یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۴۲

عنوان مقاله:

تدوین مدل ریاضی دریچه‌های آبگیر نیرپیک

تألیف:

محمدجواد 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 نیرپیک و سیستم‌های کنترل خودکار در شبکه‌ها، در تحقیقات اخیر انجام شده، مدل ریاضی انواع سازه‌ها و سیستم‌های کنترل تهیه و تحت شرائط مختلف مورد آزمون قرار گرفته‌اند. در این مقاله فرایند تهیه مدل ریاضی انواع مدل‌های دریچه آبگیر نیرپیک در شرائط جریان ماندگار و غیرماندگار و عملیات بهره‌برداری آنها و نتایج آزمون مربوطه گزارش می‌شود. به منظور تهیه مدل ریاضی دریچه آبگیر نیرپیک ابتدا منحنی دبی-اشل تمامی انواع مدل‌های آبگیر نیرپیک 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 E1R1 از شبکه آبیاری دز بعنوان آبگیرهای جانبی تحت شرائط مختلف بهره‌برداری مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصله نشان‌دهنده آن است که مدل تهیه شده برای انواع مدل‌های آبگیر نیرپیک به خوبی عمل می‌نماید و از آن می‌توان در شبیه‌سازی انواع شبکه‌های مجهز به این نوع آبگیر 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 عمدتا غیرماندگار می‌باشد. بنابر این بمنظور بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری سازه‌های کنترل و آبگیر 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 طرا حی‌ها 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 سازه‌هائی که بمنظور تحویل آب به کانال‌ها در شبکه کانال‌های آبیاری بکار می‌رود دریچه‌های آبگیر 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 مدلICSS (Irrigation Conveyance System Simulation) است و لیکن به دلیل عدم وجود مدل دریچه‌های آبگیر نیرپیک در هسته اولیه این مدل در نظر است مدل این دریچه‌ها 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، نشت 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.

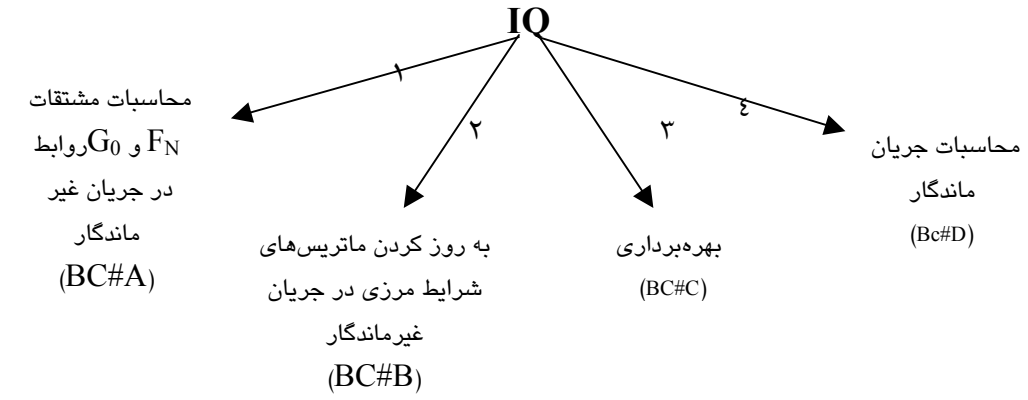
برای محاسبهٔ جریان دائمی، معادلات منفصل شدهٔ جریان متغیر تدریجی با در نظر گرفتن جریانات ورودی و خروجی گسترده و انواع مقاطع منظم یا غیر منظم هندسی و شرائط مرزی سازه‌ها با استفاده از روش تکراری نیوتن حل می‌شوند. محاسبهٔ جریان دائمی از پائین ترین بازهٔ کانال‌ها شروع و به سمت بالاترین بازه ادامه پیدا می‌کند و بعنوان شرائط اولیهٔ 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 هرگره دو مجهول V و Yوجود 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 مومنتوم) برقرار می‌گردد لذا تعداد کل معادلات به دست آمده مساوی با 2(N-1) می‌باشد. که در هر معادله ٤ 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)[1]و انتهای هر بازه (DBC) به دست می‌آیند. این معادلات برای ابتدای بازه با G_0 وبرای 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.

