

یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۴۲

عنوان مقاله:

تدوین مدل ریاضی دریچه‌های آبگیر نریپیک

تألیف:

محمد جواد منعم^۱، علیرضا مساح^۲

چکیده

یکی از ابزارهای مهم و مؤثر در مطالعات ارزیابی، بهبود عملکرد و بهینه‌سازی بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری مدل‌های ریاضی می‌باشد. اطلاع از چگونگی تغییرات جریان در آبگیرها موجب آن می‌گردد که نوسانات دبی تحویلی به آبگیرها مورد بررسی قرار گرفته و با اتخاذ تدابیر لازم مازاد یا کمبود آب تحویلی کنترل گردد و نهایتاً بهره‌وری از آب ارتقاء یابد. تعامل هیدرولیکی سازه‌های آبگیر و جریان در کانال‌ها موجب ایجاد جریان غیرماندگار در کانال‌های آبیاری می‌گردد که محاسبه آن مستلزم بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی هیدرودینامیک می‌باشد. یکی از مدل‌های ریاضی که در مطالعات شبکه‌های آبیاری با موفقیت بکار گرفته شده مدل ریاضی ICSS است که در سال ۱۹۸۵ توسط مانز تدوین گردید و از آن زمان تاکنون در دست توسعه می‌باشد. با توجه به گسترش استفاده از انواع سازه‌های نریپیک و سیستم‌های کنترل خودکار در شبکه‌ها، در تحقیقات اخیر انجام شده، مدل ریاضی انواع سازه‌ها و سیستم‌های کنترل تهیه و تحت شرایط مختلف مورد آزمون قرار گرفته‌اند. در این مقاله فرایند تهیه مدل ریاضی انواع مدل‌های دریچه آبگیر نریپیک در شرایط جریان ماندگار و غیرماندگار و عملیات بهره‌برداری آنها و نتایج آزمون مربوطه گزارش می‌شود. به منظور تهیه مدل ریاضی دریچه آبگیر نریپیک ابتدا منحنی دبی-اشل تمامی انواع مدل‌های آبگیر نریپیک مورد بررسی قرار گرفت و با تعیین محدوده‌های همسان آن و استخراج اطلاعات مربوطه، بهترین روابط برازش بر آنها بدست آمد. سپس بر اساس روابط بدست آمده

۱- استادیار گروه تأسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی دکتری گروه تأسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

مدل ریاضی مربوطه برای چهار وضعیت شرائط جریان ماندگار، عملیات بهره‌برداری، شرائط جریان غیر ماندگار و به روز نمودن اطلاعات تهیه گردید. مدل تهیه شده بر روی کانال EIR1 از شبکه آبیاری دز بعنوان آبیگرهای جانبی تحت شرائط مختلف بهره‌برداری مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصله نشان‌دهنده آن است که مدل تهیه شده برای انواع مدل‌های آبیگر نیرپیک به خوبی عمل می‌نماید و از آن می‌توان در شبیه‌سازی انواع شبکه‌های مجهز به این نوع آبیگر و مطالعات ارزیابی و بهبود عملکرد آنها استفاده نمود.

کلمات کلیدی: نیرپیک، مدل ریاضی، شبکه‌های آبیاری، ICSS

مقدمه

رشد جمعیت در چند دهه اخیر در جهان و افزایش تصاعدی آن در سال‌های آینده، مسئله تأمین آب برای شرب و کشاورزی را به یکی از دغدغه‌های مهم محققان بخش آب تبدیل کرده است. در این میان بخش کشاورزی بعنوان بالاترین مصرف‌کننده آب لزوم توجه بیشتر محققان برای بهبود عملکرد این بخش را بیش از پیش روشن می‌سازد. از اینرو با توجه به ثابت ماندن منابع آب، مهمترین مسئله، ارتقاء عملکرد بخش‌های مرتبط با آب در کشاورزی از جمله بهبود عملکرد و بهینه‌سازی بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد حجم آب می‌باشد.

بدلیل متغیر بودن نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد، و تنوع محصولات کشت شده، شرائط جریان در کانال‌های آبیاری عمدتاً غیرماندگار می‌باشد. بنابر این بمنظور بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری سازه‌های کنترل و آبیگر بگونه‌ای طراحی می‌گردند تا بتوانند در شرائط غیر ماندگار جریان، وظائف کنترل ویا تحویل آب را طوری انجام داده تا هر کانال مقدار آب تحویلی معین شده را در زمان لازم دریافت کند. سازه‌های متعددی بمنظور اجرای وظائف تحویل و توزیع آب در شبکه کانال‌ها بکار گرفته شده و یا در طراحی‌ها در نظر گرفته می‌شود. بمنظور ارزیابی عملکرد این سازه‌ها که در تعامل با جریان غیرماندگار در شبکه‌ها می‌باشند بررسی رفتار هیدرولیکی آنها ضروری است. با توجه به هزینه بالا و صرف وقت زیاد برای استفاده از مدل‌های فیزیکی، تهیه مدل‌های ریاضی این سازه‌ها بطور تلفیقی با مدل‌های هیدرودینامیکی شبیه‌سازی بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری امری اجتناب‌ناپذیر است.

