

## بررسی قابلیت کاربرد معادلات رژیم در طراحی مجاری آبرفتی منطقه کامفیروز استان فارس

داود اکبری<sup>۱</sup>، داود خلیلی<sup>۲</sup>، شاهرخ زند پارسا<sup>۲</sup> و محمود جوان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، اعضای هیأت علمی بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۸۲.۴/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۶/۱۳

### چکیده

طراحی مجاری آبرفتی موضوعی است که در دهه‌های اخیر مورد توجه فراوان قرار گرفته است. برای یک کانال در حال رژیم، دبی آب، بار رسوب و اندازه میانه ذرات جداره کانال باعث می‌شوند تا مقطع و شیب به حالت تعادل برسند. برای طراحی کانال‌های پایدار، فرمول‌های مختلف رژیم به‌وسیله محققین زیادی از جمله لیبسی، بلنچ، سیمونز، آلبرستون، زند پارسا و جوان ارائه گردیده است. در این تحقیق، معادلات مختلف رژیم با استفاده از نمونه‌برداری‌های حاصله از منطقه کامفیروز در استان فارس بررسی و ضرایب معادلات برای منطقه مورد نظر تعدیل گردیدند. در این منطقه اطلاعات دبی، سرعت، شکل مقطع کانال، شیب سطح آب و اندازه ذرات کف و جداره جمع‌آوری گردید و معادلات مختلف رژیم با استفاده از اطلاعات حاصله مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که معادله ارائه شده توسط زند پارسا و جوان به‌علت این که عرض و عمق مجرا علاوه بر وابستگی به دبی به شیب تعادلی نیز ارتباط داده شده، برآورد بهتری داشته است. این امر باعث می‌شود تا این معادلات برای محدوده وسیعی از مجاری آبرفتی در شرایط رژیم صادق باشند. در مورد معادلات دیگر ارایه شده، چون بیشتر آنها مطالعات موردی با محدودیت‌های موجود در منطقه خاصی بودند، نتوانستند برای منطقه کامفیروز در طراحی مجاری آبرفتی پیشنهاد گردند. معادله سیمونز و آلبرستون نیز به‌علت اینکه بعضی از محدودیت‌های کانال‌های آبرفتی در آن مرتفع گردیده است می‌تواند با تخمینی نزدیک به معادلات زند پارسا و جوان مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، می‌توان گفت که هرگاه بتوان از شیب تعادلی منطقه مورد آزمایش به‌عنوان متغیر مستقل در معادلات رژیم استفاده نمود، معادلات برآورد خوبی را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: معادله رژیم، کانال پایدار، منطقه کامفیروز

### مقدمه

در دهه‌های اخیر مجاری آبرفتی مورد توجه فراوان بوده و برای طراحی و بررسی پایداری آنها مطالعات زیادی صورت گرفته است. در مجاری آبرفتی علاوه بر آزاد بودن سطح جریان، جداره نیز محبوس نبوده و بر اساس شرایط هیدرولیکی حاکم تغییر می‌کنند. ادامه تغییرات تا جایی است که مجرا به حالت تعادل برسد. در

این حالت ممکن است شیب بستر و یا سطح مقطع جریان تغییر کند (اکبری نودهی، ۱۳۷۹).

جریان آب در یک کانال بدون پوشش در معرض فرسایش و یا رسوب‌گذاری تمایل به ایجاد پیچ و خم خواهد داشت. متغیرهای یک کانال فرسایش پذیر عبارتند از: عمق جریان، شیب بستر و شکل مسیر جریان. کانالی که در آن تغییر شکل مسیر اتفاق نیفتد و به حالت تعادل



$$B = 1.81 \left( \frac{f_b \times Q}{f_s} \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$d = \left( \frac{f_s \times Q}{f} \right)^{1/3} \quad (4)$$

$$s = \frac{(f_b)^{5/6} \times (f_s)^{1/12} \times v^{1/4}}{11.59 \left( 1 + \frac{c}{2330} \right) \times g \times Q^{1/6}} \quad (5)$$

که در آنها:

$$f_b = 1.9(d_{50})^{1/2} (1 + 0.012c)$$

$f_s$  = ضریب ثابت، ۰/۳ برای جداره‌های چسبنده، ۰/۲ برای جداره‌های نسبتاً چسبنده و ۰/۱ برای جداره‌های غیرچسبنده

