Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۲صفحه‌های ۷۵ تا ۸۹ / سال ۱۳۹۹

بررسی میدانی تاثیر مدیریت بهره‌برداری برروی تلفات آب و رسوبگذاری کانال‌های آبیاری

پیمان ورجاوند[1]*، شکراله آبسالان[2]، نادر سلامتی[1]، آذرخش عزیزی[2]، محی‌الدین گوشه[3]، ایرج لک‌زاده[4]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۳۱

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز.

۲- مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز.

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز.

٤- محقق بازنشسته، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: pvarjavand@yahoo.com

چکیده

مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری می‌تواند نقش بسیار مهمی در کارایی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این شبکه‌ها داشته باشد. در تحقیق حاضر با بررسی‌های میدانی در زمینه حمل رسوب معلق و راندمان انتقال آب، به تحلیل تاثیر شرایط بهره‌برداری برروی میزان رسوبگذاری و تلفات آب در شبکه‌های آبیاری استان خوزستان پرداخته شده است. برای این منظور از روش دبی ورودی-خروجی برای تعیین تلفات در کانال و از معادله پیوستگی شار رسوبی برای تعیین رسوبگذاری بار معلق در بازه مورد مطالعه استفاده شد. در کل تعداد ١٤ بازه کانال درجه ١، ٢١ بازه کانال درجه ٢ و ١٦ بازه کانال درجه ٣ مورد بررسی قرار گرفت. شاخص بهره‌برداری نسبت عمق آزاد جریان آب در کانال تعیین شد. تاثیر این شاخص برروی نرخ رسوبگذاری و تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر طول کانال مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج در کانال‌های درجه ١ و ٢ به ازای ١٠ درصد کاهش دبی بهره‌برداری نسبت به دبی طراحی، به ترتیب، ٠/٢٣ و ٠/٢٦ کیلوگرم بر ثانیه در هر کیلومتر کانال به مقدار رسوبگذاری افزوده می‌شود. همچنین با فاصله گرفتن از بالادست کانال درجه ١ معمولا عملکرد کانال‌ها کاهش نشان می‌دهد. به نحوی‌که میزان تلفات در کانال درجه ١ شبکه آبیاری کرخه ٠/١٢ درصد در هر کیلومتر نسبت به دبی ورودی به ازای هر کیلومتر فاصله از ابتدای کانال افزایش دارد. این پارامتر برای کانال غربی و شرقی شبکه آبیاری دز به ترتیب ٠/١٦ و ٠/٠٩ درصد نتیجه شد.

واژه‌های کلیدی: بار معلق، تلفات آب، نرخ رسوبگذاری، روش دبی ورودی-خروجی، مدیریت بهره‌برداری

www.SID.ir

Archive of SID

Field Investigation of Operational Management Effect on Water Losses and Sedimentation in Irrigation Channels

P Varjavand*1, Sh Absalan2, N Salamati1, A Azizi2, M Goosheh3, I Lakzadeh4

Received: November 14, 2018 Accepted: May 19, 2020
[1]Research Assist. Prof., Agri. Eng. Res. Dep., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz.
[2]Research Inst., Agri. Eng. Res. Dep., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz.
[3]Research Assist. Prof., Soi. & Wat. Res. Dep., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz.
[4]Retired Researcher, Seed and Plant Imp. Res. Dep., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz.
*Corresponding Authors, Email: pvarjavand@yahoo.com

Abstract

Management of irrigation networks can play a very important role in the hardware and software performance of these networks. In this research, by conducting field studies on suspended sediment transport and conveyance efficiency, the effect of operating conditions on sedimentation and water losses at Khouzestan province irrigation networks was analyzed. The inflow-outflow method and sediment flux continuity equation were used to determine the canal losses and sedimentation of suspended load in the studied reaches, respectively. The investigation was done on 4, 21 and 16 reaches of the main, secondary and tertiary channels, respectively. The ratio of free board of flow in canal as operation index was computed. The effects of this index on sedimentation rate and water losses relative to input discharge were studied in each kilometer of the canal. Results showed that 10% decreasing in the operational discharge relative to the designed discharge caused 0.23 and 0.26 kg s^{-1} km^{-1} increasing in sedimentation rates of the main and secondary channels, respectively. As the distance from the upstream of the main channel increased, the channel efficiency decreased. So that the increasing rate of the water losses in main channel of Karkheh irrigation network was 0.12 percent of the entrance discharge in each kilometer distance from the beginning of the channel. The increasing rate of water losses for the western and eastern channel of Dez irrigation network were 0.16% and 0.09%, respectively.

Key Words: Input-output discharge method, Operation management, Sedimentation rate, Suspended load, Water losses

مقدمه

بطور کلی کاهش تلفات آب و افزایش بازده آبیاری از شاخص‌های اساسی در توسعه کشاورزی پایدار می‌باشد. یکی از مبانی و نیازهای دستیابی به راهکارهای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی شناخت بازده سیستم در بخش‌های مختلف شبکه‌های سنتی و مدرن آبیاری از محل تامین آب تا مزرعه به عنوان محل مصرف است. انتقال رسوب در کانال‌های آبیاری یکی از جنبه‌های مهم طراحی و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. ته‌نشینی رسوبات در مسیر انتقال آب در کانال‌ها باعث گرفتگی دهانه‌های آبگیر و کاهش ظرفیت کانال‌ها می‌شود. بنابراین بایستی از ته‌نشینی مواد رسوبی در کانال‌های آبیاری جلوگیری گردد زیرا این امر مانع مدیریت صحیح در یک شبکه آبیاری می‌شود (نیکان‌فر، ۲۰۰۰). انتقال و رسوبگذاری در شبکه‌های آبیاری می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند آسیب دیدن پوشش کانال‌ها، پمپ‌ها در مرحله انتقال رسوب و کاهش ظرفیت کانال‌ها، خسارت به دریچه‌های شبکه‌های آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

