رابطه دبی اشل بدون بعد در دریچه های قوسی با جریان آزاد[1]

محمد علی شاهرخ نیا و محمود جوان[2]

۱- چکیده:

مدیریت صحیح سازه‌های تنظیم و تحویل آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی از مباحث مهم آبیاری است. تعیین روابط بین پارامترهای هیدرولیکی این سازه‌ها، تصمیم‌گیری و مدیریت دقیق‌تر را امکان‌پذیر می‌سازد. در این تحقیق، با استفاده از یک روش آنالیز ابعادی، رابطه‌ای بدون بعد برای دبی دریچه‌های قوسی به دست آمد. این رابطه، دبی جریان را به عمق آب بالادست، عرض دریچه، و بازشدگی دریچه ربط می‌دهد و به تعیین یا تخمین ضریب دبی، که تعیین آن مشکل است، نیازی نیست. برای به دست آوردن رابطهٔ مورد نظر از یک سری داده‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده با محدوده دبی ۳۰ تا ۳۲۰ لیتر در ثانیه استفاده شد و پس از برازش بهترین منحنی ممکن بر این داده‌ها، نتیجه با سه سری دادهٔ اندازه‌گیری شدهٔ صحرایی با محدوده دبی ۰/۱۱ تا ۲۴۰ متر مکعب بر ثانیه مقایسه گردید.

نتایج نشان می‌دهد که رابطهٔ به‌دست آمده دارای متوسط خطای تخمین دبی ۲/۶ درصد و خطای استاندارد ۳ درصد است و تطابق خوبی با داده‌های اندازه‌گیری شده صحرایی دارد و بنابراین می-تواند به عنوان ابزار مناسبی برای تعیین دقیق دبی دریچه‌های قوسی و در نتیجه مدیریت بهتر شبکه‌های آبیاری دارای این سازه (مانند شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس) استفاده قرار شود.

۲- واژه های کلیدی:

جریان آزاد، دریچه قوسی، رابطه بدون بعد

۱- برگرفته از پایان نامه دکترای تخصصی

۲- به ترتیب عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، زرقان، دورنگار:۴۲۲۲۴۷۱-۰۷۱۱ و پیام نگار: shahrokh@shirazu.ac.ir و استادیار بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- پیشگفتار:

یکی از مباحث مهم در هیدرولیک کانالهای آبیاری، هیدرولیک سازه‌های واقع در این کانالهاست. یکی از مهمترین سازه‌های کنترل‌کنندهٔ جریان، دریچه‌های کشویی یا زیرگذر است که چون می توان یک رابطه دبی- اشل ساده برای آنها در نظر گرفت به عنوان وسایل اندازه گیری جریان کاربرد وسیعی دارند [٤]. متنوع بودن دریچه‌ها مقایسهٔ فنی و اقتصادی بین آنها را طلب می‌کند. یکی از انواع این دریچه‌ها دریچه‌های قوسی یا قطاعی است که مطالعات زیادی روی آن نشده است [۱، ۲، ۵، ۷-۹]. این نوع دریچه‌ها از مناسبترین دریچه‌ها در سازه‌های هیدرولیکی هستند که علاوه بر سهولت ساخت، نگهداری و بهره برداری از آنها با کمترین امکانات میسر است. از این دریچه‌ها در کانالهای آبیاری تا سازه‌های بزرگ هیدرولیکی نظیر سدها، به‌عنوان تنظیم کننده دبی جریان یا سطح آب استفاده می‌شود. دریچه‌های قوسی بیشتر برای جاهایی که دریچه‌های بزرگ مورد نیاز است کاربرد دارند و نسبتاً ساده، قابل اعتماد، و ارزان قیمت هستند [۷].

در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس که آب اراضی زراعی منطقه مرودشت و رامجرد را تأمین می‌کند و یکی از شبکه‌های آبیاری بزرگ و مدرن کشور است، ۵۷ عدد دریچه از این نوع موجود است. راندمان پایین این شبکه و شبکه‌های مشابه [٦] تحلیل و بررسی دقیق تر سازه‌های آن را طلب می‌کند.

فرو (Ferro, 2000) با استفاده از ۱۳ سری دادهٔ اندازه‌گیری شده در یک فلوم آزمایشگاهی و روش آنالیز ابعادی، معادلهٔ بدون بعد ساده‌ای را برای دریچه‌های کشویی تخت ارائه کرده است. او بدون مقایسهٔ رابطهٔ خود با داده‌های صحرایی فقط با استفاده از این تعداد کم دادهٔ آزمایشگاهی، صحت رابطهٔ بدون بعد به‌دست آمده برای دریچه‌های کشویی تخت را تأیید کرد.