$c$  = غلظت مواد معلق، ppm

$v$  = لزوجت سینماتیکی، مترمربع بر ثانیه

$B$  = عرض کانال، متر

$d$  = عمق آب، متر

$g$  = شتاب ثقل، متر بر مجذور ثانیه

$s$  = شیب سطح آب، متر بر متر

سیمونز و آلبرستون (۱۹۶۰) با جمع‌آوری اطلاعات موجود در هندوستان و ایالات متحده آمریکا معادلات رژیم را برای کانال‌هایی با شرایط مختلف اندازه ذرات کف و غلظت رسوبات بررسی نمودند. انواع مختلف کانال‌ها با توجه به ذرات تشکیل‌دهنده کف و جداره به پنج نوع تقسیم‌بندی شدند که در جدول ۱ نشان داده شده است. معادلات ارائه شده به صورت زیر می‌باشد (سیمونز و آلبرستون، ۱۹۶۰):

$$p = k_1 \sqrt{Q} \quad (6)$$

$$R = K_2 Q^{0.36} \quad (7)$$

$$U = K_3 (R^2 \times S)^m \quad (8)$$

$$\frac{v^2}{g.d.s} = K_4 \left( \frac{V \times b}{v} \right) \quad (9)$$

مقادیر ضرایب  $K_i$  و نمای  $m$  با توجه به مشخصات پنج نوع کانال ذکر شده در جدول ۱ که نوع بافت کف و جداره مربوط به هر کانال را مشخص می‌کند، در سیستم

رسیده باشد، کانال پایدار یا در حال رژیم گویند (سیمونز و آلبرستون، ۱۹۶۰).

مبنای تئوری مجاری پایدار بر معادله ساده تجربی نهفته است که با استفاده از اطلاعات صحرایی جمع‌آوری شده از کانال‌های در حال تعادل به دست آمده است. معادلات تجربی رژیم رابطه بین متغیرهای وابسته محیط خیس شده، شعاع هیدرولیکی، عمق و شیب با متغیرهای مستقل دبی جریان، اندازه ذرات کف و با رسوبات را بیان می‌کند (زند پارسا و جوان، ۱۳۷۲).

کندی (۱۸۹۵) و لیندلی (۱۹۱۹) به طور تجربی با جمع‌آوری اطلاعات کانال‌های پایدار پنجاب در هندوستان روابطی را برای طراحی کانال‌های پایدار ارائه دادند. در معادلات ارائه شده عرض و عمق به عنوان متغیرهای شرایط رژیم به کار رفته‌اند (سیمونز و آلبرستون، ۱۹۶۰).

لیسی (۱۹۳۰) با جمع‌آوری اطلاعات کانال‌های آبرفتی در هندوستان معادلات رژیم را به صورت زیر بیان نمود (چیتال، ۱۹۹۲، ۱۹۹۴، ۱۹۹۶):

$$P = 4.75Q^{1/2} \quad (1)$$

$$R = 0.47 \left( \frac{Q}{f} \right)^{1/3} \quad (2)$$

که در آنها:

$P$  = محیط خیس شده، متر

$Q$  = دبی جریان، مترمکعب بر ثانیه

$R$  = شعاع هیدرولیکی، متر

$f$  = فاکتور بدون بعد سیلت و برابر است با:

$$f = 1.59(d_{50})^{1/2}$$

بر حسب میلی‌متر می‌باشد. معادله لیسی در محدوده اندازه ذرات ۰/۱۵ تا ۰/۴ میلی‌متر و دبی ۰/۱۴ تا ۱۴۰ متر مکعب بر ثانیه صادق می‌باشد.

بلنج (۱۹۵۷) برای طراحی کانال‌های آبرفتی با در نظر گرفتن اثر غلظت رسوبات و شرایط ذرات کف و بدنه کانال، معادلات رژیم را به صورت زیر ارائه نموده است (بلنج، ۱۹۵۷):



برای طراحی کانال‌های آبرفتی منطقه کامفیروز در استان فارس می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در استان فارس و در شمال غربی شهر شیراز واقع شده است. این منطقه که به نام دشت کامفیروز مشهور می‌باشد، در بالادست سد درودزن قرار دارد. اکثر اراضی این دشت توسط رودخانه کر آبیاری می‌شود. وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۱۰۰۰۰ هکتار می‌باشد، که کانال‌های آبیاری به صورت کانال‌های پایدار خاکی بوده و غالباً از سال‌ها پیش به صورت سنتی احداث گردیده‌اند (شکل ۱). با توجه به معادلات رژیم لازم بود تا اطلاعات مورد نیاز مانند مقادیر، دبی، سرعت، شکل مقطع کانال، شیب سطح آب، اندازه ذرات کف و جداره و غلظت رسوبات معلق در کانال جمع‌آوری گردد. که موارد بررسی شده به شرح زیر می‌باشد (زند پارسا و جوان، ۱۳۷۲).