و دیگر سازه‌ها و بهم خوردن بافت خاک مزارع در مرحله رسوبگذاری شود (شفاعی‌بجستان، ۱۹۹۹). مواد معلق در رودخانه‌ها با توجه به خصوصیات هیدرولیکی جریان، بخصوص دبی و شیب آبراهه تغییر می‌نماید (پاول و ساروجا، ۱۹۹۰). کانال‌های آبیاری معمولا براساس جریان دائمی یکنواخت طراحی می‌شوند، بطریقی که بتواند آب و رسوبات همراه را به مزرعه انتقال دهد و فرض شود که حالت تعادل نیز برقرار باشد. یعنی رسوبات ورودی به شبکه کانال‌ها بدون ته‌نشینی یا فرسایش منتقل شود. ولی عملا در غالب کانال‌ها، جریان دائمی برقرار نبوده و در عمل جریان بصورت غیریکنواخت و با دبی‌های متغییر زمانی مشاهده می‌شود (مندز، ۱۹۹۸). از سوی دیگر معمولا کانال‌ها با ظرفیت طراحی خود مورد بهره‌برداری قرار نگرفته و دبی جریان در آنها از دبی طراحی کمتر است. این موارد با توجه به ارتباط تنگاتنگ بین هیدرودینامیک جریان در آبراهه و هیدرولیک رسوب در آن، موجب تشدید مشکل رسوبگذاری در کانال‌ها می‌شود. بیش از یک قرن است که روال کار فرسایش و انتقال مواد رسوبی در کانال‌های آبیاری بصورت جدی مورد توجه و دقت نظر متخصصان قرار گرفته است (پاول و ساروجا، ۱۹۹۰). طی این مدت با توجه به اهمیتی که استفاده بهینه از منابع آب و خاک پیدا کرده و همزمان با پیشرفت روش‌های تجربی و استدلالی در زمینه طراحی شبکه‌های آبیاری، مسئله ته‌نشینی رسوبات در کانال‌های آبیاری نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در ایران تحقیقات زیادی در زمینه رسوبگذاری در شبکه آبیاری انجام شده که به صورت نمونه می‌توان به پاره‌کار (۱۹۹۲)، یزدانی مقدم (۱۹۹۸)، محمودیان شوشتری و میرابوالقاسمی (۱۹۹۳)، مهدوی‌مزده و امید (۲۰۱۱)، کریمی و همکاران (۲۰۰٦)، زمان‌زاده (۲۰۰۸) و نیکان‌فر (۲۰۰۰) اشاره نمود. نیکان‌فر بیان می‌کند برآورد بار رسوب انتقالی به روش‌های لین و کالینسکی (۱۹٤۱)، انیشتین (۱۹۵۰)، چانگ و همکاران (۱۹٦۷)، بروکس (۱۹٦۳)، باگنولد (۱۹٦٦)، ساماگا (۱۹۸٤)، وان‌راین (۱۹۸٤)، سیلک و رادی (۱۹۹۱)، سوامی و اوجا (۱۹۹۱) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش‌های بروکس (۱۹٦۳)، چانگ و همکاران (۱۹٦۷) و وان‌راین (۱۹۸٤) دقت مطلوب‌تری را دارند. نتایج زمان‌زاده نشان داد که رسوبگذاری در کانال‌های شبکه آبیاری دز ضریب زبری مانینگ را ٦٤ درصد افزایش داده و ظرفیت انتقال را ۲٦ درصد کاهش داده است. مامن‌پوش و موسوی (۲۰۱۱) در یک یادداشت فنی به بررسی میزان رسوب ورودی به شبکه‌های مدرن نکوآباد و آبشار در استان اصفهان از طریق آب رودخانه زاینده‌رود و زمین‌های اطراف کانال‌ها و ترکیب شیمیایی رسوبات ته نشین شده در کانال‌ها از نظر عناصر غذایی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میانگین پارامترهای درصد اشباع، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، فسفر، پتاسیم، بی‌کربنات، کلر، سولفات، کلسیم، منیزیم و سدیم رسوبات به ترتیب ۷۱/٤ درصد، ٤/۳۱ دسی‌زیمنس برمتر، ۷/۰۳، ۲/۱ درصد، ۲۲/٦۵، ۱۳٦/۳۱، ۷/۸۱، ۸/۷۵، ٤۱/٦۹، ٤۲/۳ و ۲۲/۱ میلی‌گرم برلیتر است. در زمینه شرایط رسوبگذاری در شبکه‌های آبیاری نیز تحقیقاتی انجام شده که در ادامه به آنها پرداخته شده است. ستوده‌نیا و ستوده‌نیا (۲۰۱٦) با بررسی میدانی وضعیت رسوبگذاری در شبکه آبیاری قزوین، قبل و پس از احداث سد مخزنی طالقان بیان داشتند که قبل از احداث سد مخزنی، مهمترین عامل رسوبگذاری در شبکه آبیاری، رسوب تولیدی در حوزه آبریز بوده و پس از احداث این سد، رسوبگذاری همچنان ادامه داشته که مهمترین عامل آن بهره‌برداری نامناسب از شبکه آبیاری می‌باشد. . برخی از مطالعات تمرکز برروی برآورد انتقال رسوب با استفاده از مدل‌های عددی دارند که از آن جمله می‌توان به پژوهش تقیلی (۲۰۱۵) اشاره نمود. از مهمترین پژوهش‌های انجام شده در زمینه رسوب در شبکه‌های آبیاری در سطح جهان می‌توان به لاورنس و آتکینسون (۱۹۹۸)، بیلود و بومه (۲۰۰۲)، دپوگ و مندز (۲۰۰۲)، آکوزو و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۸) و عثمان و همکاران (۲۰۱۷) که در تحقیقی جامع به بررسی تاثیر سناریوهای مختلف بهره‌برداری از شبکه آبیاری برروی رسوبگذاری در کانال‌های شبکه آبیاری گزیرا[1] در کشور سودان پرداختند، اشاره نمود. عثمان و همکاران (۲۰۱۷) برای این منظور یک مدل با قابلیت پیش‌بینی شرایط مختلف رسوبگذاری در سناریوهای متفاوت برای رسوبات چسبنده را توسعه دادند. در نهایت نتایج نشان داد که بهترین سناریوی مدیریت شبکه با هدف کاهش رسوبگذاری در کانال‌ها، بهره‌برداری از آن بر اساس نیاز واقعی محصول در زمان‌های جریان حاوی رسوب با غلظت بالاست. همچنین می‌توان بیان داشت که با ۵۱ درصد کاهش جریان ورودی، ٤٨ درصد از مقدار رسوبگذاری کاسته خواهد شد. احمد و همکاران (۲۰۱۸) یک مدل غیر خطی را برای تخمین بار رسوبی کانال آبیاری توسعه دادند. آنها با انتخاب یک بازه خاص کانال از شبکه آبیاری میانوالی[2] در کشور پاکستان، بار رسوبی هفتگی را مدلسازی نمودند. نتایج آنها نشان داد که در کانال مورد مطالعه استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند بار رسوبی را با دقت مطلوب تخمین بزند. قدوسی و میرزایی (۲۰۱۸) به بررسی کمبود آب تحویلی در آبگیرهای کانال E1R1 شبکه آبیاری دز پرداختند. آنها با استفاده از مدل هیدرودنامیک RootCanal شرایط هیدرولیکی را در کانال شبیه‌سازی نموده و با استفاده از نتایج آن، شاخص‌های عملکرد کانال را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد افزایش تعداد عملیات بهره‌برداری موجب بهبود شاخص‌های عملکرد آبگیرها و کل کانال گردیده و از بین گزینه‌های مختلف شبیه‌سازی شده، بیشینه بهبود عملکرد ٤٩ درصد بوده است.

عدم مدیریت و بهره‌برداری بهینه از کانال‌های شبکه آبیاری تاثیر بر عوامل مختلفی خواهد داشت که می‌توانند برروی تلفات آب در شبکه و عدم توزیع عادلانه آب موثر باشند. این عوامل شامل: عدم انجام عملیات آبیاری شبانه‌روزی و در نتیجه آن نیاز به پر و خالی نمودن حجم مرده کانال با دفعات زیاد، خروج آب از شبکه آبیاری به زهکش‌ها در نقاط با تغذیه بیش از نیاز، بهره‌برداری اشتباه از سازه‌های تنظیم و توزیع و در نتیجه آن سرریز شدن کانال‌ها، عدم توجه به تناسب الگوی کشت با ظرفیت و آرایش شبکه آبیاری و افزایش رسوبگذاری و نشت در نتیجه بهره‌برداری از کانال با جریان نامتناسب با ظرفیت آن.

با توجه به بررسی منابع انجام شده، تحقیق و پژوهشی داخلی در زمینه تاثیر مستقیم مدیریت بهره‌برداری از کانال آبیاری برروی شرایط رسوبگذاری و تلفات آب در شبکه یافت نشد. در این راستا تحقیق حاضر با هدف بررسی این شرایط در چند بازه کانال انتخابی از شبکه‌های آبیاری استان خوزستان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مطالعات میدانی به منظور تعیین شار رسوبی ورودی و خروجی به هر بازه اندازه‌گیری در کانال‌های درجه ۱ و ۲، دبی عبوری و غلظت بار معلق مقطع انجام شد. علاوه بر تعیین پارامترهای ذکر شده، با مراجعه به محل‌های اندازه‌گیری، شرایط فیزیکی و بهره‌برداری از شبکه آبیاری نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. در تحقیق حاضر با توجه به امکان دسترسی مستقیم به مقطع عرضی کانال مورد مطالعه، تعداد ١٤ بازه برای ارزیابی راندمان و شرایط رسوبگذاری از کانال‌های درجه ۱، تعداد ۲۱ بازه برای ارزیابی راندمان و شرایط رسوبگذاری از کانال‌های درجه ۲ و تعداد ١٦ بازه از کانال‌های درجه ۳ برای ارزیابی راندمان انتقال در سطح شبکه‌های استان خوزستان انتخاب شد. همچنین به منظور مطالعه شرایط تلفات آب در سطح شبکه‌های استان، تعداد ١٦ بازه کانال درجه ۱، ۲۱ بازه کانال درجه ۲ و ١٦ بازه کانال درجه ۳ انتخاب شد. این بازه‌ها در

[1] Gezira

[2] Mianwali

www.SID.ir

Archive of SID

شهرستان‌های اندیمشک، دزفول، شوش، شوشتر، گتوند (شهرستان‌های شمال استان) و اهواز، حمیدیه، رامشیر، شادگان (شهرستان مرکزی و جنوبی استان) انتخاب شده‌اند. مهمترین تفاوت این دو دسته شهرستان در زمینه مدیریت شبکه‌های آبیاری، شرایط زمین شناسی و خاک دو منطقه می‌باشد. به نحوی‌که در شمال استان معمولا خاک‌ها نفوذپذیری بیشتر داشته، سطح آب زیرزمینی پایین بوده و کیفیت خاک از نظر شوری و وجود مواد گچی بهتر از مناطق مرکزی و جنوبی است. در مناطق جنوبی، سطح آب زیرزمینی بالاتر از مناطق شمالی است.