1-Upstream Boundry Condition



شکل ١- فلوچارت احضار زیر برنامه‌های شرایط مرزی

در این شکل IQ متغیر مشخصه هدایت مدل به هر یک از زیر برنامه‌های چهار گانه می‌باشد. علامت # شمارهٔ مربوط به نوع شرائط 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 ٤ شده و شرایط مرزی (BC#D)D[1] احضار می‌شود. پس از انجام محاسبات جریان ماندگار مدل امکان انجام عملیات بهره‌برداری برروی سازه‌ها را به کاربر می‌دهد که در صورت انتخاب گزینه بهره‌برداری توسط کاربر مقدار IQ برابر ٣ شده و شرایط مرزی C (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 ١ 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 ٢ 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 موفقی داشته است.

این دریچه‌ها توأمأ ٢ عمل را انجام می‌دهند. (١) تحویل آب با باز و بسته کردن دریچه و (٢) اندازه‌گیری دقیق دبی. این دریچه‌ها با توجه به سهولت امر در بهره‌برداری و سرعت عمل آن در آبگیری مقدار معینی

1- Boundry Condition

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 آبگیر 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 مغروق 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.

١- تیپ X با گام‌های ٥ لیتری و دارای کشوئی‌های ٥، ١٠، ١٥ و ٣٠ لیتر در ثانیه

٢- تیپ XX با گام‌های ١٠ لیتری و دارای کشوئی‌های ١٠، ٣٠، ٤٠، ٦٠، و ٩٠ لیتر در ثانیه

٣- تیپ L با گام‌های ٥٠ لیتری و دارای کشوئی‌های ٥٠، ١٠٠، ٢٠٠، و ٤٠٠ لیتر در ثانیه

٤- تیپ C با گام‌های ١٠٠ لیتری و دارای کشوئی‌های ١٠٠، ٢٠٠، ٤٠٠، ٦٠٠، و ١٠٠٠ لیتر در ثانیه

علائم X، XX، L ،C با اندیس ١ و یا ٢ که مشخص کنندهٔ 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 سازهٔ 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 ١(یک ماسکه) به سه محدوده ودریچه‌های نوع ٢ (دو ماسکه) به ٥ محدوده تقسیم شده اند. (جدول١).

تهیه مدل ریاضی سیستم کنترل نیرپیک

با توجه به روابط به دست آمده برای دریچه‌های نیرپیک، تمام انواع دریچه‌های 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 دریچه‌های نیرپیک درحالت‌های،جریان ماندگار،عملیات بهره‌برداری و جریان غیرماندگار شرح داده شده‌اند.

جدول۱- معادله دبی اشل برای انواع دریچه‌های نیرپیک

نوع دریچه	محدوده عمق	معادله دبی	R^2
X1	12.8=<h<14.15	Q = 6.3863h - 92.008	0.9963
	14.15=<h<14.8	$Q = 10.743h^2 - 316.44h + 2325.2$	0.9976
	14.8=<h<19.9	$Q = 0.2584h^2 - 5.9962h + 26.963$	0.9991
XX1	20.2=<h<22.1	Q = 4.1697h - 93.78	0.9877
	22.1=<h<23.1	$Q = 3.2799h^2 - 151.94h + 1754.6$	0.9923
	23.1=<h<31.2	$Q = 0.1122h^2 - 4.2148h + 32.289$	0.9988
L1	37=<h<40.8	Q = 2.1961h - 91.165	0.9957
	40.8=<h<42.5	$Q = 1.164h^2 - 99.006h + 2100.3$	0.9895
	42.5=<h<58	$Q = 0.0313h^2 - 2.1677h + 30.423$	0.9993
C1	59=<h<64.8	Q = 1.4439h - 95.096	0.9974
	64.8=<h<67.85	$Q = 0.4475h^2 - 60.501h + 2039.7$	0.9978
	67.85=<h<92	$Q = 0.0121h^2 - 1.315h + 28.154$	0.9994
X2	12,8=<h<14,18	Q = 6.8823h - 98.086	0.9948
	14,18=<h<14,9	$Q = 14.204h^2 - 419.24h + 3088.2$	0.9639
	14,9=<h<19,35	$Q = 0.3038h^2 - 8.0672h + 47.503$	0.9935
	19,35=<h<22,8	$Q = 0.2421h^2 - 13.409h + 174.21$	0.9842
	22,8=<h<30,8	Q = 1,9704h - 50,799	0.9946
XX2	20,2=<h<22,25	Q = 4.3273h - 97.259	0.9819
	22,25=<h<23,5	$Q = 3.7132h^2 - 173.59h + 2023.7$	0.9855
	23,5=<h<30,5	$Q = 0.1269h^2 - 5.3647h + 50.772$	0.9262
	30,5=<h<35,8	$Q = 0.1488h^2 - 11.934h + 230.99$	0.9862
	35,8=<h<48,4	Q = 1.2526h - 50.617	0.9954
L2	37,4=<h<41,1	Q = 2.5438h - 104.88	0.9898
	41,1=<h<43,2	$Q = 1.5916h^2 - 136.34h + 2914.6$	0.983
	43,2=<h<56	$Q = 0,0406h^2 - 3,2246h + 58,326$	0.996
	56=<h<66	$Q = 0,0335h^2 - 5,1949h + 191,4$	0.9861
	66=<h<89,2	Q = 0.6751h - 50.376	0.9951
C2	59=<h<65,1	Q = 1.4857h - 97.452	0.9873
	65,1=<h<68,3	$Q = 0.6557h^2 - 88.873h + 3006.3$	0.9808
	68,3=<h<89,4	$Q = 0.0151h^2 - 1.8859h + 53.231$	0.9947
	89,4=<h<105,4	$Q = 0.0182h^2 - 4.23h + 238.43$	0.9853
	105,4=<h<142	Q = 0.4253h - 50.591	0.9955