متریک در جدول ۲ آورده شده است. سایر پارامترها قبلاً تعریف شده‌اند.

زند پارسا و جوان (۱۳۷۲) براساس اطلاعات هسی و تورن ۱۹۸۶ مقدار  $R$  را به صورت تابعی از  $Q$  و  $S$  به صورت زیر بیان نمودند (زند پارسا و جوان، ۱۳۷۲):

$$R = 0.146 Q^{0.3378} S^{0.1384} \quad (10)$$

زند پارسا و جوان (۱۳۷۲) با استفاده از روابط لیبسی، شزی و انیشتن براون محیط خیس شده کانال را به صورت زیر ارائه دادند:

$$p = 2.77 Q^{0.457} S^{-0.068} \quad (11)$$

در معادلات زند پارسا و جوان، شیب کانال برابر با شیب سطح آب در نظر گرفته شده است. هدف این تحقیق بررسی معادلات مختلف رژیم با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و مقایسه آنها با مقادیر به دست آمده از معادلات مختلف رژیم و انتخاب بهترین معادله

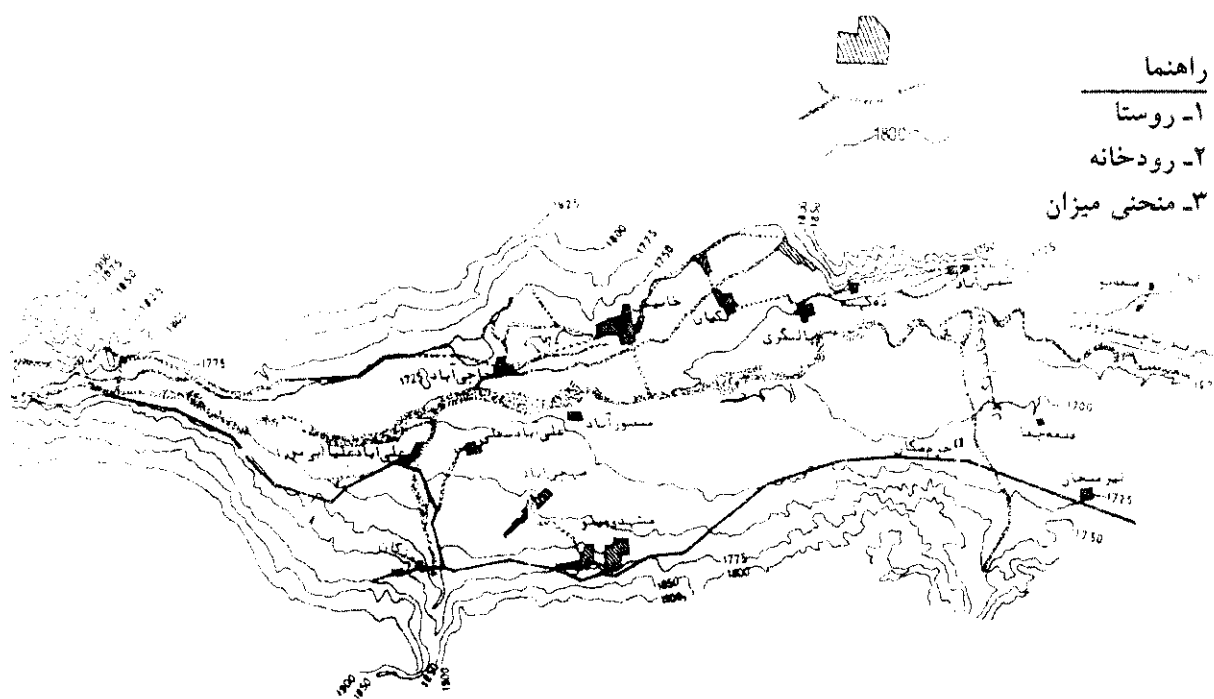
جدول ۱ - مشخصات انواع کانال‌ها (۴).