برای تعیین تلفات آب در هر بازه از کانال از روش دبی ورودی-خروجی استفاده شده است. در این روش با توجه به دبی مقطع ورودی (Q_i) به بازه مورد مطالعه دبی خروجی از آن (چه از طریق آبگیرهای فعال (Q_l) و یا از طریق مقطع انتهای بازه (Q_o))، تلفات انتقال آب (Q_{lo}) محاسبه می‌شود که در رابطه ۱ ارائه شده است. در این رابطه فرض بر ان است که در طول بازه مورد مطالعه دبی ورودی بیشتر از دبی خروجی می‌باشد.

$$Q_{lo} = Q_i - Q_o - Q_l \qquad [۱]$$

درصد تلفات طولی نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر طول کانال (RL) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده است.

$$RL = \frac{Q_{lo}}{Q_i * L} \qquad [۲]$$

که در آن L طول بازه مورد مطالعه برحسب کیلومتر است. به منظور تعیین دبی عبوری از هر مقطع، مقطع کانال به چند بخش تقسیم شده (که بسته به نوع کانال بتنی یا خاکی، ابعاد آن و شرایط رسوب بستر کانال بین ٤ تا ٨ قسمت در مقطع انجام شده است) و با تعیین سرعت و سطح مقطع هر بخش، با استفاده از رابطه ۳ مقدار دبی در مقطع تعیین گردید.

$$Q = \sum_{i=0}^{n} A_i V_i \qquad [۳]$$

که در آن Q دبی عبوری از مقطع کانال بر حسب مترمکعب بر ثانیه، A_i مساحت بخش i مقطع عرضی بر حسب مترمربع، V_i سرعت متوسط بخش i مقطع عرضی بر حسب متربرثانیه و n تعداد بخش‌های مقطع عرضی می‌باشد. در مقاطع کانال اطلاعات تکمیلی مانند تاریخ برداشت اطلاعات، درجه کانال و محل برداشت اطلاعات، نوع مقطع مورد بررسی، مختصات برداشت مقطع، تعداد آبگیر موجود در بازه مورد مطالعه، تعداد آبگیر فعال، طول بازه مورد مطالعه، عمق تقریبی رسوب کف، عرض سطح آب، عرض کانال و عمق و عرض در بخش‌های مختلف مقطع برداشت شده است. به منظور تعیین سرعت جریان عبوری، با توجه به شرایط مقطع و عمق جریان، از روش سه نقطه‌ای، دو نقطه‌ای و یا یک نقطه‌ای استفاده شده است که در نتیجه آن می‌توان مقدار سرعت متوسط عمقی را با توجه به روش مورد استفاده در هر بخش از روابط ٤ تا ٦ محاسبه نمود.

[٤] روش سه نقطه‌ای:

$$V_i = \frac{V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}}{4}$$

[٥] روش دو نقطه‌ای:

$$V_i = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

[٦] روش تک نقطه‌ای:

$$V_i = V_{0.6}$$

که در روابط فوق $V_{0.2}$، $V_{0.6}$ و $V_{0.8}$ به ترتیب مقدار سرعت در فاصله ۲۰، ٦۰ و ۸۰ درصد عمق آب نسبت به سطح آب می‌باشد.

به منظور تعیین سرعت در هر نقطه از دستگاه مولینه ساخت شرکت خدمات هیدرولوژیکی[1] کشور استرالیا استفاده شده است. با توجه به ابعاد مولینه مورد استفاده و شرایط میدانی اندازه‌گیری، روش تک نقطه‌ای در نقاطی با عمق کمتر از ۰/۷۵ متر، روش دو نقطه‌ای در نقاطی با عمق بیشتر از ۰/۷۵ متر و در نقاطی که تغییرات مولفه افقی سرعت نسبتا زیاد بود ، از روش سه نقطه‌ای برای تعیین سرعت متوسط عمقی استفاده گردید.[2] روابط مورد استفاده برای محاسبه سرعت براساس دفترچه راهنمای دستگاه مولینه در رابطه ۷ ارائه شده است.

[1] Hydrological service

[2] طبق توصیه USGS (United States Geological Survey)

www.SID.ir

Archive of SID

[۷]

$$V = 0.1319\ n + 0.0171\ ,\ n < 0.68$$
$$V = 0.1240\ n + 0.0225\ ,\ 0.68 < n < 5.84$$
$$V = 0.1215\ n + 0.0372\ ,\ n > 5.84$$

که در آن V مقدار سرعت متوسط زمانی بر حسب متر بر ثانیه و n تعداد دور پروانه در واحد زمان می‌باشد.

به منظور تعیین شار رسوبی عبوری از مقطع کانال، نمونه رسوب بار معلق از هر بخش در هر مقطع برداشت شده و پس از تعیین غلظت رسوبات در نمونه به روش وزنی، مقدار شار رسوبی عبوری از هر مقطع با استفاده از دبی آن مقطع و غلظت رسوبات محاسبه شده و با استفاده از رابطه ۸ نسبت به تعیین شار رسوبی عبوری از مقطع اقدام شده است.

$$Q_S = A * \sum_{i=0}^{n} C_i Q_i \qquad [۸]$$

که در آن Q_S شار رسوبی عبوری از مقطع کانال بر حسب تن در روز، C_i غلظت متوسط عرضی-عمقی رسوبات بار معلق عبوری از مقطع i برحسب گرم در لیتر و Q_i دبی عبوری از بخش i مقطع مورد مطالعه بر حسب مترمکعب بر ثانیه است. ضریب A در رابطه ۹، ضریبی ثابت برای تبدیل واحد می‌باشد.

$$A = \frac{\frac{1}{1000}\times\frac{1}{1000}}{\frac{1}{1000}} \times \frac{1}{\frac{1}{86400}} = 86.4 \qquad [۹]$$

مطالعه شار رسوبی در سطح کانال‌های درجه ۱ و ۲ انتخابی انجام گرفته است که هدف از آن تعیین نرخ رسوبگذاری تحت شرایط مختلف بهره‌برداری می‌باشد. برای این منظور یک بازه از کانال مورد مطالعه انتخاب شده، شار رسوب ورودی به بازه و خروجی از آن را (که می‌تواند از انتهای بازه خارج شود و یا با استفاده از آبگیرها تخلیه شود) محاسبه گردید. اختلاف این دو مقدار یا یکدیگر می‌تواند بیانگر نرخ رسوبگذاری و یا فرسایش در کانال باشد. در یک بازه مشخص از آبراهه، طبق قانون پایستگی جرم، تفاوت میزان شار رسوبی ورودی (Q_{si}) به بازه با مقدار شار رسوبی خروجی (Q_{so}) از بازه و شار رسوبی خروجی از بازه به واسطه فعالیت آبگیرها (Q_{sl})، باید معادل نرخ رسوبگذاری یا فرسایش (ΔS) در بازه مورد نظر باشد، این مقدار با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود (شفاعی‌بجستان، ۱۹۹۹).

$$Q_{si} - Q_{so} - Q_{sl} = \pm\Delta S \qquad [۱۰]$$

علامت مثبت زمانی مورد استفاده است که رسوبگذاری اتفاق افتد و علامت منفی زمانی معتبر است که فرسایش وجود داشته باشد.

نمونه‌گیری عمقی در هر بخش از مقطع مورد مطالعه برای برآورد بار معلق به گونه‌ای انجام گرفته است که معرف نمونه رسوب در کل عمق مورد بررسی باشد. ابتدا نمونه‌های رسوب بهم خورده، سپس مقدار ۶۰ میلی‌لیتر از نمونه آب و رسوب جدا شده از صافی گذارنده شده و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد (به منظور پیشگیری از سوختن کاغذ صافی) به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. پس از خشک شدن توزین شده و محاسبات مورد نیاز برروی اطلاعات انجام گردید. توزین نمونه‌های رسوبی با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱± گرم انجام شده است.

بازه‌های مطالعاتی به نحوی انتخاب شدند که حداقل آبگیر و در عین حال حداکثر طول ممکن را دارا باشند. نکته مهم در انتخاب این بازه‌ها، امکان دسترسی به مقطع عرضی کانال بوسیله پل مناسب بوده است. بازه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی شرایط رسوبگذاری به نحوی انتخاب گردید که حداقل تعداد سازه کنترل جریان در طول مسیر وجود داشته باشد تا شرایط تشکیل عمق نرمال موجود بوده و در نتیجه آن بتوان تاثیر مستقیم نسبت شرایط هیدرولیکی بهره‌برداری به شرایط هیدرولیکی طراحی را در آنها مشاهده نمود. به منظور تعیین این نسبت از پارامتر عمق آزاد[1] کانال استفاده شده است. به نحوی‌که عمق آزاد موجود در کانال حین برداشت اطلاعات با توجه به شرایط هندسی مقطع کانال برداشت شده و با توجه به دبی عبوری از مقطع که اندازه‌گیری شده است و نمودار مربوط به تعیین عمق آزاد، عمق آزاد استاندارد دبی

[1] Free board

www.SID.ir

Archive of SID

عبوری تعیین شده و با استفاده از رابطه ۱۱ مقدار نسبت عمق آزاد تعیین شده است.