شرائط هیدرولیکی جریان برای دریچه‌های نیرپیک

در مدل برای محاسبه جریان سه حالت برای دریچه‌های نیرپیک در نظر گرفته شده است.

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

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

۳- هنگامی که ارتفاع آب بالای ماسک دریچه قرار دارد. در این حالت دریچه بصورت روزنه عمل می‌کند. در این شرائط مدل میزان ارتفاع سرریز را از ارتفاع آب کم کرده و ارتفاع آب برروی دریچه از لبه سرریز به دست می‌آید. سپس بر اساس این ارتفاع میزان درصد تغییرات دبی از دبی اسمی با توجه به روابط استخراج شده محاسبه می‌گردد. نهایتاً با توجه به باز بودن هر کدام از دریچه‌ها دبی واقعی عبوری از دریچه 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 دبی اسمی سازه، مدل دبی واقعی عبوری از دریچه (دبی آبگیری) را محاسبه می‌کند. مجموع دبی آبگیری و دبی بازه پائین دست به عنوان دبی مورد نیاز در انتهای بازه بالا دست در نظر گرفته می‌شود و محاسبات در بازه بالادست با دبی جدید و عمق محاسبه شده ادامه می‌یابد.

شبیه‌سازی عملیات بهره‌برداری

زیر برنامه عملیات بهره‌برداری (BC100C) C

در این زیر برنامه پس از انجام مراحل محاسبه جریان ماندگار امکان عملیات بهره‌برداری از سازه نیرپیک پیش‌بینی شده است. در سازه نیرپیک می‌توان میزان دبی عبوری از دریچه نیرپیک 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 دبی از دریچه نیرپیک طی ستاده‌های مدل مشخص می‌گردد.

لازم به ذکر است که عملیات بهره‌برداری برروی تمامی مدل‌های مختلف دریچه نیرپیک 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_o و F_N می‌باشد.

– برای بدست آوردن رابطه G_o فرض بر اینست که میزان عمق در کانال بلافاصله در پائین دست دریچه Y_1و بالادست Y_N آن در محل دریچه یکسان می‌باشد بنابراین داریم:

$$G_o: Y_1-Y_N=0 \qquad (۱)$$

نهایتاً با داشتن G_o مقادیر مشتقات G_o نسبت به Y_1، Y_N، V_1 و V_N به دست آمده و برای حل دستگاه معادلات به کار می‌روند

– برای رابطه F_N (شرایط مرزی پائین دست) بین دبی کانال در بالادست(Q_N)، و پائین دست دریچه و دبی عبوری از دریچه ($Q_{neyrpic}$) رابطه زیر نوشته می‌شود:

$$F_N: Q_N-Q_1-Q_{neyrpic}=0 \qquad (۲)$$

یا

$$V_NA_N-V_1A_1-f(y_N)=0$$

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 می‌آیند.

$$F_N: Q_N-Q_1 =0 \qquad (۳)$$

یا

$$V_NA_N-V_1A_1=0$$

در روابط ۱و۲ و۳ ، A،V، Y وQ بترتیب برابر عمق آب، سرعت، سطح مقطع و دبی می‌باشد. و زیر نویس‌های 1 و N بترتیب نمایانگر اولین گره در بازه پایین دست و آخرین گره در بازه بالادست دریچه می‌باشد.