یکی از انواع سازه‌هایی که بمنظور تحویل آب به کانال‌ها در شبکه کانال‌های آبیاری بکار می‌رود دریاچه‌های آبیگر نیرپیک است. دقت در تحویل آب و سهولت در اجرای عملیات بهره‌برداری این سازه‌ها، باعث شده است تا این سازه‌ها بطور وسیع در شبکه‌های انتقال آب در دنیا و بخصوص در کشورمان مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مدل‌های هیدرودینامیکی که شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی یک شبکه آبیاری را به خوبی شبیه‌سازی می‌کند مدل ICSS (Irrigation Conveyance System Simulation) است و لیکن به دلیل عدم وجود مدل دریاچه‌های آبیگر نیرپیک در هسته اولیه این مدل در نظر است مدل این دریاچه‌ها تهیه و با مدل هیدرودینامیک ICSS تلفیق شود.

معرفی مدل ICSS و ساختار شرایط مرزی آن

مدل ICSS امکان این را فراهم می‌آورد که بتوان تمامی مشخصات مهم هیدرولیکی و بهره‌برداری شناخته شده و مورد نیاز در کانال‌های آبیاری را شبیه‌سازی کرده و مورد مطالعه قرار داد. خصوصیات کانال نظیر شکل مقطع، شیب طولی، ضریب زبری، نشست و جریانات ورودی و خروجی گسترده در طول کانال می‌توانند به صورت متغیر تعریف گردند و به تعداد دفعات مورد نیاز در طول کانال تغییر نمایند. مدل همچنین قابلیت بررسی کانال‌های با مقاطع هندسی منظم و کانال‌های غیر منظم را دارد.

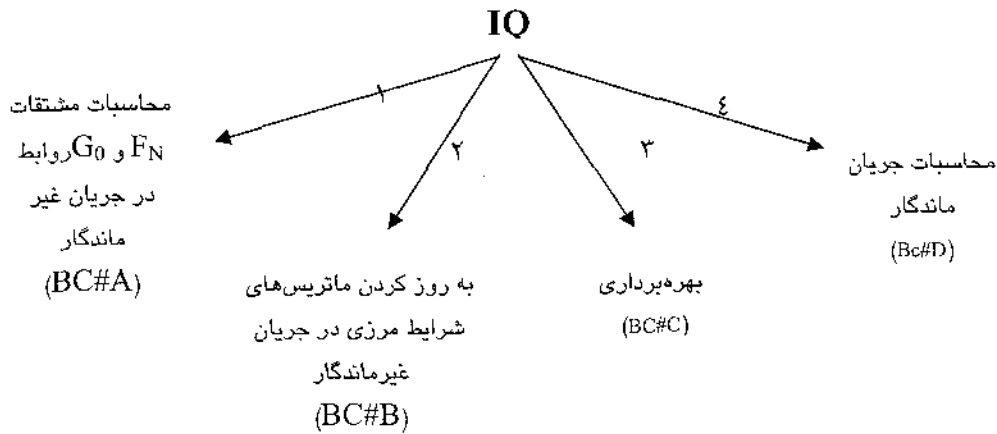
از طریق مدل ICSS می‌توان شرایط جریان دائمی و غیر دائمی را محاسبه کرد. در هر زمان از شبیه‌سازی جریان غیر دائمی می‌توان مدل را متوقف کرده و تمام اطلاعات به دست آمده از شرایط هیدرولیکی جریان، تا آن لحظه را حفظ کرد. این اطلاعات می‌توانند برای شبیه‌سازی‌های مجدد مورد استفاده قرار گیرند. تجربه نشان داده که در نظر گرفتن این امکان در مدل از آن جهت مفید است که انجام شبیه‌سازی‌های مختلف را که تا یک زمان اولیه دارای شرایط مشابهی هستند، تسهیل می‌نماید.

برای محاسبه جریان دائمی، معادلات منفصل شده جریان متغیر تدریجی با در نظر گرفتن جریانات ورودی و خروجی گسترده و انواع مقاطع منظم یا غیر منظم هندسی و شرائط مرزی سازه‌ها با استفاده از روش تکراری نیوتن حل می‌شوند. محاسبه جریان دائمی از پائین ترین بازه کانال‌ها شروع و به سمت بالاترین بازه ادامه پیدا می‌کند و بعنوان شرائط اولیه شروع محاسبات جریان غیرماندگار بکار می‌رود.