$$F.B_R = 100 \times \frac{F.B_O}{F.B_D} \qquad [11]$$

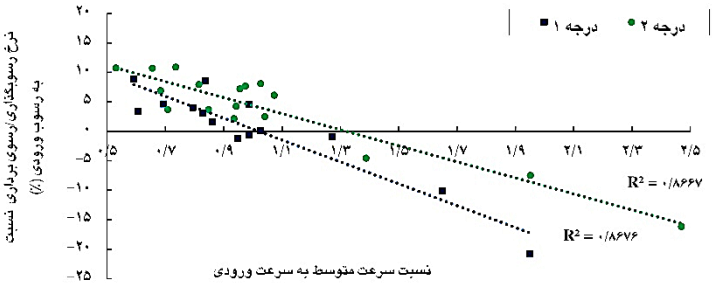
که در آن $F.B_R$ بیانگر نسبت عمق آزاد، $F.B_O$ عمق آزاد در حال بهره‌برداری و $F.B_D$ عمق آزاد طراحی برای دبی مورد بهره‌برداری می‌باشد. اگر مقدار این نسبت نزدیک ۱۰۰ باشد، نشان دهنده شرایط مناسب بهره‌برداری بر اساس ظرفیت انتقال کانال است. بیشتر شدن این نسبت از مقدار ۱۰۰، نشان‌دهنده آن است که به منظور انتقال آب با همان دبی بهره‌برداری، کانال کوچکتری نیز کفایت می‌کند و یا اینکه مدیریت بهره‌برداری از کانال به نحوی بوده است که دبی جاری در آن از دبی طراحی شده برای کانال مورد نظر کمتر است و این نکته تاثیر برروی تلفات آب و شرایط رسوبگذاری خواهد داشت. نسبت عمق آزاد کمتر از ۱۰۰ نشان دهنده آن است که دبی بهره‌برداری از کانال بیشتر از دبی طراحی بوده و یا شرایط مدیریت دریچه‌های موجود در مسیر کانال به نحوی‌است که باعث افزایش عمق آب در کانال شده است. در جدول ۱ مشخصات کلی مقطع بالادست بازه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر ارائه شده‌اند.

نتایج و بحث

همانطور که بیان شد، هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری برروی میزان تلفات آب و رسوبگذاری در کانال‌ها می‌باشد. در این راستا بازه‌هایی از کانال‌های درجه ۱، ۲ و ۳ در سطح شبکه‌های آبیاری استان خوزستان انتخاب گردید و مورد مطالعه قرار گرفت.

تاثیر سرعت جریان برروی نرخ رسوبگذاری

شکل ۱ تاثیر مقادیر سرعت متوسط جریان نسبت به سرعت ورودی را برروی نرخ رسوبگذاری در کانال‌های درجه ۱ و درجه ۲ مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در کل با افزایش سرعت متوسط بدون‌بعد، نرخ رسوبگذاری کاهش داشته است به نحوی‌که در برخی در مقادیر بالای ۱/۳ برای کانال درجه ۲ و ۱/۰ برای کانال درجه ۱، رسوبگذاری به فرسایش تبدیل شده است. این بخش از کانال‌ها با توجه به بازدیدهای میدانی معمولا کانال‌هایی هستند که شرایط بهره‌برداری از آنها به نحوی‌است که عمق بهره‌برداری از آنها کمتر از عمق طراحی بوده و یا در زمان برداشت اطلاعات در حال آبگیری (بخصوص کانال‌های درجه ۱) برای شروع به کار مجدد هستند. شیب افزایش نرخ رسوبگذاری در برابر کاهش سرعت برای کانال درجه ۲ نسبت به درجه ۱ کمتر نتیجه شده است که دلیل این امر این است که در کانال‌های بزرگتر، با کاهش سرعت، انرژی جنبشی (به دلیل وجود انرژی پتانسیل بیشتر به دلیل ابعاد کانال) سریعتر مستهلک شده لذا رسوبگذاری با نرخ بیشتری تغییر می‌کند. شکل ۱ بیان می‌دارد که کانال‌های درجه ۱ حساسیت بیشتری به تاثیر مدیریت سرعت بهره‌برداری نسبت به کانال‌های درجه ۲ دارند.



شکل ۱- تاثیر سرعت جریان برروی نرخ رسوبگذاری.

تاثیر شرایط بهره‌برداری بر نرخ رسوبگذاری

به منظور بررسی تاثیر شرایط بهره‌برداری از کانال‌های مورد مطالعه برروی شرایط رسوبگذاری، تغییرات نسبت عمق آزاد در مقابل تغییرات نرخ رسوبگذاری در شکل ۲ مشاهده می‌شود. با توجه به شکل مشخص است که در کل با افزایش نسبت عمق آزاد (افزایش نسبت عمق آزاد بیان کننده کاهش عمق موجود در کانال نسبت به عمق طراحی کانال است که در واقع

www.SID.ir

Archive of SID

نشان‌دهنده کاهش دبی بهره‌برداری نسبت به دبی طراحی است) نرخ رسوبگذاری نیز افزایش نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات کلی مقطع بالادست بازه‌های مورد مطالعه.