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 می‌کند 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_1و V_N بدست می‌آیند و با معادلات سنت و نانت بطور همزمان حل می‌شوند.(رابطه۲)

زیربرنامه‌های جریان غیر ماندگار A و B (BC100A, BC100B)

در هنگام محاسبه جریان غیرماندگار، در هر گام زمانی Δtمحاسبات مربوط به بدست آوردن مشتقات G_o و F_N و به روز کردن مقادیر دبی و عمق در هر گام در زیر برنامه‌های A و B از شرایط مرزی انجام می‌گیرد.

آزمون و ارزیابی مدل

برای واسنجی ضرائب عددی، آزمون، و ارزیابی مدل تهیه شده، قسمتی از کانال E1R1 از شبکهٔ دز با ١٢ بازه انتخاب گردید. طول کانال ٢٨٣٠/٥ متر بوده و دارای ١٣ سازه می‌باشد. ابتدای اولین بازه، دریچهٔ ورودی و انتهای آخرین بازه سازهٔ تنظیم‌کننده می‌باشد. این قسمت از کانال دارای ٦ سازهٔ آبگیر، ٣ سازهٔ تنظیم‌کننده، ٢ حوضچه آرامش در پائین دست سازه‌های تنظیم‌کننده و یک سیفون معکوس می‌باشد. در تمامی مقاطع، ضریب زبری مانینگ برابر٠/٠١٧ و مقطع کانال ذوزنقه‌ای با شیب جانبی ١/٥ :١ (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 E1R1 در جدول٢ ارائه شده است.

مدل ریاضی کانال E1R1 به فرم داده‌های ورودی برنامهٔ ICSS تهیه شده و هر ٨ نوع دریچه نیرپیک که مدل آن‌ها تهیه شده بطور جداگانه در بازه ١١ وبجای آبگیر روزنه ای شماره ٦، در نظر گرفته شده‌اند. عملیات بهره‌برداری با ایجاد یک جریان ماندگار ٠/٥ متر مکعب در ثانیه آغاز شده است. کل زمان بهره‌برداری ١٦ ساعت در نظر گرفته شده و ٣ تغییر در میزان دبی ورودی به کانال اصلی در ساعت‌های ٤، ٨ و ١٢ صورت گرفته است. بدین ترتیب که در ساعت ٤ دبی ورودی به کانال از ٥٠٠ Lit/s به ٦٠٠ Lit/s افزایش یافته و در ساعت ٨ دبی از ٦٠٠ Lit/s به ٧٠٠ Lit/s افزایش یافته است. و نهایتاً دبی سراب کانال در ساعت ١٢به ٤٠٠ Lit/s کاهش پیدا کرده و بهره‌برداری تا ساعت ١٦ 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 صرفا نتایج آزمون دو مدل از دریچه‌های نیرپیک عرضه می‌گردد.

جدول ٢- مشخصات مدل ریاضی کانال E1-R1 از شبکه دز

بازه	کیلومتر	طول بازه (M)	رقوم بالادست (M)	رقوم پائین‌دست (M)	شیب طولی	عرض کف (M)	سازهٔ بالادست	سازهٔ پائین‌دست
١	٠-١	١٠٠٠	١٥٠/٤٧	١٥٠/٣٢	٠/٠٠٠١٥	١/٥	ورودی با کنترل دبی	آبگیر روزنه‌ای ١
٢	١-١/٠٠١	١	١٥٠/٣	١٥٠/٣٢٠	٠/٠٠٠١٠	١/٥	–	آبگیر روزنه‌ای ٢
٣	١/٠٠١-١/٠٠٣	٢	١٥٠/٣	١٥٠/٣٢	٠/٠٠٠١٠	١/٥	–	سازه آب بند ١
٤	١/٠٠٣-١/٠٠٧٥	٤/٥	١٤٩/٨	١٤٩/٨١	٠/٠٠٠٢٢	١	–	ادامه کانال
٥	١/٠٠٧٥-١/٢٧٧٥	٢٧٠	١٥٠/٣	١٥٠/٠٠٣	٠/٠٠١١٧	١	–	آبگیر روزنه‌ای ٣
٦	١/٢٧٧٥-١/٢٧٨	١	١٥٠/٠٠٣	١٥٠/٠٠٢	٠/٠٠١	١	–	آبگیر روزنه‌ای ٤
٧	١/٢٧٨٥-١/٢٨٠٥	٢	١٥٠/٠٠٢	١٥٠/٠٠	٠/٠٠١	١	–	سازهٔ آب بند ٢
٨	١/٢٨٠٥-١/٢٨٣٥	٣/٥	١٤٩/٥	١٤٩/٤٩	٠/٠٠٠٢٨	١	–	ادامه کانال
٩	١/٢٨٣٥-٢/٠١٣	٧٢٩	١٤٩/٧	١٤٨/٩	٠/٠٠١٠٩	١	–	ادامه کانال (سیفون معکوس)
١٠	٢/٠١٣-٢/٨٢٧	٨١٤	١٤٨/٥٧	١٤٨/٤٧	٠/٠٠٠١٢	١	–	آبگیر روزنه‌ای ٥
١١	٢/٨٢٧-٢/٨٢٨	١	١٤٨/٤٧٣	١٤٨/٤٧١	٠/٠٠٢	١	–	آبگیر روزنه‌ای ٦
١٢	٢/٨٢٨-٢/٨٣٠	٢	١٤٨/٤٧١	١٤٨/٤٧٠	٠/٠٠٠٥	١	–	سازه آبند ٣

