

EXTENDED ABSTRACT

**Title Experimental Investigation of Discharge and Flow Energy
Dissipation of Elliptical Lopac Gate in Free Flow Condition**

M. Neisi¹, S. M. Sajjadi^{2*} and M. Shafaei Bejestan³

1- Graduate student, Department of Water Structures, Water Since Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2*- Corresponding Author, Assistant Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (sadjadi@scu.ac.ir)

3- Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 3 June 2019

Revised: 31 January 2020

Accepted: 3 February 2020

Keywords:

Hydraulic flow , Irrigation
Networks, Efficiency , Coefficient
Discharge , Regulation and Control
Structures.

TO CITE THIS ARTICLE :

Neisi, M., Sajjadi, S. M., Shafai Bejestan, M. (2023). 'Title Experimental Investigation of Discharge and Flow Energy Dissipation of Elliptical Lopac Gate in Free Flow Condition', Irrigation Sciences and Engineering, 46(2), pp. 91-101. doi: 10.22055/jise.2020.29708.1849.

Introduction

Management of irrigation networks has always been one of the most important issues in the agricultural sector, and the use of modern valves and structures for controlling and adjusting the water flow is very important in irrigation channels. Water level control structures are used in irrigation canals to implement delivery methods (Naghaei and Monem 2013).

Gates are one of the most used water structures in distribution canals that are used to transport and deliver water to consumer or to control the flow rate or water level. Determining the relationship governor on these structures can improve the performance of open canals and therefore prevent water loss. Lopac gate as a water level adjustment structure has recently attracted attentions and its performance in applied and practical areas of irrigation channels in different countries is accepted. The gate can be opened along the flow direction and can regulate upstream water level for various discharges by adjusting the gate opening angle (Oad and Kinzli 2006). So far little studies have been done on these types of gates. Some studies have examined hydraulic conditions of the flow passing through rectangular Lopac gate and presented the discharge equation as well as its coefficient in free flow and submerged conditions. In the present study, an experimental investigation has been conducted on new type of Lopac gate called elliptical lopac gates. This type of gate, which is a combination of rectangular Lopac gates and elliptical sharp edges have good function in passage of rubbish, foliage of trees and sediments along with the flow. We constructed and installed an elliptical Lopac gate as well as a rectangular Lopac gate at the laboratory scale to control and compare performance of both types of gates. The test were conducted for 5 opening degrees and for 5 discharge. Then, discharge equations of the elliptical Lopac gate in free flow condition with the help of buckingham pi theorem were presented with appropriate precision of Mean Absolute Percentage Error (MAPE = 4.44%). Also, changes in the energy flow dissipation crossing of Elliptical Lopac gate and Rectangular Lopac gate were studied and compared.

Methodology

First, after examining all the methods of testing and flumes and channels in the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, a rectangular flume with a glass wall and a metal floor with a length of 10.5 meters and a width of 0.8 meter, a height of 0.6 meter was selected for tests. In order to obtain the opening angles, a pair of PVC picket were cut at the desired angle were used. . In free flow conditions, five different discharge (40.6, 58.2, 73, 84.8 and 93.8 l/s) were tested for 5 different opening angles (20, 22.5, 30, 37.5 and 45 degrees). The flow discharge was measured by an ultrasonic flow meter with accuracy of ± 1 l/s. In each experiment, for a given discharge and the angle of opening, the depth of water upstream of the elliptical lopac gate was taken and in the number of 7 axis along the length and number of 5 points in width. After dimensional analysis of the effective quantities on the discharge and energy flow dissipation of elliptical lopac gate, the effective dimensionless parameters were obtained. These quantities include Froude number, Reynolds number, Flume width to the upstream water depth ratio B / y , and Opening ratio b_g / B . the amount of energy flow dissipation to the Upstream energy flow of the Elliptical Lopac gate. The Reynolds number expresses the effect of viscosity forces. . According to the tests in the range of turbulent flow, the impact of the viscosity force is negligible. In the following, we first got a dimensionless relationship for discharge by using a regression on the results of the experiments in the free flow condition. Subsequently, we determined energy flow dissipation crossing on the Elliptical Lopac gate and Rectangular lopac gate and compared their results.

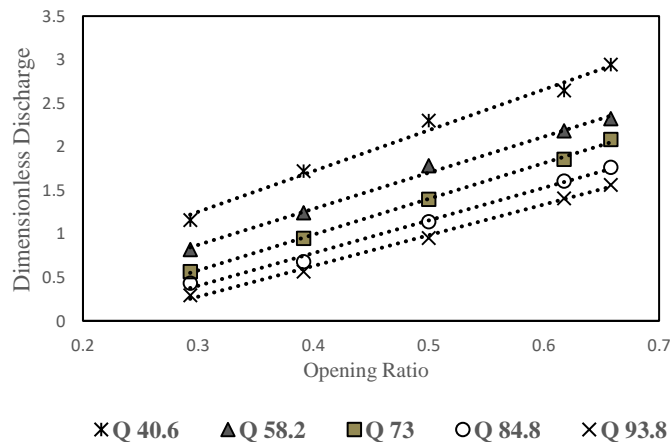


Fig. 1- Variation of dimensionless discharge versus opening ratio

Results and Discuspn

The discharge relationship in free flow conditions for elliptical lopac gate is shown by dimensionless equation (1).

$$\frac{Q}{y_u^{5/2} \sqrt{g}} = \left[-1.724 + \left(\frac{b_g}{B} \right)^{1.483} + \left(\frac{B}{y_u} \right)^{0.725} \right] \quad (1)$$

This discharge relationship a function of the gate opening ratio and its value increases with increasing gate opening. Figure (1) shows dimensionless discharge versus opening ratio. The observations showed that the most effective dimensionless parameter on the discharge relationship is the opening ratio.