کف و جداره ماسه‌ای
کف ماسه‌ای و جداره چسبنده
کف و جداره چسبنده
مواد درشت دانه غیر چسبنده
مانند نوع ۲ اما با غلظت زیاد مواد معلق (۲۰۰ تا ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)

جدول ۲ - ضرایب و نمای معادلات سیمونز و آلبرتسون.

ضرایب	نوع کانال				
	۱	۲	۳	۴	۵
$K_1$	۶/۳۵	۴/۷۱	۳/۹۸	۳/۱۷	۳/۱
$K_2$	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۳۷
$K_3$	۹/۳۵	۱۰/۷۷	-	۱۰/۸۶	۹/۷۱
$K_4$	۰/۳۳	۰/۵۴	۰/۸۷	-	-
$m$	۰/۳۳	۰/۳۳	-	۰/۲۹	۰/۲۹





شکل ۱- نقشه منطقه نمونه برداری شده در دشت کامفیروز استان فارس.

با نمونه برداری از خاک دو دیواره و کف کانال و با استفاده از روش الکترونیک و هیدرومتر، منحنی دانه بندی برای هر کانال به دست آمد. منحنی دانه بندی برای محاسبه  $d_{50}$  هر کانال ترسیم گردید برای تعیین غلظت رسوبات معلق در کانال های آبرفتی موجود در منطقه، چون این کانال ها از رودخانه کر آبرفتی می شوند، بنابراین با استفاده از آمار رسوب دو ایستگاه تنگ براق و چم ریز که روی رودخانه کر قرار دارند، غلظت رسوبات در رودخانه کر بررسی گردید. بدین صورت که در ایستگاه تنگ براق با آمار ۱۲ سال رسوب و در ایستگاه چم ریز با آمار ۱۰ سال رسوب غلظت رسوبات معلق ورودی به هر کانال تعیین گردید.

### نتایج

در این تحقیق، هدف بررسی معادلات مختلف رژیم با توجه به شرایط حاکم بر کانال های موجود در منطقه کامفیروز استان فارس می باشد. بنابراین لازم بود تا پارامترهای معادلات رژیم تعیین و با مقادیر مشاهده ای مقایسه گردند. معادلاتی که در این تحقیق مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند عبارتند از:

سرعت جریان آب در کانال های مختلف با استفاده از مولینه اندازه گیری گردید. همچنین مقطع عرضی هر کانال با تقسیم مقطع کانال به قسمت های مساوی و اندازه گیری طول و عمق هر قسمت به دست آمد. مقدار دبی جریان نیز با ضرب سرعت متوسط هر قسمت از مقطع کانال در مساحت آن قسمت و در نهایت جمع آنها به دست آمد. محیط خیس شده کانال با توجه به تقسیم های انجام شده برای هر قسمت محاسبه، و برای هر مقطع از جمع آنها به دست آمد. همچنین شعاع هیدرولیکی کانال با تقسیم سطح مقطع جریان به پیرامون خیس شده در هر مقطع محاسبه شد.

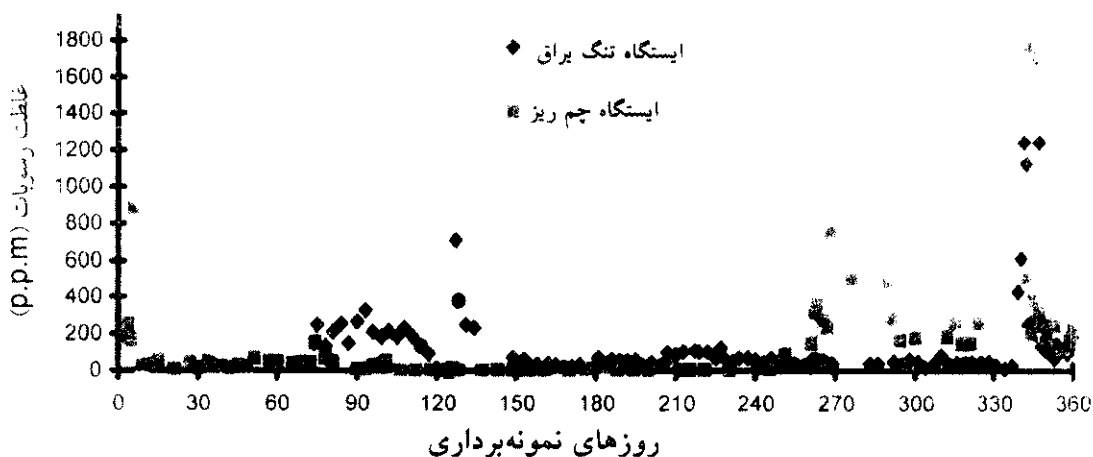
عرض سطح آب به طولی از مقطع جریان که با هوای آزاد در تماس می باشد، گفته می شود. این عامل در هر کانال با استفاده از متر تعیین گردید. با نصب دوربین تراز یاب در یک فاصله معین از کانال، دو قرائت دید جلو و دید عقب انجام شد. اختلاف قرائت پائین دست فاصله معین از قرائت بالادست و تقسیم آن بر فاصله مقدار شیب سطح آب در هر کانال را به دست می دهد.