با توجه به ساده و کاربردی بودن رابطه‌ای که فرو برای دریچه‌های کشویی تخت ارائه داد، در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از روش آنالیز ابعادی ارائه شدهٔ فرو و تعداد بیشتری داده اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، رابطهٔ بدون بعد دبی- اشل برای دریچه‌های قوسی با جریان آزاد پیشنهاد و صحت رابطهٔ به دست آمده با استفاده از چند سری دادهٔ صحرایی بررسی شود. در صورت معتبر بودن رابطهٔ ارائه شده، بهره‌برداری از این دریچه‌ها و مدیریت شبکه‌های آبیاری مجهز به این سازه ساده‌تر می‌شود.

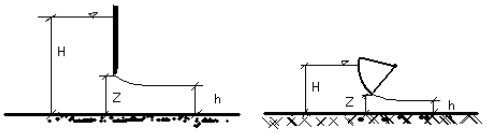
۴- روش تحقیق:

در این تحقیق با استفاده از روشی که فرو (Ferro, 2000) ارائه کرد، رابطه‌ای بدون بعد به عنوان رابطهٔ دبی- اشل برای دریچه‌های قوسی ارائه و صحت این رابطه با سه سری داده صحرایی کنترل شد. در اینجا ابتدا به شرح روش مزبور پرداخته می‌شود.

- روش Ferro در دریچه‌های کشویی تخت

با توجه به شکل شمارهٔ ۱، معادلهٔ کلی جریان آزاد برای دریچه‌های کشویی تخت و قوسی به صورت زیر بیان می‌شود [۵]:

$$Q = C.L.Z\sqrt{2gH} \qquad (۱)$$



شکل شمارهٔ ۱ - جریان آزاد در دریچه های قوسی و تخت

که در آن Q= دبی عبوری از زیر دریچه، L= عرض دریچه، Z= ارتفاع بازشدگی دریچه، g = شتاب جاذبهٔ زمین، H= عمق آب در مقطع بالادست دریچه و C= ضریب دبی است. ضریب دبی تأثیر پارامترهایی مانند لزوجت آب، سرعت، آشفتگی جریان، توزیع غیر یکنواخت سرعت و شکل دریچه را در بر دارد و در شرایط یکسان از نظر خصوصیات جریان، مقدار C برای شکلهای مختلف دریچه‌ها متفاوت است. رابطهٔ شمارهٔ ۱ با کاربرد معادلهٔ برنولی بین مقطع بالادست دریچه و مقطع کنترلی به دست آمده است.

اگر K عمق بحرانی جریان در کانال مستطیلی باشد، می‌توان نوشت:

$$K=Q^{2/3}\,L^{-2/3}\,g^{-1/3} \qquad (۲)$$

فرو (Ferro, 2000) با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۲، رابطهٔ شمارهٔ ۱ را به صورت زیر بیان کرده است:

$$\frac{H}{Z}=\frac{1}{2C^2}\left(\frac{K}{Z}\right)^3 \qquad (۳)$$

فرو فرض کرد که دبی، عمق آب بالادست، عـــرض دریچه، شتاب جاذبه، بازشدگی دریچـه، و لزوجت عوامل مؤثر دریچه قوسی هستند یعنی:

$$F(Q, H, L, Z, g, \mu)=0 \qquad (٤)$$

و با استفاده از آنالیز ابعادی نتیجه گرفت:

$$\frac{H}{Z}=\phi\left(\frac{Q^2}{gZ^5},\frac{L}{Z}\right) \qquad (٥)$$

است که F و ϕ نشانگر تابع هستند و چون:

$$\left(\frac{Q^2}{gZ^5}\right)^{1/3}\Big/\left(\frac{L}{Z}\right)^{2/3}=K/Z \qquad (٦)$$

است می‌توان گفت که (H/Z) به‌صورت تابعی از (K/Z) قابل بیان است، یعنی:

$$(H/Z= f\,K/Z) \qquad (٧)$$

چون وقتی K/Z به سمت صفر و بینهایت میل می‌کند، H/Z نیز به ترتیب به سمت صفر و بینهایت میل خواهد کرد رابطهٔ شماره ۷ را به صورت زیر می‌توان در نظر گرفت:

$$\frac{H}{Z}=a(K/Z)^n \qquad (٨)$$

که a , n ثابتهایی عددی هستند که از طریق آزمایش و به صورت تجربی تعیین می‌شوند. فرو (Ferro, 2000) با استفاده از یک فلوم آزمایشگاهی که دریچه‌ای کشویی وتخت و از نوع لبه تیز و لبه پهن در آن قرار داشت در دبی‌های ٤ تا ۵۰ لیتر در ثانیه داده‌های مورد نیاز را برای تعیین a و n به دست

