

تعیین رابطه آستانه استغراق و بازشدگی دریاچه‌های سالونی در شرایط مختلف جریان

فاطمه یوسفوند^۱، محمدجواد منعم^{۲*}، محمدرضا کاویان‌پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۴

چکیده

آستانه استغراق یک سازه به منظور تعیین مرز بین جریان آزاد و مستغرق بررسی می‌شود. با دانستن آستانه استغراق سازه می‌توان تخمین دقیقی از دبی در شرایط جریان آزاد و مستغرق وابسته به نوع معادلات ارائه شده، داشت. دریاچه‌های سالونی، سازه‌های کنترل و تنظیم جریان آب در کانال‌های آبیاری هستند که مطالعات محدودی در مورد آنها گزارش شده است. در این پژوهش، آستانه استغراق دریاچه سالونی در زوایای مختلف بازشدگی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور دریاچه سالونی در شرایط مختلف هیدرولیکی و بهره‌برداری در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایشات بر روی یک مدل آزمایشگاهی در موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو انجام شد. آستانه استغراق دریاچه، به ازای مقادیر مختلف زاویه و دبی جریان، بر مبنای معیار یک، دو و سه درصد تغییرات عمق تعیین شده است. مهم‌ترین پارامترهای بی‌بعد موثر بر آستانه استغراق دریاچه سالونی عبارتند از نسبت عرض بازشدگی به عرض دریاچه، و عدد فرود بالادست دریاچه (Fr_1 و $\frac{b_g}{B_g}$). بر این اساس، رابطه‌ای برای آستانه استغراق دریاچه با استفاده از نتایج آزمایشگاهی در دو دبی ۰/۲۵ و ۰/۳۰ مترمکعب بر ثانیه و بر مبنای پارامترهای بی‌بعد موثر بر سازه استنتاج شد. رابطه‌ی حاصل با حداکثر خطای نسبی ۱۰٪ ± آستانه استغراق دریاچه سالونی را برآورد می‌کند که از نظر کاربردی مناسب است. علاوه بر آن نمودارهای آستانه استغراق به دست آمده راهنمای کاربردی مناسبی برای تعیین مرز جریان در شرایط مختلف می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آستانه استغراق، جریان آزاد و مستغرق، دریاچه سالونی، زاویه بازشدگی، کانال آبیاری

مقدمه

قرار گرفته سازه‌ی دریاچه‌ی سالونی است. دریاچه‌های سالونی، سازه‌های کنترل و تنظیم جریان آب در کانال‌های آبیاری دارند و میزان موفقیت شبکه بستگی به چگونگی عملکرد این سازه‌ها دارد. از طرفی شبکه‌های آبیاری برای شرایط دبی حداکثر طراحی می‌شوند، ولی در اغلب موارد شرایط دبی حداکثر وجود ندارد، لذا جهت تامین شرایط آبیاری ثقلی باید از سازه‌های کنترل و تنظیم به همراه دستورالعمل‌های مناسب استفاده گردد، تا سطح آب در کانال برای آبیاری مناسب در تراز مورد نظر تنظیم شود. علاوه بر آن حفاظت از کانال‌های آبیاری و پیشگیری از تلفات آب در اثر سرریز شدن کانال‌ها مستلزم کنترل سطح آب می‌باشد. یکی از سازه‌های کنترل و تنظیم سطح آب در کانال‌های آبیاری که اخیراً مورد توجه

قرار گرفته سازه‌ی دریاچه‌ی سالونی است. دریاچه‌های سالونی، سازه‌های کنترل و تنظیم جریان آب در کانال‌های آبیاری دارند و میزان موفقیت شبکه بستگی به چگونگی عملکرد این سازه‌ها دارد. از طرفی شبکه‌های آبیاری برای شرایط دبی حداکثر طراحی می‌شوند، ولی در اغلب موارد شرایط دبی حداکثر وجود ندارد، لذا جهت تامین شرایط آبیاری ثقلی باید از سازه‌های کنترل و تنظیم به همراه دستورالعمل‌های مناسب استفاده گردد، تا سطح آب در کانال برای آبیاری مناسب در تراز مورد نظر تنظیم شود. علاوه بر آن حفاظت از کانال‌های آبیاری و پیشگیری از تلفات آب در اثر سرریز شدن کانال‌ها مستلزم کنترل سطح آب می‌باشد. یکی از سازه‌های کنترل و تنظیم سطح آب در کانال‌های آبیاری که اخیراً مورد توجه

