

بررسی عددی حساسیت و رفتار سازه‌های مختلف آبگیر به کمبود یا مازاد برداشت در شرایط جریان غیرماندگار

رسول قبادیان^{۱*} و ساحره گلزاری^۲

* - نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه رازی کرمانشاه Email: rsglobalian@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱

چکیده

تغییر شرایط هیدرولیکی آبگیرها و جریان در کانال باعث ایجاد جریان غیر ماندگار در شبکه‌های آبیاری می‌شوند. برای ارزیابی عملکرد سازه‌های آبگیر، بررسی رفتار هیدرولیکی آنها ضروری است که لازمه محاسبه آن استفاده از مدل‌های ریاضی هیدرودینامیک می‌باشد. بدین منظور در این تحقیق مدلی کامپیوتری تهیه شده که در آن معادله‌های جریان غیر ماندگار (معادله‌های سنت-ونانت) با روش تفاضل‌های محدود منفصل شده‌اند. رقوم جریان در محل انشعاب کانال فرعی از اصلی با استفاده خاصیت ماتریس‌ها و روش خط تأثیر به صورت کاملاً ضمنی محاسبه می‌شود. سازه‌های کنترل جریان اعم از آبگیرها و آببندها به عنوان شرایط داخلی به مدل معرفی می‌شود. مدل حاضر با استفاده از روش تلفیق معادله‌های مومنتم و انرژی (E-M) توانایی تخمین دبی عبوری از سازه‌های تنظیم‌کننده را در هر گام زمانی دارد. پس از صحت سنجی مدل، به عنوان یک مطالعه موردی کانال MC (کیلومتر ۱۵+۴۳۳ تا ۱۵+۵۰۰) شبکه آبیاری میان دربند کرمانشاه با پنج سازه آبگیر نیروپیک، ۱۷ آبگیر ساده و پنج سازه آب بند به صورت یکپارچه شبیه سازی گردید و به بررسی گزینه‌های انتخابی برای حالت‌های مختلف بهره‌برداری پرداخته شده است.

کلید واژه‌ها: جریان غیرماندگار، معادله‌های سنت-ونانت، روش E-M، شبکه آبیاری میان دربند، شبیه سازی عددی

Numerical Study of the Sensitivity of Intake Structures to Deficient or Excess Water Removal under Unsteady Flow Condition

R. Ghobadian¹ and S. Golzari²

1- Assistant Professor of Water Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

2- M.sc. Student of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: 22.May.2012

Accepted: 25.Feb.2013

Abstract

Variation of intake hydraulic conditions and channel flow discharge cause unsteady flow in irrigation network. To evaluate the performance of the function of the intake structures, study of their hydraulic characteristic is necessary. Therefore in present study a computer model has developed in which the unsteady flow equations (Saint-Venant equation) have been discretized using finite difference and Crank-Nicolson method. Water surface elevation at any junction is calculated applying matrix properties and influence line technique implicitly. Different kinds of control structure such as intake and check structures have been introduced to model as internal boundary condition. Combining energy and momentum equations (E-M method) the flow from the gate of check structure at every time steps is calculated. After model verification, the main channel of the Miandarband irrigation network with 27 kilometer length from 15+443 to end with five radial gates check structures, seventeen turnout structures and five Neyrpic intake was simulated and different kind of optional performance have been studied.

Keywords: Unsteady flow, Saint-Venant equation, E-M method, Miandarband irrigation network, Numerical simulation.

مقدمه

باز و بسته شدن دریچه‌ها و سازه‌های تنظیم آب در کانال‌های آبیاری باعث انتشار جریان غیر ماندگار در طول کانال‌ها می‌شود و عملکرد سازه‌های آبنگیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت موجب کاهش عملکرد شبکه می‌شود. همچنین تغییر دبی نسبت به زمان و مکان و به تبع آن تغییر عمق در طول کانال موجب پیچیدگی رفتار هیدرولیکی جریان در شبکه‌های آبیاری می‌شود به طوری که بدون استفاده از مدل‌های ریاضی، پیش بینی دقیق وضعیت و رفتار جریان بسیار مشکل است.

مدل‌های تجاری شبیه سازی جریان غیر ماندگار در کانال‌ها بیش از دو دهه قدمت دارند از جمله: ملاتر^۱ (۱۹۹۸) مدل SIC، مرکلی و واکر^۲ (۱۹۹۱) مدل CANAL، لیو و همکاران^۳ (۱۹۹۸) مدل CASIM، بورت و همکاران^۴ (۱۹۹۸) مدل CanalCAD، لین و مونزه^۵ (۱۹۹۲) مدل ICSS و کلمنز و همکاران^۶ (۱۹۹۷) مدل Mike 11 را استفاده نمودند.

کلمنز و همکاران (۲۰۰۵) سه مدل تجاری شبیه‌سازی جریان غیر ماندگار (CanalCAD) نوشته شده توسط دانشگاه ایوا، Mike11 ارائه شده توسط موسسه هیدرولیک دانمارک و Sobek ارائه شده توسط دانشگاه دلف هلند که با الگوریتم نوشته شده توسط کاربر اجازه کنترل اتوماتیک دریچه‌ها را می‌دهند مورد ارزیابی قرار دادند. در تحقیق آنها ساختار مدل‌ها و چگونگی ارتباط با کد برنامه توصیف شده است. نتایج آنها نشان داد همه این مدل‌ها مشکلات و محدودیت‌هایی دارند.

حبیب و همکاران^۷ (۱۹۹۲) با استفاده از مدل SIC شرایط هیدرولیکی و بهره برداری از یک شبکه آبیاری در پاکستان را شبیه سازی نموده و وضعیت کانال‌ها را مورد مطالعه قرار دادند. منعم (۱۹۹۶) با استفاده از یک روش عددی پیشرفته در بهینه سازی و با استفاده از به کارگیری مدل شبیه ساز ICSS مدلی ریاضی برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری ارائه داد. محسنی موحد (۱۳۸۱) با استفاده از تلفیق مدل هیدرودینامیک ICSS و الگوریتم بهینه سازی به ارزیابی و بهبود عملکرد یکی از کانال‌های شبکه آبیاری دز پرداخت. منعم و نوری (۱۳۸۶) با تحلیل جریان غیر ماندگار ایجاد شده در کانال آبیاری در اثر تغییرات نیاز آبنگیرها، دستورالعمل بهره برداری از شبکه دز را با استفاده از مدل ICSS ارائه دادند. قدوسی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از روش صریح مک کورمک به شبیه سازی جریان غیر ماندگار در شبکه آبیاری با شرط مرزی داخلی پرداخت.

منعم و کیپاشا (۱۳۸۸) با استفاده از تکنیک فازی سیستم کنترلی برای تنظیم عمق آب در کانال‌های آبیاری تدوین کردند و با استفاده از مدل هیدرودینامیک ICSS در کانال EIR1 از شبکه دز، عملکرد آن را مورد ارزیابی قرار دادند. منعم و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی PSO (رفتار جمعی اجزا) در کانال Amx شبکه آبیاری ورامین به برنامه ریزی توزیع و تحویل مناسب آب در شبکه‌های آبیاری پرداختند.

با توجه با اهمیت شناخت جریان‌های غیر ماندگار و تأثیر آن در شبکه‌های آبیاری در این تحقیق مدلی کامپیوتری تهیه شده که در آن معادله‌های دیفرانسیلی جریان غیر ماندگار خطی شده و به روش تفاضل‌های محدود حل می‌شوند. مدل مذکور این قابلیت را دارد که تأثیر کاهش یا افزایش دبی ورودی به سیستم بر روی دبی هر یک از آب‌بندها و آبنگیرها، همچنین زمان رسیدن و تداوم شرایط غیرماندگاری در محل آبنگیرها را محاسبه و ارزیابی نماید.

مواد و روش‌ها

شبیه سازی جریان غیر ماندگار در یک مجرای روباز با حل همزمان معادله‌های سنت - ونانت انجام می‌شود. معادله‌های سنت - ونانت ترکیب دو معادله پیوستگی و اندازه حرکت می‌باشد که در این تحقیق معادله‌های مذکور به صورت زیر استفاده شده است:

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

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

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، q_L : دبی جریان ورودی یا خروجی (ورودی مثبت و خروجی منفی) در واحد طول کانال می‌باشد.

معادله‌های فوق با استفاده از روش تفاضل‌های محدود^۸ منفصل شده‌اند. طول هر یک از کانال‌های شبکه به بازه‌های مختلف تقسیم بندی شده و بصورت شبکه زیگزاگی^۹ گره بندی شده است. چنانچه شرط مرزی بالادست رابطه دبی-اشل و شرط مرزی پائین دست هیدروگراف خروجی باشد ابتدا معادله اندازه حرکت بر روی مقاطع با شماره زوج و سپس معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره فرد منفصل می‌شوند. از طرفی چنانچه شرط

- 1- Malaterre
- 2-Merkley and walker
- 3-Liu et al.
- 4-Burt et al.
- 5-Lin and Manz
- 6-Clemmens et al.
- 7- Habib et al.