شبیه‌سازی جریان غیر ماندگار، با حل معادلات جریان غیر دائمی متغیر تدریجی در مجاری روباز (معادلات سنت و نانت) انجام می‌گیرد. این معادلات طبق شمای پرایزمن منقطع شده و برای هر گره محاسباتی دو مجهول سرعت و عمق جریان در زمان وجود خواهد داشت. اگر در یک میدان حل، تعداد N گره محاسباتی داشته باشیم در این صورت تعداد کل مجهول‌ها برابر با $2N$ خواهد بود (متناظر با هر گره دو مجهول V و Y وجود دارد). از طرف دیگر تعداد بازه‌ها برابر $N-1$ بوده و چون برای هر بازه دو معادله منفصل شده (متناظر با معادلات پیوستگی جریان و مومنوم) برقرار می‌گردد لذا تعداد کل معادلات به دست آمده مساوی با $2(N-1)$ می‌باشد. که در هر معادله ۴ مجهول سرعت و عمق جریان در گره‌ها ظاهر می‌شوند. بنابر این برای تکمیل دستگاه معادلات احتیاج به دو معادله دیگر داریم. این دو معادله از طریق شرایط مرزی ابتدا (UBC) و انتهای هر بازه (DBC) به دست می‌آیند. این معادلات برای ابتدای بازه با G_0 و برای انتهای آن با F_N مشخص می‌گردد.

در مدل ICSS در چهار مرحله متفاوت روابط مربوط به شرایط مرزی احضار می‌شوند. این مراحل عبارتند از: انجام محاسبات جریان ماندگار، انجام عملیات بهره‌برداری، انجام محاسبات جریان غیرماندگار (تعیین مشتقات روابط شرایط مرزی) و به روز نمودن ماتریس‌های شرایط مرزی.

شکل ۱ چگونگی احضار زیر برنامه‌های شرایط مرزی توسط برنامه اصلی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- فلوچارت احضار زیر برنامه‌های شرایط مرزی

در این شکل IQ متغیر مشخصه هدایت مدل به هر یک از زیر برنامه‌های چهار گانه می‌باشد. علامت # شماره مربوط به نوع شرایط مرزی (نوع سازه) می‌باشد. در مدل اصلی برای تعیین شرایط اولیه ابتدا از آخرین بازه محاسبات جریان ماندگار به سمت بالا دست شروع شده و به محض رسیدن به انتهای هر بازه مقدار IQ برابر ۴ شده و شرایط مرزی (BC#D) احضار می‌شود. پس از انجام محاسبات جریان ماندگار مدل امکان انجام عملیات بهره‌برداری بر روی سازه‌ها را به کاربر می‌دهد که در صورت انتخاب گزینه بهره‌برداری توسط کاربر مقدار IQ برابر ۳ شده و شرایط مرزی (BC#C) احضار می‌شود. پس از انجام عملیات بهره‌برداری، محاسبات گام‌های زمانی شرایط جریان غیر ماندگار شروع شده و در هر گام ابتدا مقدار IQ برابر ۱ می‌گردد. سپس زیر برنامه A از شرایط مرزی (BC#A) احضار می‌شود و پس از حل دستگاه معادلات و به دست آمدن مقادیر عمق و سرعت در هر گره، مقادیر دبی و عمق در ماتریس‌های شرایط مرزی با تبدیل IQ به ۲ و احضار زیر برنامه B (BC#B) به روز شده و جایگزین اجزاء مربوطه در این ماتریس‌ها می‌گردد.

معرفی سیستم کنترل نیرپیک

شرح

این دریچه‌ها که حق امتیاز آن متعلق به شرکت فرانسوی Neyrpic وابسته به گروه آلستوم می‌باشد. برای سالیان متمادی در کشورهای جهان تجربه شده و آزمون موفق داشته است. این دریچه‌ها توأمأ ۲ عمل را انجام می‌دهند. (۱) تحویل آب با باز و بسته کردن دریچه و (۲) اندازه‌گیری دقیق دبی. این دریچه‌ها با توجه به سهولت امر در بهره‌برداری و سرعت عمل آن در آگیری مقدار معینی

از دبی و دقت کافی در آن، همواره مورد توجه بهره‌برداران شبکه آبیاری قرار گرفته است. این دریچه‌ها تشکیل شده‌اند از:

- یک سرریز کوتاه با شیب دو طرف و شکل مخصوص بعنوان پایه دریچه،
- یک ماسک (یا دو ماسک) که بطور مورب در بالای سرریز نصب گردیده است،
- دریچه باز و بسته کردن مدول.

این تجهیزات بدون هیچگونه حرکت قطعات (به جز باز و بسته کردن دریچه آن) دبی تقریباً ثابتی را در دامنه معینی از تغییرات سطح آب در بالادست آبیگر از خود عبور می‌دهند. هنگامیکه سطح آب پائین و با لبه ماسک تماس پیدا نکرده مدول مانند یک سرریز عمل می‌نماید. ولی وقتی که سطح آب بالا آمد و با لبه ماسک تماس پیدا کرد و یا از آن تجاوز نمود مدول مانند یک روزنه عمل می‌کند و در این حالت وضعیت جریان تحت کنترل قرار می‌گیرد.

در عمل با افزایش یک ماسک محدوده‌های تغییرات سطح آب برای تأمین دبی تقریباً ثابت افزایش می‌یابد. در این حالت پس از اینکه ارتفاع آب بالا آمد ماسک اول مغزوق شده و ماسک دوم وارد عمل می‌گردد. این دریچه‌ها در چهار تیپ و با اندازه‌های مختلف و با علامت خاصی که معرف دبی اسمی واحد عرض آنهاست بشرح زیر مشخص می‌شوند.