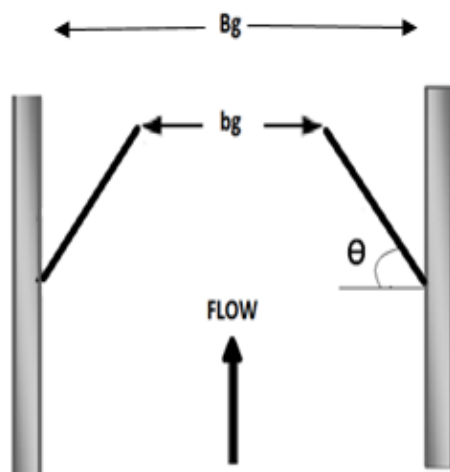
این سازه در دهه‌ی ۱۹۸۰ توسط پیتر لانگمن و همکاران، جهت مدیریت نوسانات سطح آب در کانال‌های آبیاری ابداع شد (Langeman et al., 2006). از جمله کاربردهای موفقیت آمیز این سازه می‌توان به استفاده از آن در پروژه Middle Rio Grand در نیومکزیکو در سال ۲۰۰۶ اشاره کرد. در این پروژه، به‌جای استفاده از سازه‌های انحراف آب فرسوده، از سازه دریاچه‌های سالونی استفاده شد و سازه‌های آب‌بند مرسوم، توسط دریاچه‌های سالونی جایگزین شدند (Oad and Kinzli, 2006).

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استاد گروه آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

(* - نویسنده مسئول: Email: monem_mj@modares.ac.ir)



شکل ۱- پلان دریچه سالونی (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۴ b)



شکل ۲- نمایی از بالادست دریچه سالونی (Oad and Kinzli, 2006)

توسط AS2I، روابط دبی-اشل دریچه‌های سالونی با عرض‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۸ فوت و به ترتیب با بازشدگی ۲/۷، ۳/۶، ۴/۵، ۵/۴ و ۷/۳ فوت را در درجه استغراق‌های ۴۰، ۷۰، ۹۰ و ۹۵ درصد ارائه کردند. یوسفوند و منعم (۱۳۹۳a) دریچه‌ی سالونی را به‌عنوان سازه کنترل و تنظیم آب در کانال‌های آبیاری معرفی و روابط دبی دریچه‌های سالونی هم‌عرض کانال در شرایط جریان آزاد را ارائه نمودند. در تحقیقی دیگر، یوسفوند و منعم (b ۱۳۹۳)، رابطه هیدرولیکی دبی عبوری از دریچه‌های سالونی با فشردگی جانبی را در شرایط جریان آزاد با استفاده از رابطه انرژی استخراج نمودند. صادقی و منعم (۱۳۹۴)، به بررسی و مقایسه عملکرد دریچه سالونی و کشویی در کانال آبیاری، با استفاده از مدل هیدرودینامیک ICSS پرداختند. یوسفوند و همکاران (۱۳۹۴a)، خصوصیات جریان عبوری از دریچه‌های سالونی را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از معادله اندازه حرکت و بهره‌گیری از نتایج آزمایشگاهی، روابطی را برای

شرکت Aqua System 2000 Inc (AS2I) به منظور کنترل جریان در کانال‌های کوچک و متوسط، مدل سازه‌ی دریچه‌ی سالونی را با یک سیستم محرک هیدرولیکی ترکیب کرد. AS2I با انجام آزمایشاتی بر روی دریچه‌های سالونی، ضمن ارائه‌ی معادلات دبی دریچه سالونی در شرایط جریان آزاد و مستغرق، آستانه استغراق این سازه را یک مقدار ثابت و برابر با ۰/۳ معرفی کرد. طبق تعریف، نسبت عمق آب پایین دست دریچه به عمق آب

بالادست $(\frac{y_t}{y_0})$ ، درجه استغراق دریچه می‌باشد. برطبق نظر

AS2I، صرفنظر از شرایط مختلف جریان و بازشدگی دریچه چنانچه درجه استغراق دریچه کمتر از ۰/۳ باشد، جریان عبوری از دریچه آزاد و در غیر این صورت جریان مستغرق می‌باشد. بنابراین درجه استغراق ۰/۳ به‌عنوان آستانه ثابت استغراق دریچه سالونی، در نظر گرفته شده‌است. نقایی و منعم (۱۳۹۲) با استفاده از نمودارهای ارائه شده

دقیقی از دبی در شرایط جریان آزاد و مستغرق وابسته به نوع معادلات ارائه شده داشت. در این پژوهش، نخست پارامترهای بی‌بعد موثر بر آستانه استغراق دریچه سالونی با استفاده از آنالیز ابعادی تعیین شد. سپس آستانه استغراق سازه در زوایای مختلف بازشدگی مورد بررسی قرار گرفته و رابطه‌ای تجربی برای آن بسط داده شد.