رسوبات و روزهای نمونه برداری شده را در دو ایستگاه تنگ براق و چم ریز نشان می‌دهد. با استفاده از شکل ۲، زمانی که برداشت آب از کانال‌های موجود انجام می‌گردد (فصل زراعی برنج در منطقه کامفیروز، یعنی فصل بهار و تابستان) غلظت رسوب رودخانه کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. بنابراین غلظت رسوب در کانال‌هایی که از رودخانه کر سرچشمه می‌گیرند نیز همین مقدار می‌باشد. برای ارزیابی اطلاعات اندازه‌گیری شده (جدول ۳) و نشان دادن نتایج حاصل از معادلات مختلف رژیم، شکل‌های ۳ تا ۱۴ ارائه شده است.

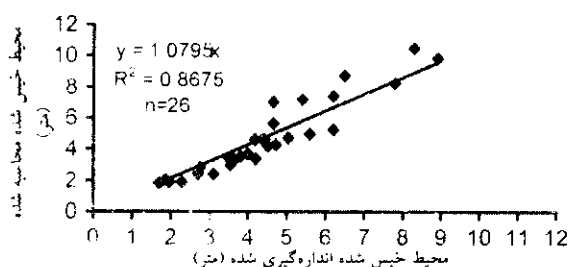
معادلات لیبسی (۱۹۳۰)، معادلات سیمونز و آلبرستون (۱۹۶۰)، معادلات بلنج (۱۹۵۲) و معادلات زند پارسا و جوان (۱۳۷۲).

اطلاعات اندازه‌گیری شده از ۲۹ کانال پایدار و دارای شرایط رژیم در این منطقه در جدول ۳ آورده شده است. این اطلاعات شامل مقادیر دبی، سرعت، شیب سطح آب و اندازه ذرات کف و جداره کانال می‌باشد. در جدول ۳ مواردی که  $d_{50}$  برابر با ۲۰ میلی‌متر ذکر شده. مربوط به کانال‌هایی است که کف آنها قلوه سنگی بوده و به علت مشکلات نمونه‌برداری و تعیین دانه‌بندی میانگین قطر ذرات در نظر گرفته شده است. شکل ۲ رابطه بین غلظت

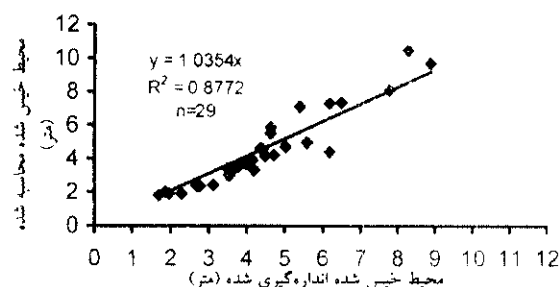


شکل ۲- غلظت رسوبات اندازه‌گیری شده در دو ایستگاه تنگ براق و چم ریز.

۵



شکل ۳- مقایسه مقادیر محیط خیس شده اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با استفاده از معادلات لیبسی.

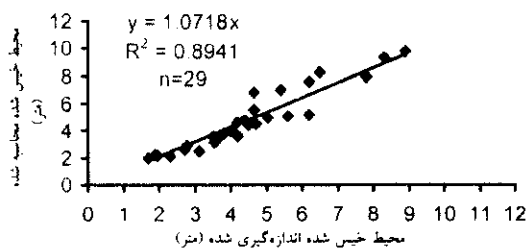


شکل ۴- مقایسه مقادیر محیط خیس شده اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با استفاده از معادلات سیمونز-آلبرستون.