ردیف	درجه کانال	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			طول بازه	عرض کف	عمق	سرعت
		درجه	دقیقه	ثانیه	درجه	دقیقه	ثانیه	m	m	m	m s^{-1}
۱	۱	۴۸	۱۲	۳/۲۰	۳۲	۲۲	۵۴/۲	۳۹۰۰	۷/۸	۲/۶۰	۰/۷۵
۲	۱	۴۸	۲۵	۴۳/۷	۳۱	۵۱	۵۳/۶	۳۸۰۰	۳/۰	۱/۵۵	۰/۶۱
۳	۱	۴۸	۵۲	۳۴/۰	۳۱	۵۷	۱۷/۵	۵۲۲۰	۴/۵	۲/۳۵	۰/۷۵
۴	۱	۴۸	۲۰	۵۷/۲	۳۲	۶	۴۹/۳	۲۳۰۰	۳/۵	۱/۷۲	۰/۵۴
۵	۱	۴۸	۷	۲۰/۷	۳۲	۸	۴۷/۵	۴۰۰۰	۹/۴	۲/۵۰	۰/۴۱
۶	۱	۴۸	۵	۳۵/۹	۳۲	۱۶	۳۵/۸	۷۸۳۰	۷/۸	۲/۰۸	۰/۹۶
۷	۱	۴۸	۸	۲۶/۱	۳۲	۲۴	۲۴/۸	۳۵۷۰	۱/۹	۱/۷۷	۰/۶۰
۸	۱	۴۸	۲۶	۲۷/۲	۳۲	۲۴	۴۲/۰	۲۶۴۰	۳/۵	۱/۲۴	۰/۵۹
۹	۱	۴۸	۴۴	۵۸/۵	۳۰	۴۴	۱۵/۲	۹۵۳۰	۲/۷	۱/۳۷	۰/۵۷
۱۰	۱	۴۸	۲۳	۲۰/۴	۳۱	۲۸	۴۶/۴	۷۶۵۰	۹/۴	۳/۳۹	۰/۶۶
۱۱	۱	۴۹	۲۶	۱۳/۷	۳۰	۵۷	۱۱/۵	۶۲۵۰	۳/۰	۲/۱۵	۰/۶۷
۱۲	۱	۴۹	۲۵	۶/۴	۳۰	۵۷	۵۵/۶	۹۵۲۰	۳/۳	۰/۹۴	۱/۵۲
۱۳*	۱	۴۹	۴۱	۵۲/۴	۳۱	۱۵	۳۲/۵	۱۵۰۰		۰/۵۲	۱/۶۱
۱۴	۱	۴۹	۳۸	۴۲/۰	۳۱	۱۴	۵۰/۹	۱۵۰۰		۰/۶۶	۱/۰۱
۱۵	۲	۴۸	۱۷	۵۵/۵	۳۲	۲۳	۵۰/۳	۴۱۰۰	۲/۰	۰/۵۹	۰/۲۲
۱۶	۲	۴۸	۱۴	۱۲/۰	۳۲	۱۹	۹/۰	۲۴۵۰	۰/۹	۰/۴۵	۰/۸۶
۱۷	۲	۴۸	۲۳	۳۷/۶	۳۱	۴۹	۵۰/۸	۲۹۰۰	۱/۳	۰/۷۹	۰/۶۰
۱۸	۲	۴۸	۵۳	۳۱/۹	۳۱	۵۶	۳/۴	۲۱۰۰	۰/۵	۰/۵۱	۰/۵۲
۱۹	۲	۴۸	۷	۲۹/۰	۳۰	۶	۲۰/۵	۴۵۲۰	۱/۵	۰/۵۶	۱/۱۸
۲۰	۲	۴۸	۲۰	۵۵/۴	۳۲	۶	۴۸/۹	۱۱۹۰	۱/۳	۰/۴۴	۰/۲۱
۲۱	۲	۴۸	۸	۱۳/۲	۳۲	۲۴	۱۷/۲	۶۰۰	۰/۶	۰/۶۰	۰/۳۸
۲۲	۲	۴۸	۲۴	۲۷/۸	۳۲	۱۷	۱۵/۲	۳۱۸۰	۱/۰	۰/۵۱	۰/۷۳
۲۳	۲	۴۸	۲۳	۲۱/۰	۳۲	۲۰	۴۲/۱	۵۴۳۰	۱/۸	۰/۸۸	۰/۳۳
۲۴	۲	۴۸	۲۶	۱۲/۱	۳۲	۱۹	۲۸/۰	۵۶۵۰	۲/۲	۰/۶۹	۰/۳۰
۲۵	۲	۴۸	۲۲	۳۴/۴	۳۲	۲۱	۱۸/۰	۴۵۵۰	۳/۲	۰/۹۸	۰/۸۴
۲۶	۲	۴۸	۲۶	۲۸/۶	۳۲	۲۴	۴۰/۴	۲۸۴۰	۱/۵	۰/۶۸	۰/۲۲
۲۷	۲	۴۸	۴۲	۳۶/۷	۳۰	۴۵	۱۹/۹	۴۵۷۰	۰/۶	۰/۴۳	۰/۴۴
۲۸	۲	۴۸	۲۰	۵۹/۱	۳۱	۲۶	۳۰/۶	۷۹۵۰	۶/۷	۳/۰۰	۰/۷۲
۲۹	۲	۴۸	۲۶	۱/۹	۳۱	۲۶	۳۴/۲	۳۶۵۰	۲/۳	۱/۸۹	۰/۶۲
۳۰	۲	۴۹	۲۶	۴۲/۲	۳۰	۵۴	۴۶/۸	۶۱۵۰	۲/۴	۱/۹۳	۰/۵۵
۳۱	۲	۴۸	۱۸	۴۴/۸	۳۲	۱۱	۱۷/۰	۲۲۰۰	۰/۶	۰/۳۲	۰/۶۶
۳۲	۲	۴۸	۳۰	۳۷/۲	۳۱	۵	۰/۰	۴۹۵۰	۲/۵	۰/۸۹	۰/۹۷
۳۳	۲	۴۸	۵۳	۵۵/۳	۳۱	۳۱	۵۰/۸	۱۵۷۵	۰/۸	۰/۵۲	۰/۵۲
۳۴	۲	۴۸	۵۲	۵۸/۳	۳۱	۲۷	۵۵/۶	۴۵۱۰	۰/۶	۰/۵۴	۰/۵۹
۳۵	۲	۴۸	۵۳	۲۶/۰	۳۱	۲۸	۳۸/۱	۴۰۳۰	۰/۷	۰/۷۵	۰/۴۴
۳۶	۳	۴۸	۱۳	۴۷/۰	۳۲	۱۸	۵۶/۷	۱۲۵۰	۰/۳	۰/۴۷	۰/۳۳
۳۷	۳	۴۸	۲۵	۱/۸	۳۲	۱۶	۴۸/۷	۱۵۵۰	۰/۶	۰/۲۴	۰/۴۰
۳۸	۳	۴۸	۲۴	۳۶/۲	۳۲	۱۹	۴۸/۲	۲۳۰۰	۰/۴	۰/۶۰	۰/۴۳
۳۹	۳	۴۸	۲۲	۲۰/۳	۳۲	۲۰	۳۵/۱	۳۵۸۰	۰/۳	۱/۶۰	۰/۵۳
۴۰	۳	۴۸	۴۶	۳۵/۴	۳۲	۱۱	۳۱/۸	۳۶۵۰	۰/۶	۰/۵۸	۰/۲۸
۴۱	۳	۴۸	۵۰	۶/۶	۳۲	۱۴	۵۳/۹	۸۸۵۰	۰/۷	۰/۹۸	۰/۸۲
۴۲	۳	۴۸	۲۰	۳۸/۲	۳۱	۲۵	۵۳/۷	۵۵۰۰	۰/۹	۱/۲۰	۱/۲۲
۴۳	۳	۴۸	۲۷	۵۷/۴	۳۱	۲۵	۳۵/۲	۴۰۵۰	۰/۵	۱/۳۰	۰/۸۹
۴۴	۳	۴۹	۲۸	۳/۴	۳۰	۵۳	۳۵/۶	۲۳۲۰	۰/۶	۰/۵۹	۰/۳۷
۴۵	۳	۴۸	۴۱	۵۹/۲	۳۰	۴۵	۵/۴	۱۹۵۰	۰/۳	۰/۳۷	۰/۳۱
۴۶	۳	۴۸	۲۳	۳۷/۶	۳۱	۴۹	۵۰/۸	۲۹۰۰	۰/۴	۰/۶۲	۰/۵۵
۴۷	۳	۴۸	۱۴	۹/۵	۳۲	۹	۱۹/۱	۸۴۱۷	۰/۲	۲/۶۰	۱/۲۰
۴۸	۳	۴۸	۲۵	۱۳/۶	۳۱	۴۹	۳/۶	۲۴۰۰	۰/۳	۰/۴۸	۰/۴۶
۴۹	۳	۴۸	۸	۵۲/۷	۳۲	۵	۳۷/۳	۴۹۳۰	۰/۷	۰/۸۵	۰/۳۵
۵۰	۳	۴۸	۱۷	۵۹/۶	۳۲	۱۰	۱۳/۸	۴۲۶۷	۰/۶	۰/۹۴	۰/۵۶
۵۱	۳	۴۸	۵۳	۳۲/۱	۳۱	۵۶	۴/۹	۶۱۵	۰/۳	۰/۳۶	۰/۴۳

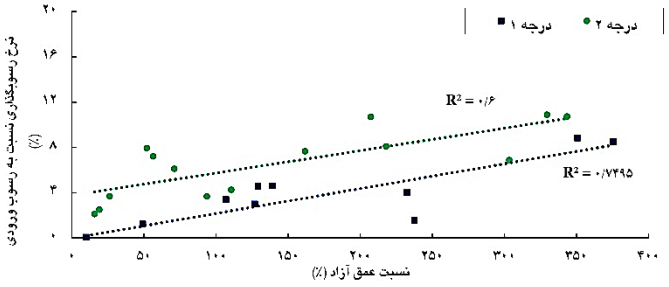
* در مقاطعی که عرض کف گزارش نشده است، جنس کانال خاکی بوده است.

دلیل این امر آن است که با کاهش دبی بهره‌برداری نسبت به دبی طراحی، در واقع انرژی جریان برای حمل رسوبات کاهش پیدا نموده و در نتیجه نرخ رسوبگذاری افزایش نشان می‌دهد. همچنین در مورد کانال‌های درجه ۲ در شرایط مشابه، نرخ رسوبگذاری بیشتر از کانال درجه ۱ است. این نکته به این دلیل است که با کاهش عمق آب در کانال درجه ۱ نسبت به درجه ۲، تاثیر دیواره و کف کانال برروی انرژی جریان، به واسطه

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگی سطح مقطع، کمتر از کانال درجه ۲ خواهد بود. در جدول ۲، مقادیر ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف رسوبگذاری، مشاهده می‌شوند.



شکل ۲- تاثیر شرایط بهره‌برداری برروی نرخ رسوبگذاری.

با توجه به نتایج جدول می‌توان بیان نمود که نرخ رسوبگذاری با هر دو پارامتر نسبت سرعت و نسبت عمق آزاد دارای رابطه معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده است. همچنین ضریب همبستگی نشان می‌دهد که رابطه نرخ رسوبگذاری با نسبت عمق آزاد، بصورت افزایشی بوده ولی با نسبت سرعت متوسط به سرعت ورودی رابطه عکس دارد.

بررسی نرخ رسوبگذاری

نرخ رسوبگذاری در بازه‌های اندازه‌گیری شده از کانال‌ها در جدول ۳ بر حسب کیلوگرم-ثانیه در کیلومتر ارائه شده است. این اعداد را با فرض یک عدد ثابت برای چگالی، می‌توان برحسب حجم رسوبات در واحد زمان در واحد طول کانال بیان نمود. افزایش نرخ رسوبگذاری در صورتی‌که در دو کانال با ابعاد یکسان باشد، بطور مستقیم با افزایش تراز کف کانال در ارتباط خواهد بود، در غیر این صورت ابعاد کانال تاثیر زیادی برروی آن خواهد داشت. افزایش نرخ رسوبگذاری در صورتی‌که در دو کانال با ابعاد یکسان باشد، بطور مستقیم با افزایش تراز کف کانال در ارتباط خواهد بود، در غیر این صورت ابعاد کانال تاثیر زیادی برروی آن خواهد داشت.

جدول ۲- مقادیر ضریب همبستگی پارامترهای مختلف رسوبگذاری.