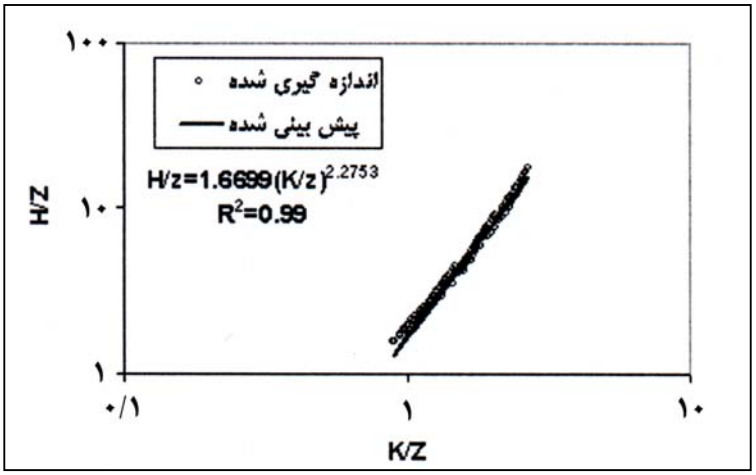
آورد. مقادیر a و n برای دریچه کشویی تخت لبه تیز به ترتیب ۱/٦۳۸۸ و ۲/٦٤٥٦ و برای دریچه کشویی تخت لبه پهن به ترتیب ۰/۸۵۸۸ و ۲/۵۳۳۹ به دست آمد و منحنی برازش داده شده همخوانی خوبی را با داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد[۳].

- بررسی دریچه‌های قوسی با استفاده از روش Ferro

معادلهٔ عمومی جریان در دریچه‌های قوسی و دریچه‌های تخت یکی است و تفاوت آنها در شکل دریچه و در نتیجه در ضریب دبی آنهاست. محققان قبلی [۲ و ۸] عوامل دیگری مانند شعاع قطاع دریچه، فاصلهٔ محور دریچه تا کف کانال، و زاویهٔ لبهٔ دریچه را نیز بر دبی دریچه قوسی مؤثر دانسته‌اند و ضریب دبی را به این عوامل ربط داده‌اند. در روش بدون بعد ارائه شده، ضریب دبی وجود ندارد و اثر خود را در مقادیر عددی a و n می‌گذارد یعنی عوامل دیگر اثر خود را به طور غیر مستقیم در رابطه گذاشته اند. بنابراین باید بتوان روش مذکور را برای دریچه‌های قوسی نیز به‌کار برد. بدیهی است ضرایب معادلهٔ به‌دست آمده با ضرایب معادله مربوط به دریچه‌های کشویی تخت تفاوت خواهد داشت.

نحوه استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۸ بستگی به نیاز استفاده کننده دارد. در این رابطه، ترم مربوط به عمق آب (H/Z) به صورت تابعی از ترم دبی (K/Z) تعریف می‌شود. این شکل از معادله برای حالاتی کاربرد دارد که دبی معلوم است و عمق آب بالادست باید محاسبه شود. برای مثال، در شبکه آبیاری درودزن فارس دریچه‌های قوسی واقع بر کانالهای درجه ۱ و ۲، سطح آب ثابتی را برای آبگیرهای بالادست تأمین می‌کنند که از نوع روزنه-های دریچه دار با بار ثابت هستند. در این صورت با داشتن دبی کانال و با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۸ می‌توان عمق آب بالادست آبگیرها را تخمین زد. اگر هدف تخمین دبی دریچه قوسی با استفاده از عمق آب بالادست باشد می‌توان به راحتی ترم مربوط به دبی را به طرف چپ رابطه و ترم مربوط به عمق آب را به طرف راست برد و شکل رابطه را عوض کرد. از آنجا که یکی از اهداف تحقیق حاضر بررسی روش فرو است همان حالت اول (تخمین عمق آب بر اساس دبی) که او در نظر گرفته است انتخاب شده است.

برای تعیین رابطهٔ دبی اشل از این روش از داده‌های اندازه‌گیری شده بویالسکی (Buyalski, 1983) استفاده شد. او در یک فلوم آزمایشگاهی، که در آن دریچه‌ای قوسی نصب شده بود، ۱۳۹ اندازه‌گیری دبی و عمق جریان در حالت آزاد و در عمقهای متفاوت بازشدگی دریچه انجام داد. در تحقیق حاضر از این داده‌ها استفاده گردید و معادله‌ای به فرم رابطهٔ شمارهٔ ۸ به این داده‌ها برازش داده شد و ضرایب این معادله به دست آمد. سپس با استفاده از سه سری داده اندازه گیری شده در مزرعه



شکل شماره ۲ - مقایسه رابطه ۹ با داده های آزمایشگاهی دریچه قوسی آزاد

که نویسندگان، صفری نژاد (۱۳۷۰) و اسپیرلی و هاگر (Speerli & Hager, 1999) گزارش داده‌اند، صحت رابطهٔ به دست آمده بررسی شد.