۱- تیپ X با گام‌های ۵ لیتری و دارای کشوئی‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ لیتر در ثانیه

۲- تیپ XX با گام‌های ۱۰ لیتری و دارای کشوئی‌های ۱۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ لیتر در ثانیه

۳- تیپ L با گام‌های ۵۰ لیتری و دارای کشوئی‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ لیتر در ثانیه

۴- تیپ C با گام‌های ۱۰۰ لیتری و دارای کشوئی‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ لیتر در ثانیه

علائم X, L, XX, C با اندیس ۱ و یا ۲ که مشخص کننده تعداد ماسک‌های آنهاست همراه می‌باشد.

در عمل بخاطر نوسانات آب در بالای دریچه، دریچه دبی اسمی را از خود عبور نداده بلکه درصدی از دبی اسمی به آن افزوده یا از آن کاسته می‌شود.

در این سازه عمل کنترل بصورت دستی انجام شده و دریچه‌های مربوطه بر حسب میزان نیاز آبی در زمان مورد نظر باز یا بسته می‌شوند.

روابط هیدرولیکی سازه نیرپیک

برای بدست آوردن روابط دبی-اشل در این دریچه‌ها، نمودارهای مربوطه که درصد تغییرات دبی از دبی اسمی را نسبت به ارتفاع آب از روی سرریز نشان می‌دهند به محدوده‌های همگن تقسیم شده و در هر محدوده روابط دبی-اشل آن توسط برنامه نرم‌افزاری Excell استخراج شده اند. در این روش گراف‌های دریچه‌های نوع ۱ (یک ماسکه) به سه محدوده و دریچه‌های نوع ۲ (دو ماسکه) به ۵ محدوده تقسیم شده اند. (جدول ۱).

تهیه مدل ریاضی سیستم کنترل نیرپیک

با توجه به روابط به دست آمده برای درجه‌های نیرپیک، تمام انواع درجه‌های یک ماسک و دو ماسک، مدل شده و با عنوان BC100 به مدل ICSS افزوده شده‌اند. در این قسمت زیر برنامه‌های مختلف مدل تهیه شده درجه‌های نیرپیک در حالت‌های، جریان ماندگار، عملیات بهره‌برداری و جریان غیرماندگار شرح داده شده‌اند.

جدول ۱- معادله دبی اشل برای انواع درجه‌های نیرپیک

R^2	معادله دبی	محدوده عمق	نوع درجه
0.9963	$Q = 6.3863h - 92.008$	$12.8 = <h < 14.15$	X1
0.9976	$Q = 10.743h^2 - 316.44h + 2325.2$	$14.15 = <h < 14.8$	
0.9991	$Q = 0.2584h^2 - 5.9962h + 26.963$	$14.8 = <h < 19.9$	
0.9877	$Q = 4.1697h - 93.78$	$20.2 = <h < 22.1$	XX1
0.9923	$Q = 3.2799h^2 - 151.94h + 1754.6$	$22.1 = <h < 23.1$	
0.9988	$Q = 0.1122h^2 - 4.2148h + 32.289$	$23.1 = <h < 31.2$	
0.9957	$Q = 2.1961h - 91.165$	$37 = <h < 40.8$	L1
0.9895	$Q = 1.164h^2 - 99.006h + 2100.3$	$40.8 = <h < 42.5$	
0.9993	$Q = 0.0313h^2 - 2.1677h + 30.423$	$42.5 = <h < 58$	
0.9974	$Q = 1.4439h - 95.096$	$59 = <h < 64.8$	C1
0.9978	$Q = 0.4475h^2 - 60.501h + 2039.7$	$64.8 = <h < 67.85$	
0.9994	$Q = 0.0121h^2 - 1.315h + 28.154$	$67.85 = <h < 92$	
0.9948	$Q = 6.8823h - 98.086$	$12.8 = <h < 14.18$	X2
0.9639	$Q = 14.204h^2 - 419.24h + 3088.2$	$14.18 = <h < 14.9$	
0.9935	$Q = 0.3038h^2 - 8.0672h + 47.503$	$14.9 = <h < 19.35$	
0.9842	$Q = 0.2421h^2 - 13.409h + 174.21$	$19.35 = <h < 22.8$	
0.9946	$Q = 1.9704h - 50.799$	$22.8 = <h < 30.8$	
0.9819	$Q = 4.3273h - 97.259$	$20.2 = <h < 22.25$	XX2
0.9855	$Q = 3.7132h^2 - 173.59h + 2023.7$	$22.25 = <h < 23.5$	
0.9262	$Q = 0.1269h^2 - 5.3647h + 50.772$	$23.5 = <h < 30.5$	
0.9862	$Q = 0.1488h^2 - 11.934h + 230.99$	$30.5 = <h < 35.8$	
0.9954	$Q = 1.2526h - 50.617$	$35.8 = <h < 48.4$	
0.9898	$Q = 2.5438h - 104.88$	$37.4 = <h < 41.1$	L2
0.983	$Q = 1.5916h^2 - 136.34h + 2914.6$	$41.1 = <h < 43.2$	
0.996	$Q = 0.0406h^2 - 3.2246h + 58.326$	$43.2 = <h < 56$	
0.9861	$Q = 0.0335h^2 - 5.1949h + 191.4$	$56 = <h < 66$	
0.9951	$Q = 0.6751h - 50.376$	$66 = <h < 89.2$	
0.9873	$Q = 1.4857h - 97.452$	$59 = <h < 65.1$	C2
0.9808	$Q = 0.6557h^2 - 88.873h + 3006.3$	$65.1 = <h < 68.3$	
0.9947	$Q = 0.0151h^2 - 1.8859h + 53.231$	$68.3 = <h < 89.4$	
0.9853	$Q = 0.0182h^2 - 4.23h + 238.43$	$89.4 = <h < 105.4$	
0.9955	$Q = 0.4253h - 50.591$	$105.4 = <h < 142$	