ضریب همبستگی	پارامتر	ضریب همبستگی	پارامتر
-۰/۹۳۱**	نرخ رسوبگذاری-نسبت سرعت متوسط به ورودی (کانال درجه ۱)	۰/۸٦٦**	نرخ رسوبگذاری-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۱)
-۰/۹۳۱**	نرخ رسوبگذاری-نسبت سرعت متوسط به ورودی (کانال درجه ۲)	۰/۷۷۵**	نرخ رسوبگذاری-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۲)

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

در بازه‌های مورد مطالعه، متوسط نرخ رسوبگذاری در کانال‌های درجه یک تقریبا ۲/٤ برابر کانال‌های درجه دو می‌باشد، ولی با توجه به اینکه در کانال‌های درجه دو تغییرات دبی و عمق جریان در یک بازه زمانی مشخص براساس شرایط بهره‌برداری، معمولا بیشتر از کانال درجه یک است، می‌توان انتظار داشت که خروج جریان آب و رسوب از حالت تعادل در این کانال‌ها بیشتر از کانال‌های درجه یک باشد و به همین دلیل معمولا رسوبات تجع یافته در این کانال‌ها در اثر شرایط بهره‌برداری، نسبت به کانال درجه یک با نرخ بیشتر فرسوده شده و به پایین‌دست منتقل می‌شوند. در مجموع این نکته در مدیریت لایروبی شبکه حائز اهمیت است، که افزایش تراز بستر در کانال درجه دو نسبت به درجه یک موجب افزایش بیشتر تراز نرمال آب در این کانال‌ها شده که متناسب با آن، دبی آبگیری از کانال درجه یک را کاهش می‌دهد، لذا در مدیریت توزیع عادلانه آب تاثیر بیشتر خواهد داشت. از سوی دیگر، رسوبگذاری در کانال درجه ۱ موجب کاهش ظرفیت انتقال آب شده که خود عاملی برای کمبود آب در مزارع پایین‌دست می‌شود.

تاثیر مدیریت بهره‌برداری برروی تلفات انتقال آب

هر کانال آبیاری برای دبی خاصی طراحی شده و در شرایطی که دبی بهره‌برداری به دبی طراحی نزدیکتر

www.SID.ir

Archive of SID

باشد، از آنجایی‌که شعاع هیدرولیکی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، میزان تلفات آب به حداقل خواهد رسید. به منظور بررسی تاثیر شرایط بهره‌برداری برروی میزان تلفات آب از کانال آبیاری، با تعریف نسبت عمق آزاد و نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست به عنوان معیارهای شرایط بهره‌برداری کانال، تغییرات تلفات آب از کانال در مقابل تغییرات این معیارها مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه بیان شده‌اند.

جدول ۳- نرخ رسوبگذاری در کانال‌های مورد مطالعه.

درجه کانال	طول بازه m	عرض متوسط کف m	نرخ رسوبگذاری $kg\ s^{-1}\ km^{-1}$
۱	۵۲۲۰	٤/۷۵	۰/۰۱
۱	٤۰۰۰	۱۰/٤۰	۰/۵۱
۱	۷۸٦۰	۷/۹۰	۰/۳۳
۱	۲٦٤۰	۳/۵۰	۰/۱٤
۱	۷٦۵۰	۹/٤۰	۰/۱۹
۱	٦۲۵۰	۳/۰۰	۰/۲۷
۱	۹۵۲۰	۳/۳۰	۰/۰٦
۲	۲٤۵۰	۰/۹۰	۰/۰۱
۲	۲۱۰۰	۰/۵۳	۰/۰٤
۲	٤۵۲۰	۱/۲۵	۰/۰۱
۲	۱۱۹۰	۱/۱۵	۰/۰٤
۲	۵٤۳۰	۱/٦۵	۰/۰۳
۲	۵٦۵۰	۲/۰۰	۰/۰۱
۲	٤۵۵۰	۳/۰۵	۰/۰۱
۲	۲۸٤۰	۱/۵۰	۰/۰۱
۲	٤۵۷۰	۰/٦۰	۰/۱۳
۲	۷۹۵۰	٦/۷۰	۰/۵۲
۲	۳٦۵۰	۲/۰۵	۰/۲۱
۲	٦۱۵۰	۱/۸۰	۰/۱٤
۲	۲۲۰۰	۰/٦۰	۰/۰۱

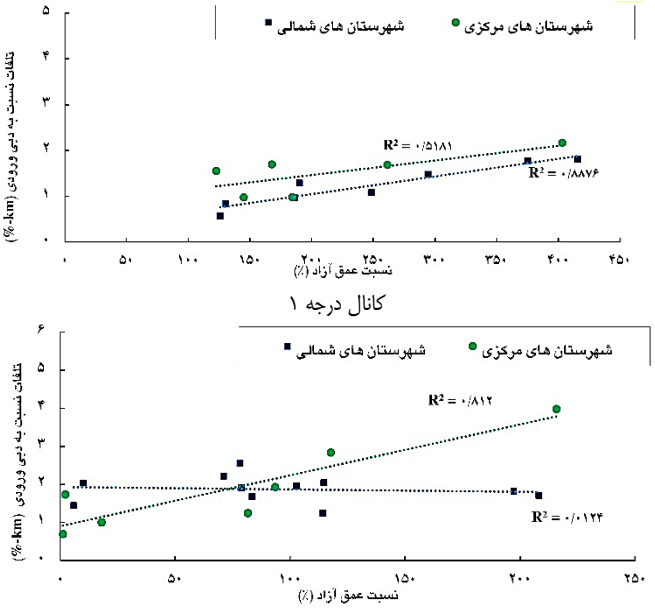
در شکل ۳، تغییرات میزان تلفات آب در مقابل نسبت عمق آزاد برای کانال‌های درجه ۱ و ۲ به تفکیک شهرستان‌های شمالی و مرکزی مشاهده می‌شوند. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در کل با افزایش نسبت عمق آزاد (که نشان دهنده عدم مدیریت صحیح بهره‌برداری می‌باشد)، میزان تلفات آب افزایش نشان می‌دهد. این نکته در مورد کانال‌های درجه ۲ شهرستان‌های شمالی مشاهده نمی‌شود. در این منطقه، با افزایش نسبت عمق آزاد، مقادیر تلفات آب تقریبا ثابت می‌باشد. اما در مورد کانال‌های درجه ۲ شهرستان‌های مرکزی روند افزایش تلفات آب مشاهده شده است. این روند در نتیجه تاثیر شرایط بستر برروی نشت آب است. در این شهرستان‌ها بدلیل کیفیت خاک (که معمولا خاک‌ها از نوع شور و گچی بوده و پتانسیل واگرایی دارند)، تغییر در شرایط بهره‌برداری تاثیر مشهودی برروی تلفات آب نشان می‌دهد. در مورد کانال‌های درجه ۱، برای هر دو منطقه مورد مطالعه، با افزایش نسبت عمق آزاد، به میزان تلفات آب افزوده می‌شود. در این نوع کانال‌ها، بواسطه عمق بیشتر نسبت به کانال‌های درجه ۲، گرادیان هیدرولیکی در رویه بتنی کانال بیشتر شده و در نتیجه حساسیت بیشتری نیز به تغییرات در عمق مشاهده می‌شود، در این شرایط کیفیت خاک بستر کانال با توجه به انرژی نشت موجود، تاثیر کمتری برروی رفتار کانال داشته و در نتیجه در هر دو منطقه با افزایش نسبت عمق آزاد، به میزان تلفات آب افزوده شده است. در مورد کانال‌های درجه ۱، در شرایط ثابت بهره‌برداری، مقدار تلفات آب در مناطق مرکزی بیشتر از مناطق شمالی نتیجه شده است. با توجه به ماهیت تحقیق که از نوع میدانی است و همچنین شرایط و عوامل بسیار گسترده تاثیرگذار برروی نشت از کانال‌ها، اطلاعات حاصل شده دارای پراکندگی نسبتا زیاد هستند. این پراکندگی در کانال‌های درجه ۱ برای شهرستان‌های شمالی کمتر از مرکزی است. دلیل این اختلاف به تفاوت در کیفیت خاک بستر کانال‌های این دو شهرستان مربوط است. در شهرستان‌های شمالی بدلیل کیفیت بهتر خاک منطقه، تفاوت در کیفیت لاینینگ کانال، تفاوت کمتری نسبت به حالت مشابه در شهرستان‌های مرکزی ایجاد می‌کند، لذا پراکندگی اطلاعات آنها کمتر نتیجه شده است. با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان بیان نمود که به منظور به حداقل رساندن تلفات آب در مسیر انتقال و توزیع در شبکه‌های آبیاری، نیاز به دقت در مدیریت بهره‌برداری است به نحوی‌که کانال مورد نظر همیشه در حد ظرفیت طراحی خود آب را انتقال دهد.