فرو می‌گوید وقتی دبی و در نتیجه (K/Z) به سمت صفر میل می‌کند عمق آب یا (H/Z) نیز به سمت صفر میل خواهد کرد و به همین دلیل رابطهٔ (K/Z) و (H/Z) را به صورت رابطهٔ شمارهٔ ۸ تعریف کرده است. اما واضح است که در دریچه قوسی مقدار (H/Z) همیشه بزرگ‌تر از یک است چون اگر کوچک‌تر از یک باشد بدین معنی است که عمق آب از بازشدگی دریچه کم‌تر است و در این حالت روابط حاکم بر دریچه‌های قوسی بر جریان حاکم نیست. بنابراین ممکن است رابطهٔ بین (K/Z) و (H/Z) را به صورتهای دیگر نیز بتوان تعریف کرد. در تحقیق حاضر برای بررسی این موضوع رابطهٔ بین (K/Z) و (H/Z) به چند صورت دیگر نیز فرض شده و با داده‌های اندازه‌گیری شدهٔ آزمایشگاهی و صحرایی مقایسه گردیده است.

۵- یافته‌ها:

در تحقیق حاضر با برازش معادلهٔ شمارهٔ ۸ به داده‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه ضرایب a و n این معادله به دست آمد. بنابراین، رابطهٔ حاکم بر جریان آزاد در دریچه های قوسی را به صورت زیر می‌توان بیان کرد:

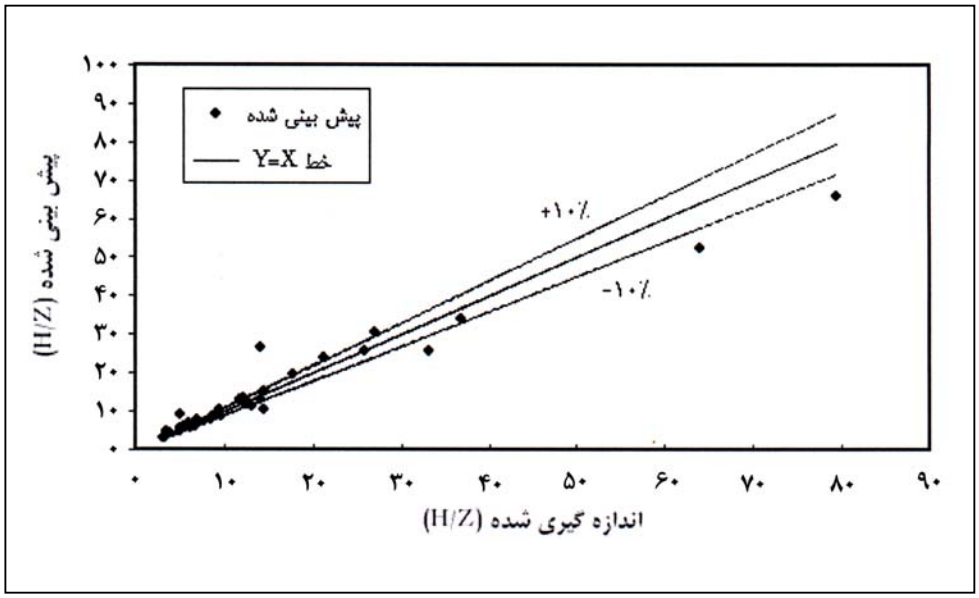
$$H/Z=1.6699(K/Z)^{2.2753} \qquad R^2=0.99 \qquad (۹)$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود رابطه به دست آمده ضریب تعیین (R^2) بالایی دارد و با توجه به شکل شمارهٔ ۲ نیز مشاهده می‌شود که این رابطه همخوانی خوبی با داده‌های آزمایشگاهی دارد.

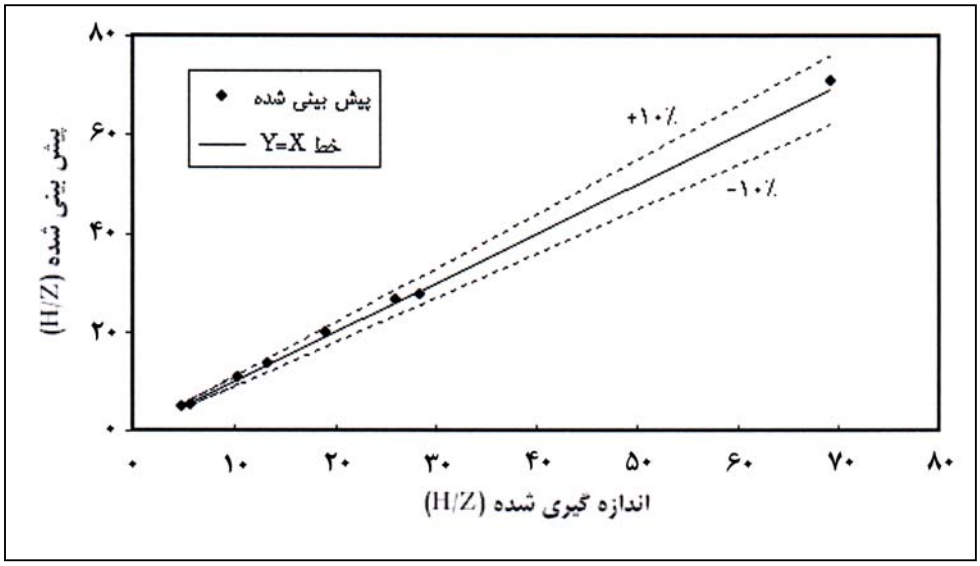
متوسط خطای تخمین دبی و خطای استاندارد رابطه فوق به ترتیب ۲/٦ و ۳ درصد است. با توجه به شکل، خطای کم، و ضریب تعیین بالای معادله به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که رابطهٔ شماره ۹ می‌تواند برای بررسی جریان آزاد در دریچه‌های قوسی رابطه ای مناسب باشد. برای اطمینان بیشتر از

