



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی عمران

کاربرد مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی در تعیین ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری

Discharge Coefficient of Side Weirs, Using Neural-Networks and ANFIS Models

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب

مسعود آقاچان عبدا...

اساتید راهنما:

دکتر عبدالرضا کبیری سامانی
دکتر سید رضا حجازی طاقانکی

بهار ۱۳۸۹

چکیده

سرریزهای کناری از انواع سازه‌های هیدرولیکی هستند که با اهداف مختلف در سیستم‌های انتقال آب، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و شبکه‌های فاضلاب شهری به کار گرفته می‌شوند. از کاربردهای سرریزهای کناری می‌توان به آب‌گیری کانال‌های فرعی از کانال اصلی و انتقال آب به اهداف مورد نظر، کنترل دبی و انحراف سیلاب و دبی مازاد در رودخانه‌ها و کانال‌ها، انتقال و انشعاب فاضلاب‌های شهری، جداسازی رسوب و کاهش بار بستر اشاره نمود. رفتار هیدرولیکی جریان در مقطع کانال با سرریز کناری از نوع جریان متغیر مکانی با کاهش دبی است. تحقیقات و مطالعات صورت گرفته در خصوص سرریزهای کناری، بیشتر به مشخصات هیدرولیکی سرریز معطوف بوده است. گرچه در حال حاضر مطالعات زیادی در ارتباط با هیدرولیک جریان عبوری از سرریزهای کناری انجام شده است، ولی مروری بر تاریخچه موضوع نشان می‌دهد، تحقیق و بررسی در این زمینه به خصوص در ارتباط با فرم‌های مختلف هندسی سرریز و نحوه استقرار آنها در کانال انحرافی نسبت به کانال اصلی، هم‌چنان از اهمیت خاصی برخوردار است. این مطالعات می‌توانند به دو روش نظری و تجربی صورت پذیرند. در روش اول می‌توان به تکمیل مدل‌های ریاضی موجود و یا ارائه مدل‌های جدید و کامل‌تر پرداخت. اما به‌دست آوردن یک مدل صرفاً ریاضی که بدون استفاده از ضرایب تجربی بتواند پارامترهای مختلف را با توجه به مقدار تأثیرشان در نظر گیرد و جواب‌های دقیق ارائه کند، به نظر مشکل می‌رسد. در روش دوم می‌توان با انجام آزمایش روی مدل آزمایشگاهی، روابط تجربی برای تحلیل این جریان‌ها ارائه نمود. هم‌چنین، با توجه به گسترش استفاده از مدل‌های داده‌محور در علوم مختلف و قابلیت این مدل‌ها در پیش‌بینی رفتار توابع غیرخطی پیچیده و وجود پیچیدگی ارتباط بین پارامترهای هیدرولیکی سرریز و جریان، از این مدل‌ها (مانند مدل شبکه عصبی و مدل عصبی - فازی تطبیقی)، می‌توان برای پیش‌بینی رفتار سرریزهای کناری لبه‌تیز مستطیلی و منقاری در پلان استفاده نمود. در این راستا در این تحقیق به مطالعه جامع‌تر ویژگی‌های هیدرولیکی سرریزهای کناری لبه‌تیز مستطیلی و منقاری در پلان با استفاده از مدل‌های داده‌محور یاد شده برای پیش‌بینی ضریب تخلیه جریان و دبی عبوری جریان از روی سرریزهای کناری مذکور پرداخته شده است. بررسی نتایج به‌دست آمده از مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی در مقایسه با روابط پیشنهاد شده توسط محققین نشان می‌دهد، مدل‌های مذکور در پیش‌بینی ضریب تخلیه جریان و دبی عبوری جریان از روی سرریز از دقت بالاتری برخوردارند. در این تحقیق دو رویکرد برای تعیین ضریب تخلیه جریان در پیش‌گرفته شده است. یک بار ضریب تخلیه جریان و مرتبه دیگر دبی جریان به عنوان خروجی هدف استفاده شده است. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی در پیش‌بینی ضریب تخلیه جریان سرریز کناری لبه‌تیز مستطیلی و مدل عصبی - فازی تطبیقی در پیش‌بینی ضریب تخلیه جریان سرریز کناری منقاری در پلان، خروجی بهتری ارائه می‌دهند.

کلمات کلیدی: سرریز کناری لبه‌تیز، سرریز کناری منقاری، ضریب تخلیه جریان، مدل شبکه عصبی، مدل عصبی - فازی تطبیقی.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست اشکال و تصاویر	سیزده
فهرست جداول	هفده
فهرست نمادها	هجده
چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- انواع سرریزها	۲
۱-۲-۱- انواع سرریز از نظر نحوه عملکرد	۳
۲-۲-۱- انواع سرریز از نظر نحوه تنظیم	۳
۳-۲-۱- انواع سرریزها از نظر شکل هندسی	۳
الف) سرریز از نوع پیوند (اوجی)	۳
ب) سرریز پلکانی	۴
ج) سرریز نیلوفری (تنوره‌ای یا لاله‌ای)	۴
د) سرریز تنداب (شوت)	۴
ه) سرریز منقاری (کنگره‌ای)	۴
و) سرریز جانبی	۴
ز) سرریز کناری	۵
ز-۱) سرریزهای کناری ساده	۶
ز-۲) سرریزهای کناری مایل	۶
ز-۳) سرریزهای کناری منقاری (کنگره‌ای)	۶
۳-۱- مدل‌های داده‌محور و انواع آن	۸
۱-۳-۱- محاسبات نرونی (شبکه عصبی)	۹