8-Finite difference
9-Staggered grid

دست به دست می آیند. این جوابها به صورت نماد (Q_{00} یا Z_{00}) نشان داده می‌شوند. ماتریس دوم با ضریب شرط مرزی بالادست و ماتریس سوم با ضریب شرط مرزی پایین دست به ترتیب Q_1^{t+dt} (دبی ورودی به ابتدای بازه در زمان $t + dt$) و Z_n^{t+dt} (رقوم سطح آب در زمان $t + dt$ در انتهای بازه) را نشان می‌دهند. جوابها در این حالتها به ترتیب با نمادهای (Q_{10} یا Z_{10}) و (Q_{01} یا Z_{01}) نشان داده می‌شوند. این روش تفکیک ماتریس معلومات سمت راست به سه ماتریس اولین بار توسط سوبی و همکاران^۱ (۱۹۸۰) استفاده شده است و به نام روش خط تأثیر معروف است.

شرایط اولیه

عمق جریان اولیه و دبی در تمام کانالها به عنوان شرط مرزی اولیه می‌تواند به مدل معرفی شود. علاوه بر این به منظور جلوگیری از واگرا شدن حل معادله‌های می‌توان با در نظر گرفتن عمق جریان اولیه در هر یک از کانالهای فرعی دبی با توجه به رابطه دبی اشل در انتهای باز و یا رابطه مانینگ در مدل محاسبه شود 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

هیدروگراف ورودی به عنوان شرط مرزی بالادست و رابطه دبی - اشل به عنوان شرط مرزی پائین دست در نظر گرفته شده است. با میان‌یابی از هیدروگراف ورودی در هر گام زمانی دبی ورودی در زمان $n + 1$ به دست می‌آید 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 معادله‌های می‌شود:

$$Z_{ns+1} = Z_{ns} - \frac{\Delta t}{T_{W_{ns}}} \times \frac{Q_{ns} - Q_{ns-1}}{x_{ns} - x_{ns-1}} \quad (5)$$

n_s نشان دهنده مقطع آخر می باشد. همچنین Z_{ns} و Q_{ns} توسط رابطه دبی - اشل پایین دست با هم مرتبط هستند.

مرزی بالادست هیدروگراف ورودی و پائین دست رقوم سطح آب باشد ابتدا معادله اندازه حرکت بر روی مقاطع با شماره فرد و سپس معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره زوج منفصل می‌شوند. پس از منفصل کردن معادله پیوستگی روی هریک از گره‌های مورد نظر در هر یک از کانالهای شبکه رابطه خطی به صورت زیر حاصل می‌شود:

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

که در آن:

$$a_{pi} = -\frac{\theta}{x_{i+1} - x_{i-1}} = -c_{pi}$$

$$b_{pi} = \frac{T_{wi}^n}{\Delta t}$$

$$d_{pi} = -\frac{(1-\theta)(Q_{i+1}^n - Q_{i-1}^n)}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{T_{wi}^n \times Z_i^n}{\Delta t} + \frac{Q_{L_i}^{n+1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

همچنین منفصل کردن معادله اندازه حرکت معادله خطی (۴) را نتیجه می‌دهد:

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

که در آن:

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

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

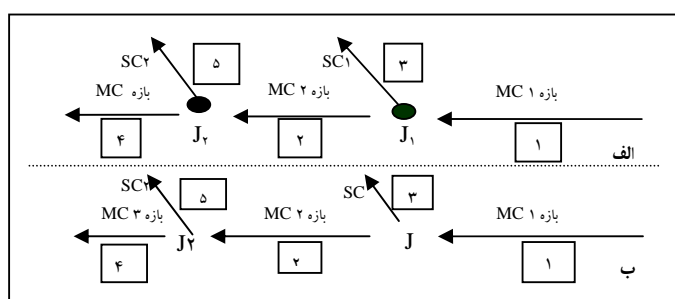
$$c_{mi} = -\frac{\beta Q_i^n T_{wi}^n}{A_i^n \times \Delta t} + \frac{g A_i^n \theta}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

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

در روابط فوق θ : پارامتر وزنی و n و $n+1$: نشان دهنده گامهای زمانی مربوط به زمان است که اگر θ 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 معادله‌های پیوستگی و اندازه حرکت خطی شده در یک کانال با شرایط مرزی دبی و سطح آب به ترتیب برای بالادست و پائین - دست در شکل (۱) نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل نشان داده شده است در ماتریس اول از سمت راست که در آن جوابها بدون در نظر گرفتن شرط مرزی بالادست یا پائین

$$\begin{pmatrix} b_{p2} & c_{p2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{n8} & b_{n8} & c_{n8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{p4} & b_{p4} & c_{p4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{n6} & b_{n6} & c_{n6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{n(n-3)} & b_{n(n-3)} & c_{n(n-3)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{p(n-2)} & b_{p(n-2)} & c_{p(n-2)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{n(n-1)} & b_{n(n-1)} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_2^{t+\Delta t} \\ Q_3 \\ Z_4 \\ Q_5 \\ \vdots \\ \vdots \\ Q_{N-3} \\ Z_{N-2} \\ Q_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{p2} \\ d_{m3} \\ d_{p4} \\ d_{m5} \\ \vdots \\ \vdots \\ d_{m(n-3)} \\ d_{p(n-2)} \\ d_{m(n-1)} \end{pmatrix} + Q_1^{t+\Delta t} \times \begin{pmatrix} -a_{p2} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - Z_n^{t+\Delta t} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ -c_{n(n-1)} \end{pmatrix}$$

شکل ۱ - فرم ماتریسی همه معادله‌های پیوستگی و اندازه حرکت خطی شده در یک کانال با شرایط مرزی دبی در بالادست و سطح آب در پائین دست



شکل ۲- دو نوع انشعاب (الف) با کنترل (ب) بدون کنترل

در شرایط کنترل شده معادله حاکم برای گره‌ها با فرض بر قرارای رابطه پیوستگی جریان در محل انشعاب و معلوم بودن رابطه بین دبی آبنگیری کانال درجه دو و رقوم سطح آب در محل انشعاب که بستگی به نوع آبنگیر متفاوت است بصورت رابطه (۷) در گره J1 نوشته می‌شود:

$$F(J_1) = Q_1 \diamond (Q_2 + Q_3) = Q_{00}(1, ns_1 \diamond 1) + Q_{10}(1, ns_1 \diamond 1) \times Q(1, 1) + Q_{01}(1, ns_1 \diamond 1) \times Z_{J2} \diamond [Q_{00}(2, 2) + Q_{10}(2, 2) \times Z_{J1} + Q_{01}(2, 2) \times Z_{J2}] \diamond [a_3 \times (Z_{J1} \diamond Z_{03})^{b_3}] \quad (7)$$

که در روابط (۶) و (۷): Q_1, Q_2, Q_3 : به ترتیب دبی جریان در انتهای کانال یک، ابتدای کانال دو و ابتدای کانال شماره سه می‌باشد.

$Q_{00}(1, ns_1 - 1)$ و $Q_{10}(1, ns_1 - 1)$ دبی جریان در مقطع شماره $(ns_1 - 1)$ کانال شماره یک که به ترتیب از حل فرم ماتریسی با در نظر گرفتن ماتریس اول سمت راست، ماتریس دوم و ماتریس سوم شکل (۲) به دست می‌آیند. $Q(1, 1)$ دبی ورودی به شاخه یک از مقطع شماره یک در زمان $t + dt$ ، Z_{J1} و Z_{J2} : به ترتیب رقوم سطح آب در محل گره شماره یک و دو می‌باشند. $Q_{00}(2, 2), Q_{10}(2, 2)$ و $Q_{01}(2, 2)$:

شرایط مرزی داخلی

در یک شبکه آبیاری محل آبنگیری کانال‌های درجه کوچک‌تر از کانال با درجه بزرگ‌تر و یا سازه‌های تنظیم سطح آب به عنوان شرط مرزی داخلی می‌باشد. مثلاً محل آبنگیری کانال درجه دو (Sc) از کانال اصلی (Mc) یا درجه یک (Pc). با توجه به نوع آبنگیری جریان کانال درجه دو از کانال درجه یک که به صورت کنترل شده (کنترل بالادست) یا بدون کنترل (کنترل پائین دست) شرط مرزی داخلی متفاوت است (شکل ۲).