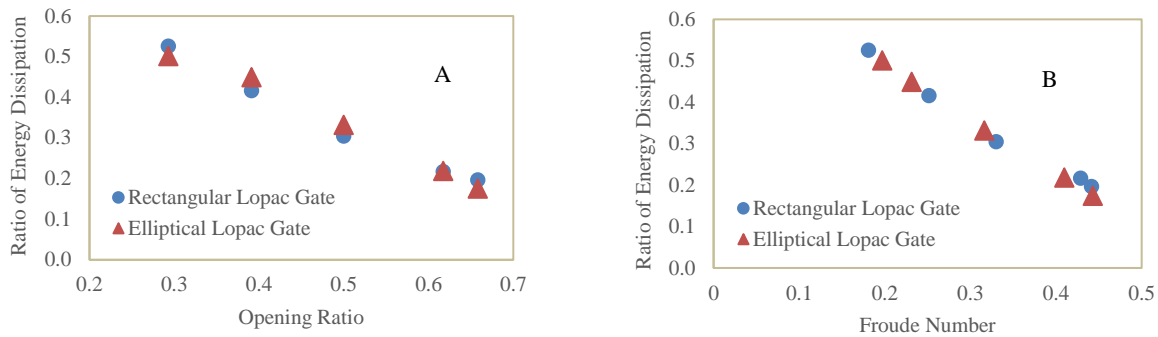


Fig. 2- Ratio of Energy Dissipation versus A) Opening Ratio B) Froude Number For Discharge 84.8(L/s)

Table 1- Accuracy of discharge relationship

Lopac Gate	MAPE	RMSE	R^2	RE
Eq.1	4.44%	0.005	0.973	$\pm 10\%$

This relation as shown in Table (1) provides similar accuracy as the main equation with Root Mean Square Error of 0.005, Mean Absolute Percentage Error of 4.44%, and Relative Error of $\pm 10\%$. Therefore in terms of practical applications, this equation is recommended.

Also, as seen by decreasing the gate opening angle in both types of gate, energy flow dissipation increases. As can be seen in Figure (2), these increases are approximately equal for both Elliptical Lopac gate and Rectangular Lopac gate, and as the Froude number increases, the amount of energy flow dissipation decreases.

Conclusions

Depending on the selected angles, it is expected that the effect of the ellipticity of the Elliptical Lopac gate on the energy flow dissipation, rather than the rectangular Lopac gate, is more pronounced in the smaller openings angle.

Acknowledgments

This article has been prepared from the results of the MSc. thesis of the first author and with the support of the university's research unit through the second author's Grant (SCU.WH401.343) by which the authors thank and appreciate the university's vice chancellor for research. We are grateful to the Research Council of Shahid Chamran University of Ahvaz for financial support. In addition, the spiritual support of the scientific center "Improvement and maintenance of irrigation and drainage networks" is thanked and appreciated.

References

- 1- Naghaei, R. and Monem, M.J. 2013b. Introducing various hydraulic and operation conditions of Lopac gate in irrigation canals. In *1st National Conf. on Irrigation and Agricultural Water Productivity, Iranian Association of Irrigation and Drainage, Tehran, Iran.* (In Persian).
- 2- Oad, R. and Kinzli, K., 2006. Employed in middle rio grand vally to help deliver water efficiently. Available from: <http://www.as2i.net/products/control-gates>.



بررسی آزمایشگاهی دبی و افت انرژی جریان عبوری از دریچه سالونی - بیضوی در شرایط جریان آزاد

مصطفی نیسی^۱، سید محسن سجادی^{۲*} و محمود شفاعی بجستان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
m.sadjadi@scu.ac.ir

۳- استاد، گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۱۱

دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۳

چکیده

دریچه سالونی به‌عنوان سازه‌ای نوین دارای مزایایی از جمله روگذر بودن و عبور رسوبات و شاخ و برگ درختان همراه با جریان می‌باشد که به‌منظور تنظیم سطح آب در شبکه‌های آبیاری استفاده می‌گردد. در مطالعه حاضر بررسی آزمایشگاهی روی نوع جدیدی از این دریچه، به نام دریچه سالونی - بیضوی در شرایط جریان آزاد انجام گردید. آزمایش‌ها در طول ده متر و عرض ۰/۸ متر و ارتفاع ۰/۶ متر با دبی‌های ۰/۶، ۰/۸، ۱/۰، ۱/۲، ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ لیتر بر ثانیه و در پنج زاویه ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه انجام گردید. نتایج نشان داد که دبی جریان رابطه مستقیمی با نسبت بازشدگی دریچه و نسبت عرض فلوم به عمق جریان در بالادست دریچه دارد. در ادامه رابطه بدون بعدی به‌منظور تخمین دبی جریان عبوری از دریچه با دقت بالایی ($MAPE = 4.44\%$) پیشنهاد گردید. همچنین تغییرات انرژی جریان عبوری از دریچه سالونی - بیضوی در شرایط جریان آزاد تابعی از نسبت بازشدگی و عدد فرود می‌باشد.

کلید واژه‌ها: هیدرولیک جریان، شبکه‌های آبیاری، راندمان، ضریب دبی، سازه‌های تنظیم و کنترل جریان.