۱۰	..... پیشینه مدل شبکه عصبی
۱۱	..... منطق فازی
۱۲	..... مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی
۱۳	..... پیشینه منطق فازی و مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی
۱۴	..... روند ارائه مطالب در این تحقیق

فصل دوم: مبانی نظری و روابط حاکم

۱۵	..... مقدمه
۱۵	..... جریان متغیر مکانی
۱۵	..... معادله دینامیکی جریان متغیر مکانی با کاهش دبی
۱۶	..... روش معادله انرژی
۱۷	..... روش معادله اندازه حرکت (مومتم)
۱۸	..... ساختار مدل شبکه عصبی پرسپترون
۲۰	..... الگوریتم پس انتشار خطا در شبکه‌های پیش خور
۲۵	..... مفاهیم پایه منطق فازی
۲۵	..... (۱) شباهت و تفاوت مجموعه‌های کلاسیک و مجموعه‌های فازی
۲۶	..... (۲) مفهوم تابع عضویت
۲۷	..... (۳) اعداد فازی
۲۷	..... (۴) استدلال قیاس استثنایی تعمیم یافته
۲۷	..... (۵) متغیرهای زبانی
۲۸	..... (۶) سیستم‌های استنتاج فازی
۲۹	..... مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی (ANFIS)
۳۳	..... جمع‌بندی

فصل سوم: پیشینه مطالعات انجام شده

۳۴	..... مقدمه
۳۵	..... پیشینه مطالعات هیدرولیکی در ارتباط با سرریزهای کناری
۴۰	..... کاربرد مدل شبکه عصبی در علوم مهندسی آب
۴۰	..... ۱-۳-۳ مطالعات مدیریت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل شبکه عصبی
۴۳	..... ۲-۳-۳ مطالعات هیدرولیکی با استفاده از مدل شبکه عصبی
۴۴	..... ۳-۳-۳ مطالعات مدیریت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل‌های منطق فازی و عصبی - فازی تطبیقی
۴۶	..... ۴-۳-۳ مطالعات هیدرولیکی با استفاده از مدل‌های منطق فازی و عصبی - فازی تطبیقی

۴۸ ۴-۳ جمع بندی

فصل چهارم: مدل سازی ضریب تخلیه جریان با استفاده از مدل های شبکه عصبی و شبکه عصبی - فازی تطبیقی

۴۹ ۱-۴ مقدمه

۴۹ ۲-۴ داده های مورد استفاده در مدل های داده محور

۵۰ ۳-۴ مدل شبکه عصبی

۵۵ ۴-۴ مدل عصبی - فازی تطبیقی

۶۲ ۵-۴ کاربرد مدل های شبکه های عصبی و عصبی - فازی تطبیقی در تخمین ضریب دبی سرریزهای کناری

۶۲ ۱-۵-۴ تحلیل ابعادی و پارامترهای مؤثر

۶۳ ۲-۵-۴ متدلوژی مورد استفاده در این تحقیق

۶۳ الف) مشخصات داده ها

۶۳ ب) استقلال داده ها

۶۴ ج) مشخصات مدل شبکه عصبی

۶۵ د) مشخصات مدل عصبی - فازی تطبیقی

۶۶ ه) توابع خطا

۶۷ ۶-۴ جمع بندی

فصل پنجم: تحلیل نتایج

۶۸ ۱-۵ مقدمه

۶۸ ۲-۵ نتایج به دست آمده از مدل شبکه عصبی در تخمین ضریب تخلیه جریان

۶۸ ۱-۲-۵ سرریز کناری لبه تیز مستطیلی

۶۸ الف) توانایی مدل های شبکه عصبی در بهبود نتایج

۷۲ ب) آنالیز حساسیت و تعیین اهمیت هریک از متغیرهای ورودی در میزان ضریب تخلیه جریان

۷۳ ج) نتایج مدل برای داده های آموزش نیافته

۷۳ د) مقایسه بین مدل شبکه عصبی کامل (دارای سه ورودی) و مدل های شبکه عصبی ناقص ...

۷۵ ۲-۲-۵ سرریز کناری منقاری در پلان

۷۵ الف) توانایی مدل های شبکه عصبی در بهبود نتایج

۷۶ ب) آنالیز حساسیت و تعیین اهمیت هریک از متغیرهای ورودی در میزان ضریب تخلیه جریان

۷۶ ج) نتایج مدل برای داده های آموزش نیافته

۷۸ د) مقایسه بین مدل شبکه عصبی کامل (دارای چهار ورودی) و مدل های شبکه عصبی ناقص ...