در شرایط بدون کنترل معادله حاکم برای گره‌ها با فرض بر قرارای رابطه پیوستگی جریان در محل انشعاب و یکسان بودن رقوم سطح آب در هر سه انشعاب $[z(1, ns_1) = z(2, 1) = z(3, 1) = z_j]$ به صورت رابطه (۶) در گره J1 نوشته می‌شود. در مدل فاستر^۱ (کاشفی پور، ۲۰۰۱) نیز از این روش برای گره‌های بدون کنترل استفاده شده است

$$F(J_1) = Q_1 - (Q_2 + Q_3) = Q_{00}(1, ns_1 - 1) + Q_{10}(1, ns_1 - 1) \times Q(1, 1) + Q_{01}(1, ns_1 - 1) \times Z_{J2} - [Q_{00}(2, 2) + Q_{10}(2, 2) \times Z_{J1} + Q_{01}(2, 2) \times Z_{J2}] - [Q_{00}(3, 1) + Q_{01}(3, 1) \times Z_{J1} + Q_{01}(3, 1) \times Z(3, ns_3)] \quad (8)$$

هیدروگراف دبی یا هیدروگراف اشل و بصورت گرافیکی در مقاطع از قبل تعیین شده ترسیم می‌شوند. در حالت کلی مدل برای مقاطع نامنظم هندسی نوشته شده است که به راحتی می‌تواند شبکه زهکشی های طبیعی را نیز که در آن به ازای انشعاب در محل گره ها اتصال زهکشی وجود دارد شبیه سازی نماید.

نتایج و بحث

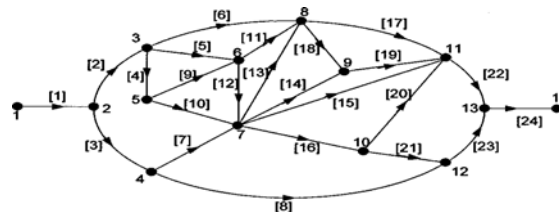
صحت سنجی مدل به منظور شبیه سازی جریان متغیر تدریجی در یک سیستم پیچیده کانال روباز

یکی از روش‌های صحت سنجی جریان غیرماندگار این است که قابلیت شبیه سازی جریان ماندگار متغیر تدریجی را داشته باشند. به منظور شبیه سازی جریان ماندگار متغیر تدریجی از سیستم بسیار پیچیده کانال های روباز دوزنقه‌ای که در شکل (۱) نشان داده شده است استفاده گردید. دبی ورودی و عمق جریان در گره ۱۴ به ترتیب ۱۵۰ متر مکعب بر ثانیه و ۵/۰۴۸۴ متر می باشد. ضریب زبری مانینگ برای تمام کانال ها ۰/۱۳ در نظر گرفته شده است. سایر مشخصات سیستم در ستون های یک تا چهار جدول (۱) ارائه شده است. مقادیر ارائه شده در ستون پنجم، ششم و هفتم در جدول مذکور به ترتیب دبی جریان، عمق جریان در گره بالادست و عمق جریان در پائین دست کانال ها می‌باشند. با استفاده از اعماق جریان محاسبه شده در انتهای هر بازه (ستون هفتم) و دبی هر شاخه (ستون پنجم) و محاسبات جریان متغیر تدریجی با استفاده از روش گام به گام استاندارد عمق جریان در ابتدای هر شاخه محاسبه گردید (ستون هفتم) و با عمق ارائه شده در ستون ششم جدول مقایسه گردید. بیشترین درصد خطا با مقدار ۰/۰۹۷ درصد مربوط به کانال شماره هشت می باشد که نشان از دقت بسیار بالای مدل در شبیه سازی جریان متغیر تدریجی دارد در چنین شبکه‌ی پیچیده‌ای که در برخی از گره‌های آن بیش از هفت شاخه وارد یا خارج می‌شود. حتی برخی مدل‌های معروف همانند HEC-RAS اصلاً قادر به شبیه سازی آن نیستند. دلیل اینکه در جدول (۱) اعماق محاسبه شده در محل گره‌ها با شش رقم اعشار نوشته شده است این است که به دلیل شیب و طول کم شاخه‌های سیستم رودخانه‌ای نشان داده شده تغییر بسیار جزئی در اعماق جریان در محل گره ها، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر دبی شاخه‌ها در محاسبات جریان متغیر تدریجی به منظور مقایسه خواهد داشت. مقدار دبی محاسبه شده برای شاخه شماره ۲۰ نشان دهنده جهت جریان در نظر گرفته شده در شکل (۳) درست نمی باشد که توسط محاسبات مدل اصلاح گردیده است.

شبیه سازی جریان غیرماندگار در یک سیستم پیچیده کانال روباز

مجدداً سیستم شکل (۳) در نظر گرفته شود. هیدروگراف نشان داده شده در شکل (۴-الف) از گره یک وارد سیستم می شود. رابطه دبی-اشل که از معادله مانینگ به دست می‌آید به عنوان شرط مرزی پائین دست (در گره ۱۴) توسط مدل محاسبه و وارد

دبی جریان در مقطع شماره دو کانال شماره ۲ به دست آمده از حل فرم ماتریسی با در نظر گرفتن ماتریس اول سمت راست، ماتریس دوم و ماتریس سوم، $Q_{01}(3,1)$ و $Q_{10}(3,1)$ ، $Q_{00}(3,1)$: دبی جریان در مقطع شماره یک کانال شماره سه 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 سه، a_3 و b_3 : ضرایبی هستند که با توجه به نوع آبگیر، مقدار بازشدگی و طول سرریزی آن برای هر نوع آبگیر تعریف می شود و نهایتاً Z_{O3} : رقوم آستانه آبگیر است که به ازای رقوم سطح آب کمتر از آن در محل گره J_1 جریان وارد کانال شماره سه نمی‌گردد. اگر از مدول‌های نیرپیک برای آبگیری استفاده شود درصد تغییرات دبی جریان نسبت به عمق آب بر روی تاج سرریز به صورت فایل اکسل وارد می شود و درصد تغییرات دبی آبگیری مدول نیرپیک در زمان $n+1$ با میان‌یابی به دست می‌آید. محل اتصال دو بازه اگر دریچه قطاعی باشد در حالتی که دریچه به صورت آزاد عمل نماید با استفاده از فرمول‌های دبی عبوری و در شرایط جریان مستغرق با استفاده از معادله مومنتم - انرژی معروف به روش E-M میزان Q و y را می‌توان به دست آورد. در حالتی که جریان مستغرق باشد معادله انرژی بین مقاطع بالادست و محل فشرده‌گی جریان در پایین دست دریچه با صرف نظر کردن از افت انرژی استفاده شد همچنین بین محل فشرده‌گی جریان تا عمق پایین دست دریچه به علت نامعلوم بودن افت موجود در این بازه، معادله مومنتم مورد استفاده قرار می‌گیرد و با حل همزمان دو رابطه فوق به صورت دو معادله دو مجهول می‌توان مقدار دبی و رقوم سطح آب را محاسبه نمود. به تعداد انشعابات موجود در شبکه روابطی همچون (۳) و (۴) بر حسب رقوم سطح آب در محل انشعابات نوشته می‌شوند. از آنجائی که روابط مذکور در حالت کلی غیر خطی هستند در این تحقیق با روش تکرار مدل ضرایب به دست می‌آیند. پس از به دست آوردن رقوم سطح آب در محل انشعابات با حل دستگاه معادله‌هایی که در شکل (۱) یک نمونه آورده شده است مقادیر رقوم سطح آب و دبی جریان در هر گام زمانی در تمام شبکه به دست می‌آید. به منظور حل دستگاه معادله‌ها و به دست آوردن دبی و عمق جریان در مقاطع مورد نظر در هر زمان مطلوب، مدلی کامپیوتری در محیط ویژوال بیسیک نوشته شده است که در آن دستگاه معادلات سه قطری حاصل شده با الگوریتم ماتریس سه قطری (TDMA) حل می‌شود. به منظور تسهیل در وارد کردن اطلاعات مقاطع عرضی و شرایط مرزی بالا دست و پائین دست، محیط ویژوال بیسیک با محیط اکسل جفت شده است به گونه‌ای که تمام اطلاعات از قبیل کیلومترهای مقاطع، مشخصات هندسی مقاطع برداشت شده، ضرایب زبری، هیدروگراف ورودی به عنوان شرط مرزی بالا دست و رابطه دبی-اشل به عنوان شرط مرزی پائین دست در محیط اکسل وارد گردیده و سپس در محیط ویژوال بیسیک فراخوانی می‌شوند. علاوه بر این همزمان با اجرای مدل نتایج به صورت