در شکل ٤، تغییرات میزان تلفات آب در مقابل نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست برای کانال‌های درجه ۱ و ۲ مشاهده می‌شوند. با توجه به شکل مشاهده

www.SID.ir

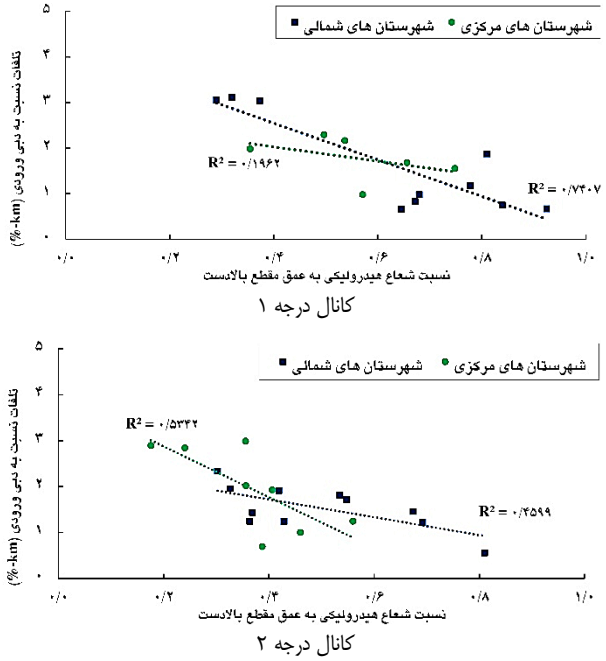
Archive of SID

می‌شود با افزایش شعاع هیدرولیکی، مقدار تلفات آب نیز کاهش پیدا می‌کند. نرخ کاهش تلفات آب در کانال‌های درجه ۱ در شهرستان‌های شمالی ببیشتر از شهرستان‌های مرکزی است ولی در کانال‌های درجه ۲ این روند کاملا برعکس شده است. دلیل این تغییر در رفتار را می‌توان به ابعاد کانال‌ها و سرعت طراحی آن نسبت داد.



شکل ۳- تاثیر شرایط بهره‌برداری برروی تلفات آب از کانال.

در مورد کانال درجه ۱ در شهرستان‌های شمالی، مقطع هیدرولیکی به مقطع هیدرولیکی بهینه نزدیک‌تر بوده و سرعت طراحی نیز بالاتر می‌باشد. در نتیجه این شرایط با افزایش شعاع هیدرولیکی، مقدار دبی عبوری از بازه افزایش بیشتری نسبت به شهرستان‌های مرکزی داشته و این نکته باعث تغییر در رفتار کانال شده است. در مورد کانال‌های درجه ۲، نسبت به درجه ۱، عمق جریان بیشتر متاثر از نحوه عملکرد سازه‌های کنترل می‌باشد تا شرایط هیدرولیکی کانال، حال آنکه تاثیر سازه‌های کنترل، در کانال‌های درجه ۱، بدلیل فاصله زیاد آنها از یکدیگر و تشکیل عمق نرمال بین آنها، کمتر است. از سوی دیگر با توجه به شرایط طراحی شبکه‌های آبیاری شهرستان‌های مرکزی استان (قطعه‌بندی منظم‌تر مزارع و با ابعاد بزرگتر)، فاصله بین سازه‌های کنترل در این شبکه‌ها بیشتر شده لذا افزایش عمق جریان و در نتیجه آن افزایش شعاع هیدرولیکی بیشتر ناشی از افزایش دبی ورودی به بازه مورد مطالعه بوده، حال آنکه برای شهرستان‌های شمالی در بیشتر موارد، عملکرد سازه‌های کنترل موجب افزایش عمق شده (در صورتی‌که دبی ورودی تقریبا ثابت بوده است)، از آنجایی‌که افزایش عمق موجب افزایش نشت از کانال می‌شود، ولی این افزایش نشت به همراه افزایش دبی در شهرستان‌های مرکزی بوده است، نرخ کاهش تلفات آب در این شبکه‌ها، بیشتر از شهرستان‌های شمالی است. شایان ذکر است که تلفات آب در کانال متاثر از سه عامل پوشش کانال، جنس خاک بستر کانال و عمق آب در کانال است. در شکل ٤، نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست، تاثیر عمق را حذف نموده است. دو عامل دیگر در این نمودارها باعث پراکندگی نتایج شده است. از آنجایی‌که کیفیت خاک بستر کانال در مناطق مرکزی مورد مطالعه نسبت به مناطق شمالی بسیار متغییر بوده است، منطقی است که نتایج این بخش دارای پراکندگی بیشتری نیز باشند.



شکل ۴- تاثیر نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق ورودی برروی تلفات آب از کانال.

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول ٤، مقادیر ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف تلفات آب از کانال، مشاهده می‌شوند. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که میزان تلفات آب در کانال‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر، در بیشتر موارد دارای رابطه معنی‌دار با متغییر مورد مطالعه هستند. میزان تلفات آب رابطه معنی‌داری با شعاع هیدرولیکی در کانال‌های درجه ۱ شهرستان‌های مرکزی نشان نداده است. همچنین میزان تلفات آب در کانال‌های درجه ۱ شهرستان‌های مرکزی و درجه ۲ شهرستان‌های شمالی رابطه معنی‌داری با نسبت عمق آزاد نداشته است. با بررسی اطلاعات مشخص شد که دلیل معنی‌دار نبودن سه نمودار مورد نظر، کمبود اطلاعات نبوده، بلکه برخلاف دیگر نمودارها، نسبت عمق آزاد و یا شعاع هیدرولیکی مهمترین عامل در تلفات آب نبوده و عوامل دیگر مانند تفاوت در شرایط زمین‌شناسی و یا پوشش کانال می‌تواند مهمترین عامل تغییر تلفات آب در این موارد باشد.

جدول ۴- مقادیر ضریب همبستگی پارامترهای مختلف تلفات آب از کانال.

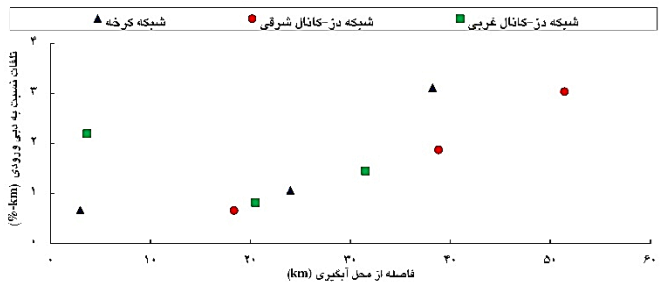
ضریب همبستگی	پارامتر	ضریب همبستگی	پارامتر
-۰/۸٦۱**	تلفات آب-نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست (کانال درجه ۱، شهرستان‌های شمالی)	۰/۹٤۲**	تلفات آب-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۱، شهرستان‌های شمالی)
-۰/٤٤۳	تلفات آب-نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست (کانال درجه ۱، شهرستان‌های مرکزی)	۰/۷۲۰	تلفات آب-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۱، شهرستان‌های مرکزی)
-۰/٦۷۸*	تلفات آب-نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست (کانال درجه ۲، شهرستان‌های شمالی)	-۰/۱۱۱	تلفات آب-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۲، شهرستان‌های شمالی)
-۰/۷۳۱*	تلفات آب-نسبت شعاع هیدرولیکی به عمق بالادست (کانال درجه ۲، شهرستان‌های مرکزی)	۰/۹۰۱**	تلفات آب-نسبت عمق آزاد (کانال درجه ۲، شهرستان‌های مرکزی)

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

تاثیر فاصله از محل آبگیری برروی تلفات انتقال آب

در شکل ۵ تاثیر فاصله از محل آبگیری برروی تلفات انتقال آب برای سه کانال درجه ۱ مهم در منطقه شمال خوزستان قابل مشاهده است. با توجه به شکل مشخص است که با افزایش فاصله از محل آبگیری (که معمولا در این محل بهترین نظارت بر عملکرد شبکه وجود دارد)، بر مقدار تلفات آب کانال افزوده شده است. افزایش نرخ تلفات آب برای دو کانال غربی و شرقی شبکه دز تقریبا یکسان بوده ولی برای شبکه کرخه غیر خطی نتیجه گردید. این تغییر رفتار بدلیل آن است که کانال شبکه کرخه پس از آبگیری از بسترهای سنگی عبور نموده و در انتها وارد منطقه با خاک ماسه‌ای شده که در نتیجه آن نشت بیشتر شده است. با توجه به اینکه کانال مورد مطالعه بتنی بوده است، انتظار این بود که تغییر جنس بستر تاثیر چندانی برروی نشت نداشته باشد، حال آنکه اطلاعات شکل ۵ روندی متفاوت را نشان می‌دهد، این تغییر رفتار را می‌توان دلیل بر مدیریت و نگهداری نامطلوب در این بازه کانال دانست. در مورد کانال غربی شبکه دز، بازه اول مورد مطالعه از جنس خاکی بوده که در نتیجه آن تلفات آب بیشتر شده و پس از آن کانال دارای پوشش بتنی است.