شرائط هیدرولیکی جریان برای دريچه‌های نيرپیک

در مدل برای محاسبه جریان سه حالت برای دريچه‌های نيرپیک در نظر گرفته شده است.

۱- هنگامی که ارتفاع آب محاسبه شده در بالادست سازه پائین تر از لبه سرریز نيرپیک قرار دارد که در اینجا دبي عبوری از آن صفر می‌باشد.

۲- هنگامیکه آب در بالای لبه سرریز و زیر دريچه قرار دارد که در اینحالت دريچه همانند سرریز عمل می‌کند.

۳- هنگامی که ارتفاع آب بالای ماسک دريچه قرار دارد. در این حالت دريچه بصورت روزنه عمل می‌کند. در این شرائط مدل میزان ارتفاع سرریز را از ارتفاع آب کم کرده و ارتفاع آب بر روی دريچه از لبه سرریز به دست می‌آید. سپس بر اساس این ارتفاع میزان درصد تغییرات دبي از دبي اسمی با توجه به روابط استخراج شده محاسبه می‌گردد. نهایتاً با توجه به باز بودن هر کدام از دريچه‌ها دبي واقعی عبوری از دريچه به دست می‌آید.

زیر برنامه جریان ماندگار (BC 100D) D

در این زیربرنامه پس از انجام محاسبات جریان ماندگار در کانال از پائین دست به بالادست، به محض رسیدن به این شرط مرزی، با توجه به سطح آب محاسبه شده در محل و دبي اسمی سازه، مدل دبي واقعی عبوری از دريچه (دبي آگیری) را محاسبه می‌کند. مجموع دبي آگیری و دبي بازه پائین دست به عنوان دبي مورد نیاز در انتهای بازه بالا دست در نظر گرفته می‌شود و محاسبات در بازه بالادست با دبي جدید و عمق محاسبه شده ادامه می‌یابد.

شبیه‌سازی عملیات بهره‌برداری

زیر برنامه عملیات بهره‌برداری C (BC100C)

در این زیر برنامه پس از انجام مراحل محاسبه جریان ماندگار امکان عملیات بهره‌برداری از سازه نيرپیک پیش‌بینی شده است. در سازه نيرپیک می‌توان میزان دبي عبوری از دريچه نيرپیک را بر اساس محدوده مجاز هر سازه که در مدل پیش‌بینی شده و به اطلاع کاربر می‌رسد تغییر داد. که این تغییر در محاسبات جریان غیرماندگار لحاظ شده و میزان تغییرات دبي از دريچه نيرپیک طی ستاده‌های مدل مشخص می‌گردد.

لازم به ذکر است که عملیات بهره‌برداری بر روی تمامی مدل‌های مختلف دريچه نيرپیک پیش‌بینی شده است و به صورت پرسش و پاسخ با کاربر انجام می‌شود.

شبیه‌سازی جریان غیر دائمی

برای محاسبه جریان غیر ماندگار در بازه‌ها نیاز به روابط G_0 و F_N می‌باشد.

- برای بدست آوردن رابطه G_0 فرض بر اینست که میزان عمق در کانال بلافاصله در پائین دست دریچه Y_1 و بالادست Y_N آن در محل دریچه یکسان می باشد بنابراین داریم:

$$G_0: Y_1 - Y_N = 0 \quad (1)$$

نهایتاً با داشتن G_0 مقادیر مشتقات G_0 نسبت به Y_1, Y_N, V_1 و V_N به دست آمده و برای حل دستگاه معادلات به کار می روند

- برای رابطه F_N (شرایط مرزی پائین دست) بین دبی کانال در بالادست (Q_N)، و پائین دست دریچه و دبی عبوری از دریچه ($Q_{nycrpic}$) رابطه زیر نوشته می شود:

$$F_N: Q_N - Q_1 - Q_{nycrpic} = 0 \quad (2)$$

$$V_N A_N - V_1 A_1 - f(y_N) = 0 \quad \text{یا}$$

در اینجا دو حالت ممکن است اتفاق افتد که این دو حالت در مدل پیش بینی شده است.