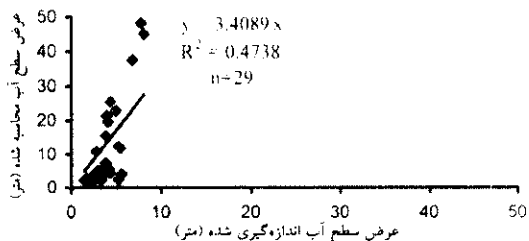
جدول ۳- مشخصات اندازه‌گیری شده از چندین کانال پایدار موجود در کامفیروز.

نام ایستگاه	Q m <sup>3</sup> /s	A m <sup>2</sup>	V m/s	S ×1000	R m	P m	D m	B m	d <sub>50</sub> mm
مشهد بیلو ۱	۰/۴۹	۱/۰	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۴۱	۳/۶۵	۰/۴۶	۳/۳	۰/۰۱۷
نیر منجان	۰/۱۶	۰/۵۵	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۴	۲/۳	۰/۲۸	۱/۹۵	۰/۰۴۲
مشهد بیلو ۲	۰/۵۶	۱/۶۳	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۴۳	۳/۸	۰/۴۹	۳/۳	۰/۰۲۱
بمور ۱	۰/۹۵	۲/۲	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۵۳	۴/۱۷	۰/۵۸	۳/۸	۰/۰۱
بمور ۲	۰/۷۷۵	۲/۵	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۵۵	۴/۵	۰/۶	۴/۱	۰/۰۵
بمور ۳	۰/۹۴۴	۲/۲۵	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۶۱	۴/۴۳	۰/۵۹	۳/۸	۰/۰۲۲
مهجن آباد	۰/۵۲۳	۱/۴	۰/۳۶۴	۰/۳۵	۰/۴	۳/۱۵	۰/۴۵	۳/۱	۰/۰۲۲
پل فلزی	۱/۱	۳/۸۲	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۶۸	۵/۶	۰/۷۸	۴/۹	۰/۰۲
گرمه	۰/۲۵	۰/۹۴	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۳	۲/۱۲	۰/۳۴	۲/۷۶	۰/۰۲
الله مرادخانی ۱	۱/۲۲	۴/۶۶	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۴۴	۶/۲	۰/۷۸	۵/۳	۰/۰۴۲
الله مراد خانی ۲	۰/۳۵۴	۱/۰۱	۰/۲۶	۰/۵	۰/۶۳	۲/۷۷	۰/۴۴	۳/۲	۰/۰۱
چم سهراب خانی	۰/۶۰۲	۲/۴	۰/۲۱۴	۰/۱۵۲	۰/۵	۴	۰/۶۸	۳/۵	۰/۰۹
پالنگری ۱	۴/۳	۷/۱۲	۰/۶	۰/۱۴۷	۰/۸	۶/۸	۰/۷۷	۸/۰۹	۰/۰۲
خانمین ۱	۲/۴۲	۵/۲	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۳۷	۶/۲	۰/۹۶	۵/۴	۰/۰۲۷
خانمین ۲	۰/۱۸۳	۰/۵۲	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۴۰	۷/۸	۰/۲۹	۱/۱	۰/۰۱۷
خانمین ۳	۰/۲۵۷	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۸	۲/۸	۰/۳۳	۵/۳۵	۰/۰۲
خانمین ۴	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۳	۰/۳۸	۱/۹۶	۰/۳۳	۱/۱	۰/۰۱۶
خانمین ۵	۲/۱۸	۳/۵۷	۰/۶۹	۰/۳۴	۰/۷۸	۴/۶۴	۰/۸۲	۴/۳	۰/۰۴۷
بکیان ۱	۰/۹۹	۳/۳۵	۰/۳۶	۰/۱۱	۰/۶۶	۴/۰۵	۰/۷۸	۲/۴	۰/۰۱
حاجی آباد ۱	۴/۹	۵/۸۵	۰/۷۸	۰/۸	۰/۵۵	۸/۳	۰/۷۵	۷/۷	۰/۰۲
ده کهنه ۱	۳	۵/۵۴	۰/۴۵	۰/۳	۰/۷۱	۷/۸	۰/۷۲	۶/۷۵	۰/۰۲
ده کهنه ۲	۰/۹۵	۲/۱۳	۰/۴۸۳	۰/۲	۰/۶۳	۴/۳۷	۰/۵۵	۳/۹	۰/۰۲
حسین آباد ۱	۱/۳۷	۲	۰/۶۵	۰/۳۳	۰/۴۳	۴/۵۵	۰/۴۷	۳/۴	۰/۰۲
قلعه نو ۱	۰/۵	۱/۳۱	۰/۴۱۶	۰/۲۲	۰/۳۲	۴/۲	۰/۳۴	۳/۸	۰/۰۲
قلعه نو ۲	۰/۸۰۴	۳/۷۴	۰/۳۶۲	۰/۱۲	۰/۵۰	۲/۷۳	۰/۶۷	۱/۴	۰/۰۲
شمس آباد	۲/۳۱	۷/۶۸	۰/۷۳	۰/۲۸	۰/۶۰	۳/۵	۰/۶۶	۳/۵	۰/۰۳
بکیان ۲	۳/۴	۵/۹	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۵۹	۵/۶	۰/۱۰۱	۶/۵	۰/۰۰۵
حاجی آباد ۲	۰/۱۵	۰/۴۰۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۴۰	۱/۷	۰/۲۸	۵/۳	۰/۰۱
حاجی آباد ۳	۰/۴۰۱	۱/۵۲	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۴۳	۵/۳	۰/۵۲	۶/۲	۰/۰۳۸