صحت رابطهٔ فوق، این رابطه با داده‌های صحرایی نیز مقایسه شد. بدین منظور از سه سری داده های اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای از دریچه‌های قوسی در شرایط متفاوت استفاده شد. سری اول داده‌های مزرعه‌ای مربوط به صفری نژاد (۱۳۷۰) است که از شبکهٔ آبیاری و زهکشی درودزن فارس برداشت شده است. این شبکه دارای ۵۷ دریچهٔ قوسی با ابعاد متفاوت است که کار کنترل جریان را در کانالهای اصلی به عهده دارند. این داده‌ها شامل ٤٠ اندازه-گیری از دبی جریان، عمق آب بالادست دریچه، ارتفاع بازشدگی دریچه، و عرض دریچه است. دبی این دریچه‌ها در لحظهٔ اندازه‌گیری بین ۰/۱۵۱ تا ۱۱/۲۸ متر مکعب بر ثانیه، عرض دریچه بین ۱ تا ٤ متر، و بازشدگی دریچه بین ١٤ تا ۷۲۲ میلی متر متغیر بوده است. شکل شمارهٔ ۳ مقایسهٔ این داده‌ها را با رابطهٔ شمارهٔ ۹ نشان می دهد.

سری دوم داده‌های صحرایی مربوط به نویسندگان است که این داده‌ها نیز از شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس برداشت شده و شامل ۸ اندازه‌گیری است. شکل شمارهٔ ٤ این داده‌های صحرایی را با رابطهٔ شمارهٔ ۹ مقایسه می‌کند. در این سری داده، دبی جریان بین ۰/۱۱ تا ۳/٤ متر مکعب بر ثانیه، عرض دریچه بین ۲ تا ٤ متر، و بازشدگی دریچه بین ۱۳ تا ۲٤۸ میلیمتر متغیر بوده است. داده‌های صحرایی اندازه‌گیری شده مربوط به این سری در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است.



شکل شماره ۳- مقایسه رابطه ۹ با سری اول داده های صحرایی



شکل شمارهٔ ۴- مقایسه رابطه ۹ با سری دوم داده های صحرایی

جدول شمارهٔ ۱- داده‌های اندازه‌گیری شدهٔ صحرایی از چند دریچه قوسی موجود در شبکه آبیاری درودزن (توسط مولفین)

محل دریچه و ایستگاه آن (کیلومتر)	عمق آب بالادست (متر)	دبی دریچه (متر مکعب بر ثانیه)	عرض دریچه (متر)	بازشدگی دریچه (متر)
RBSC:0+000	۲/۳۲	۳/٤۰	۳	۰/۲۲۳
RBSC:2+400	۱/٤۰	۳/۳٥	٤	۰/۲٤۸
RBSC: 7+600	۱/۱۱	۲/۷۰	٤	۰/۲۲٥
RBSC:10+200	۱/۲۸	۱/٤۸	٤	۰/۰۹٦
RBSC:14+680	۱/۲۷	۱/۱۰	٤	۰/۰٦۷
RBSC:17+770	۱/۲٦	۰/٦۲	۳	۰/۰٤۹
RBSC:18+720	۰/۸۸	۰/۳۳	۳	۰/۰۳۱
LH-38:6+600	۰/۹۰	۰/۱۱	۲	۰/۰۱۳

سری سوم، داده‌های گزارش شدهٔ اسپیرلی و هاگر (Speerli and Hager, 1999) است که شامل ۷ اندازه‌گیری از دریچه‌های قوسی بزرگ بوده است. در این داده‌ها دبی جریان بین ٦٤/۲۲ تا ۲۳۹/٦ مترمکعب بر ثانیه، عرض دریچه بین ۱۳/٤۱ تا ۲۸ متر، و مقدار بازشدگی دریچه بین ۸۱٦ تا ۱۹٥۹ میلیمتر متغیر بوده است. مقایسه این سری از داده‌ها با رابطهٔ شماره ۹ در شکل شمارهٔ ٥ آورده شده است.