۱- شرایط بدون جریان از دریچه

در اینحالت عمق محاسبه شده در گام زمانی Δt به گونه ایست که در پایین تر از سرریز دریچه قرار دارد بنابراین دبی عبوری از دریچه صفر بوده و مقادیر مشتقات با معادله جدید به دست می آیند.

$$F_N: Q_N - Q_1 = 0 \quad (3)$$

$$V_N A_N - V_1 A_1 = 0 \quad \text{یا}$$

در روابط ۱ و ۲، Y, V, A, Q بترتیب برابر عمق آب، سرعت، سطح مقطع و دبی می باشد. و زیر نویس های ۱ و N بترتیب نمایانگر اولین گره در بازه پایین دست و آخرین گره در بازه بالادست دریچه می باشد.

۲- شرایط جریان از دریچه

در اینحالت عمق محاسبه شده در گام زمانی Δt بالاتر از سرریز دریچه قرار داشته بنابراین دبی از دریچه عبور می کند و معادلات دبی اشل به دست آمده از نمودارها ((جدول ۱))، $f(Y_N)$ نیز وارد محاسبات شده و نهایتاً مقادیر مشتقات نسبت به Y_1, Y_N, V_1, V_N بدست می آیند و با معادلات سنت و نانت بطور همزمان حل می شوند. (رابطه ۲)

زیر برنامه های جریان غیر ماندگار A و B (BC100A, BC100B)

در هنگام محاسبه جریان غیرماندگار، در هر گام زمانی Δt محاسبات مربوط به بدست آوردن مشتقات G_0 و F_N و به روز کردن مقادیر دبی و عمق در هر گام در زیر برنامه های A و B از شرایط مرزی انجام می گیرد.

آزمون و ارزیابی مدل

برای واسنجی ضرائب عددی، آزمون، و ارزیابی مدل تهیه شده، قسمتی از کانال EIR1 از شبکه دز با ۱۲ بازه انتخاب گردید. طول کانال ۲۸۳۰/۵ متر بوده و دارای ۱۳ سازه می‌باشد. ابتدای اولین بازه، دریچه ورودی و انتهای آخرین بازه سازه تنظیم‌کننده می‌باشد. این قسمت از کانال دارای ۶ سازه آبگیر، ۳ سازه تنظیم‌کننده، ۲ حوضچه آرامش در پائین دست سازه‌های تنظیم‌کننده و یک سیفون معکوس می‌باشد. در تمامی مقاطع، ضریب زبری مانینگ برابر ۰/۰۱۷ و مقطع کانال دوزنقه‌ای با شیب جانبی ۱: ۱/۵ (H : V) است. انتخاب این کانال برای ارزیابی مدل، بدلیل وجود سازه‌های متعدد در طول آن و دسترسی به اطلاعات این کانال بوده است. مشخصات مدل ریاضی کانال EIR1 در جدول ۲ ارائه شده است.

مدل ریاضی کانال EIR1 به فرم داده‌های ورودی برنامه ICSS تهیه شده و هر ۸ نوع دریچه نیرپیک که مدل آن‌ها تهیه شده بطور جداگانه در بازه ۱۱ و بجای آبگیر روزنه ای شماره ۶، در نظر گرفته شده‌اند. عملیات بهره‌برداری با ایجاد یک جریان ماندگار ۰/۵ متر مکعب در ثانیه آغاز شده است. کل زمان بهره‌برداری ۱۶ ساعت در نظر گرفته شده و ۳ تغییر در میزان دبی ورودی به کانال اصلی در ساعات‌های ۴، ۸ و ۱۲ صورت گرفته است. بدین ترتیب که در ساعت ۴ دبی ورودی به کانال از ۵۰۰ Lit/s به ۶۰۰ Lit/s افزایش یافته و در ساعت ۸ دبی از ۶۰۰ Lit/s به ۷۰۰ Lit/s افزایش یافته است. و نهایتاً دبی سراب کانال در ساعت ۱۲ به ۴۰۰ Lit/s کاهش پیدا کرده و بهره‌برداری تا ساعت ۱۶ ادامه می‌یابد. کلیه دریچه‌های نیرپیک تحت این عملیات بهره‌برداری مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفتند. در طول زمان بهره‌برداری، دریچه‌ها در دبی‌های مورد نظر باز نگه داشته شده و میزان تغییرات دبی تحویلی از هر دریچه با توجه به تغییرات عمق در بالادست آن مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به محدودیت حجم مقاله، در این قسمت صرفاً نتایج آزمون دو مدل از دریچه‌های نیرپیک عرضه می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات مدل ریاضی کانال E1-R1 از شبکه دز