مقدمه

مدیریت و حفاظت از منابع آب نقش در بهینه‌سازی مصرف آب نقش به‌سزایی دارد و در این راستا اندازه‌گیری دبی جریان نقش اصلی را ایفا می‌کند. در طی سالیان متمادی پژوهشگران علوم آب تلاش کرده‌اند که با ساخت و نصب سازه‌های اندازه‌گیری در کانال‌ها، دبی جریان را با دقت مناسبی اندازه‌گیری کنند. نتیجه این تلاش‌ها به طراحی سازه‌های متنوعی از قبیل انواع سرریزها، دریچه‌ها و فلوم‌ها منجر شده است (Mahmoodian Shooshtari, 2010). از میان انواع دریچه، می‌توان به دریچه‌های سالونی - مستطیلی اشاره کرد. دریچه سالونی - مستطیلی در دهه ۱۹۸۰ توسط پیتزلانگمن به‌منظور مدیریت نوسانات سطح آب در کانال‌های آبیاری ابداع شد و از کاربردهای موفقیت‌آمیز آن استفاده در پروژه میدل‌ریوگران (Middle Rio Grand)، در نیومکزیکو در سال ۲۰۰۶ گزارش شده است (Langeman et al., 2006). دریچه سالونی - مستطیلی که به‌عنوان سازه نوین کنترل عمق جریان یا آب‌بند مطرح است، به‌صورت دو لنگه‌ی در به دیواره‌ی مستطیلی در امتداد کانال لولا می‌شود. دریچه در امتداد جریان باز شده و با تغییر بازشدگی، امکان تنظیم ارتفاع آب برای دبی‌های متفاوت، در بالادست دریچه فراهم می‌شود (Oad and Kinzli, 2006).

Anouymous (2013) برای کانال کوچک و متوسط، یک

نمونه از دریچه سالونی - مستطیلی را با یک سیستم محرک هیدرولیکی ترکیب نمود و روابطی را در شرایط جریان آزاد و مستغرق ارائه نمود. در این روابط حد استغراق (نسبت عمق آب پایین‌دست دریچه به عمق آب بالادست) $(\frac{Z_2}{Y_1})$ سازه را ۰/۳ معرفی کردند. کلیه پارامترها در این روابط برحسب فوت و فوت مکعب بر ثانیه می‌باشند.

Naghaei و Monem (2013a) رابطه دبی - اشل را برای دریچه‌های سالونی - مستطیلی با عرض‌های سه، چهار، پنج، شش و هشت فوت و به‌ترتیب بازشدگی ۰/۷، ۰/۶، ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۳ فوت و نسبت‌های استغراق ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد ارائه کردند. در نمودارهای موجود، نسبت عرض بازشدگی به عرض دریچه، برای دریچه‌های مختلف، ثابت و برابر با ۰/۹ می‌باشد.

Naghaei و Monem (2013b) در تحقیقی دیگر ضمن معرفی دریچه سالونی - مستطیلی، با توجه به وضعیت استقرار دریچه، در حالت‌های کاملاً باز، نیمه‌باز، کاملاً بسته و همچنین با توجه به وجود و یا عدم وجود فشرده‌گی جانبی، ۱۸ وضعیت مختلف هیدرولیکی و بهره‌برداری برای این سازه در نظر گرفتند.

Yousefvand و Monem (2014) دریچه سالونی -

مستطیلی را معرفی و رابطه‌ای برای تخمین دبی عبوری از دریچه

معادله‌های گزارش شده توسط برخی از محققین مختلف برای تخمین دبی و ضریب دبی در شرایط جریان آزاد و مستغرق آورده شده است. در این روابط دبی جریان Q ، عرض کانال B_g ، عمق بالادست دریچه y_1 ، عمق پایین دست دریچه y_2 ، عرض بازشدگی دریچه b_g و ضریب دبی دریچه سالونی - مستطیلی C_d می باشد. از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای روی این نوع از دریچه سالونی - بیضوی صورت نگرفته است، لذا در این تحقیق ضمن معرفی دریچه سالونی - بیضوی، به منظور تخمین دبی عبوری از دریچه، رابطه پیشنهادی بدون بعد دبی دریچه سالونی - بیضوی ارائه گردید. همچنین میزان افت انرژی جریان هنگام عبور از دریچه سالونی - بیضوی ارزیابی و با نوع مستطیلی آن مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز روی یک فلوم آزمایشگاهی با دیواره‌ای از جنس شیشه‌ای و کف فلزی به طول ۱۰/۵۰ متر، عرض ۰/۸ متر و عمق ۰/۶ متر انجام شد. در این تحقیق دبی‌های ۰/۶، ۰/۴، ۰/۳، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۰۳، ۰/۰۲ و ۰/۰۱ لیتر بر ثانیه در پنج زاویه ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مورد بررسی قرار گرفتند. دریچه سالونی بیضوی از ورق گالوانیزه به ضخامت دو میلی‌متر و به عرض ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و شعاع ۳۵ سانتی‌متر تهیه شد که توسط چسب در فاصله ۴/۱۰ متر از ابتدای فلوم ثابت و محکم گردیدند. همچنین به منظور مقایسه نتایج و روابط حاصل با نمونه مستطیلی آن، دریچه سالونی مستطیلی از جنس گالوانیزه و به ارتفاع ۰/۴۵ متر و عرض ۰/۴ متر و ضخامت دو میلی‌متر تهیه و نصب گردید. ابعاد دریچه سالونی بیضوی در شکل (۱-ا) نشان داده شده است. دبی جریان با استفاده از دبی‌سنج آلتوراسونیک (Ultrasonic) (شکل ۱-ب) با دقت ± 1 لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. تراز سطح آب در هفت محور در طول، همان‌گونه که در شکل (۲) نشان داده شده توسط عمق‌سنج با دقت ۰/۱ میلی‌متر، برداشت شد.

سالونی - مستطیلی هم‌عرض کانال در شرایط جریان آزاد را ارائه نمودند.