شکل ۳- یک نمونه سیستم رودخانه‌ای

جدول ۱- خصوصیات هندسی سیستم نشان داده شده در شکل (۳) و مقادیر محاسبه شده

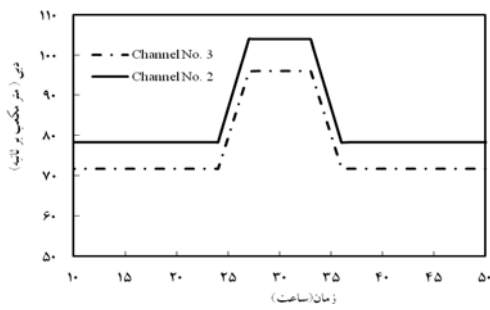
شماره کانال	طول (m)	عرض کف (m)	شیب	دبی (m^3/s)	عمق بالادست	عمق پایین دست (m)	عمق بالادست GVF (m)
۱	۱۰۰	۵۰	۰/۰۰۰۵	۱۵۰/۰۰۰۰	۴/۶۰۲۳۰۱	۴/۶۵۰۸۰۸	۴/۶۰۱۲۹۰
۲	۱۰۰	۳۰	۰/۰۰۰۴	۷۴/۷۳۶۲	۴/۶۵۰۸۰۸	۴/۶۹۰۴۷۷	۴/۶۵۰۸۶۸
۳	۲۵۷/۵	۴۰	۰/۰۰۰۵	۷۵/۲۶۳۸	۴/۶۵۰۸۰۸	۴/۷۷۹۱۰۸	۴/۶۵۱۴۷۹
۴	۱۰۰	۲۰	۰/۰۰۰۴	۲۶/۲۸۷۸۴	۴/۶۹۰۴۴۷	۴/۷۳۰۳۵۵	۴/۶۹۰۵۳۱
۵	۱۵۰	۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۲۹/۳۴۷۰۸	۴/۶۹۰۴۴۷	۴/۷۶۸۳۵۲	۴/۶۹۰۵۳۱
۶	۲۷۷/۵	۲۰	۰/۰۰۰۵	۱۹/۱۰۱۲۷	۴/۶۹۰۴۴۷	۴/۸۲۹۳۳۴	۴/۶۹۰۶۸۴
۷	۶۵	۳۰	۰/۰۰۰۵	۲۷/۷۱۶۵۲	۴/۷۷۹۱۰۸	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۷۷۹۶۲۰
۸	۳۴۰	۴۰	۰/۰۰۰۵	۴۷/۵۴۷۲۸	۴/۷۷۹۱۰۸	۴/۹۴۴۱۴۷	۴/۷۷۴۴۳۴
۹	۱۰۰	۵۰	۰/۰۰۰۳۹	۹/۶۵۳۴۱۹	۴/۷۳۰۳۵۵	۴/۷۶۸۳۵۲	۴/۷۲۹۲۷۹
۱۰	۱۶۲/۵	۳۰	۰/۰۰۰۵	۱۶/۶۳۴۴۳	۴/۷۳۰۳۵۵	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۷۳۰۳۴۷
۱۱	۱۵۰	۴۰	۰/۰۰۰۴	۱۸/۴۴۲۵۲	۴/۷۶۸۳۵۲	۴/۸۲۹۳۳۴	۴/۷۶۹۳۹۹
۱۲	۱۲۵	۴۰	۰/۰۰۰۳۴	۲۰/۵۵۷۹۹	۴/۷۶۸۳۵۲	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۷۶۹۰۹۴
۱۳	۷۰	۲۰	۰/۰۰۰۲۵	۰/۳۴۴۸۲۲	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۸۲۹۳۳۴	۴/۸۱۱۸۰۸
۱۴	۷۵	۳۰	۰/۰۰۰۵	۱۰/۰۹۸۴۹	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۸۴۹۰۷۹	۴/۸۱۱۶۵۶
۱۵	۱۷۵	۳۰	۰/۰۰۰۵	۱۹/۹۹۴۸۳	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۸۹۹۰۴۹	۴/۸۱۱۶۵۶
۱۶	۱۲۵	۴۰	۰/۰۰۰۵	۳۴/۴۷۰۷۸	۴/۸۱۱۵۸۳	۴/۸۷۴۲۹۲	۴/۸۱۱۸۰۸
۱۷	۱۴۰	۳۰	۰/۰۰۰۵	۲۲/۶۹۸۱۲	۴/۸۲۹۳۳۴	۴/۸۹۹۰۴۹	۴/۸۲۹۰۴۶
۱۸	۴۰	۳۰	۰/۰۰۰۵	۱۵/۱۹۰۴۹	۴/۸۲۹۳۳۴	۴/۸۴۹۰۷۹	۴/۸۲۹۰۴۶
۱۹	۱۰۰	۳۰	۰/۰۰۰۵	۲۵/۲۸۸۹۸	۴/۸۴۹۰۷۹	۴/۸۹۹۰۴۹	۴/۸۴۹۰۳۰
۲۰	۵۰	۳۰	۰/۰۰۰۵	-۱۰/۹۹۶۴	۴/۸۷۴۲۹۲	۴/۸۹۹۰۴۹	۴/۸۷۴۰۴۹
۲۱	۱۰۰	۲۰	۰/۰۰۰۷	۴۵/۴۶۷۱۷	۴/۸۷۴۲۹۲	۴/۹۴۴۱۴۷	۴/۸۷۴۲۰۱
۲۲	۲۰۰	۳۰	۰/۰۰۰۵	۵۶/۹۸۵۵۴	۴/۸۹۹۰۴۹	۴/۹۹۸۷۵۶	۴/۸۹۹۰۶۷
۲۳	۱۰۰	۵۰	۰/۰۰۰۵	۹۳/۰۱۴۴۶	۴/۹۴۴۱۴۷	۴/۹۹۸۷۵۶	۴/۹۴۸۹۵۱
۲۴	۱۰۰	۵۰	۰/۰۰۰۵	۱۵۰/۰۰۰۰	۴/۹۹۸۷۵۶	۵/۰۴۸۴۰۰	۴/۹۹۸۶۸۲

معادله‌ها می‌گردد. خروجی مدل که به صورت هیدروگراف های دبی و هیدروگراف های اشل در مقاطع مختلف هر یک از کانال‌ها می‌باشد. که به صورت نمونه برخی از آنها در شکل (۴-ب) ارائه شده است.

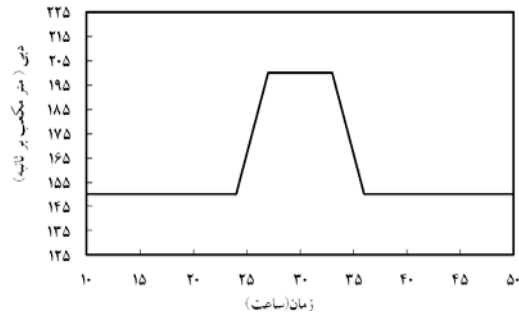
همان‌گونه که در شکل (۴-الف) نشان داده شده است هیدروگراف ورودی به سیستم به ترتیب دارای دبی پایه و زمان تناوم ۱۵۰ متر مکعب بر ثانیه و ۴۰ ساعت می باشد و مقدار اوج آن ۱۷ ساعت پس از وقوع به ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه می‌رسد. دبی اوج

هیدروگراف خروجی محاسبه شده توسط مدل ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه است و زمان اوج آن نیز حدود ۲۸۸۰ ثانیه بعد از زمان اوج هیدروگراف ورودی رخ می دهد. حجم زیر هیدروگراف خروجی ۲۳۲۱۹۹۹۷ متر مکعب است که در مقایسه با حجم هیدروگراف ورودی ۲۳۲۲۰۰۰۰ تنها ۰/۰۰۰۱۳ درصد اختلاف دارد که نشان از دقت بسیار بالای مدل در ارضای رابطه پیوستگی در شرایط جریان غیر ماندگار حتی در چنین شبکه پیچیده ای دارد.

www.SID.ir

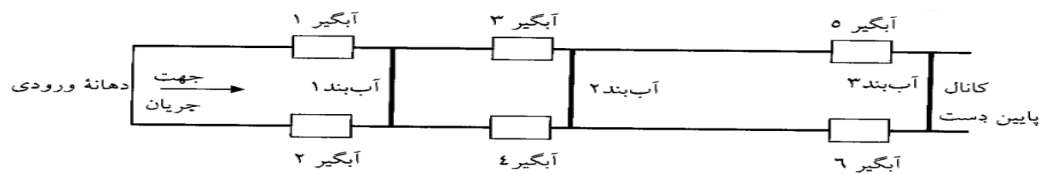


ب



الف

شکل ۴- الف) هیدروگراف ورودی به سیستم (ب) هیدروگراف محاسبه شده در ابتدای کانال دو و سه



شکل ۵- شماتیک کانال و سازه های موجود در مسیر EIR1

جدول ۲- مشخصات کانال EIR1 از شبکه آبیاری دز

بازه	مترائز	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 روزه‌های ۱
۲	۱۰۰۰-۱۰۰۱	۱	۰/۰۰۰۰۱	۱/۵	-	آبگیر روزه‌های ۲
۳	۱۰۰۱-۱۰۰۳	۲	۰/۰۰۰۰۱	۱/۵	-	سازه آب بند ۱
۴	۱۰۰۳-۱۰۰۷/۵	۴/۵	۰/۰۰۰۲۲	۱	-	ادامه کانال
۵	۱۰۰۷/۵-۱۲۷۷/۵	۲۷۰	۰/۰۰۱۱۷	۱	سازه آب بند ۱	آبگیر روزه‌های ۳
۶	۱۲۷۷/۵-۱۲۷۸/۵	۱	۰/۰۰۰۰۱	۱	-	آبگیر روزه‌های ۴
۷	۱۲۷۸/۵-۱۲۸۰/۵	۲	۰/۰۰۰۰۱	۱	-	سازه آب بند 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 آب بند ۲	آبگیر روزه‌های ۵
۱۱	۲۸۲۷-۲۸۲۸	۱	۰/۰۰۰۰۲	۱	-	آبگیر روزه‌های ۶
۱۲	۲۸۲۸-۲۸۳۰	۲	۰/۰۰۰۰۵	۱	-	سازه آب بند ۳

سازه آبگیر ۳ سازه آب بند (چک) است. تنظیم تراز سطح آب در کانال برای هر دو آبگیر با یک سازه آب بند انجام می شود. در شکل (۵) شماتیک کانال EIR1 و سازه های موجود در مسیر آن را نشان می دهد. همچنین مشخصات هندسی کانال EIR1 که به ۱۲ بازه تقسیم شده است در جدول (۲) ارائه شده است.