همان گونه که مشاهده می‌شود، هر سه سری داده‌های اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای انطباق بسیار خوبی با رابطهٔ شماره ۹ دارند. لذا می‌توان توصیه کرد که از رابطه فوق در اندازه گیریهای صحرایی استفاده شود.

نکته دیگر قابل بحث در مورد روش ارائه شده توسط فرو، مقایسهٔ رابطهٔ بدون بعد ارائه شده با رابطهٔ شمارهٔ ۳ است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در رابطهٔ شمارهٔ ۳ ضریب دبی (C) وجود دارد در حالی‌که در فرم بدون بعد، ضریب دبی حذف شده است. این خصوصیت یکی از محاسن رابطهٔ بدون بعد ارائه شده است زیرا تخمین دقیق ضریب دبی در عمل معمولا مشکل است. حذف ضریب دبی مشکلی ایجاد نمی‌کند و اثر خود را در ضرایب معادله می‌گذارد. بنابراین مشاهده می‌شود که نمای (K/Z) در رابطه‌های شمارهٔ ۳ و ۹ که به ترتیب ۳ و ۲/۲۷۵۳ است تفاوت دارد.

علاوه بر رابطهٔ شمارهٔ ۹، روابط دیگری نیز بر داده‌های آزمایشگاهی موجود برازش داده شد که از میان آنها سه رابطه زیر به خوبی نشان دهندهٔ تغییرات دو پارامتر بدون بعد H/Z , K/Z هستند.

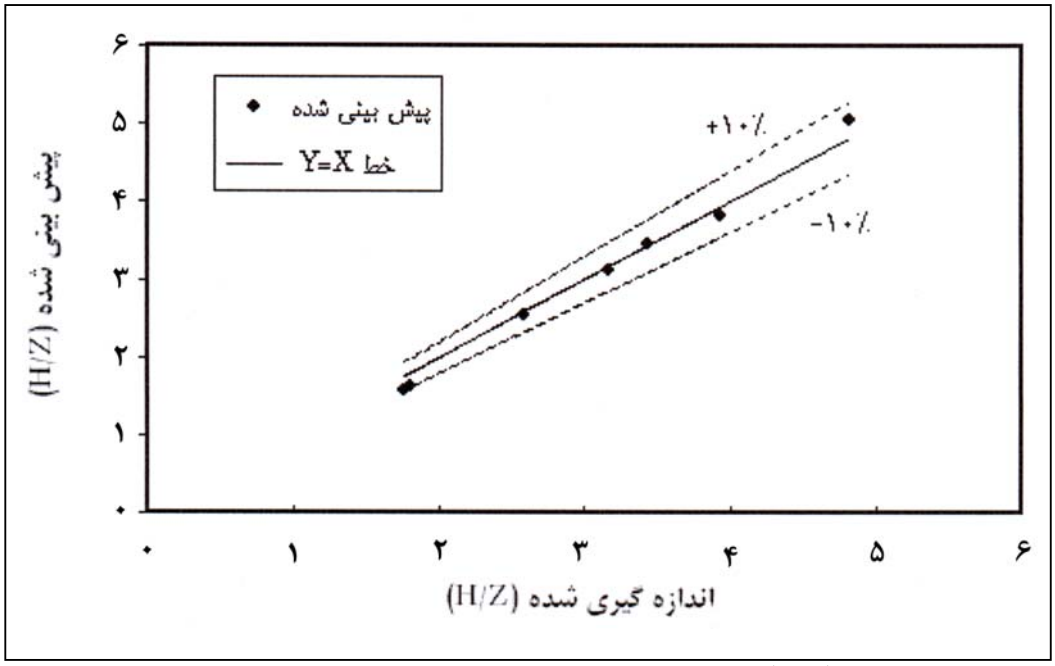
$$H/Z=Exp\,[0.5127+2.2754\,Ln(K/Z)] \quad R^2=0.99 \qquad (10)$$