همچنین Yousefvand (2015) روابط دبی و ضریب دبی را برای دریچه سالونی - مستطیلی برای حالت‌های بدون فشرده‌گی و با فشرده‌گی تدریجی و ناگهانی در شرایط آزاد و مستغرق ارائه داد. Yousefvand et al., (2015) در تحقیقی دیگر در شرایط جریان مستغرق به ارزیابی آزمایشگاهی و تحلیلی ضریب دبی دریچه سالونی - مستطیلی پرداختند. در این تحقیق مشخص گردید که ضریب دبی تابع میزان بازشدگی و استغراق نسبی دریچه است.

Monem و Naghaei (2016) در مطالعه‌ای دیگر به بررسی شرایط مختلف هیدرولیکی و بهره‌برداری دریچه سالونی - مستطیلی و توسعه مدل ریاضی سازه در انطباق با مدل هیدرودینامیک ICSS پرداختند. مدل توسعه داده شده توسط داده‌های آزمایشگاهی مورد صحت‌سنجی قرار گرفت که حداکثر خطای عمق، ۶ درصد برآورد شد.

Babaei Faghhi Mahaleh et al., (2018) تأثیر مشخصات هندسی و شرایط هیدرولیکی بر عملکرد سازه تنظیم دبی دریچه سالونی - مستطیلی - پارشال فلوم را بررسی نمودند. در این تحقیق مشخص گردید که به‌طور کلی بازشدگی‌های ۳۴، ۴۵ و ۶۸ درصد دریچه تأثیر معنی‌داری بر عمق‌های بالادست دریچه، چاهک اول پارشال فلوم و مقدار افت نسبی انرژی ندارد. Yousefvand et al., (2018) در تحقیقی دیگر، معادله‌های جریان و ضریب دبی دریچه سالونی - مستطیلی را در شرایط مستغرق با کمک معادله ممنتوم ارائه نمودند. در این تحقیق مشخص گردید ضریب دبی تا زاویه ۵۲/۵ درجه روند صعودی داشته و پس از آن کاهش می‌یابد.

سرریز لبه تیز بیضوی به عنوان نوع جدیدی از سرریزها توسط Cox et al., (2014) معرفی و روابط دبی و ضرایب دبی را به روش آزمایشگاهی و تحلیلی ارائه شد. Cox et al., (2015) همچنین تأثیر اشغال و شاخ و برگ درختان بر دبی جریان عبوری از سرریز لبه تیز بیضوی را مورد بررسی قرار دادند. در جدول (۱)

جدول ۱- خلاصه‌ای از تحقیقات در این زمینه

Table 1-Summary of relevant researches

Flow Conditions	Predicted Discharge Coefficient	Predicted Discharge Equation	Source
(Submerge)	$C_d = 0.86 - 0.89 \times \left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2 + \left(\frac{0.285}{y_2 y_1}\right)$	$Q = 4.012 \times C_d \times b_g \times \sqrt{(y_1^2 - y_2^2)} \times \left(\frac{1}{y_2} - \frac{1}{y_1}\right)^{-1}$	Aqua system
(Free)		$Q = 4.339 \times b_g \times y_1^{1.5}$	2013 Q[cfs]
(Submerge)	$C_d = 1.726 + 0.053 \times \left(\frac{b_g}{B_g}\right)^2 - 1.4 \times \left(\frac{y_2}{y_1}\right)$	$Q = 2.215 \times C_d \times b_g \times \sqrt{(y_1^2 - y_2^2)} \times \left(\frac{1}{y_2} - \frac{1}{y_1}\right)^{-1}$	Yousefvand 2015
(Free)		$Q = 2.271 \times b_g \times y_1^{1.5}$	$Q(m^3/s)$

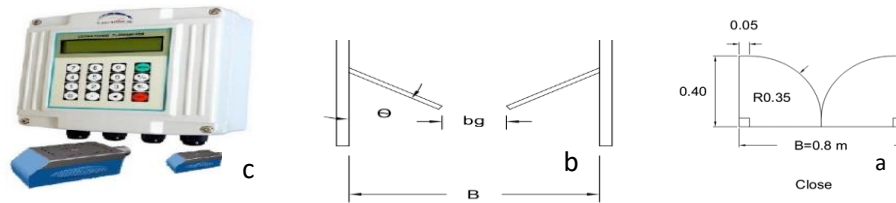


Fig. 1-Dimensions and characteristics of a) Elliptical lopac Gate ,b) Plan ,c) Flow meter
 شکل ۱- ابعاد و مشخصات (a) دریچه سالونی بیضی (b) پلان دریچه (c) دستگاه دبی سنج

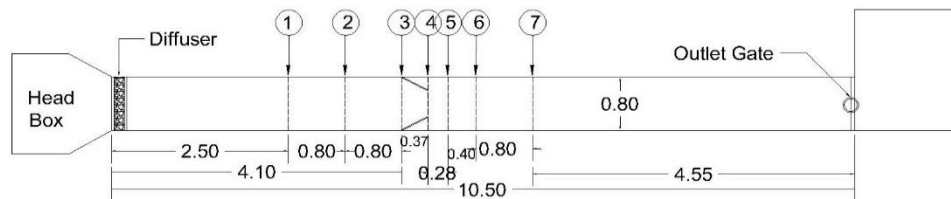


Fig. 2- Plan-view sketch of the test flume setup
 شکل ۲- پلان نقشه فلوم آزمایشگاهی

جدول ۲- محدوده پارامترهای بدون بعد مؤثر

Table 2- Range of effective dimensionless parameters

Parameter	F_r	$\frac{B}{y_u}$	$\frac{b_g}{B}$
Range	0.179-0.472	2.34-7.06	0.293-0.658

$$\frac{\Delta E}{E_1} = f_3\left(\frac{b_g}{B}, \frac{B}{y_u}, F_r, Re_u\right) \quad (4)$$