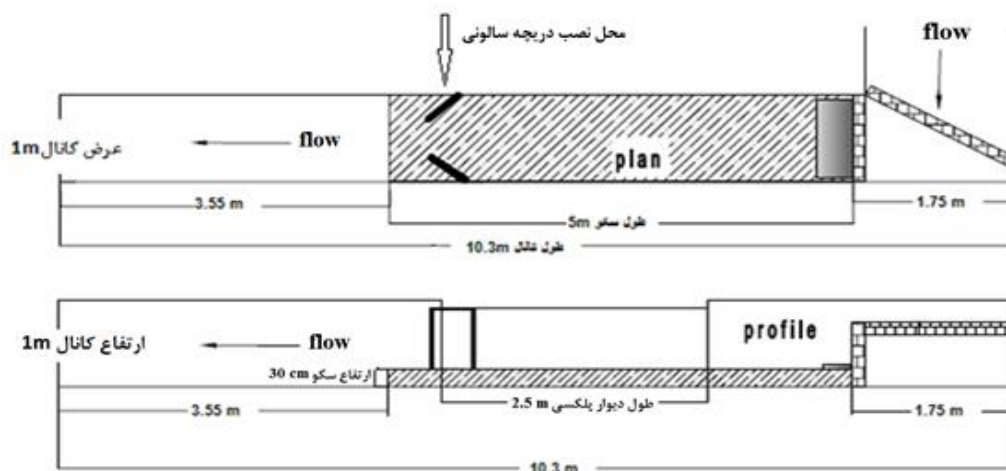
مواد و روش‌ها

آزمایشات بر روی یک مدل آزمایشگاهی در موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو انجام شد. پلان و پروفیل کانال آزمایشگاهی در شکل ۳ نشان داده شده است. عرض و ارتفاع دریچه به ترتیب ۵۰ و ۶۰ سانتیمتر است. برای تنظیم درجه استغراق سازه، از یک دریچه کشویی واقع در انتهای کانال استفاده شد. دریچه در ۵ زاویه بازشدگی (۴۵، ۵۲/۵، ۶۰، ۶۷/۵ و ۷۰ درجه) و با ۲ دبی مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. در مجموع ۱۳۰ آزمایش برای برآورد آستانه استغراق دریچه سالونی انجام شد. در هر آزمایش عمق جریان توسط ژرفاسنج با دقت ± 0.1 میلی‌متر ثبت و زاویه دریچه توسط زاویه‌سنج تنظیم می‌شد (شکل ۴-ب).

برای تعیین آستانه استغراق دریچه سالونی، با استفاده از دریچه کشویی نصب شده در انتهای کانال، عمق آب پایاب به تدریج افزایش داده شده و عمق آب در بالادست دریچه اندازه‌گیری شد تا حدی که تغییر عمق آب در پایاب دریچه باعث افزایش عمق آب در بالادست دریچه گردد. در این حالت نسبت عمق آب پایاب به عمق آب در بالادست دریچه، آستانه استغراق دریچه در آن زاویه بازشدگی خواهد بود که با درونبایی از داده‌های آزمایشگاهی، آستانه استغراق دریچه سالونی بر مبنای معیار یک، دو و سه درصد تغییرات عمق بدست آمد. شکل ۵ مدل دریچه سالونی ساخته شده در موسسه تحقیقات آب را نشان می‌دهد.

تخمین دبی و ضریب دبی دریچه‌های سالونی هم‌عرض کانال در شرایط جریان مستغرق، ارائه نمودند. در تحقیقی دیگر یوسفوند و همکاران (۱۳۹۴ب) با استفاده از معادله دبی دریچه سالونی، روشی نیمه تحلیلی جهت برآورد ضریب دبی دریچه‌های سالونی در شرایط جریان مستغرق ارائه کردند که می‌تواند در برآورد دبی دریچه‌های سالونی در شرایط مختلف جریان مستغرق مورد استفاده قرار گیرد. در شرایط جریان مستغرق ضریب دبی تابعی از نسبت بازشدگی و استغراق نسبی دریچه است. نتایج این تحقیق برای دریچه سالونی هم‌عرض کانال و نیز دریچه با عرض کم‌تر به کمک تبدیل‌های ناگهانی و تدریجی ارائه شده است. در تحقیق انجام شده توسط بابایی فقیه محله و همکاران (۱۳۹۷)، عملکرد سازه تحویل حجمی دبی دریچه سالونی - پارشال فلوم برای شرایط مختلف هندسی شامل مقدار بازشدگی دریچه سالونی، ابعاد، موقعیت قرارگیری پارشال فلوم نسبت به دریچه سالونی و شرایط هیدرولیکی شامل تغییرات دبی و شرایط جریان پایاب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد که بازشدگی‌های ۳۴، ۴۵ و ۶۸ درصد دریچه تأثیر معنی‌داری بر عمق‌های بالادست دریچه (h_1)، چاهک اول پارشال فلوم (h_a) و مقدار افت نسبی انرژی ($\Delta E/E_1$) ندارد؛ اما بازشدگی ۱۱ و ۲۳ درصد، موجب افزایش $\Delta E/E_1$ و h_1 به ترتیب تا ۲۸/۹ و ۲۹/۷ درصد و کاهش h_a تا ۱۰/۵ درصد در جریان آزاد نسبت به بازشدگی ۱۰۰ درصد می‌گردد.