۸۰ ۳-۵ نتایج به دست آمده از مدل عصبی - فازی تطبیقی در تخمین ضریب تخلیه جریان

۸۰	۱-۳-۵- سرریز کناری لبه تیز مستطیلی
۸۰	الف) توانایی مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی در بهبود نتایج
۸۳	ب) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۸۳	ج) تأثیر متغیرهای ورودی در ضریب تخلیه جریان
۸۳	۲-۳-۵- سرریز کناری منقاری در پلان
۸۳	الف) توانایی مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی در بهبود نتایج
۸۴	ب) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۸۵	۴-۵- نتایج به دست آمده از مدل شبکه عصبی در تخمین دبی عبوری از روی سرریز
۸۵	۱-۴-۵- سرریز کناری لبه تیز مستطیلی
۸۵	الف) توانایی مدل‌های شبکه عصبی در بهبود نتایج
۸۹	ب) آنالیز حساسیت و تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای ورودی در میزان دبی جریان
۹۰	ج) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۹۰	د) مقایسه بین مدل شبکه عصبی کامل (دارای سه ورودی) و مدل‌های شبکه عصبی ناقص ...
۹۲	۲-۴-۵- سرریز کناری منقاری در پلان
۹۲	الف) توانایی مدل‌های شبکه عصبی در بهبود نتایج
۹۵	ب) آنالیز حساسیت و تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای ورودی در میزان ضریب تخلیه جریان
۹۵	ج) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۹۵	د) مقایسه بین مدل شبکه عصبی کامل (دارای چهار ورودی) و مدل‌های شبکه عصبی ناقص ...
۹۷	۵-۵- نتایج به دست آمده از مدل عصبی - فازی تطبیقی در تخمین دبی جریان
۹۷	۱-۵-۵- سرریز کناری لبه تیز مستطیلی
۹۷	الف) توانایی مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی در بهبود نتایج
۱۰۲	ب) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۱۰۲	۲-۵-۵- سرریز کناری منقاری در پلان
۱۰۲	الف) توانایی مدل‌های عصبی - فازی تطبیقی در بهبود نتایج
۱۰۴	ب) نتایج مدل برای داده‌های آموزش نیافته
۱۰۴	۶-۵- جمع بندی

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۶	۱-۶- مقدمه
۱۰۶	۲-۶- جمع بندی و نتیجه گیری
۱۰۷	۱-۲-۶- جمع بندی نتایج مربوط به سرریز کناری لبه تیز مستطیلی
۱۰۷	الف) ساختار مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی مورد استفاده

- ب) مقایسه بین نتایج به دست آمده از مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی مورد استفاده ۱۰۷
- ۲-۶- جمع‌بندی نتایج مربوط به سرریز کناری منقاری در پلان ۱۰۸
- الف) ساختار مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی مورد استفاده ۱۰۸
- ب) مقایسه بین نتایج به دست آمده از مدل‌های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی مورد استفاده ۱۰۸
- ۳-۶- پیشنهادات ۱۰۹
- مراجع ۱۱۰

فهرست شکل‌ها و تصاویر

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- شکل (۱-۱) - شمای یک سرریز کناری ساده، (الف) - پلان (ب) - مقطع عرضی ۷
- شکل (۲-۱) - شمایی کلی از سرریز جانبی مایل ۷
- شکل (۳-۱) - شمای کلی از سرریز کناری تک منقاره و دومنقاره در پلان ۷

فصل دوم: مبانی نظری و روابط حاکم

- شکل (۱-۲) - مشخصات جریان روی سرریزهای کناری برای حل معادله انرژی ۱۶
- شکل (۲-۲) - مشخصات جریان روی سرریزهای کناری برای حل معادله اندازه حرکت ۱۸
- شکل (۳-۲) - یک نرون مصنوعی پرسپترون ۱۹
- شکل (۴-۲) - یک مدل شبکه عصبی چند لایه ۲۰
- شکل (۵-۲) - شمای کلی از تفاوت مجموعه‌های کلاسیک و فازی ۲۶
- شکل (۶-۲) - شمای کلی از دو عدد فازی ۲۷
- شکل (۷-۲) - شمای کلی از یک سیستم فازی ۲۹
- شکل (۸-۲) - شمای کلی از یک مدل عصبی - فازی تطبیقی ۲۹

فصل سوم: پیشینه مطالعات انجام شده

- شکل (۱-۳) - نتایج مدل شبکه عصبی خورچانی و بلان‌پین در پیش‌بینی ضریب ۴۳
- شکل (۲-۳) - نتایج مدل شبکه عصبی یوهانگ و ونگسین در پیش‌بینی ضریب داری در کانال‌های باز [۴۵] ۴۴
- شکل (۳-۳) - نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی عقیل و همکاران در پیش‌بینی دبی رواناب [۴۹] ۴۵
- شکل (۴-۳) - نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی باطنی و همکاران در پیش‌بینی عمق آبستگي معادل [۵۲] ۴۶
- شکل (۵-۳) - نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی باطنی و همکاران در پیش‌بینی عمق آبستگي وابسته به زمان [۵۲] ۴۷
- شکل (۶-۳) - نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی امیروقلو و همکاران در پیش‌بینی ضریب تخلیه سرریزهای منقاری [۵۵] ۴۸

فصل چهارم: مدل‌سازی ضریب تخلیه جریان با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی و شبکه عصبی - فازی