که در این روابط، نسبت بدون بعد دبی $\frac{Q}{\sqrt{g y_u y_u^2}}$ میزان افت انرژی ناشی از دریچه به انرژی بالادست دریچه $\frac{\Delta E}{E_1}$ ، عدد فرود F_r ، عدد رینولدز Re_u ، نسبت عرض فلوم به عمق آب بالادست $\frac{B}{y_u}$ می‌باشند. از طرفی می‌توان نشان داد که:

$$\frac{b_g}{y_u} \times \frac{1}{B} = \frac{b_g}{B} \quad (5)$$

نسبت عرض بازشدگی به عرض فلوم (نسبت بازشدگی) $\frac{b_g}{B}$ می‌باشد. عدد رینولدز برابر است با نسبت نیروی اینرسی به نیروی لزجت و همچنین عدد فرود نسبت نیروی اینرسی به نیروی ثقل می‌باشد. به دلیل تلاطم جریان و قرارگیری عدد رینولدز در محدوده $(10^4 \times \frac{3}{36} - 10^4 \times \frac{7}{81})$ ، و اثر ناچیز کمیت لزجت بر جریان، عدد رینولدز از روابط بالا حذف و در نهایت به روابط (۶) و (۷) به دست می‌آید.

$$\frac{Q}{\sqrt{g y_u y_u^2}} = f_2\left(\frac{b_g}{B}, \frac{B}{y_u}\right) \quad (6)$$

$$\frac{\Delta E}{E_1} = f_3\left(\frac{b_g}{B}, \frac{B}{y_u}, F_r\right) \quad (7)$$

آنالیز ابعادی

پارامترهای مؤثر بر دبی عبوری از دریچه به صورت رابطه (۱) بیان می‌گردد.

$$f_1(Q, B, b_g, y_u, y_d, \rho, g, \mu) = 0 \quad (1)$$

همچنین پارامترهای مؤثر بر افت انرژی به صورت رابطه (۲) ارائه می‌شود:

$$f_2(Q, B, E_1, E_2, \Delta E, b_g, y_u, y_d, \rho, g, \mu) = 0 \quad (2)$$

در معادله‌های فوق دبی جریان Q ، عرض فلوم B ، انرژی بالادست دریچه E_1 ، انرژی پایین دست دریچه E_2 ، افت انرژی ΔE ، عرض بازشدگی دریچه b_g ، عمق آب در بالادست دریچه y_u ، عمق آب در پایین دست دریچه y_d ، جرم مخصوص ρ ، نیروی ثقل g ، ویسکوزیته دینامیکی سیال μ می‌باشد. در ادامه با کمک نظریه باکینگهام و در نظر گرفتن ρ و g به عنوان متغیرهای تکراری، رابطه بدون بعد (۳) برای دبی و رابطه (۴) برای افت انرژی به دست می‌آید.

$$\frac{Q}{\sqrt{g y_u y_u^2}} = f_2\left(\frac{b_g}{B}, \frac{B}{y_u}, Re_u\right) \quad (3)$$

این رابطه نشان می‌دهد که دبی عبوری به مقدار زیادی تابع میزان بازشدگی دریاچه سالونی - بیضوی می‌باشد. تغییرات نسبت بدون بعد دبی پیشنهادی در مقابل میزان بازشدگی در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای یک دبی ثابت، با افزایش میزان بازشدگی نسبت بدون بعد دبی افزایش می‌یابد. همچنین تغییرات میزان بازشدگی نسبت به تغییرات میزان دبی، تاثیر بیشتری بر روی پارامتر بدون بعد دبی می‌گذارد. همان‌گونه که در شکل (۴) نشان داده شده است، رابطه پیشنهادی بدون بعد دبی، دارای همبستگی بسیار خوبی با نتایج آزمایشگاهی می‌باشد. بازه خطای نسبی در شکل (۵) نشان دهنده حداکثر خطای $\pm 10\%$ درصد رابطه پیشنهادی می‌باشد. جذر میانگین مربعات خطا RMSE و میانگین خطای نسبی MAPE و خطای نسبی RE در جدول (۳) نشان داده شده است که بیانگر دقت بالای رابطه پیشنهادی می‌باشد.

در ادامه و در جدول (۲) دامنه تغییرات کمیت‌های بدون بعد برای دریاچه سالونی - بیضوی نشان داده شده است.

نتایج و بحث

رابطه دبی بدون بعد Q^*

به منظور ارائه رابطه‌ای مستقل از ابعاد دریاچه و فوم، با کمک کمیت‌های بدون بعد مؤثر رابطه (۶) و با انجام رگرسیون چندگانه غیرخطی رابطه (۸) به عنوان معادله پیشنهادی دبی برای دریاچه سالونی - بیضوی به دست آمد:

$$\frac{Q^*}{y_u^{5/2}\sqrt{g}} = [-1.724 + \left(\frac{b_g}{B}\right)^{1.483} + \left(\frac{B}{y_u}\right)^{0.725}] \quad (8)$$