مرور کارهای قبلی نشان می‌دهد که تاکنون آستانه استغراق دریچه سالونی در زوایای مختلف بازشدگی مورد مطالعه گسترده قرار نگرفته است. اولین و تنها مطالعات تجربی بر روی آستانه استغراق این سازه توسط AS2I انجام شده که بر طبق نظر این شرکت، یک درجه استغراق ثابت ۰/۳ به‌عنوان آستانه استغراق دریچه سالونی در نظر گرفته شده است. با بررسی آستانه استغراق دریچه در زوایای مختلف بازشدگی ضمن داشتن درک بهتری از شرایط جریان، می‌توان تخمین



شکل ۳- پلان و مقطع جانبی کانال آزمایشگاهی



(ب)



(الف)

شکل ۴- الف-دریچه کشویی برای تنظیم استغراق نسبی سازه ب- زاویه سنج برای تنظیم زاویه بازشدگی دریچه سالونی



شکل ۵- مدل دریچه سالونی ساخته شده در موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو

تحلیل ابعادی

آستانه استغراق یک سازه به منظور تعیین مرز بین جریان آزاد و مستغرق تعیین می‌شود. آستانه استغراق دریچه‌ی سالونی، تابعی از دبی جریان (Q)، عمق آب در بالادست (y_0) و پایین دست (y_t) دریچه، عرض بازشدگی دریچه (b_g)، عرض دریچه (B_g)، زاویه بازشدگی دریچه (θ) و خصوصیات جریان (g, ρ, μ) است. بنابراین می‌توان گفت:

$$F(Q, y_0, y_t, b_g, B_g, g, \rho, \mu, \theta) = 0 \quad (1)$$

با استفاده از تحلیل ابعادی و اصول پای-باکینگهام، رابطه ۱ به شکل بی بعد رابطه ۲ توسعه داده می‌شود:

$$f\left(\frac{b_g}{B_g}, \frac{y_t}{y_0}, \text{Re}_1, Fr_1, \theta\right) = 0 \quad (2)$$

در این رابطه، $\frac{y_t}{y_0}$ نسبت استغراق دریچه است که در محل

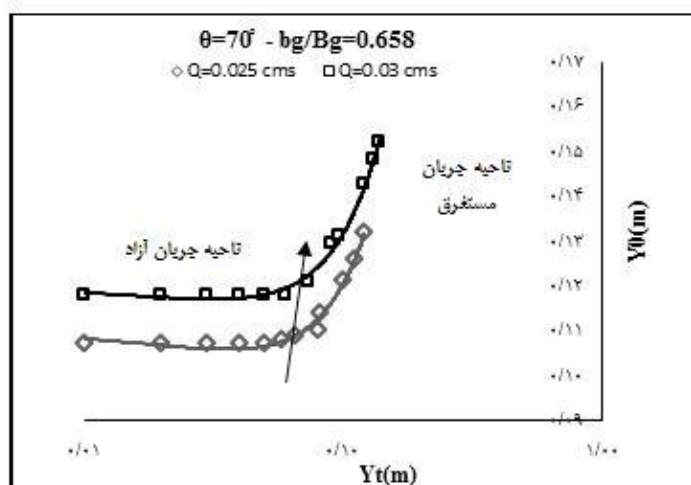
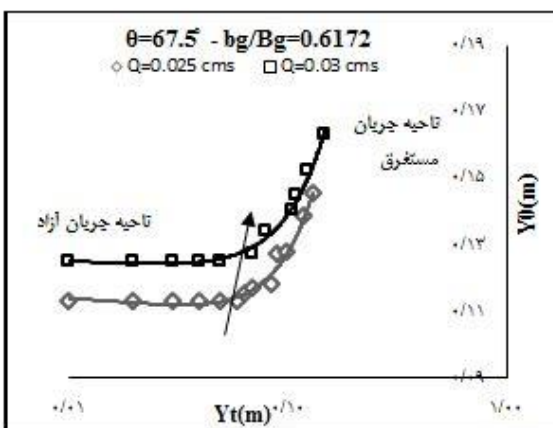
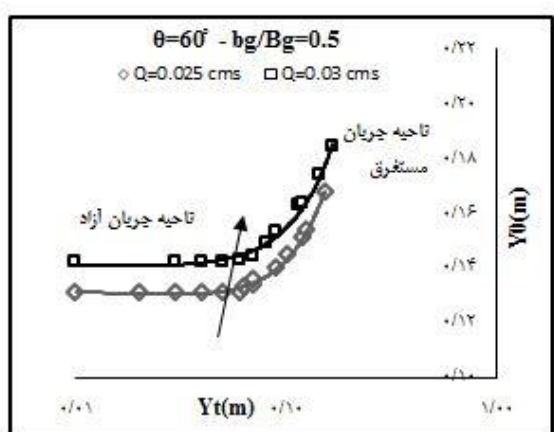
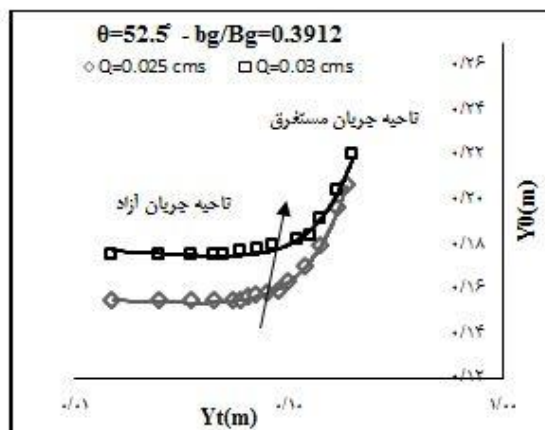
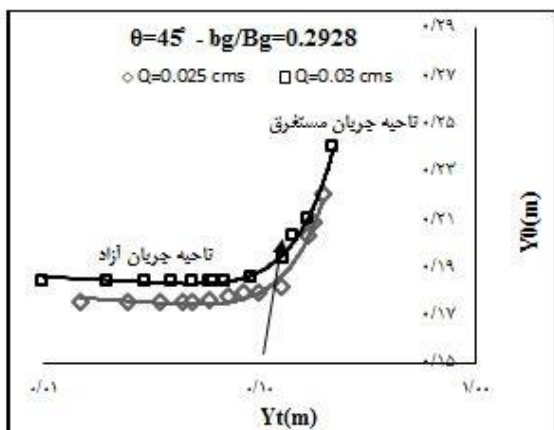
آستانه استغراق با S نشان داده می‌شود. $\frac{b_g}{B_g}$ نسبت بازشدگی دریچه،