تطبیقی

- شکل (۱-۴) - شکل هندسی تابع انتقال لگاریتم سیگموئید ۵۱

- شکل (۲-۴) - هندسی تابع انتقال خطی ۵۱
- شکل (۳-۴) - شمایی کلی از مدل شبکه عصبی برای تقریب تابع غیرخطی سینوسی ۵۱
- شکل (۴-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور اول محاسبات - $\alpha = 0/1$ ۵۳
- شکل (۵-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور دوم محاسبات - $\alpha = 0/1$ ۵۴
- شکل (۶-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور سوم محاسبات - $\alpha = 0/1$ ۵۴
- شکل (۷-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور اول محاسبات - $\alpha = 0/9$ ۵۴
- شکل (۸-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور دوم محاسبات - $\alpha = 0/9$ ۵۵
- شکل (۹-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی و خروجی هدف - دور سوم محاسبات - $\alpha = 0/9$ ۵۵
- شکل (۱۰-۴) - مقایسه بین خروجی مدل سه لایه شبکه عصبی برای داده‌های آموزش ندیده و خروجی هدف - $\alpha = 0/1$ ۵۶
- شکل (۱۱-۴) - شکل هندسی تابع فازی ساز گاوس $Gauss(x; \sigma = 2, c = 5)$ ۵۷
- شکل (۱۲-۴) - شکل هندسی تابع فازی ساز مورد استفاده در مثال مورد نظر ۵۷
- شکل (۱۳-۴) - مقایسه بین خروجی مدل عصبی - فازی تطبیقی و خروجی هدف - $\alpha = 0/1$ و $\lambda = 1$ ۶۰
- شکل (۱۴-۴) - مقایسه بین خروجی مدل عصبی - فازی تطبیقی و خروجی هدف - $\alpha = 0/9$ و $\lambda = 1$ ۶۰
- شکل (۱۵-۴) - مقایسه بین خروجی مدل عصبی - فازی تطبیقی و خروجی هدف - $\alpha = 0/9$ و $\lambda = 0/5$ ۶۱
- شکل (۱۶-۴) - مقایسه بین خروجی مدل عصبی - فازی تطبیقی و خروجی هدف - $\alpha = 0/9$ و $\lambda = 0/01$ ۶۱
- شکل (۱۷-۴) - مقایسه‌ای بین چند حالت مختلف از مدل‌های شبکه عصبی مورد استفاده را از لحاظ میزان خطای خروجی ... ۶۵

فصل پنجم: تحلیل نتایج

- شکل (۱-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه سویرامانیا و آواستی [۲۲] ۶۹
- شکل (۲-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه چیانگ [۲۶] ۶۹
- شکل (۳-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه هربرتسون و جاسم [۳۶] ۷۰
- شکل (۴-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه جلیلی و برقی [۱۷] ۷۰
- شکل (۵-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه برقی و همکاران [۱۶] ۷۱
- شکل (۶-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه برقی و کبیری [۲۸] ۷۱
- شکل (۷-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۷۲
- شکل (۸-۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی برای ۷۴
- شکل (۹-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی w/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۴
- شکل (۱۰-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/B در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۵
- شکل (۱۱-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی Fr_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۵
- شکل (۱۲-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۷۶
- شکل (۱۳-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه امیروقلو و همکاران [۵۸] ۷۷
- شکل (۱۴-۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری متقاری در پلان برای ۷۷

- شکل (۱۵.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی w/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۸
- شکل (۱۶.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/B در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۸
- شکل (۱۷.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی Fr_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۹
- شکل (۱۸.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۹
- شکل (۱۹.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی $\sin(\delta/2)$ در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۷۹
- شکل (۲۰.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه سوبرامانیا و آواستی [۲۲] ۸۰
- شکل (۲۱.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه چیانگ [۲۶] ۸۱
- شکل (۲۲.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه برقی و همکاران [۱۶] ۸۱
- شکل (۲۳.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه برقی و کبیری [۲۸] ۸۲
- شکل (۲۴.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۸۲
- شکل (۲۵.۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی برای ۸۳
- شکل (۲۶.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۸۴
- شکل (۲۷.۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه امیروقلو و همکاران [۵۸] ۸۴
- شکل (۲۸.۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری منقاری در پلان برای ۸۵
- شکل (۲۹.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه سوبرامانیا و آواستی [۲۲] ۸۶
- شکل (۳۰.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه ناندسامورتی و تامسون [۲۴] ۸۶
- شکل (۳۱.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه هربرتسون و جاسم [۳۶] ۸۷
- شکل (۳۲.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه جلیلی و برقی [۱۷] ۸۷
- شکل (۳۳.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه برقی و کبیری [۲۸] ۸۸
- شکل (۳۴.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۸۸
- شکل (۳۵.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای NRMSE ۸۹
- شکل (۳۶.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای WQD ۸۹
- شکل (۳۷.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای R^2 ۸۹
- شکل (۳۸.۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی دبی جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی برای داده‌های ۹۰
- شکل (۳۹.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی w/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۱
- شکل (۴۰.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/B در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۱
- شکل (۴۱.۵) - ارتباط بین متغیر ورودی Fr_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۱
- شکل (۴۲.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه نکویی [۲۹] ۹۲
- شکل (۴۳.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۹۲
- شکل (۴۴.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه امیروقلو و همکاران [۵۸] ۹۳
- شکل (۴۵.۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و رابطه امیروقلو و همکاران [۵۵] بر اساس رگرسیون خطی مضاعف ۹۳