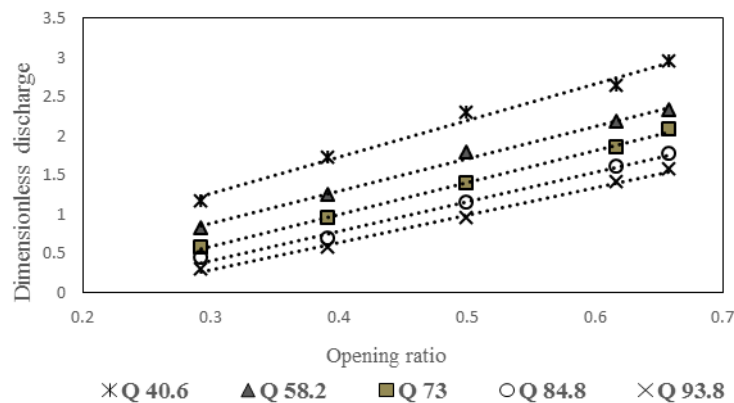


Fig. 3- Variation of dimensionless discharge versus opening ratio

شکل ۳- تغییرات نسبت بدون بعد دبی در مقابل تغییرات بازشدگی

جدول ۳- شاخص‌های آماری به دست آمده به منظور کنترل رابطه پیشنهادی

Table 3- The statistical indices obtained to control predicted equation

Index	RE (%)	MAPE (%)	RMSE	R ²
Value	$\pm 10\%$	4.44 %	0.005	0.973

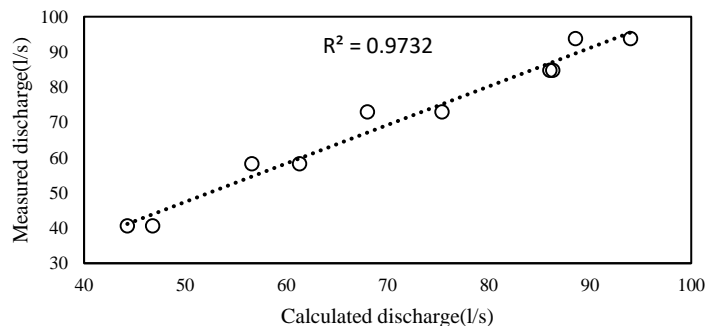


Fig.4 - Predicted discharge versus measured discharge

شکل ۴- دبی پیشنهادی در مقابل دبی اندازه‌گیری شده

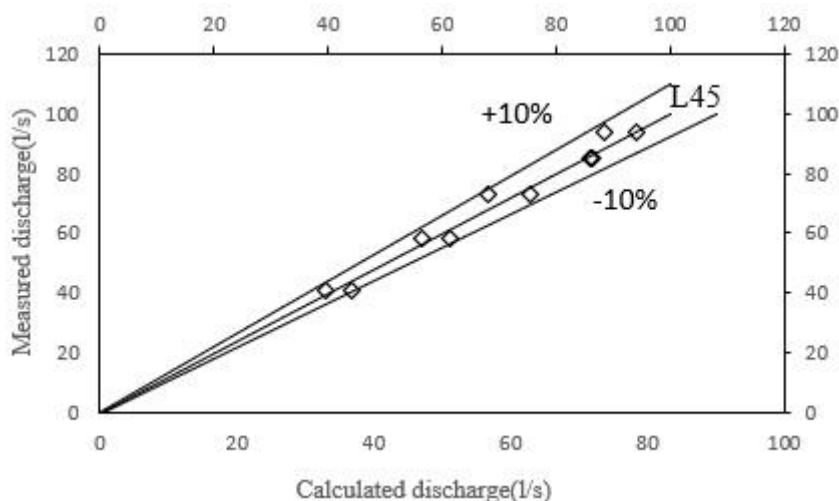


Fig.5 – Range of errors for elliptical Lopac Gate
 شکل ۵- محدوده خطای نسبی برای دریچه سالونی - بیضوی

بر ثانیه در شکل (۶) نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود، با کاهش میزان بازشدگی در هر دو نوع دریچه میزان افت انرژی افزایش می یابد. به طوری که در دبی ۷۳ لیتر بر ثانیه، با کاهش بازشدگی از ۰/۶۵۸ به ۰/۲۹۳، میزان افت برای دریچه سالونی - مستطیلی ۷۴/۴۴ درصد و برای دریچه سالونی - بیضوی ۷۵/۱۵ درصد افزایش می یابد. تغییرات میزان افت انرژی جریان عبوری در مقابل تغییرات فرود بالادست دریچه (محور ۲) برای هر دو نوع دریچه سالونی بیضوی و مستطیلی در شکل (۷) نشان داده شده است. این تغییرات برای هر دو دریچه تقریباً برابر و با افزایش عدد فرود، میزان افت انرژی روندی کاهشی پیدا می کند. به عنوان مثال در دبی ۴۰/۶ لیتر بر ثانیه، با افزایش عدد فرود از ۰/۱۹۲ به ۰/۴۸۱ برای دریچه سالونی - مستطیلی افت جریان ۷۰/۳۱ درصد و برای دریچه سالونی - بیضوی با افزایش عدد فرود از ۰/۱۷۹ به ۰/۴۲۵ به میزان ۶۲/۸۵ درصد کاهش می یابد.

بررسی افت انرژی ناشی از دریچه سالونی - بیضوی

در هنگام عبور جریان از دریچه، قسمتی از انرژی جریان مستهلک و صرف عبور از تنگ شدگی کانال می گردد. میزان انرژی در هر نقطه از کانال و تغییرات آن به کمک روابط (۹) و (۱۰) قابل محاسبه می باشد.