به منظور مقایسه گزینه بهره برداری شماره پنج در منبع منعم و همکاران (۱۳۸۵) مورد استفاده قرار گرفت. دستورالعمل تنظیم سازه ها در این گزینه در جدول (۳) آورده شده است. سپس رفتار جریان و تعیین میزان دبی تحویلی به آبگیر ها در برنامه زمانی شش ساعته تعیین شده است.

بررسی امکان شبیه سازی جریان غیر ماندگار در یک کانال منفرد آبیاری با وجود انواع سازه چک و آبگیر در شبکه آبیاری دز

به منظور بررسی توانائی مدل در شبیه سازی جریان غیر ماندگار در یک کانال منفرد آبیاری با وجود انواع سازه چک و آبگیر از نتایج ارائه شده توسط منعم و نوری (۱۳۸۹) استفاده شد. تحقیق مذکور با تحلیل جریان های غیر ماندگار ایجاد شده در شبکه آبیاری دز در اثر تغییر نیاز آبگیرها، دستورالعمل بهره برداری از کانال EIR1 را با استفاده از مدل هیدرودینامیکی ICSS ارائه نموده است. کانال EIR1 با متوسط ضریب زبری ۰/۰۱۷، دارای ۶

جدول ۳- دستورالعمل تنظیم سازه‌ها در گزینه پنج (به جز زمان تمامی واحد‌ها در سیستم متریک)

قبل از بهره برداری

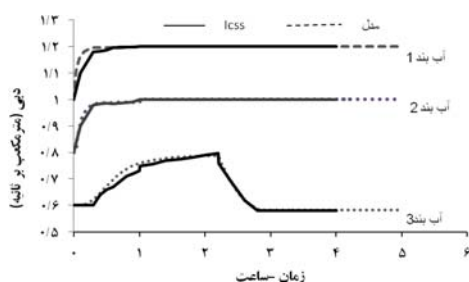
دبی کانال اصلی	دبی کانال پایین	دبی آبنگیر ۵	دبی آبنگیر ۶	دبی آبنگیر ۳	دبی آبنگیر ۴
۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱

شرایط بهره برداری

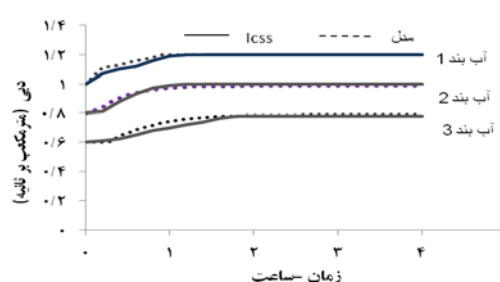
زمان (ساعت)	ارتفاع آب بند	بازشدگی دریاچه	بازشدگی دریاچه	ارتفاع آب بند	بازشدگی دریاچه	بازشدگی دریاچه
۰	۰/۱	دریاچه آبنگیر ۵	آبنگیر ۶	۲	آبنگیر ۳	آبنگیر ۴
۱	۰/۱	"	"	۰	۰/۰۶۳	۰/۲۱۷
۲/۲	۰/۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۰	"	"

بعد از بهره برداری

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



شکل ۷- تغییرات دبی نسبت به زمان در سازه‌های تنظیم کننده بعد از بهره برداری



شکل ۶- تغییرات دبی نسبت به زمان در سازه‌های تنظیم کننده قبل از بهره برداری

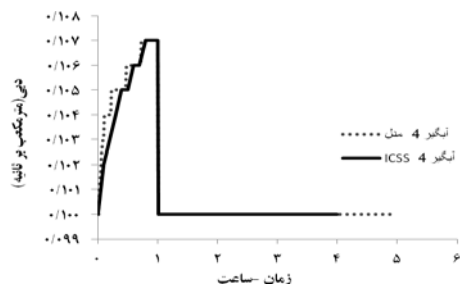
مطالعه موردی: کیلومتر ۱۵+۴۴۳ تا ۱۵+۵۰۰ کانال اصلی MC دشت میاندر بند

منطقه مورد مطالعه در غرب ایران ما بین دو استان کرمانشاه و کردستان قرار گرفته است. دشت دربند داری نه واحد عمرانی است. طول کانال اصلی MC (انتقال) ۵۰۰ + ۴۲ کیلومتر می‌باشد. کانال MC از سمت چپ سد انحرافی رازآور آبنگیری نموده و در حد فاصل جاده کرمانشاه سنندج قرار دارد. این کانال در محل آب پخش کیلومتر ۱۵ + ۴۴۳ به سمت راست تغییر جهت داده و به موازات خطوط تراز تا ابتدای ناحیه عمرانی D8 امتداد دارد.

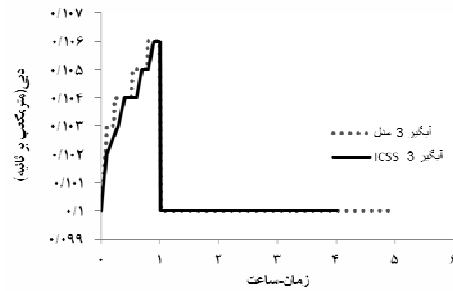
کیلومتر ۱۵ + ۴۴۳ تا انتهای کانال MC دارای یک رشته کانال درجه دو و تعداد ۲۲ واحد آبنگیر مستقل می‌باشد پنج آبنگیر از نوع نیرپیک می‌باشد که چهار نیرپیک از مدل XXI و دیگری از مدل LI می‌باشد. ۱۷ آبنگیر مابقی از نوع ساده می‌باشند در اینجا چندین حالت مختلف بهره برداری از کیلومتر ۱۵+۴۴۳ تا ۱۵+۵۰۰ با استفاده از مدل ریاضی شبیه سازی ذکر شده، مورد

تغییرات دبی نسبت به زمان در محل سازه‌های آب بند قبل از اعمال شرایط بهره برداری گزینه پنج و بعد از آن در شکل‌های (۶) و (۷) 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 آب بند پس از برقراری شرایط ماندگار کاملاً یکسان است. در شکل‌های (۷) تا (۱۰) تغییرات دبی تحویلی نسبت به زمان بعد از اعمال تغییرات بهره برداری برای برخی از آبنگیرها نشان داده شده است. تطابق خوبی بین نتایج مدل حاضر با مدل ICSS برقرار است. مقدار دبی نهائی تحویلی در هر دو مدل برابر است. در زمان غیر ماندگاری، اندک اختلاف موجود بین نمودارها می‌تواند ناشی از تغییرات ضریب تخلیه آبنگیر در طی تغییرات رقوم سطح آب در محل آبنگیر باشد که در تحقیق حاضر این ضریب ثابت در نظر گرفته شده است.

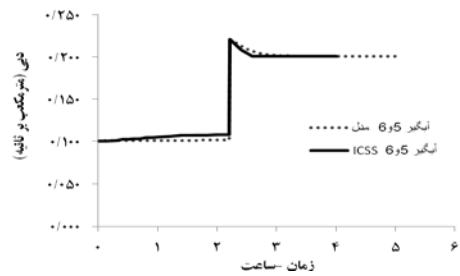
بررسی قرار می‌گیرد. در شکل (۱۲) و جدول (۴) مشخصات کانال و سازه‌های موجود در آن آورده شده است.