بازه	کیلومتر	طول بازه (M)	رقوم بالادست (M)	رقوم پائین دست (M)	شیب طولی عرض	سازه بالادست	سازه پائین دست
۱	۰-۱	۱۰۰۰	۱۵۰/۴۷	۱۵۰/۳۲	۰/۰۰۰۱۵	ورودی با کنترل دبی	آبگیر روزنه‌ای ۱
۲	۱-۱/۰۰۱	۱	۱۵۰/۳	۱۵۰/۳۲۰	۰/۰۰۰۱۰	-	آبگیر روزنه‌ای ۲
۳	۱/۰۰۱-۱/۰۰۳	۲	۱۵۰/۳	۱۵۰/۳۲	۰/۰۰۰۱۰	-	سازه آب بند ۱
۴	۱/۰۰۳-۱/۰۰۷۵	۴/۵	۱۴۹/۸	۱۴۹/۸۱	۰/۰۰۰۲۲	-	ادامه کانال
۵	۱/۰۰۷۵-۱/۲۷۷۵	۲۷۰	۱۵۰/۳	۱۵۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۱۷	-	آبگیر روزنه‌ای ۳
۶	۱/۲۷۷۵-۱/۲۷۸	۱	۱۵۰/۰۰۳	۱۵۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	-	آبگیر روزنه‌ای ۴
۷	۱/۲۷۸۵-۱/۲۸۰۵	۲	۱۵۰/۰۰۲	۱۵۰/۰۰	۰/۰۰۱	-	سازه آب بند ۲
۸	۱/۲۸۰۵-۱/۲۸۳۵	۳/۵	۱۴۹/۵	۱۴۹/۴۹	۰/۰۰۰۲۸	-	ادامه کانال
۹	۱/۲۸۳۵-۲/۰۱۳	۷۲۹	۱۴۹/۷	۱۴۸/۹	۰/۰۰۱۰۹	-	ادامه کانال (سیفون معکوس)
۱۰	۲/۰۱۳-۲/۸۲۷	۸۱۴	۱۴۸/۵۷	۱۴۸/۴۷	۰/۰۰۰۱۲	-	آبگیر روزنه‌ای ۵
۱۱	۲/۸۲۷-۲/۸۲۸	۱	۱۴۸/۴۷۳	۱۴۸/۴۷۱	۰/۰۰۲	-	آبگیر روزنه‌ای ۶
۱۲	۲/۸۲۸-۲/۸۳۰	۲	۱۴۸/۴۷۱	۱۴۸/۴۷۰	۰/۰۰۰۵	-	سازه آبند ۳

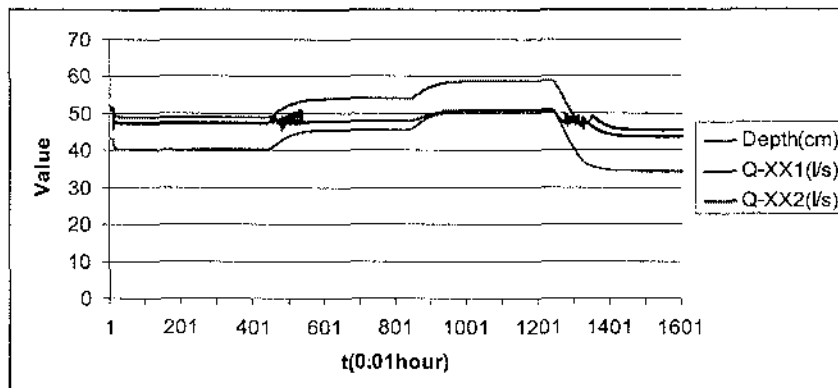
نتیجه گیری

شکل ۲ چگونگی تغییرات دبی تحویلی از دریاچه‌های نیرپیک XX1 و XX2 و سطح آب بالادست آنها را که بطور جداگانه مورد عملیات بهره‌برداری ذکر شده قرار گرفتند نشان می‌دهد. در طول عملیات بهره‌برداری دریاچه‌ها در دبی ۵۰ lit/s بازنگه داشته شدند.

با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که تغییرات اعمال شده در سراب کانال پس از گذشت مدت زمانی حدوداً برابر با ۴ ساعت به دریاچه‌های نیرپیک که در بازه ۱۱ و در ۲۸۲۸ متری از سراب کانال قرار دارند رسیده است. تغییرات ارتفاع آب در بالادست دریاچه در دو مرحله افزایش دبی حدود ۶ سانتی متر و در مرحله کاهش دبی حدود ۱۶ سانتی متر بوده است. برای دریاچه XX1 بیشترین مقدار دبی تحویلی برابر ۵۸/۸ و کمترین دبی تحویلی برابر ۴۳/۶ لیتر در ثانیه با دامنه تغییرات ۱۵/۲ لیتر در ثانیه بدست آمد. این تغییرات در زمانی اتفاق افتاده که دبی کانال به میزان حدود ۴۳٪ کاهش یافته است. این مقادیر برای دریاچه XX2 بترتیب برابر ۵۱ لیتر در ثانیه، ۴۵/۴ لیتر در ثانیه و ۵/۶ لیتر در ثانیه بدست آمد. دامنه تغییرات دبی برای دریاچه XX1 بین ۱۵٪+ الی ۱۳٪- و برای دریاچه XX2 بین ۲٪+ الی ۹٪- بوده است. بدین ترتیب، با در نظر گرفتن حداکثر ۱۰٪ نوسانات مجاز دبی تحویلی به آبگیر، در این کانال و آبگیر مورد نظر با این نوع عملیات بهره‌برداری، استفاده از دریاچه XX1 توصیه نمی‌شود و باید از دریاچه XX2 استفاده نمود.

