان های غیرماندگار از دیدگاه بهره‌برداری در کانال‌های آبیاری و تهیه مدل ریاضی مدیریت بهینه آنها. رساله دکتری، گروه سازه های آبی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- قدوسی ح.، بنی هاشمی م.ع. و منعم م.ج. ۱۳۸۶. شبیه‌سازی عددی جریان غیرماندگار سریع با شرط مرزی درونی با استفاده از روش MacCormack-TVD. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهر کرد.
- ۳- کسب دوز ش.، منعم م.ج. و کوچک زاده، ص. ۱۳۷۷. کاربرد مدل هیدرودینامیک ICSS در تعیین مناسب ترین گزینه توزیع آب در شبکه آبیاری قوری چای، مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.
- ۴- کیاپاشا م.ص. و منعم م.ج. ۱۳۸۸. توسعه و ارزیابی مدل سیستم کنترل خودکار بالادست. مجله پژوهش آب ایران. جلد چهارم
- ۵- محسنی موحد ا.ا. ۱۳۸۱. تهیه مدل ریاضی بهینه سازی عملکرد کانال های آبیاری با استفاده از روش SA. مجله علوم پایه، علوم پایه (دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، ۱۲(۴۴).
- ۶- منعم م.ج.، عمادی ع. و قدوسی ح. ۱۳۸۴. بررسی رفتار جریان غیرماندگار کانال های آبیاری در شرایط تغییرات نیاز و تعیین دستورالعمل مناسب بهره برداری (مطالعه موردی کانال EIRI از شبکه دز)، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶(۲۴).
- ۷- منعم م.ج. و نوری م.ع. ۱۳۸۹. کاربرد الگوریتم بهینه سازی PSO در توزیع و تحویل بهینه آب در شبکه های آبیاری، مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱.
- 8- Chaudhry M.H. 1993. Open channel flow. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. Calgary Univ., Alberta, Canada .
- 9- Habib Z., Shahid B., and Bhutta M. 1992. The utility of a simulation model for Pakistan canal systems . semegref-IIIMI international workshop on the application of the mathematical modeling for the improvement of irrigation canal operation, October 26-30, Montpellier, france, pp:131-150.
- 10- Jha A.K., Akiyama J., and Ura M. 1996. A fully conservation Beam and Warming scheme for transient open channel flow. Journal of hydraulic research , 34(5): 605-621.
- 11- Manz D.H. 1985. Systems Analysis of Irrigation Conveyance Systems. Thesis as part of the requirements of Doctor of Philosophy in Civil Engineering, University of Alberat, Edmonton, Alberta, Canada.
- 12- Monem M.J. 1996. Performance evaluation and optimization of irrigation canal systems using genetic algorithm. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Calgary University., Alberta, Canada.
- 13-Sobey R.J., Adil T.S., and Vidler P.F. 1980. User's Guide STFLO/VB2. James Cook University of North Queensland, Department of Civil and System Engineering, Research Bulletin No.CS22.

Mathematical Model to Simulate Unsteady Flow in Irrigation Networks with Internal Boundary Conditions (A Case Study, Darband Irrigation Network)

R. Ghobadian^{1*} - S. Gholzari²

Received:23-4-2012

Accepted:6-12-2012

Abstract

Unsteady flow causes a lot of problems for optimal operational of irrigation networks, hence precise understanding of this flow is necessary. Therefore in this study a computer model has been developed to simulate the unsteady flow produced by delivery and disturbance of water and immediate variation of input discharge in irrigation network. Present model solves partial differential equations of 1-D unsteady flow (Saint-Venant equations) by finite differencing method. Water surface elevation at junction location is calculated implicitly by using of matrix properties and influence line technique. Result of model verification showed developed model simulates water surface profile of positive surge in a trapezoidal channel after sudden closure of end gate. Also developed model for unsteady flow, can simulated steady state gradually varied flow in a complex loop with a very high accuracy. Additionally there are relatively good agreement between the result of present model with results of ICSS model for simulation of unsteady flow in a single channel (EIR1 channel of Dez network) with different kind of check and intake structures. After model verification, main channel of Darband irrigation network with 14 kilometer length with five secondary channels simulated integrate. Simulation results showed that without any operational performance, 25% sudden reduction of input discharge to main channel reduces discharge of secondary channels between 18.68 to 26.15 percent. Additionally 4.42 hours take place until the effect of unsteady flow fluctuation is disappeared at the location of SC5 channel's intake.

Keywords: Mathematical model, Darband irrigation network, Unsteady flow simulation, Saint-Venant equation

1,2- Assistant Professor and Msc Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah

(* - Corresponding Author Email: rsgbobadian@gmail.com)