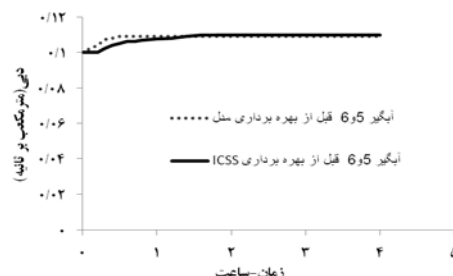
شکل ۹- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در آبیگر شماره چهار بعد از بهره برداری



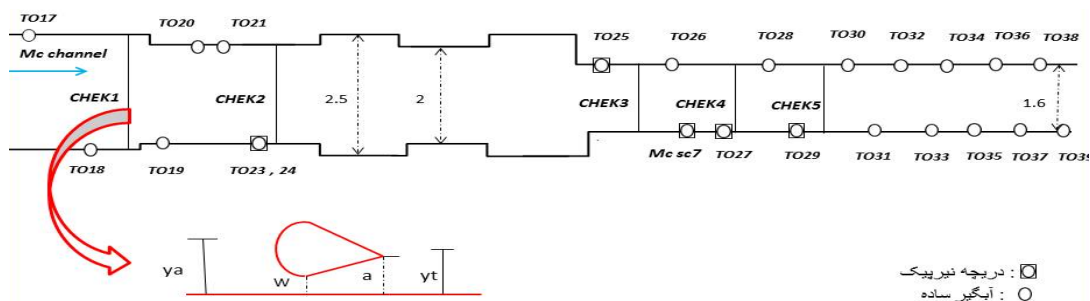
شکل ۸- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان در آبیگر شماره سه بعد از بهره برداری



شکل ۱۱- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان آبیگرهای پنج و شش بعد از بهره برداری



شکل ۱۰- نمودار تغییرات دبی نسبت به زمان آبیگرهای پنج و شش قبل از بهره برداری



شکل ۱۲- شماتیک کانال MC شبکه در بند و سازه های موجود در مسیر

جدول ۴- مشخصات کانال MC

بازه	نام سازه موجود	مترائز	عرض کف (متر)	ضریب زبری	شیب کف	توضیحات
۱	ابتدای بازه	۱۵۴۴۳-۱۶۲۰۰	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۴	
۲	آبگیر TO ₁₇	۱۶۲۰۰	-	-	-	عرض آبگیر ۲/۵ متر
۳	ادامه کانال	۱۶۲۰۰-۱۷۶۲۵	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۴	
۴	آبگیر TO ₁₈	۱۷۶۲۵	-	-	-	عرض آبگیر ۲/۵ متر
۵	ادامه کانال	۱۷۶۲۵-۱۸۱۲۵	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۴	
۶	آب بند ۱	۱۸۱۲۵	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۷	ادامه کانال	۱۸۱۲۵-۱۸۱۳۵	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۸	ادامه کانال	۱۸۱۳۵-۱۸۵۰۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۹	آبگیر TO ₁₉	۱۸۵۰۰	-	-	-	عرض آبگیر ۲ متر
۱۰	ادامه کانال	۱۸۵۰۰-۲۰۵۰۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۱	ادامه کانال	۲۰۵۰۰-۲۰۹۰۰	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۲	ادامه کانال	۲۰۹۰۰-۲۲۶۷۵	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۳	آبگیر TO ₂₀	۲۲۶۷۵	-	-	-	عرض آبگیر ۲ متر
۱۴	ادامه کانال	۲۲۶۷۵-۲۳۸۵۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۵	آبگیر TO ₂₁	۲۳۸۵۰	-	-	-	عرض آبگیر ۲ متر
۱۶	ادامه کانال	۲۳۸۵۰-۲۵۰۵۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۷	آبگیر TO ₂₃ و TO ₂₄	۲۵۰۵۰	-	-	-	XX ₁₃₉₀
۱۸	ادامه کانال	۲۵۰۵۰-۲۵۰۶۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۱۹	آب بند ۲	۲۵۰۶۰	۲	۰/۰۱۵	-	
۲۰	ادامه کانال	۲۵۰۶۰-۲۵۸۵۰	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۲۱	ادامه کانال	۲۵۸۵۰-۲۶۰۰۰	۲/۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۲۲	ادامه کانال	۲۶۰۰۰-۲۶۱۵۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۲۳	آبگیر TO ₂₅	۲۶۱۵۰	-	-	-	XX ₁₄₈₀
۲۴	ادامه کانال	۲۶۱۵۰-۲۶۱۶۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۲۵	آب بند ۳	۲۶۱۶۰	۱/۶	۰/۰۱۵	-	
۲۶	ادامه کانال	۲۶۱۶۰-۲۸۱۲۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۲۷	آبگیر TO ₂₆	۲۸۱۲۰	-	-	-	عرض آبگیر ۲ متر
۲۸	ادامه کانال	۲۸۱۲۰-۲۹۲۱۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
	MC sc7	۲۹۲۱۰	-	-	-	XX ₁₄₂₀ XX ₁₁₂₀
۲۹	آبگیر TO ₂₇	۲۹۲۱۰	-	-	-	
۳۰	ادامه کانال	۲۹۲۱۰-۲۹۲۲۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۳۱	آب بند ۴	۲۹۲۲۰	۱/۶	۰/۰۱۵	-	
۳۲	ادامه کانال	۲۹۲۲۰-۳۰۶۵۵	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۱	
۳۳	آبگیر TO ₂₈	۳۰۶۵۵	-	-	-	عرض آبگیر ۲ متر L ₁₆₅₀
۳۴	آبگیر TO ₂₉	۳۰۶۵۶	-	-	-	
۳۵	ادامه کانال	۳۰۶۵۶-۳۰۶۵۷	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۱	
۳۶	آب بند ۵	۳۰۶۵۷	۱/۶	۰/۰۱۵	-	
۳۷	ادامه کانال	۳۰۶۵۵-۳۲۰۰۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۳۸	آبگیر TO ₃₀	۳۲۰۶۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۳۹	ادامه کانال	۳۲۰۶۰-۳۲۷۰۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۴۰	آبگیر TO ₃₁	۳۲۷۰۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۴۱	ادامه کانال	۳۲۷۰۰-۳۴۰۱۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۴۲	آبگیر TO ₃₂	۳۴۰۱۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۴۳	ادامه کانال	۳۴۰۱۰-۳۴۷۳۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۴۴	آبگیر TO ₃₃	۳۴۷۳۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۴۵	ادامه کانال	۳۴۷۳۰-۳۶۰۱۵	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۴۶	آبگیر TO ₃₄	۳۶۰۱۵	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۴۷	ادامه کانال	۳۶۰۱۵-۳۷۰۲۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۴۸	آبگیر TO ₃₅	۳۷۰۲۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۴۹	ادامه کانال	۳۷۰۲۰-۳۷۸۲۵	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۵۰	آبگیر TO ₃₆	۳۷۸۲۵	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۵۱	ادامه کانال	۳۷۸۲۵-۳۸۸۴۵	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۵۲	آبگیر TO ₃₇	۳۸۸۴۵	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۵۳	ادامه کانال	۳۸۸۴۵-۳۹۶۷۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۵۴	آبگیر TO ₃₈	۳۹۶۷۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۵۵	ادامه کانال	۳۹۶۷۰-۴۰۸۰۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	
۵۶	آبگیر TO ₃₉	۴۰۸۰۰	-	-	-	عرض آبگیر ۱/۶ متر
۵۷	ادامه کانال	۴۰۸۰۰-۴۲۵۰۰	۱/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۲	انتهای بازه مورد مطالعه

انواع سازه‌های آبیگر و آب‌بند نقش قابل ملاحظه و متفاوتی بر هیدرولیک جریان و تشکیل و انتشار جریان غیرماندگار در شبکه‌های آبیاری دارند و افزایش یا کاهش بازشدگی دریچه‌های آنها به منظور تأمین دبی مورد نیاز می‌باشد. به علت تنوع نیاز آبی در ماه‌های مختلف سال در شبکه‌های آبیاری میان در بند نیاز آبی خالص یک هکتار الگوی کشت دشت دربند در تیر ماه ۳۰۴۲ مترمکعب در هر هکتار و در مردادماه ۱۷۵۹ مترمکعب در هر هکتار می باشد. پس دبی عبوری از کانال اصلی و هر یک از

انواع سازه‌های آبیگر و آب‌بند نقش قابل ملاحظه و متفاوتی بر هیدرولیک جریان و تشکیل و انتشار جریان غیرماندگار در شبکه‌های آبیاری دارند و افزایش یا کاهش بازشدگی دریچه‌های آنها به منظور تأمین دبی مورد نیاز می‌باشد. به علت تنوع نیاز آبی در ماه‌های مختلف سال در شبکه‌های آبیاری میان در بند نیاز آبی خالص یک هکتار الگوی کشت دشت دربند در تیر ماه ۳۰۴۲ مترمکعب در هر هکتار و در مردادماه ۱۷۵۹ مترمکعب در هر هکتار می باشد. پس دبی عبوری از کانال اصلی و هر یک از

جدول ۵- دبی ورودی کانال اصلی و نیاز آبی هر واحد آبیگر (متر مکعب بر ثانیه) در شرایط اولیه

۲۸	MC-SC7	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	کانال اصلی
۰/۱۴۴	۰/۴۲	۰/۱۲۷	۰/۱۴	۰/۴۷۰	۰/۴۰۸	۰/۱۴۴	۰/۱۴۴	۰/۶۰۸	۰/۱۲۸	۰/۲۲۷	۰/۱۸۹	۷/۲۷
۳۹	۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱	۳۰	۲۹	۲۸	کانال اصلی
۰/۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۳۲	۰/۱	۰/۱۰۵	۰/۱۴۷	۰/۱۳۲	۰/۱۹۷	۰/۲۷۶	۰/۳۱۷	۰/۶۵۰	۰/۲۷	۷/۲۷