وجود نوسانات در دبی تحویلی در دریاچه نوع XX2 در ابتدای زمان تغییرات سریع آب به این دلیل می‌باشد که در تهیه روابط دبی-اشل دریاچه‌های دو ماسک، منحنی این روابط به ۵ محدوده تقسیم گردیده اند. بنابراین هنگام تغییر سریع و موضعی سطح آب، روابط دبی-اشل بطور سریع از محدوده یک رابطه به رابطه دیگر منتقل شده که باعث تغییر موضعی در مقدار دبی می‌گردد. این تغییر خود باعث تغییر در سطح آب بالا دست دریاچه می‌شود و این روند تا ماندگار شدن جریان ادامه پیدا خواهد کرد. این مورد برای دریاچه‌های یک ماسک بدلیل استفاده از ۳ معادله برای دبی-اشل مشاهده نمی‌گردد.

سایر مدل دریاچه‌های نیرپیک نیز بطور مشابه مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. نتایج حاصله نشان داد که برای دیگر دریاچه‌ها نیز تغییرات دبی روندی شبیه به نمودار شکل ۲ داشته‌اند.



شکل ۲- نحوه تغییرات دبی و سطح آب در دو نوع دریاچه نیرپیک

بطور خلاصه نتایج زیر از این تحقیق قابل استنتاج می‌باشد:

- یکی از مزایای مهم مدل هیدرودینامیکی ICSS ساختار برنامه‌نویسی آن می‌باشد، بطوریکه براحتی می‌توان مدل ریاضی انواع شرائط مرزی مختلف و سیستم‌های کنترل را تهیه کرده و با آن تلفیق نمود.
- با توجه به نتایج بدست آمده برای سیستم‌های مدل شده می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد مدل‌ها مناسب و مطلوب بوده و می‌توان برای شبیه‌سازی‌های عملی از آن استفاده کرد.
- نوسانات دبی تحویلی در دریچه‌های دو ماسک در هنگام نوسانات عمق می‌بایست در عمل مورد بررسی دقیقتر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این پروژه تحقیقاتی از طریق طرح ملی تحقیقات شماره ۲۸۲۱ NRCI و با حمایت شورای پژوهش‌های علمی کشور انجام یافته است. بدینوسیله از حمایت‌های آن شورا تشکر می‌گردد. در اینجا لازم است از آقای دکتر محسنی موحد، عضو هیئت علمی گروه آبیاری دانشگاه همدان که داده‌های مربوط به کانال E1R1 از شبکه دز را در اختیار قرار دادند تشکر گردد.



منابع

- ۱- کسب دوز، شهرام ۱۳۷۹. استفاده از مدل هیدرو دینامیک و آنالیز چند منظوره در تعیین توزیع بهینه آب در شبکه آبیاری (مطالعه موردی شبکه آبیاری قوری چای). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
 - ۲- مساح، علیرضا ۱۳۸۰. بررسی و معرفی انواع سیستمهای کنترل در شبکه‌های آبیاری. سمینار کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس
 - ۳- مساح، علیرضا ۱۳۸۰. تهیه مدل ریاضی سیستم‌های کنترل نیرپیک، آمیل، آویس، آویو و P+PR. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس
- 4- Malaterre, P. O. 1995a. Regulation of irrigation canals: characterization and classification. *Int. J. Irrig. And Drain. Sys.*, 9(4): 297-327.

Development of Mathematical Model of Neyrpic Modules

M.J.Monem, A. Massah, Associate prof. & Ph.D. Student Department of Irrigation
Infra-structure, Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarress

Abstract

One of the important and efficient tools for evaluating operation of irrigation canal networks and improving their operation performance is mathematical model. Understanding flow variation at the canal intakes, it would be possible to control discharge surplus or deficit and improve system's performance. With regard to the interaction of structures and flow in canals, hydraulic behavior is mostly unsteady and should be solved in accordance with hydrodynamic model. ICSS (Irrigation Conveyance System Simulation) developed by Manz in 1985 is one of the successful models used for simulating operation of irrigation canal networks. Considering wide application of various models of Neyrpic modules in irrigation networks, mathematical model of these modules are developed and linked with ICSS. For this purpose stage-discharge curve of all modules were divided into appropriate intervals and equations of best-fit curve for each interval is derived. Using these equations mathematical model of Neyrpic modules for three conditions of steady flow, unsteady flow, and operation situation are developed. The developed model was tested in E1R1 canal of DEZ irrigation network under several operational scenarios. Operation scenarios include three stages of flow increase and decrease at the canal inlet. Hydraulic response of Neyrpic modules to the flow variation at the canal inlet is evaluated. The results show that the developed model works properly and can be used for performance improvement studies in irrigation networks.