$\frac{b_g}{y_0}$ نسبت عرض بازشدگی دریچه به عمق آب بالادست، θ زاویه

بازشدگی دریچه و Fr_1 و Re_1 اعداد رینولدز و فرود جریان بالادست است. به علت وابسته بودن دو پارامتر نسبت بازشدگی

$$S = f\left(\frac{b_g}{y_0}, \frac{b_g}{B_g}, Fr_1\right) \quad (۳)$$

دریچه و زاویه بازشدگی، در تحلیل ابعادی آستانه استغراق از نسبت بازشدگی دریچه استفاده می‌شود. از طرفی باتوجه به انجام آزمایشات در محدوده‌ی جریان متلاطم، تاثیر عدد رینولدز بر آستانه استغراق سازه ناچیز است. بنابراین رابطه‌ی ۲ به صورت رابطه ۳ خواهد بود:



شکل ۶- نمودار تغییرات عمق بالادست در مقابل عمق پایاب در هر زاویه و دبی ثابت

نتایج و بحث

استفاده است. مرز بین جریان آزاد و مستغرق که با فلش بر روی نمودارهای شکل ۶ نشان داده شده است، ناحیه جریان انتقالی را نشان می‌دهد.

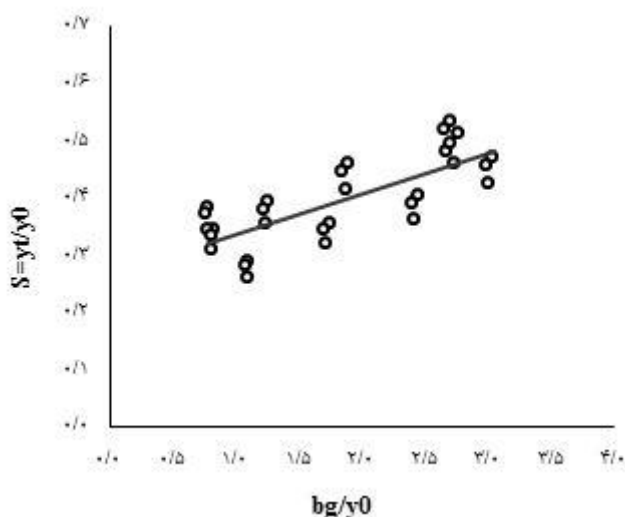
در شکل‌های ۷ و ۸ داده‌های درونیابی شده آستانه استغراق، در مقابل نسبت عرض بازشدگی دریچه به عمق آب بالادست ($\frac{b_g}{y_0}$) و

نسبت بازشدگی دریچه ($\frac{b_g}{B_g}$) رسم شده است. همان‌طور که در

شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش نسبت $\frac{b_g}{y_0}$ آستانه استغراق

سازه نیز افزایش می‌یابد. مطابق شکل ۸ آستانه استغراق سازه با نسبت بازشدگی دریچه رابطه‌ی غیرخطی دارد.