جدول ۶- دبی ورودی کانال اصلی و نیاز آبی هر واحد آبیگر (متر مکعب بر ثانیه) در شرایط ثانویه

۲۸	MC-SC7	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	کانال اصلی
۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۰۹۲	۰/۰۸۱	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۰۷۶	۰/۳۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۳	۰/۱۲۱	۰/۱۰۷	۴/۱۴۴
۳۹	۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱	۳۰	۲۹	۲۸	کانال اصلی
۰/۰۸۲	۰/۰۶۳	۰/۰۷۲	۰/۰۵۵	۰/۰۵۸	۰/۰۸	۰/۰۷۲	۰/۱۰۳	۰/۱۵۲	۰/۰۷۴	۰/۳۶	۰/۳۶	۴/۱۴۴

جدول ۷- تغییرات ضریب a ی آبیگرهای ساده

۳۱	۳۰	۲۸	۲۶	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	شماره آبیگر
۰/۰۷۹۷	۰/۰۹۵۴	۰/۰۵۶۶	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۸	۰/۱۴۶	۰/۰۳۲	۰/۱۷۹	۰/۰۴۸	ضریب a قبل از بهره برداری
۰/۰۵۵۱	۰/۰۲۸۸	۰/۰۳۶۴	۰/۰۲۰۱	۰/۰۱۷۶	۰/۰۹۴۸	۰/۰۲۲۵	۰/۱۰۵۲	۰/۰۳۵۳	ضریب a بعد از بهره برداری
۳۱	۷۰	۳۶	-۴۶	-۲۷	۳۵	۲۹	۴۱	۲۶	درصد افزایش یا کاهش a
۳۹	۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	شماره آبیگر	
۰/۰۵۳۳	۰/۰۳۸۶	۰/۰۴۱۱	۰/۰۳۰۷	۰/۰۳۲۲	۰/۰۵۰۳	۰/۰۴۳۳	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	ضریب a قبل از بهره برداری
۰/۰۳۷۲	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷۷	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۲۲	۰/۰۳۷۴	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۵۹	ضریب a بعد از بهره برداری
۳۰	۳۰	۳۲	۳۱	۳۱	۲۵	۲۸	۲۹	۲۹	درصد افزایش یا کاهش a

جدول ۸- تغییرات میزان بازشدگی آب بندها

۵ بند	۴ بند	۳ بند	۲ بند	۱ بند	میزان بازشدگی قبل از بهره برداری (m)
۰/۲۹۸۸	۰/۵۹۷۹	۰/۴۴۹۷	۰/۷۵۳	۱	میزان بازشدگی بعد از بهره برداری (m)
۰/۱۷۳۸	۰/۲۷۴۸	۰/۲۲۶۵	۰/۴۴۹۹	۰/۸	درصد کاهش بازشدگی
۴۱/۸۳	۵۴/۰۳	۴۹/۶۳	۴۰/۲۵	۲۰	

جدول ۹- تغییرات آب بند و آبگیرها در حالت‌های مختلف نسبت به زمان

لحظه تغییر								حالت بهره برداری
دبی								
۶۰ دقیقه بعد	۴۰ دقیقه بعد	۳۰ دقیقه بعد	۲۰ دقیقه بعد	۱۵ دقیقه بعد	۱۰ دقیقه بعد	پنج دقیقه بعد	همزمان با	حالت بهره برداری
از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	از کاهش دبی بالادست	کاهش دبی بالادست	
-	-	-	-	-	-	-	همه آبگیرها و آب بندها	حالت یک
-	-	-	آب بند ۵و	آب بند ۴و	آب بند ۳و	آب بند ۲و	آب بند ۱و	حالت دو
			آبگیرهای ماقبل و مابعد	آبگیرهای ماقبل	آبگیرهای ماقبل	آبگیرهای ماقبل	آبگیرهای ماقبل	حالت سه
-	آب بند ۵و	آب بند ۴و	آب بند ۳و	-	آب بند ۲و	-	آب بند ۱و	حالت چهار
-	آبگیرهای ماقبل و مابعد	آبگیرهای ماقبل	آبگیرهای ماقبل	آب بند ۴، ۵و	آب بند ۳، ۲و	-	آب بند ۱و	حالت پنج
-	-	-	-	-	آب بند ۴، ۵و	-	آب بند ۳، ۲، ۱و	حالت شش
-	-	-	-	-	آبگیرهای ماقبل و مابعد	-	آب بند ۳، ۲، ۱و	حالت هفت
-	-	-	-	-	همه آبگیرها و آب بندها	-	-	حالت هشت
همه آبگیرها و آب بندها	-	-	-	-	-	-	-	

جدول ۱۰- میزان خطای آبگیری آبگیرهای ساده و نیر پیک در هشت حالت متفاوت بهره برداری

بدون بهره برداری	حالت یک	حالت دو	حالت سه	حالت چهار	حالت پنج	حالت شش	حالت هفت	حالت هشت
۳۵۵۷۵/۲	۲۹۸۷/۶۴	۱۸۷۲/۷۲	۱۶۳۶/۵۶	۲۰۳۷/۹۶	۲۴۸۷/۶	۲۱۹۵/۲۸	۱۸۸۳/۸۸	۵۹۸۲/۸۴
۴۲۰۲۲/۸	۱۶۸۴/۴۴	۲۰۷۷/۹۲	۳۰۶۰	۲۰۰۵/۲	۱۶۶۶/۰۸	۱۸۶۵/۱۶	۲۰۷۵/۰۴	۵۱۳۹/۲۸

شده است که در آنها Q_0 : دبی اسمی، Q_p : میانگین دبی و Q_0 : دبی عبوری محاسباتی می باشد.

$$|Q_0 - Q_p| = \text{میزان خطا} \quad (۸)$$

$$ARMSE = [\sum(Q_p - Q_0)^2 / n]^{0.5} (100 /) \quad (۹)$$

در جدول (۱۰) میزان خطای آبگیری هردو نوع آبگیر به صورت مجموع در هر یک از هشت حالات بهره برداری ارائه شده است.

پس از اجرای عملیات بهره برداری پیشنهاد شده، میزان عملکرد شبکه به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. بیشترین میزان کاهش بازشدگی با توجه به تغییرات ضریب a در آبگیرهای ساده ۷۰ درصد و مربوط به آبگیر To_{30} می باشد. بیشترین افزایش بازشدگی حدود ۴۶ درصد مربوط به آبگیر To_{26} می باشد. بیشترین میزان کاهش بازشدگی درجهی آب بند مربوط به آب بند چهار به میزان ۵۴/۰۳ درصد و کمترین مربوط به آب بند یک و به میزان ۲۰ درصد می باشد. برای بررسی آماری مقدار خطا از قدر مطلق میزان خطا و جذر میانگین مربعات خطای نسبی استفاده

آب در کانال حساس‌تر بوده و تغییر عمق آب در کانال اصلی موجب تشکیل جریان غیرماندگار قابل ملاحظه‌ای در پایین دست این نوع دریچه‌ها می‌گردد. حال اگر به جای دریچه‌های نبرپیک از آبیگرهای ساده استفاده شود و میزان آبیگری آنها طبق شرایط اولیه و ثانویه جدول (۵) و (۶) تغییر کند. تغییرات ضریب a مدول‌هایی که با آبیگر ساده جایگزین شده‌اند در جدول (۱۲) آورده شده است.

قدرمطلق میزان خطا در حالت یک از پنج آبیگر ساده که به جای آبیگرهای نبرپیک در نظر گرفته شده‌اند در یک تحویل ۱۰ ساعته آب ۴۶۷۲ مترمکعب می‌باشد. در صورتی که در صورت استفاده از دریچه نبرپیک قدرمطلق میزان خطا $۳۸۱۷/۰۸$ مترمکعب می‌رسد یعنی با استفاده از آبیگر ساده به جای دریچه نبرپیک میزان خطا در آبیگری این پنج آبیگر، ۱۸ درصد افزایش پیدا کرده است. به عبارتی با کاهش دبی از $۷/۲۷$ به $۴/۱۴۴$ مترمکعب بر ثانیه میزان خطا در دبی عبوری دریچه‌های نبرپیک کمتر می‌باشد.

همچنین به منظور مقایسه حالت‌های مختلف بهره برداری خطای کلی آبیگری در جدول (۱۱) برای هریک از هشت حالات ذکر شده ارائه شده است.