$$H/Z=1.3151\,Exp\,(K/Z)-1.7908 \quad R^2=0.99 \qquad (11)$$

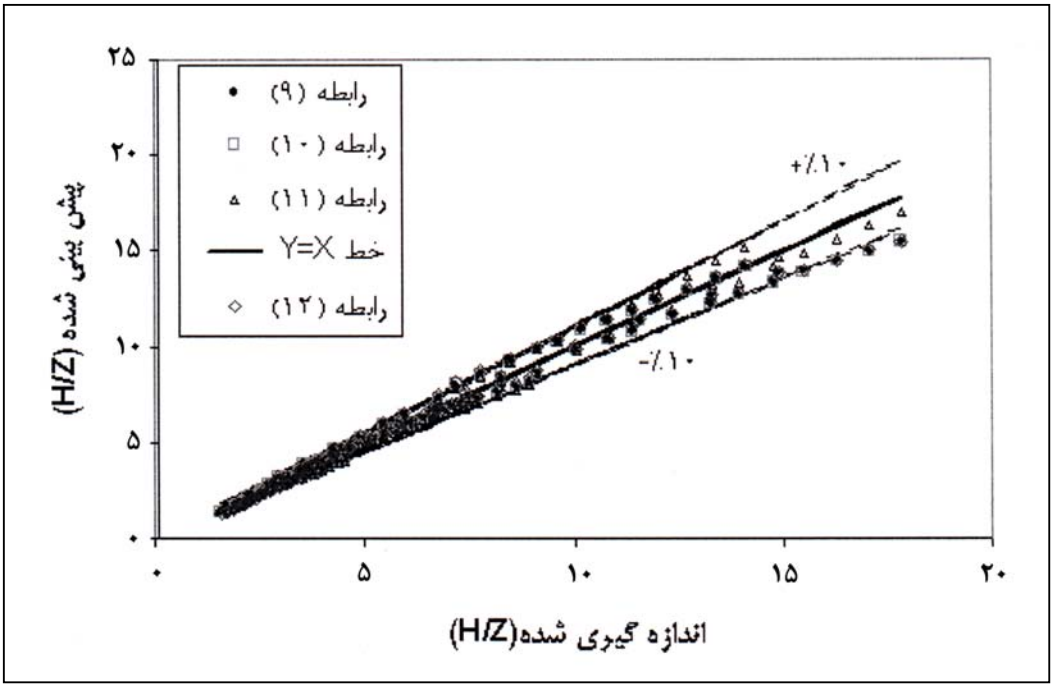
$$H/Z=(1.6164\,(K/Z)-0.3661)^2 \quad R^2=0.99 \qquad (12)$$

مقایسهٔ روابط شمارهٔ (۱۰، ۱۱، و ۱۲) با داده‌های اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه در شکل شمارهٔ ٦ مشاهده می‌شود. متوسط خطای تخمین دبی و خطای استاندارد رابطهٔ شماره ۱۰ به ترتیب ۲/٦ و۳ درصد، برای رابطهٔ شماره ۱۱ به ترتیب ۲/۳ و ۲/۷ درصد، و برای رابطهٔ شماره ۱۲ نیز به ترتیب ۲/٦ و ۳ درصد است. شکل شمارهٔ ۷ مقایسهٔ روابط شمارهٔ ۱۰، ۱۱، و ۱۲ را با کل داده‌های صحرایی نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که روابط شمارهٔ ۱۰ و ۱۲ همخوانی خوبی با داده‌های صحرایی نشان می‌دهند در حالی که رابطهٔ شمارهٔ ۱۱ با وجود داشتن خطای کمتر نسبت به روابط شمارهٔ ۱۰ و ۱۲، با داده‌های صحرایی تطابق خوبی ندارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر فرم ارائه شده توسط فرو، فرمهای مناسب دیگری از رابطهٔ (K/Z) و (H/Z) می‌تواند وجود داشته باشد که البته لازم است تطابق آنها با داده‌های صحرایی به اثبات برسد و سپس به کار گرفته شود.

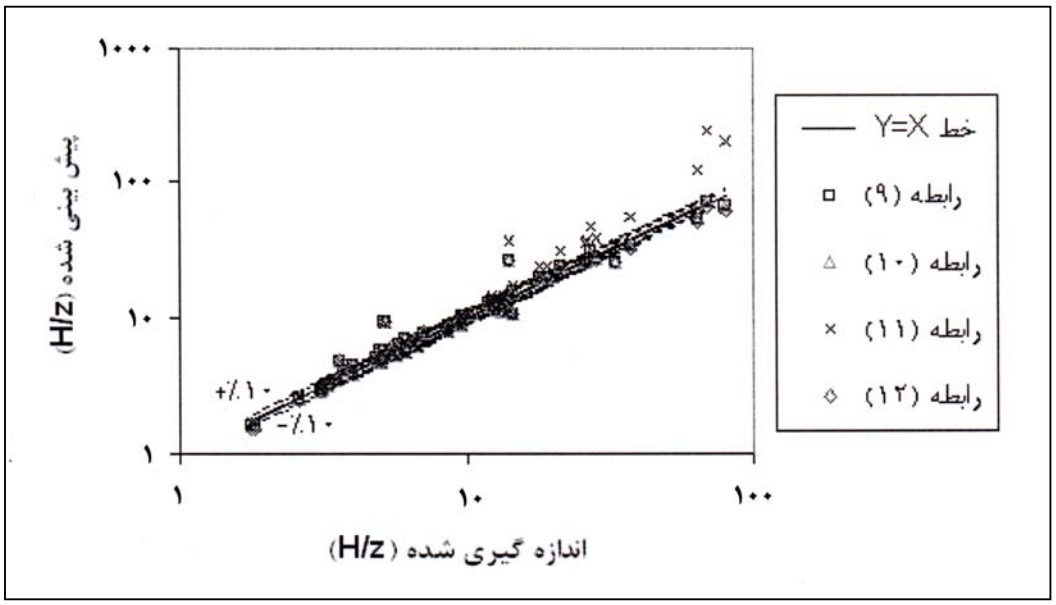
از مقایسهٔ رابطهٔ شمارهٔ ۹ با رابطه‌ای که برای دریچه‌های تخت لبه تیز و لبه پهن به دست آمده است مشاهده می‌شود که ضرایب a و n در این معادلات با هم تفاوت زیادی دارند که دلیل آن تفاوت شکل دریچه‌های کشویی تخت و قوسی و ضرایب دبی آنهاست. بنابراین، برای انواع مختلف دریچه‌ها لازم است که ضرایب رابطه به طور جداگانه به دست آید.