- شکل (۴۶-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای NRMSE ۹۴
- شکل (۴۷-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای WQD ۹۴
- شکل (۴۸-۵) - مقایسه بین نتایج مدل شبکه عصبی و روابط سایر محققین با استفاده از تابع خطای R^2 ۹۴
- شکل (۴۹-۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری منقاری در پلان برای داده‌های ۹۵
- شکل (۵۰-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی w/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۶
- شکل (۵۱-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/B در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۶
- شکل (۵۲-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی Fr_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۶
- شکل (۵۳-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی L/y_1 در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۷
- شکل (۵۴-۵) - ارتباط بین متغیر ورودی $\sin(\delta/2)$ در مدل‌های شبکه عصبی کامل و مدل ناقص ۹۷
- شکل (۵۵-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه سوبرامانیا و آواستی [۲۲] ۹۸
- شکل (۵۶-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه ناندسامورتی و تامسون [۲۴] ۹۸
- شکل (۵۷-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه الخشاب و اسمیت [۱۸] ۹۹
- شکل (۵۸-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه هربرتسون و جاسم [۳۶] ۹۹
- شکل (۵۹-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه جلیلی و برقی [۱۷] ۱۰۰
- شکل (۶۰-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه برقی و همکاران [۱۶] ۱۰۰
- شکل (۶۱-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه برقی و کبیری [۲۸] ۱۰۱
- شکل (۶۲-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۱۰۱
- شکل (۶۳-۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی دبی جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی برای ۱۰۲
- شکل (۶۴-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه نکویی [۲۹] ۱۰۳
- شکل (۶۵-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه اسماعیلی [۳۱] ۱۰۳
- شکل (۶۶-۵) - مقایسه بین نتایج مدل عصبی - فازی تطبیقی و رابطه امیروقلو و همکاران [۵۵] ۱۰۴
- شکل (۶۷-۵) - ارتباط بین مقادیر واقعی ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری منقاری در پلان برای ۱۰۵

فصل اول: مقدمه

- تصویر (۱-۱) - سرریز پیوند (اوجی) ۵
- تصویر (۲-۱) - سرریز پلکانی ۵
- تصویر (۳-۱) - سرریز نیلوفری ۵
- تصویر (۴-۱) - سرریز تنداب ۵
- تصویر (۵-۱) - سرریز منقاری ۶
- تصویر (۶-۱) - سرریز جانبی ۶
- تصویر (۷-۱) - سرریز کناری ۷

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل دوم: مبانی نظری و روابط حاکم

جدول (۱-۲) - مشخصات مدل عصبی - فازی تطبیقی..... ۳۱

فصل سوم: پیشینه مطالعات انجام شده

جدول (۱-۳) - روابط پیشنهاد شده توسط محققین بر اساس مطالعات آزمایشگاهی..... ۴۱

فصل چهارم: مدل سازی ضریب تخلیه جریان با استفاده از مدل های شبکه عصبی و شبکه عصبی - فازی تطبیقی

جدول (۱-۴) - اطلاعات مربوط به ورودی ها و خروجی مدل های داده محور مورد استفاده..... ۶۳

جدول (۲-۴) - نتایج تست همبستگی سرریز کناری لبه تیز مستطیلی..... ۶۴

جدول (۳-۴) - نتایج تست همبستگی سرریز کناری منقاری در پلان..... ۶۴

جدول (۴-۴) - مشخصات مدل های عصبی - فازی تطبیقی مورد استفاده..... ۶۶

فصل پنجم: تحلیل نتایج

جدول (۱-۵) - مقایسه بین روابط پیشنهاد شده توسط محققین و مدل شبکه عصبی از لحاظ..... ۷۲

جدول (۲-۵) - نتایج آنالیز حساسیت متغیرهای ورودی در ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی..... ۷۳

جدول (۳-۵) - مقایسه بین روابط پیشنهاد شده توسط محققین و مدل شبکه عصبی..... ۷۵

جدول (۴-۵) - نتایج آنالیز حساسیت متغیرهای ورودی در ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری منقاری در پلان..... ۷۶

جدول (۵-۵) - نتایج آنالیز حساسیت متغیرهای ورودی در دبی جریان سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی..... ۹۰

جدول (۶-۵) - نتایج آنالیز حساسیت متغیرهای ورودی در ضریب تخلیه جریان سرریزهای کناری منقاری در پلان..... ۹۵

جدول (۷-۵) - مقادیر خطای محاسبه شده در مدل های شبکه عصبی و عصبی - فازی تطبیقی..... ۱۰۵

فهرست نمادها

a	بردار خروجی هر لایه در مدل شبکه عصبی
A	سطح مقطع جریان
b	بردار بایاس ها در مدل شبکه عصبی
B	عرض کانال اصلی
Cov	کوواریانس
Cor	همبستگی
C_M	ضریب تخلیه جریان در سرریزهای کناری (ضریب دیمارچی)
D	عمق هیدرولیکی
e	میزان خطا
E	انرژی مخصوص
f	تابع انتقال در مدل شبکه عصبی
F_f	نیروی ناشی از اصطکاک کف کانال
g	شتاب ثقل
h_f	میزان افت انرژی
H	میزان انرژی کل سیال در کانال اصلی - ماتریس هسین
J	ماتریس ژاکوبین
L	طول سرریز در سرریزهای کناری لبه تیز مستطیلی - تصویر طولی سرریز در سرریزهای کناری منقاری در پلان
L'	طول سرریز کناری منقاری در پلان
M	میزان اندازه حرکت
O_i^j	خروجی هر لایه مدل عصبی - فازی تطبیقی
p	بردار ورودی مدل شبکه عصبی
P	نیروی ناشی از فشار هیدرواستاتیکی
Q	دبی جریان
ΔQ	نرخ تغییرات دبی
s	پارامتر حساسیت در مدل شبکه عصبی
S_0	شیب کف کانال اصلی