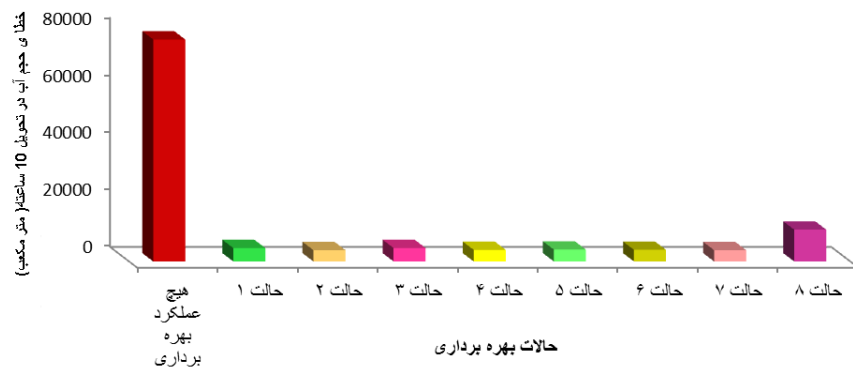
با توجه به جدول (۱۱) و شکل (۱۳) که بیانگر میزان خطا در حجم جریان تحویلی در حالات مختلف بهره برداری است حالت دو با کاهش $۹۴/۹۳$ درصد میزان خطا در تحویل ۱۰ ساعته آب بهترین حالت بهره برداری شناخته می‌شود.

برای اینکه دبی تحویلی به آبیگرهای منشعب شده از کانال اصلی تغییر نماید و نیاز آب ماه تیر به مرداد ماه برسد لازم است دریچه‌های سازه‌های آب بند مقداری بسته شوند. بیشترین میزان کاهش بازشدگی دریچه‌ی آب بند مربوط به آب بند چهارم به میزان $۵۴/۰۳$ درصد و کمترین مربوط به آب بند یک و به میزان ۲۰ درصد می‌باشد.

سازه‌های آبیگر نبرپیک با طراحی خاص خود نسبت به تغییرات عمق آب حساسیت کمی نشان می‌دهند. به طوری که تغییرات عمق آب در کانال اصلی موجب تغییر قابل ملاحظه‌ای بر آبیگری این آبیگرها نمی‌گردد ولی سازه آبیگر کشویی نسبت به تغییرات سطح

جدول ۱۱- میزان خطای آبیگری در هشت حالت متفاوت بهره برداری

بهره برداری صورت نگیرد	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵	حالت ۶	حالت ۷	حالت ۸
قدرمطلق میزان خطا	۴۶۷۲	۳۹۵۰	۴۶۹۶	۴۰۴۳	۴۱۵۳	۴۰۶۰	۳۹۵۸	۱۱۱۱۲
درصد کاهش خطا	۹۳/۹۷	۹۴/۹۳	۹۳/۹	۹۴/۷۸	۹۴/۶	۹۴/۷۶	۹۴/۸۹	۸۵/۶۷
ARMSE	۰/۰۹۳۳	۰/۱۴۴۳	۰/۱۳۸۲	۰/۱۴۶۴	۰/۱۱۹۶	۰/۱۳۳۲	۰/۱۵۰۷	۰/۳۱۴۵



شکل ۱۳- میزان خطای دبی عبوری در هر یک از حالات مختلف بهره برداری

جدول ۱۲- تغییرات ضریب a در آبیگرهای ساده (ضریب a در رابطه ۷ معرفی شده است)

آبیگر TO_{29}	MCsc7	آبیگر TO_{27}	آبیگر TO_{25}	آبیگر TO_{24}	ضریب a قبل از بهره برداری
۰/۹۱۷	۰/۲۳۴	۰/۸۰۹	۰/۹۰۶	۰/۷۸۹	ضریب a بعد از بهره برداری
۰/۶۹۶	۰/۲۲۴	۰/۶۷۸	۰/۵۲	۰/۴۴۱	در صد تغییرات a
۲۴	۴	۱۶	۴۲	۴۴	

نتیجه گیری

۱- توانایی شبیه سازی جریان غیر ماندگار در یک شبکه آبیاری با وجود انواع درجه اعم از ساده، کشویی، قطاعی و همچنین انواع آبرگیر ساده، روزنه ای و مدول‌های نیرپیک را دارد.

۲- توانایی شبیه سازی جریان غیرماندگار متغیر تدریجی در یک سیستم از کانال‌های روباز با هر نوع پیچیدگی در شکل را دارد.

۳- با توجه به اینکه از تمام جملات معادله اندازه حرکت استفاده می‌کند، توانایی شبیه سازی جریان ناپایدار ناشی از بسته شدن دریاچه‌ها در طول کانال را دارد. می‌توان اثر بسته شدن ناگهانی و یا تدریجی یک دریاچه را در یک شبکه آبیاری بر روی دیگر آبرگیرها بررسی نمود که این مساله در مدیریت این شبکه‌ها از اهمیت بسیار برخوردار است.

در این تحقیق مدلی کامپیوتری تهیه شد که با آن می‌توان گزینه های دستورالعمل و گزینه بهره برداری از شبکه های آبیاری را به دست آورد. علاوه بر این مدل حاضر تأثیر کاهش یا افزایش دبی ورودی به سیستم بر روی دبی هر یک از آبرگیرها و همچنین زمان رسیدن و تداوم شرایط غیر ماندگاری در محل آبرگیرها را محاسبه و ارزیابی می‌کند. نتایج اجرای این مدل برای شبیه سازی جریان غیرماندگار در کانال های EIR1 شبکه دز و به عنوان یک مطالعه موردی قطعه دوم کانال MC (کیلومتر ۴۲+۵۰۰ تا ۱۵+۴۳۳) شبکه آبیاری میان دربند کرمانشاه نشان داد که مدل تهیه شده:

منابع

- ۱- محسنی موحد، ۱۳۸۱. تهیه مدل ریاضی بهینه سازی عملکرد کانال های آبیاری با استفاده از روش sa. مجله علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۴۴، صفحات ۳۵۶۵-۳۵۷۵.
- ۲- منعم، م.ج، عمادی، ع.ح. قدوسی. حسام. ۱۳۸۵. بررسی رفتار جریان غیرماندگار کانال های آبیاری در شرایط تغییرات نیاز و تعیین دستورالعمل مناسب بهره برداری (مطالعه موردی کانال EIR1 از شبکه دز). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ششم، شماره ۲۴، صفحات ۹۴-۷۹.
- ۳- منعم، م.ج و م. ص. کیپاشا. ۱۳۸۸. توسعه و ارزیابی مدل سیستم کنترل خودکار بالا دست. مجله پژوهش آب ایران، سال سوم، شماره چهار، بهار و تابستان، ۱۳۸۸ صفحات ۵۰-۴۱.
- ۴- منعم، م.ج. و م.ع. نوری. ۱۳۸۹. کاربرد الگوریتم بهینه سازی PSO در توزیع و تحویل بهینه آب در شبکه های آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران، بهار ۱۳۸۹؛ جلد چهارم شماره یک، صفحات ۸۳-۷۲.
- ۵- قدوسی، ح. حسام، بنی هاشمی، م.ع. و م.ج. منعم ۱۳۸۶. شبیه سازی عددی جریان غیر ماندگار سریع با شرط مرزی درونی با استفاده از روش MacCormak-TVD. مجموعه مقالات ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد، صفحات ۲۳۴-۲۲۵.
- 6- Burt, C. M., Mills, R. S., Khalsa, R. D. and C. V. Ruiz. 1998. Improved proportional-integral (PI) logic for canal automation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129(1):53-57.
- 7- Clemmens, A. J., Bautista, E. and R. J. Strand. 1997. Canal automation pilot project, Phase I Report. WCL Rep. No. 22, United States, Water Conservation Laboratory, Phoenix, Ariz
- 8- Clemmens, A. J., Bautista, E., Wahlin, B. T. and R. J. Strand. 2005. Simulation of automatic canal control systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(4):329-335.
- 9- Habib, Z., Shahid, M. B. and M. Bhutta, 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 M. Ura. 1996. A fully conservation beam and warming scheme for transient open channel flow. Journal of Hydraulic Research, 39(5):605-621
- 11- Kashefipour, S. M. 2001. Modeling flow, water quality and sediment transport processes in river systems. ph.d. Thesis, University of Cardiff, UK.
- 12- Lin, Z., and Manz, D. H. 1992. Optimal operation of irrigation canal systems using nonlinear programming - dynamic simulation model. Proc., International Workshop on the Application of

- Mathematical Modeling for the Improvement of Irrigation Canal Operations, Cemagref, Montpellier, France.
- 13- Liu, F., Feyen, J., Malaterre, P. O., Baume, J. P. and P. Kosuth. 1998. Development and evaluation of canal automation algorithm CLIS. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(1):40-46.
 - 14- Malaterre, P. O. 1998. PILOTE: Linear quadratic optimal controller for irrigation canals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(4):187-199.
 - 15- Merkley, G. P., and Walker, W. W. 1991. Centralized scheduling logic for canal operation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 117(3):337-3930
 - 16- Monem, M. J. 1996. Performance evaluation and optimization of irrigation channel system using genetic algorithm. Ph. D. Idissertation, Department of Civil Engineering, Calgray Univercity of Alberta, Canada.
 - 17- Sobey, R. J., Adil, T. S. and P. F. Vidler. 1980. User's guide STFLO/VB2. James Cook University of North Queensland, Department of Civil and System Engineering, Research Bulletin No.CS22.