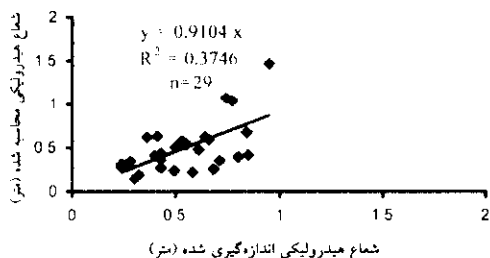




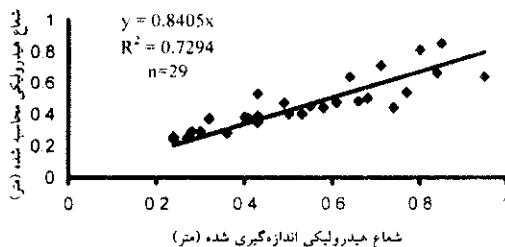
شکل ۶- مقایسه عرض سطح آب اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات زند پارسا و جوان.



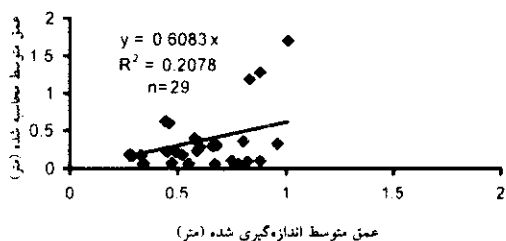
شکل ۵- مقایسه مقادیر محیط خیس شده اندازه گیری شده و محاسبه شده با استفاده از معادلات بلنج.



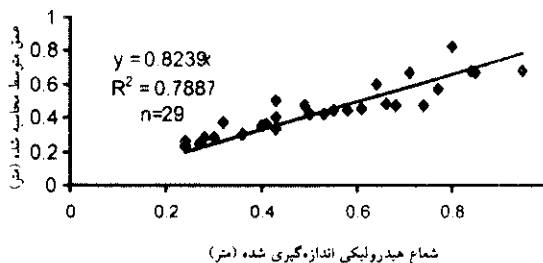
شکل ۸- مقایسه شعاع هیدرولیکی اندازه گیری و محاسبه شده با معادلات نیسی.



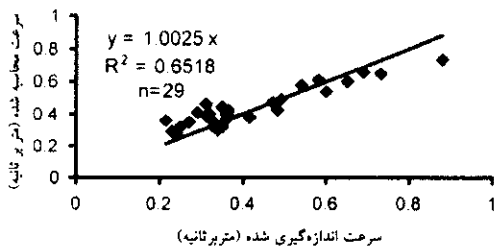
شکل ۷- مقایسه شعاع هیدرولیکی اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات سیمونز و آلبرستون.