S_f	شیب خط انرژی
t	بردار هدف در مدل شبکه عصبی
T	عرض روی آب در کانال اصلی
U	سرعت جریان انشعابی
V	سرعت جریان
ΔV	نرخ تغییرات سرعت
w	ارتفاع سرریز کناری از بستر کانال
W	وزن سیال - ماتریس وزن ها در مدل شبکه عصبی
\bar{x}	میانگین
y	عمق آب در کانال اصلی
z	ارتفاع کف کانال اصلی تا سطح مبنای فرضی
α	ضریب تصحیح انرژی - نرخ یادگیری در مدل شبکه عصبی
β	ضریب اندازه حرکت
δ	زاویه رأس سرریز کناری منقاری در پلان
θ	زاویه کف کانال اصلی با افق
$\mu_{\bar{B}}$	تابع عضویت
$\mu_{\bar{B}}(x)$	درجه عضویت
ρ	جرم حجمی سیال

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

سرریزها، انواعی از سازه‌های هیدرولیکی هستند که برای انتقال یا عبور سیلاب و آب‌های اضافی، در سدها و شبکه‌های آبیاری - زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. هر مانعی که بر سر راه جریان در کانال قرار گیرد و باعث شود که آب در پشت آن بالا آمده و بر سرعت آب در ضمن عبور از روی آن افزوده شود، سرریز نامیده می‌شود [۲]. سرریزها کاربردهای فراوانی در مهندسی آب دارند و برای اهداف مختلف ساخته می‌شوند. به طور خلاصه اهداف احداث سرریزها را می‌توان در موارد زیر بیان کرد [۳]:

الف - استفاده در سدها برای عبور سیلابها،

ب - استفاده در سدهای انحرافی به منظور عبور جریانهای مازاد بر دبی انحراف،

ج - استفاده در کانال‌های انتقال آب و رودخانه‌ها به منظور بالا بردن و تثبیت تراز سطح آب،

د - استفاده به عنوان ابزار اندازه‌گیری دبی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، و

ه - کاهش شدت فرسایش در رودخانه‌ها.

۱-۲- انواع سرریزها

سرریزها را بر اساس معیارهای مختلفی می‌توان طبقه‌بندی نمود. معیارهای طبقه‌بندی عبارتند از: عملکرد سرریز، چگونگی تنظیم سرریز و شکل هندسی سرریز [۱]. همچنین سرریزها را می‌توان بر اساس شکل تاج و نیز موقعیت قرارگیری در سیستم هیدرولیکی تقسیم‌بندی نمود [۳].

۱-۲-۱- انواع سرریز از نظر نحوه عملکرد:

سرریزها از نظر نحوه عملکرد به سه دسته سرویس، اضطراری و کمکی طبقه‌بندی می‌شوند. سرریزهای سرویس یا همان سرریزهای اصلی، سرریزهایی هستند که باید سیلاب‌هایی را که دارای فراوانی زیاد هستند، از خود عبور دهند. اگر چنانچه سیلابی اتفاق بیفتد که دبی آن از سیلاب طرح بیشتر باشد، در این هنگام سرریزهای کمکی شروع به کار می‌کنند. بسته به شرایط سد و تحلیل اقتصادی و نحوه به کارگیری، طرح سرریزهای کمکی در کنار سرریزهای سرویس ارزیابی می‌شود. سرریزهای اضطراری سرریزهایی هستند که برای وقوع شرایطی خاص طراحی می‌شوند. بسته‌شدن اجباری دریچه‌های تحتانی، عملکرد ناموفق دریچه‌های سرریز، لزوم استفاده از سرریزهای اصلی به دلیل خرابی و سایر، از جمله عواملی هستند که به عنوان شرایط خاص از آنها می‌توان یاد کرد.

۱-۲-۲- انواع سرریز از نظر نحوه تنظیم:

تنظیم میزان دبی عبوری از روی سرریز و تراز نرمال آب در پشت سد می‌تواند از طریق دریچه انجام شود. دریچه بر روی سرریز نصب می‌شود و عملیات کنترل را انجام می‌دهد. استفاده یا عدم استفاده از دریچه بر روی سرریز بستگی به تحلیل اقتصادی و شرایط موجود دارد. چنانچه از دریچه بر روی سرریز استفاده نشود، سرریز از نوع آزاد خواهد بود و جریان ریزشی آزاد بر روی آن اتفاق می‌افتد و جریان زیر بحرانی ابتدای سرریز به جریان فوق بحرانی در انتهای آن تبدیل می‌شود.

۱-۲-۳- انواع سرریز از نظر شکل هندسی:

به طور کلی سرریزها بر اساس نحوه قرارگیری در سیستم هیدرولیکی، شرایط موجود تکیه‌گاهی، میزان سیلاب طرح و ظرفیت سرریز، در اشکال هندسی مختلف ساخته می‌شوند. این اشکال هندسی عبارتند از:

الف) سرریز از نوع پیوند (اوجی)^۱

این سرریز یکی از پرکاربردترین انواع سرریز است که می‌تواند، مقدار زیادی آب را از روی خود عبور دهد (تصویر ۱-۱). معمولاً در سدهای بتنی از این نوع سرریز به صورت ادغامی در بدنه سد، استفاده می‌شود. مزیت مهم آنها، سهولت طراحی و هزینه اجرایی نسبتاً کم می‌باشد. مبنای شکل دهی به سرریز اوجی، منحنی پوش زیرین لایه جریان بر روی یک آستانه لبه تیز بلند با سرعت تقرب $V_0 \cong 0$ و شرایط کاملاً هوادهی شده در زیر لایه جریان ($P = P_0$) است. چنانچه در یک مقطع مستطیلی، مانعی در جلوی جریان قرار گیرد، توده جریان، شکلی به صورت منحنی از نوع پیوند ایجاد می‌نماید.