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \tag{۹}$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 \tag{۱۰}$$

در این تحقیق اختلاف انرژی بین محورهای دو در بالادست دریچه و محور پنج در پایین دست دریچه (شکل ۲) محاسبه گردید. تغییرات انرژی جریان، ناشی از دریچه سالونی - بیضوی و سالونی - مستطیلی، در مقابل بازشدگی برای دبی های ۴۰/۶ تا ۸۴/۸ لیتر

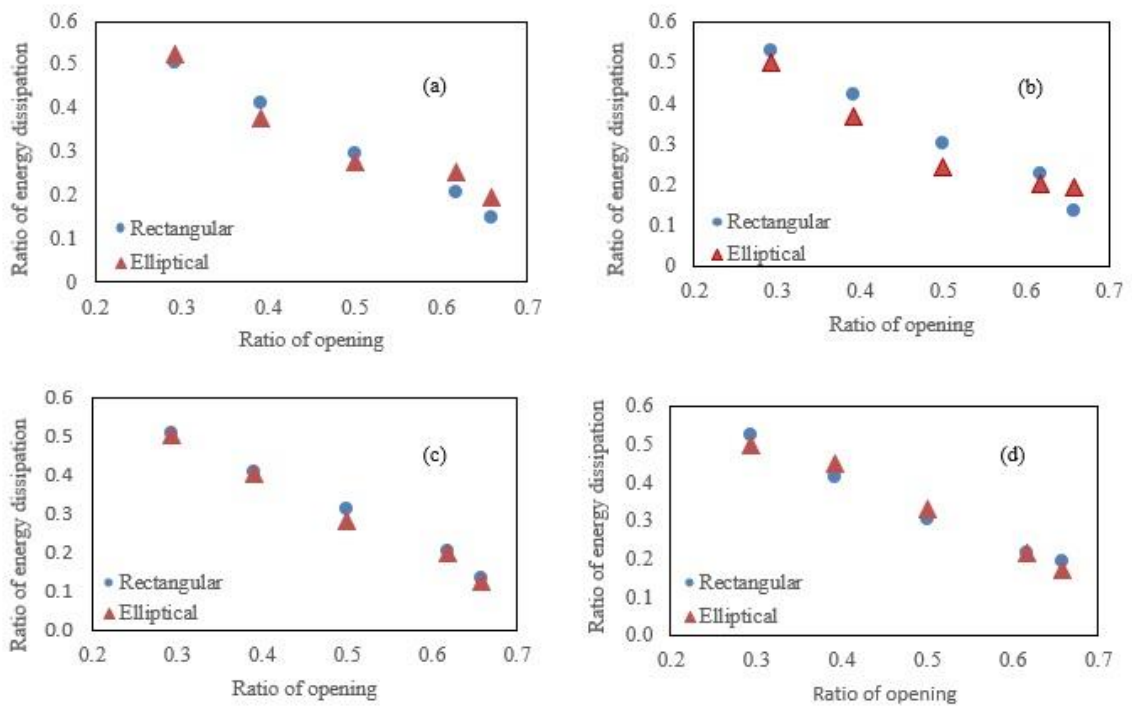


Fig.6 – Variation of energy dissipation versus ratio of opening for Elliptical and rectangular lopac gate for discharge (a) 40.6 (b) 58.2 (c) 73 (d) 84.8 (lit/s)

شکل ۶ - تغییرات نسبت افت انرژی در برابر میزان بازشدگی برای دریچه سالونی بیضوی و مستطیلی (a) دبی ۴۰/۶ ، (b) دبی ۵۸/۲ ، (c) دبی ۷۳ و (d) دبی ۸۴/۸ لیتر بر ثانیه

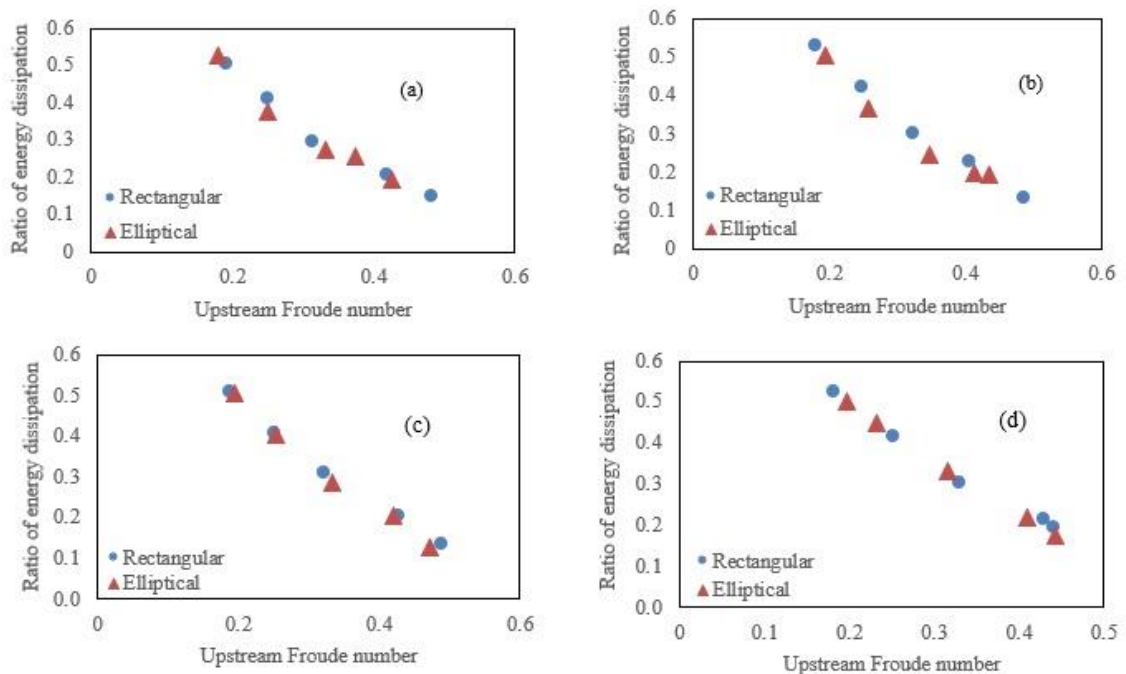


Fig.7 – Variation of energy dissipation versus upstream Froude number for Elliptical and rectangular lopac gate for discharge (a) 40.6 (b) 58.2 (c) 73 (d) 84.8 (lit/s)