شکل ۶ تغییرات عمق آب بالادست در مقابل عمق آب پایاب دریچه سالونی را در زوایای مختلف بازشدگی، دبی و نسبت بازشدگی نشان می‌دهد. در این شکل، محور افقی در مختصات لگاریتمی و محور قائم در مختصات معمولی است. در هر حالت در شرایط جریان آزاد عمق بالادست در مقابل عمق پایاب یک خط افقی است و در محل آستانه استغراق بلافاصله نمودار تغییرات عمق بالادست در مقابل عمق پایاب شیبدار خواهد شد. این نقطه شروع آستانه استغراق دریچه سالونی در آن دبی و زاویه خاص خواهد بود. با استفاده از درونیابی، آستانه استغراق دریچه به ازای مقادیر مختلف زاویه و دبی جریان بر مبنای معیار یک، دو و سه درصد تغییرات عمق به‌دست می‌آید. نمودارهای آستانه استغراق به عنوان یک راهنمای کاربردی برای تعیین مرز بین جریان آزاد و مستغرق در شرایط مختلف قابل



شکل ۷- آستانه استغراق دریچه سالونی در مقابل نسبت عرض بازشدگی دریچه به عمق آب بالادست ($\frac{b_g}{y_0}$)

$$S = \frac{-1.16}{b_g/y_0} + 0.666 \text{EXP}\left(\frac{0.8}{b_g/y_0}\right) \quad (۵)$$

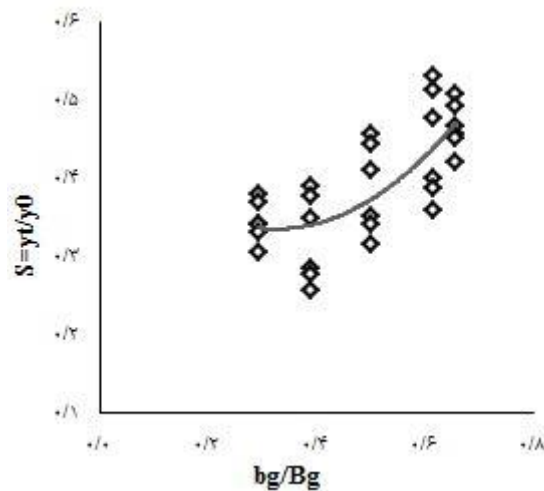
$$S = (0.107 \times Fr_1) + 0.26 \quad (۶)$$

$$S = \frac{(b_g/B_g) - 0.641}{(0.483 \times Fr_1^2) - 1.638} + 0.2 \times Fr_1 \quad (۷)$$

$$S = (9.545 \times (\frac{b_g}{B_g})^{-0.07}) + (7.146 \times Fr_1^{0.037}) + (8.496 \times (\frac{b_g}{y_0})^{0.035}) - 25.481 \quad (۸)$$

با رگرسیون گیری از مقادیر درونیابی شده آستانه استغراق، نسبت به مقادیر آزمایشگاهی پارامترهای بدون بعد موثر، و در نظر گرفتن هریک از پارامترها و ترکیب آنها، روابط مختلفی مانند روابط ۴ تا ۸ برای آستانه استغراق دریچه استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. توجه شود که کلیه‌ی این روابط در دو دبی ۲۵ و ۳۰ لیتر بر ثانیه ارائه شده است.

$$S = 0.039 \times \frac{\text{EXP}(3.14 \times b_g/B_g)}{b_g/B_g} \quad (۴)$$



شکل ۸- آستانه استغراق دریاچه سالونی در مقابل نسبت بازشدگی دریاچه ($\frac{b_g}{B_g}$)

دریاچه از نتایج آزمایشگاهی را در مقایسه با مقادیر محاسبه شده از رابطه ۷ نشان می‌دهد. مطابق این شکل، رابطه ۷ آستانه استغراق دریاچه سالونی را با حداکثر خطای نسبی $\pm 10\%$ برآورد می‌کند. از مزیت‌های عمده این رابطه بی‌بعد بودن آن و در نظر گرفتن مهم‌ترین پارامترهای موثر بر آستانه استغراق است. همانطور که گفته شد اندازه‌گیری پارامترهای مختلف جریان تنها در دو دبی ۲۵ و ۳۰ لیتر بر ثانیه نیز به‌عنوان یک محدودیت برای این رابطه مطرح می‌باشد. جدول ۲، محدوده تغییرات پارامترهای مختلف در این تحقیق را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

با رسم نمودار تغییرات عمق بالادست در مقابل عمق پایاب در هر زاویه و دبی ثابت، مشاهده شد در شرایط جریان آزاد عمق بالادست در مقابل عمق پایاب یک خط افقی است و در محل آستانه استغراق بلافاصله نمودار تغییرات عمق بالادست در مقابل عمق پایاب شیبدار خواهد شد. این نقطه شروع آستانه استغراق دریاچه سالونی در آن دبی و زاویه خاص خواهد بود. نمودارهای آستانه استغراق به‌عنوان یک راهنمای مناسب برای تعیین مرز بین جریان آزاد و مستغرق در محدوده‌ی پارامترهای ارائه شده در جدول ۲ قابل استفاده است. پارامترهای بی‌بعد موثر بر آستانه استغراق دریاچه سالونی، نسبت بازشدگی دریاچه ($\frac{b_g}{B_g}$)، عدد فرود جریان بالادست (Fr_1) و نسبت

عرض بازشدگی دریاچه به عمق جریان بالادست ($\frac{b_g}{y_0}$) می‌باشند.