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵- تاثیر فاصله از محل آبگیری برروی تلفات انتقال آب.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر با انجام مطالعات میدانی در دو زمینه رسوبگذاری در شبکه و تلفات آب در کانال، تاثیر شرایط بهره‌برداری از شبکه برروی این دو عامل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با وجود طراحی مناسب کانال‌ها در زمینه رسوبگذاری، شرایط بهره‌برداری از شبکه به شدت رسوبگذاری و یا فرسایش را تحت تاثیر قرار داده که می‌تواند ابزاری برای اصلاح شبکه و یا چالشی بر روی دیگر مشکلات آن باشد. با توجه به پراکندگی اطلاعات در دو بخش تاثیر شرایط بهره‌برداری برروی رسوبگذاری در شبکه و تلفات آب نتایج متفاوت بدست آمد. مقدار ضریب همبستگی در بخش رسوبگذاری درکل بهتر از تلفات آب بدست آمد که دلیل آن مربوط به عوامل موثر بر این دو متغیر است. رسوبگذاری تحت تاثیر انرژی انتقال رسوب توسط جریان قرار دارد که خود غالبا متاثر از یک پارامتر سرعت جریان آب است حال آنکه تلفات آب در کانال به عوامل بیشتری مانند عمق آب، شرایط ایجاد پوش بتنی و کیفیت خاک بستر وابسته است.

نتایج نشان داد که در کانال‌های درجه ۱ و ۲ به ازای ۱۰ درصد کاهش دبی بهره‌برداری نسبت به دبی طراحی، به ترتیب، تقریبا ۰/۲۳ و ۰/۲۶ کیلوگرم بر ثانیه در هر کیلومتر کانال به مقدار رسوبگذاری افزوده شده است. البته این نتیجه نیاز به مطالعه دقیق‌تر برروی یک بازه خاص از کانال تحت شرایط مختلف بهره‌برداری دارد. با فاصله گرفتن از بالادست کانال درجه ۱ در شبکه‌های مختلف، معمولا نظارت بر عملکرد کانال‌ها کاهش نشان می‌دهد. به نحوی‌که میزان تلفات آب در کانال درجه ۱ شبکه آبیاری کرخه ۰/۱۲ درصد در هر کیلومتر نسبت به دبی ورودی به ازای هر کیلومتر فاصله از ابتدای کانال افزایش نشان داده است. این پارامتر برای کانال غربی و شرقی شبکه آبیاری دز به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۰۹ درصد نتیجه شده است. باید در این زمینه ساز و کار مناسبی پیش‌بینی شود. بطور مثال می‌توان در نقاط مختلف هر شبکه محل‌هایی را برای استقرار کارشناس در نظر گرفت تا در عین حالی‌که نظارت دقیق‌تر و بهتر در سطح شبکه دارد، ارتباط موثرتر و مفیدتری نیز با بهره‌برداران و کشاورزها برقرار نماید. شرایط بهره‌برداری از شبکه بشدت مقدار تلفات آب در کانال‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به نحوی‌که در مورد کانال‌هایی که عمق بهره‌برداری در آنها کمتر از عمق طراحی است، تلفات آب بیشتر می‌شود. به منظور مدیریت این شرایط بهترین گزینه‌ای که به ذهن می‌رسد، استفاده از آبیاری شبانه‌روزی است. در این شرایط در غالب کانال‌های شبکه، یا جریان قطع خواهد شد و یا با ظرفیت طراحی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

منابع مورد استفاده

Ahmed F, Hassan, M and Hashmi, HN, 2018. Developing nonlinear models for sediment load estimation in an irrigation canal. Journal of Acta Geophysica 66(6): 1485-1494

Akkuzu E, Unal HB, Karatas BS, Avci M and Asik S, 2008. Evaluation of irrigation canal maintenance according to roughness and active canal capacity values. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 134(1):60-66

Bagnold, RA, 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics. US Geological Survey Professional Paper 422-J.

Belaud G and Baume JP, 2002. Maintaining equity in surface irrigation network affected by silt deposition. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 128(5):316-325.

Brooks, NH, 1963. Calculation of suspended load discharge from velocity and concentration parameters. Proceeding of Federal Interagency Sedimentation Conference, Miscellaneous Publication No 970, US Department of Agriculture, Agricultural research Service, Washington, DC, 229-237.

Celik I and Rodi W, 1991. Suspended sediment transport capacity for open channel flow. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 112(2): 191-204.

www.SID.ir

Archive of SID

Chang FM, Simons DB and Richardson EV, 1967. Total bed-material discharge in alluvial channels. Proceeding of 12th Congress of IAGR, Fort Collins, Colorado, USA.

Depeweg H and Méndez VN, 2002. Sediment transport applications in irrigation canals. Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage 51(2):167-179.

Einistein HA, 1950. The bed load function for sediment transportation in open channel flows. Technical Bulletin, U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service, Washington DC.

Ghodousi H and Mirzaie Z, 2018. Calculation of channel performance, water losses and water delivery shortage in irrigation intakes for different water delivery and distribution options. Water and Soil Science-University of Tabriz, 28(1): 187-199. (In Farsi).

Karimi G, Moazed H and Behzad M, 2006. Investigation of hydraulic condition of Hamidiyeh and Ghods irrigation network due to sedimentation and presenting solutions to reduce sedimentation in canals. National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, 2-4 May, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (In Farsi).

Lane EW and Kalinske AA, 1941. Engineering calculations of suspended sediment. Eos Transactions American Geophysical Union, 22(3): 603-607.

Lawrence P and Atkinson E, 1998. Deposition of fine sediments in irrigation canals. Journal of Irrigation and Drainage Systems, 12(4): 371-385.

Mahdavi Mazdeh, A and Omid MH, 2011. Study of condition and causes of sedimentation Abshar irrigation Network of Isfahan. Proceeding of 3th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, 1-3 March, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (In Farsi).

Mamanpoush A and Mousavi SF, 2011. Quantity and quality of sedimentation in Nekouabad and Abshar irrigation networks in Isfahan province Iranian. Water Researches Journal 5(8): 197-202. (In Farsi).

Mahmoodian Shushtari M and Mirabolghasemi H, 1993. Determination of sedimentation velocity in lined irrigation channels using suspended concentration and comparison with other available methods. Proceeding of 6th National Conference of Irrigation and Drainage, 22-25 August, Azadi Hotel, Tehran, Iran. (In Farsi).

Mendez VN, 1998. Sediment Transport in Irrigation Canals. AA Balerma, Rotterdam, Netherlands.

Nikanfar R, 2000. Evaluation of sedimentation estimation methods in lined irrigation canals (Hamidiyeh-Ghods irrigation and drainage network). Applied-Research Project Report, KWPA, No 78306/4. (In Farsi).

Paul TC and Sarhuja VS, 1990. Why sediment deposition in lined channels?. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 116(5): 589-602.

Pareh Kar M, 1992. Investigation of Non-Silting Velocity in the Lined Canals. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Farsi).

Patel R, Yadav SM and Waikhom S, 2017. Estimation of Suspended Sediment Concentration in Lined Canals. Kalpa Publications in Civil Engineering.

Osman IS, Schultz B, Osman A and Suryadi FX, 2017. Effects of different operation scenarios on sedimentation in irrigation canals of the Gezira Scheme, Sudan. Journal of Irrigation and Drainage, ASCE 66(1): 82-89.

Samaga, RB, 1984. Total load transport of sediment mixtures. PhD Thesis, University of Roorkee, Roorkee, India.

Setoodenia A and Setoodenia S, 2016. Dam reservoir sedimentation assess the role of Taleqan on Qazvin plain irrigation network. Journal of Engineering and Construction Management 1(4): 12-16.

Shafaei Bajestan M, 1999. Sediment Hydraulics. Shahid Chamran University Press, Ahwaz, Iran. (In Farsi).

Swamee P and Ojha CSP, 1991. Bed-load and suspended-load transport of no uniform sediments. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 117(6): 774-787.

Taghili H, 2015. Estimation of sediment transport in irrigation and drainage network of Qazvin plain using Shark software. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Farsi).

Van Rijn LC, 1984. Sediment transport part II: Suspended load transport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 110(11): 1613-1641.

Yazdani Moghadam S, 1998. Investigation of sediment in the irrigation network of southern farms of Shohaday-e-Behbahan dam. MS.c Thesis, Faculty of Engineering, Islamic Azad University. (In Farsi).

www.SID.ir

Archive of SID

Zamanzadeh M, 2008. Investigation of sedimentation conditions in different sections of Dez irrigation network canals and presenting solutions for sediment reduction in the network. MSc Thesis, Faculty of Engineering, Islamic Azad University. (In Farsi).

www.SID.ir