^۱Ogee Spillway

ب) سرریز پلکانی^۲

در بعضی موارد و در شرایطی که شیب برای احداث تنداب بسیار زیاد است، برای انتقال آب از سراب به پایاب از سرریز پلکانی استفاده می‌شود. در سرریزهای پلکانی چند حوضچه آرامش پشت سر هم قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر در بعضی از سدهای وزنی، سرریزهای پلکانی بدون حوضچه آرامش و به صورت پله‌های متوالی ساخته شده‌اند. هدف از پلکانی نمودن سرریز، کاهش انرژی جنبشی مخرب در پایانه سرریز است (تصویر ۱-۲).

ج) سرریز نیلوفری (تنوره‌ای یا لاله‌ای)^۳

این نوع سرریز از یک آستانه قیفی شکل با مقطع دایره‌ای، یک تنوره قائم و گاهی شیب‌دار، یک خمیدگی و یک تونل منتهی به خروجی تشکیل می‌شود. همچنین این سرریز می‌تواند به تونل انحراف آب در زمان ساخت سد وصل شود. برای مقاطع تنگ و بستر سنگی رودخانه معمولاً از تونل برای انحراف آب و انتقال سیلاب‌ها استفاده می‌شود. استفاده از این سرریز در سدهای خاکی کاربرد بیشتری دارد (تصویر ۱-۳).

د) سرریز تنداب (شوت)^۴

برای انتقال آب از یک سطح به سطح پایین‌تر و در فاصله نسبتاً زیاد از تنداب استفاده می‌شود. تنداب در سدهای خاکی و در شرایطی که خاک بستر رودخانه در محدوده احداث سد در مقابل فرسایش آبی مقاومت نداشته باشد، استفاده فراوان دارد. در شبکه‌های آبیاری نیز از تنداب استفاده می‌شود (تصویر ۱-۴).

ه) سرریز منقاری (کنگره‌ای)^۵

سرریزهای منقاری (کنگره‌ای) از وجوه متعدد و متقاطع تشکیل می‌شوند که در پلان به شکل خطوط شکسته یا منحنی نظیر مثلث، دوزنقه، نیم‌دایره و سایر مقاطع دیده می‌شوند و دلیل اصلی کاربرد آنها افزایش طول تاج می‌باشد. مطالعات زیادی در ارتباط با این نوع سرریزها انجام گرفته‌است و در کانالها و سدهای زیادی استفاده شده‌اند (تصویر ۱-۵).

و) سرریز جانبی^۶

این نوع سرریز بیشتر در سدهای خاکی استفاده می‌شود که نمی‌توان از سرریز ادغام شده در بدنه سد استفاده نمود. این سرریز روی یکی از تکیه‌گاه‌ها در مجاورت سد قرار می‌گیرد. سرریز جانبی از یک آستانه، یک آبراهه در پایین دست آستانه و یک تونل یا تنداب که در ادامه آبراهه قرار گرفته‌است، تشکیل شده‌است. در اغلب موارد آستانه مستقیم و تقریباً عمود بر محور سد می‌باشد. آستانه سرریز معمولاً به صورت سرریز پیوند متعارف طرح می‌شود. محاسبات سرریزهای

² Stepped Spillway

³ Morning Glory Spillway

⁴ Chute Spillway

⁵ Labyrinth Weir

⁶ Side Channel Spillway

جانبی براساس جریان متغیر مکانی با افزایش دبی^۷ انجام می‌پذیرد. در سرریزهای جانبی آستانه کنترل تقریباً در کنار و به موازات قسمت ابتدایی کانال تخلیه سرریز قرار می‌گیرد. جریان آب پس از عبور از تاج به داخل کانال باریکی می‌ریزد، که در مقابل سرریز قرار دارد. سپس با یک چرخش ۹۰ درجه‌ای به کانال تخلیه اصلی و یا کانال جانبی هدایت می‌شود (تصویر ۶-۱).



تصویر (۲-۱) - سرریز پلکانی



تصویر (۱-۱) - سرریز پیوند (اوجی)



تصویر (۴-۱) - سرریز تنداب



تصویر (۳-۱) - سرریز نیلوفری

ز) سرریز کناری^۸

این نوع سرریز نیز مانند سرریزهای جانبی، موازی با محور جریان در کانال اصلی می‌باشد. این سرریزها به موازات کانال و در دیواره آن نصب می‌شوند و در شرایطی که سطح آب در کانال اصلی از ارتفاع دیواره سرریز بالاتر رود، انحراف جانبی آب صورت می‌پذیرد. نوع جریان در این نوع سرریزها، متغیر مکانی با کاهش دبی^۹ است. سرریزهای کناری دارای فرم‌های گوناگونی هستند که عبارتند از:

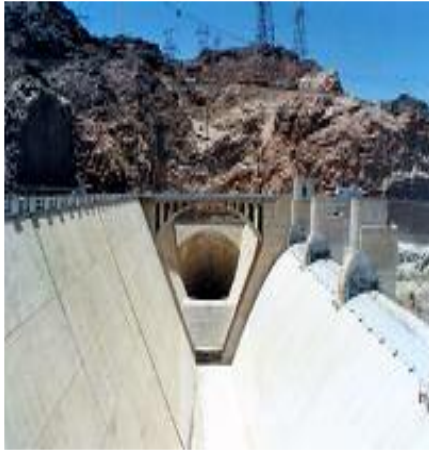
⁷ Spatially Varried Flow with Increasing Discharge

⁸ Side Weir

⁹ Spatially Varried Flow with Decreasing Discharge

ز-۱) سرریزهای کناری ساده

این نوع سرریز خود در اشکال مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای و سهموی، به صورت ساده در دیواره کانال ساخته می‌شود و با بالاتر آمدن سطح آب از تراز سرریز، آب وارد کانال فرعی می‌شود (تصویر ۷-۱ و شکل ۱-۱).



تصویر (۶-۱) - سرریز جانبی



تصویر (۵-۱) - سرریز منقاری

ز-۲) سرریزهای کناری مایل

به دلیل معایب ذاتی موجود در سرریزهای کناری ساده، برای بالاتر رفتن میزان گذردهی سرریز، این نوع سرریز پیشنهاد گردیده‌است. با افزودن یک زائده مایل در پلان دیواره سرریز، این نوع از سرریز ساخته می‌شود (شکل ۲-۱).

ز-۳) سرریزهای کناری منقاری (کنگه‌ای)

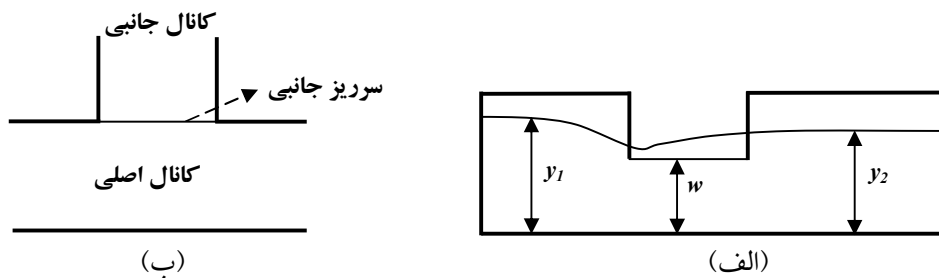
با ایجاد زوایندی مثلث شکل در پلان سرریز، به منظور افزایش طول سرریز و در نتیجه کاهش عمق آب روی سرریز، این نوع سرریزها ساخته می‌شوند (شکل ۳-۱).

در این تحقیق به بررسی سرریزهای کناری ساده و منقاری پرداخته شده‌است. سرریزهای کناری از انواع سازه‌های هیدرولیکی هستند که با اهداف مختلف در سیستم‌های انتقال آب، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مجاری انتقال و تخلیه فاضلاب به کار گرفته می‌شوند.

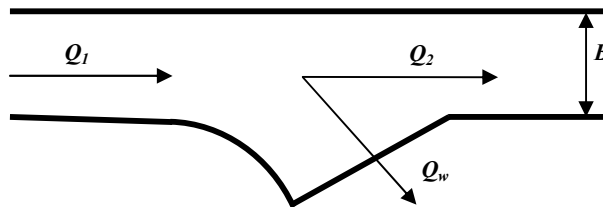
از کاربردهای سرریزهای کناری می‌توان به آب‌گیری کانال‌های فرعی از کانال اصلی و انتقال آب به اهداف مورد نظر، کنترل دبی و انحراف سیلاب و دبی مازاد در رودخانه‌ها و کانال‌ها، انحراف جریان و انشعاب فاضلاب‌های شهری، جداسازی رسوب و کاهش بار بستر اشاره نمود. رفتار هیدرولیکی جریان در مقطع کانال با سرریز کناری از نوع جریان متغیر مکانی با کاهش دبی است. جریان متغیر مکانی به نوعی از جریان‌های دائمی گفته می‌شود که شدت جریان در طول کانال و در جهت جریان، افزایش یا کاهش یابد. سرریزهای کناری به شکل‌های هندسی مختلف ساخته می‌شوند.



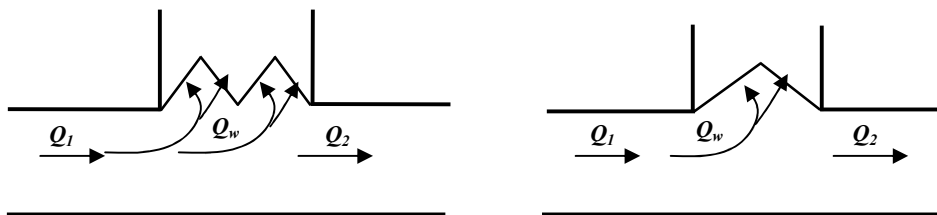
تصویر (۱-۷) - سرریز کناری



شکل (۱-۱) - شمای یک سرریز کناری ساده، (الف) - پلان (ب) - مقطع عرضی



شکل (۲-۱) - شمایی کلی از سرریز جانبی مایل



شکل (۳-۱) - شمای کلی از سرریز کناری تک منقاره و دومنقاره در پلان

مطالعات انجام شده در ارتباط با سرریزهای کناری در سالهای اخیر پیشرفت‌های چشم‌گیری داشته است. اما با این وجود، با توجه به پیچیده بودن رفتار جریان بر روی این سرریزها و دخیل بودن پارامترهای متعدد در میزان گذردهی آنها،