به‌منظور ارزیابی روابط مختلف در تعیین آستانه استغراق دریاچه سالونی، از پارامترهای آماری به قرار جذر میانگین مربعات خطا^۱ RMSE، میانگین خطای نسبی^۲ MAPE و خطای نسبی^۳ RE که به ترتیب به صورت روابط ۹ تا ۱۱ تعریف شده‌اند، استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x_{measured} - x_{calculated})^2}{N}} \quad (9)$$

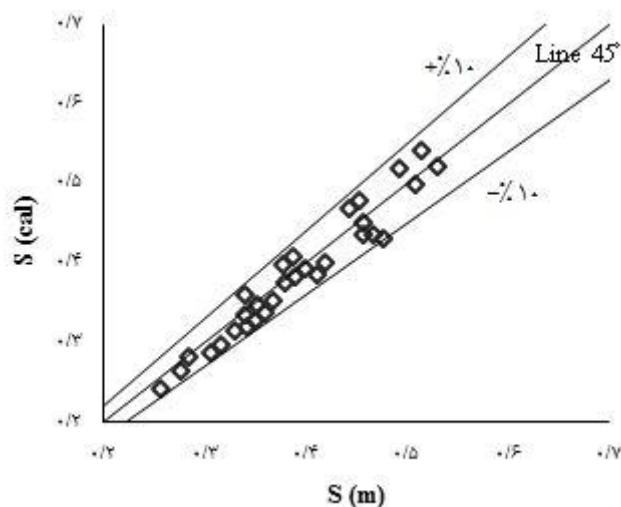
$$MAPE = \frac{\sum \left| 1 - \frac{x_{calculated}}{x_{measured}} \right|}{N} \times 100 \quad (10)$$

$$RE = \frac{x_{measured} - x_{calculated}}{x_{measured}} \times 100 \quad (11)$$

در این روابط، $x_{measured}$ مقدار اندازه‌گیری شده و $x_{calculated}$ مقدار محاسبه شده آستانه استغراق سازه است. جدول ۱، مقادیر پارامترهای آماری فوق را به ازای کاربرد روابط مختلف آستانه استغراق بدست می‌دهد. با توجه به آنالیز حساسیت انجام شده در جدول ۱، مهم‌ترین پارامترهای بی‌بعد موثر بر آستانه استغراق دریاچه سالونی، نسبت بازشدگی دریاچه و عدد فرود جریان بالادست ($\frac{b_g}{B_g}, Fr_1$) است. بنابراین به‌منظور تعیین آستانه استغراق دریاچه

سالونی، رابطه‌ی ارائه شده بر حسب دو پارامتر $\frac{b_g}{B_g}$ و Fr_1 (رابطه ۷)، پیشنهاد می‌شود. شکل ۹، مقادیر درونیابی شده آستانه استغراق

- 1- Root Mean Square Error
- 2- Mean Absolute Percentage Error
- 3- Relative Error



شکل ۹- مقایسه آستانه استغراق دریچه سالونی بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی و محاسبه شده از رابطه (۷)

جدول ۱- ارزیابی تاثیر پارامترهای بی بعد مختلف بر آستانه استغراق دریچه سالونی

$\frac{b_g}{B_g}$	$\frac{b_g}{y_0}$	Fr_1	$\frac{b_g}{B_g}, Fr_1$	$\frac{b_g}{y_0}, \frac{b_g}{B_g}, Fr_1$	عوامل موثر در روابط
(رابطه ۴)	(رابطه ۵)	(رابطه ۶)	(رابطه ۷)	(رابطه ۸)	پارامترهای آماری
۷/۶۹۶	۸/۱	۱۳/۵۶	۳/۷۷۹	۷/۴۶۹	RE (%)
۱۰/۶۹۷	۹/۶۶	۱۰/۸۱	۶/۲۷۹	۳/۴۴	MAPE (%)
۰/۰۴۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۲۹	۰/۰۳۵	RMSE

جدول ۲- محدوده تغییرات پارامترهای مختلف در این تحقیق

$\frac{y_t}{y_0}$	$\frac{b_g}{B_g}$	$\frac{b_g}{y_0}$	Fr_1	Re_1
۰/۰۵۴-۰/۹۱۷	۰/۲۹۳-۰/۶۵۸	۰/۵۶۳-۳/۰۷۵	۰/۲۷۸-۲/۱۳۱	۱۰۹۶۲۵/۱-۴۱۵۲۳۵/۵

منابع

بابائی فقیه محله، ر.، اسمعیلی ورکی، م و شفییعی ثابت، ب. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر مشخصات هندسی و شرایط هیدرولیکی بر عملکرد سازه تنظیم دبی دریچه سالونی- پارشال فلوم. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۴. ۴۹ : ۷۲۷-۷۱۷.