شکل شمارهٔ ۵- مقایسهٔ رابطهٔ ۹ با سری سوم داده های صحرایی



شکل شمارهٔ ۶- مقایسهٔ مقادیر تخمینی از روابط ۱۰، ۱۱و ۱۲ با مقادیر اندازه‌گیری شده آزمایشگاهی



شکل شماره ۷- مقایسه مقادیر تخمینی از روابط ۱۰، ۱۱و ۱۲ با مقادیر اندازه گیری شده صحرایی

۶-کاوش:

مشاهده شد که روش ذکر شده برای بی بعد کردن معادلات جریان در دریچه‌های قوسی، روش مناسبی است. با استفاده از این معادلات می‌توان بدون احتیاج به تبدیل مقیاسها به یکدیگر در عمل و به هنگام آبیاری مدیریت بهتری را روی سازه‌های شبکه‌های آبیاری اعمال کرد. میرابها و مسئولان تنظیم دریچه‌های شبکه‌های آبیاری با استفاده از این روابط ساده می‌توانند به سرعت دریچه‌ها را تنظیم و مقدار آب تحویلی به هر واحد زراعی را تعیین و بررسی کنند. علاوه بر این، با توجه به اینکه جهت بررسی صحت و اعتبار این روش از داده‌های شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس استفاده شده است می‌توان با اطمینان بیشتر گفت که این معادلات برای این شبکه و شبکه‌های آبیاری مجهز به سازه‌های مشابه مفید خواهد بود. به علاوه از آنجا که دریچه-های قوسی کاربرد فراوانی در سدهای مخزنی و انحرافی دارند از این روابط می‌توان به‌منظور تنظیم سریع این نوع دریچه‌ها در هنگام سیلاب بهره جست. داده‌هایی که اسپیرلی و هاگر دریچه‌های قوسی بزرگ در دبی‌های زیاد گزارش داده‌اند صحت این امر را تأیید می‌کند (شکل شمارهٔ ۵).

۷- مراجع:

۱- صفری نژاد، د. ۱۳۷۰. تعیین روابط حاکم بر میزان دبی دریچه‌های قوسی نصب شده بر روی کانالهای آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز. ایران.

2-Buyalski, C. P. 1983. Discharge algorithms for canal radial gates. USBR. Denver. Colorado.

3-Ferro, V. 2000. Simultaneous flow over and under a gate. J. Irrig. Drain. Eng., ASCE. 126 (3), 190-193.

4-Freneh, R. H. 1986. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill. New York.

5-Jain, S. C. 2001. Open-channel flow. John Wiley & Sons Inc.

6-Javan, M., Sanaee-Jahromi, S. and Fiuzat, A. A. 2002. Quantifying management of irrigation and drainage systems. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 128 (1), 19-25.

7-Mays, L. W. 2001. Water resources engineering. John Wiley & Sons Inc.

8-Metzler, D. E. 1948. A model study of tainter gate operation. Ms. Thesis. State University of Iowa. Iowa City. Iowa.

9-Speerli, J. and Hager, W. H. 1999. Irrotational flow and real fluid effects under planar sluice gates. J. Hyd. Eng. ASCE. 126 (2), 208-213.

10-Toch, A. 1955. Discharge characteristics of tainter gates. ASCE Trans. 120, 290-300.

Dimensionless Stage-Discharge Relationship for Free Flow Radial Gates

M. A. Shahrokhnia and M. Javan

Defining the relationship between hydraulic parameters of structures helps us to manage the system properly. In this study by using a dimensional analysis method, a dimensionless equation was obtained for radial gates. In this equation water depth at up stream section, gate width, gate opening, and discharges are included. Discharge coefficient which is difficult to estimate is not included in the equation. Using a series of laboratory measured data, the best equations which could be fitted the data were obtained. Later by using three series of field measured data the equations were validated and tested. The ranges of discharge in laboratory and field measured data were 30 to 320 ls^{-1} and 0.11 to 240 m^3s^{-1}, respectively. Results showed that the obtained equation could be fitted to laboratory and field measured data very well. It could also be used as a proper tool for management of radial gates in irrigation and drainage projects like Doroodzan project in Fars province, southern Iran.

Keywords: Dimensionless Relationship, Free Flow, Radial Gate