شکل ۷ - تغییرات نسبت افت انرژی در برابر فرود بالادست برای دریچه سالونی بیضوی و مستطیلی (الف) دبی ۴۰/۶ ، (ب) دبی ۵۸/۲ ، (ج) دبی ۷۳ و (د) دبی ۸۴/۸ لیتر بر ثانیه

نتیجه گیری

همان گونه که از نتایج به دست آمد، مهمترین پارامتر بدون بعد در این نوع دریچه در شرایط جریان آزاد، نسبت بازشدگی دریچه $\frac{bg}{B}$ (نسبت عرض بازشدگی به عرض دریچه) و یا به عبارت دیگر زاویه بازشدگی دریچه می باشد. به عنوان مثال در دو دبی $40/6$ و $84/8$ لیتر بر ثانیه، با افزایش نسبت بازشدگی از $0/293$ به $0/658$ ، نسبت بدون بعد دبی $(\frac{Q}{\sqrt{gy_u y_u^2}})$ به ترتیب به میزان 60 درصد و 75 درصد افزایش یافت. با افزایش میزان بازشدگی، عدد فرود افزایش و میزان افت جریان عبوری کاهش می یابد. به عنوان مثال برای دو دبی $40/6$ و $84/8$ لیتر بر ثانیه، با افزایش نسبت بازشدگی از $0/293$ به $0/658$ ، عدد فرود به ترتیب 57 درصد و 55 درصد افزایش و میزان افت 33 درصد و 32 درصد

کاهش را نشان می دهند. با توجه به زاویه های انتخاب شده، انتظار می رود که تأثیر قسمت بیضی دریچه سالونی - بیضوی بر روی افت جریان، نسبت به دریچه سالونی - مستطیلی، در میزان بازشدگی های کوچکتر محسوس تر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول و با حمایت واحد پژوهشی دانشگاه از طریق پژوهانه نویسنده دوم به شماره (SCU.WH401.343) تهیه شده که بدینوسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می کنند ضمناً از حمایت معنوی قطب علمی "بهسازی و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی" تشکر و قدردانی می گردد.

References

- 1-Anouymous, 2013. Leaders in water management and control. Available from: [http:// www.as2i.net /products/ control-gates/hydra-lopac-gate](http://www.as2i.net/products/control-gates/hydra-lopac-gate).
- 2- Aqua Systems 2000 Incorporation (AS21). 2013 Leaders in Water Management and Control , Available from :<http://www.as2i.net/products/control-gates/hydra-lopac-gate> [10september2013]
- 3- Babaei Faghieh Mahaleh, R., Smaielie Varakei, M. and Shafiei Sabet, B., 2018. Investigation of the effect of geometry characteristics and hydraulic conditions on the discharge control structure as lopac gate – Parshal flume. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(4), pp.711-727. (In Persian).
- 4- Cox, A.L., Kullberg, E.G., MacKenzie, K.A. and Thornton, C.I., 2014. Stage-discharge rating equation for an elliptical sharp-crested weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(6), 04014018.
- 5- Cox, A.L., Saadat, S., MacKenzie, K.A. and Thornton, C.I., 2015. Effect of urban debris on hydraulic efficiency of an elliptical sharp-crested weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(6), 06014006.
- 6- Langeman, P., Craig, K., Elser, P. and Allen, L., 2006. Irrigation gate system. *US patent*, 7, p.114..
- 7- Mahmoodian Shoostari, M., 2010. *Principles of flow in open channel*. Chamran University of Ahvaz.
- 8- Naghaei, R. and Monem, M.J., 2013a. Definition of lopac gate for control of water level in irrigation canals and presentation of hydraulic equation. In *4th National Irrigation and Drainage Management Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*. (In Persian).
- 9- Naghaei, R. and Monem, M.J., 2013b. Introducing various hydraulic and operation conditions of Lopac gate in irrigation canals. In *1st National Conf. on Irrigation and Agricultural Water Productivity, Iranian Association of Irrigation and Drainage, Tehran, Iran*. (In Persian).
- 10- Naghaei, R. and Monem, M.J., 2016. Development of a mathematical model of Lopac gates in accordance with the ICSS hydrodynamic model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(10), p.04016043.
- 11- Oad, R. and Kinzli, K., 2006. Employed in middle rio grand vally to help deliver water efficiently. Available from: <http://www.as2i.net/products/control-gates>.
- 12- Yousefvand, F., 2015. Experimental investigation on the effect of hydraulic and operating conditions on the performance of lopac gates. MSc. Thesis, *Tarbiat Modares University of Tehran, Iran*. (In Persian).

-
- 13- Yousefvand, F and Monem, M.J., 2014. Definition of lopac gate and presentation of hyroulic equation in free flow conditions. In *13th Irrigation Hydraulic Conference, Tabriz University, Tabriz, Iran*. (In Persian).
 - 14- Yousefvand, F., Monem, M.J. and Kavian pour, M.R., 2015. Analitical and Experimental evaluation of discharge coefficient of lopac gates in submerge condition. *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 5(9), pp.811-819. (In Persian).
 - 15- Yousefvand, F., Monem, M.J. and Kavian pour, M.R., 2018. Estimate of flow equation and discharge coefficient of lopac gates in submerge condition. *Iranian Water Researches Journal*, 12(2),pp.51-58 (In Persian).