صادقی، س و منعم، م.ج. ۱۳۹۴. مقایسه دریچه سالونی و دریچه کشویی در کانال‌های آبیاری تحت شرایط آزمون‌های استاندارد ASCE. نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. اردیبهشت ماه، دانشگاه فردوسی مشهد.

نقائی، ر.، و منعم، م.ج. ۱۳۹۲. معرفی دریچه سالونی جهت تنظیم سطح آب در کانال‌های آبیاری و ارائه روابط هیدرولیکی آن.

مشاهده شد با افزایش $\frac{b_g}{y_0}$ ، آستانه استغراق دریچه نیز افزایش می‌یابد. روابط متعددی برای آستانه استغراق دریچه بر مبنای پارامترهای بی بعد موثر استنتاج شد. با توجه به آنالیز حساسیت انجام شده مشاهده شد که مهم ترین پارامترهای موثر بر آستانه استغراق دریچه $\frac{b_g}{B_g}$ و Fr_1 می‌باشند. لذا رابطه‌ی ارائه شده بر مبنای $\frac{b_g}{B_g}$ و Fr_1 (رابطه ۷)، برای برآورد آستانه استغراق سازه توصیه می‌شود. رابطه‌ی حاصل با حداکثر خطای نسبی $\pm 10\%$ آستانه استغراق دریچه سالونی را برآورد می‌کند که از نظر کاربردی مناسب است.

یوسفوند، ف.، منعم، م.ج و کاویانپور، م.ر. b. ۱۳۹۴. ارزیابی آزمایشگاهی و تحلیلی ضریب دبی دریچه سالونی در شرایط جریان مستغرق. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵. ۹: ۸۱۹-۸۱۱.

Aqua Systems 2000 Inc. 2013. Leaders in Water Management and Control, Available from: <http://www.as2i.net/products/control-gates/hydra-lopac-gate> [10september2013].

Langeman, p., Craig, k., Elser, p., and Allen, L. 2006. Irrigation Gate System. US Patent 7,114,878 B2.

Oad, R., and Kinzli, K.. 2006. SCADA Employed in Middle Rio Grande Valley to Help Deliver Water Efficiently. Newsletter of the water center at Colorado state university.

چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اسفندماه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

یوسفوند، ف.، و منعم، م.ج. a. ۱۳۹۳. معرفی دریچه سالونی و استخراج رابطه هیدرولیکی دبی در شرایط جریان آزاد. سیزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. آبان ماه، دانشگاه تبریز.

یوسفوند، ف.، و منعم، م.ج. b. ۱۳۹۳. استخراج معادله دبی دریچه سالونی به‌عنوان سازه نوین آب‌بند با فشردگی جانبی با استفاده از رابطه انرژی در شرایط جریان آزاد. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. مهر ماه، موسسه تحقیقات خاک و آب کرج.

یوسفوند، ف.، منعم، م.ج و کاویانپور، م.ر. a. ۱۳۹۴. برآورد معادلات جریان و ضریب دبی دریچه‌های سالونی در شرایط مستغرق. پذیرفته شده در مجله پژوهش آب ایران.

Determination the Relationship of Submergence Threshold for Lopac Gate in Different Flow Condition and Gate Opening

F. Yousofvand¹, M.J. Monem^{2*}, and M.R. Kavianpour³

Received: Jun.07, 2018

Accepted: Aug.26, 2018

Abstract

The submergence threshold of a structure is investigated to determine the boundary between free and submerged flows. Knowing the Submergence threshold of the structure, can help to estimate the discharge in free and submerged conditions with reasonable accuracy. Lopac gates are control structures used to regulate the flow in irrigation canals which has limited reported studies. In this study, the submergence threshold of the lopac gate in different gate opening was investigated. For this purpose, the lopac gate was studied under different hydraulic and operation conditions. Experiments were conducted on a laboratory model at Water Research Institute of Iran. Using the interpolation, the submergence threshold of the lopac gate is obtained for different values of opening angle and flow discharge based on the criteria of one, two and three percent of the depth variation. The graphs of the submergence threshold can be presented as a functional guide. The most important non-dimensional parameters affecting the submergence threshold of the lopac gate are the ratio of the gate opening to the gate width, and upstream Froud Number ($\frac{b_g}{B_g}$ and Fr_1). Accordingly, a relationship was found

for the submergence threshold of the lopac gate using experimental results in two discharge of 0.025 and 0.030 cms and based on the affecting non-dimensional parameters. The resultant relationship estimates the submergence threshold of the lopac gate with the maximum relative error of $\pm 10\%$ which is practically acceptable. In addition the derived figures of the submergence ratio are practical guidelines for determining the boundary between free and submerged flow for different conditions.

Keywords: Irrigation canals, Lopac Gate, Opening Angle, Submerged and Free Flow, Submergence threshold

1- Ph. D. Student of Hydraulic Structures, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Hydraulic Structures, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Professor, Department of Civil Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

(*- Corresponding Author Email: Monem_mj@modares.ac.ir)