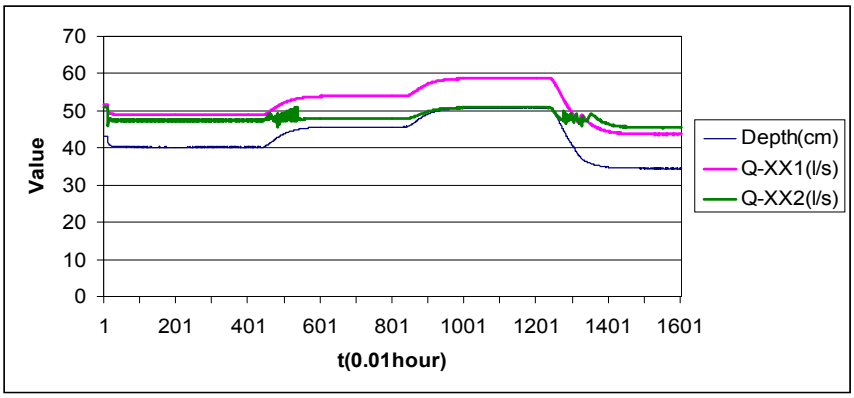
نتیجه‌گیری

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

با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که تغییرات اعمال شده در سراب کانال پس از گذشت مدت زمانی حدوداً برابر با ٤ ساعت به دریچه‌های نیرپیک که در بازه ۱۱ ودر۲۸۲۸ متری از سراب کانال قرار دارند رسیده است. تغییرات ارتفاع آب در بالادست دریچه در دو مرحله افزایش دبی حدود ٦ سانتی متر و در مرحله کاهش دبی حدود ١٦ سانتی متر بوده است. برای دریچه XX1 بیشترین مقدار دبی تحویلی برابر ۵۸/۸ و کمترین دبی تحویلی برابر ٤٣/٦ لیتر درثانیه با دامنه تغییرات ۱۵/۲ لیتر در ثانیه بدست آمد. این تغییرات در زمانی اتفاق افتاده که دبی کانال به میزان حدود ٤٣٪ کاهش یافته است. این مقادیر برای دریچه XX2 بترتیب برابر ۵۱ لیتر در ثانیه، ٤٥/٤ لیتردر ثانیه و ۵/٦ لیتر در ثانیه بدست آمد. دامنه تغییرات دبی برای دریچه XX1 بین ۱۵٪+ الی ۱۳٪- و برای دریچه XX2 بین ۲٪+ الی ۹٪- بوده است. بدین ترتیب، با در نظر گرفتن حداکثر ۱۰٪ نوسانات مجاز دبی تحویلی به آبگیر، در این کانال وآبگیر مورد نظر با این نوع عملیات بهره‌برداری، استفاده از دریچه XX1 توصیه نمی‌شود و باید از دریچه XX2 استفاده نمود.

وجود نوسانات در دبی تحویلی در دریچه نوعXX2 در ابتدای زمان تغییرات سریع آب به این دلیل می‌باشد که در تهیه روابط دبی-اشل دریچه‌های دو ماسک، منحنی این روابط به ۵ محدوده تقسیم گردیده اند. بنابر این هنگام تغییر سریع وموضعی 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 دریچه میشود و این روند تا ماندگار شدن جریان ادامه پیدا خواهد کرد. این مورد برای دریچه‌های یک ماسک بدلیل استفاده از ۳ معادله برای دبی-اشل مشاهده نمی‌گردد.

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



شکل۲- نحوه تغییرات دبی وسطح آب در دو نوع دریچه 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 NRCI ۲۸۲۱ 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 نامهٔ 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 وP+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 in1985 is one of the successful models used for simulating operation of irrigation canal networks. Considering wide application of various models of Nyrpic 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.