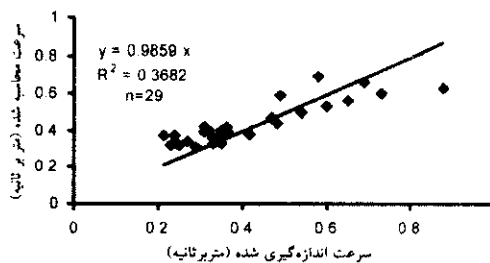
شکل ۱۰- مقایسه عمق متوسط اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات بلنج.



شکل ۹- مقایسه شعاع هیدرولیکی اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات زند پارسا و جوان.

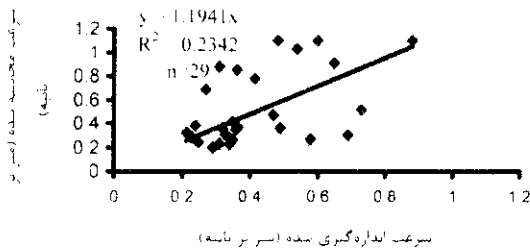


شکل ۱۲- مقایسه سرعت مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات زند پارسا و جوان.

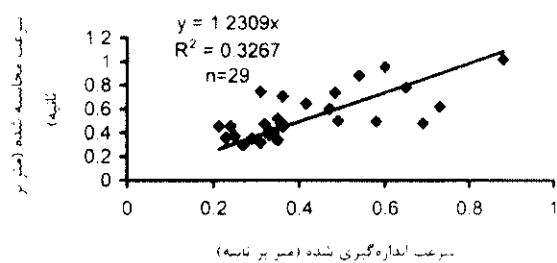


شکل ۱۱- مقایسه سرعت اندازه گیری شده و محاسبه شده با معادلات سیمونز و آلبرستون.





شکل ۱۴- مقایسه سرعت مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با معادلات لیسی.



شکل ۱۳- مقایسه سرعت اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با معادلات بلنج.

کانال‌های منطقه مورد آزمایش مناسب تشخیص داده شود، هر چند معادلات دیگر نیز می‌توانند برای طراحی پیشنهاد گردند. برای مثال، معادلات لیسی، سیمونز و آلبرستون نیز مناسب طراحی کانال‌های موجود در منطقه می‌باشند. این تناسب به خاطر این است که بیشتر کانال‌های مورد آزمایش از نوع دوم، که کف و جداره آنها ماسه‌ای هستند، بوده و این امر باعث می‌شود تا معادله لیسی که برای شرایط ماسه‌ای طراحی شده مناسب تشخیص داده شود. همچنین، معادله سیمونز و آلبرستون نیز این شرایط را دارا می‌باشد. مقدار شعاع هیدرولیکی محاسبه شده از معادله زند پارسا و جوان برازش بهتری با مقادیر مشاهده‌ای بیان می‌دارد، زیرا در این معادله، شعاع هیدرولیکی علاوه‌بر دبی به شیب سطح آب نیز بستگی دارد. این امر در مرتفع کردن محدودیت‌ها کمک بهتری می‌نماید و باعث می‌شود تا معادله در محدوده وسیع‌تری کاربرد داشته باشد. مقدار شعاع هیدرولیکی محاسبه شده توسط معادلات سیمونز و آلبرستون نیز می‌تواند در طراحی کانال‌های منطقه پیشنهاد شود. در این معادله به‌علت اینکه طراحی با توجه به نوع کانال انجام گرفته است می‌تواند با تقریب مورد استفاده قرار گیرد.

در مورد سرعت‌های به‌دست آمده از معادلات مختلف و مقایسه آنها با مقادیر مشاهده‌ای، دیده می‌شود که سرعت محاسبه شده با استفاده از معادلات زند پارسا و جوان برآورد بهتری را نشان می‌دهد.

## بحث

نتایج حاصل از محاسبات و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که معادلات رژیم با توجه به شرایط هیدرولیکی حاکم بر کانال‌های هر منطقه متفاوت می‌باشد و برای طراحی کانال‌های در حال رژیم نمی‌توان از هر معادله رژیم استفاده نمود.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که معادلات مختلف رژیم با توجه به محدودیت‌های هر معادله، نتوانستند برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد گردند که این به‌خاطر محدودیت‌های هر معادله با توجه به شرایط منطقه‌ای است که به‌دست آمده‌اند. بنابراین، برای بررسی یک منطقه و استفاده از معادله رژیم در آن منطقه باید شرایط هیدرولیکی کانال‌های منطقه با شرایط محدودیت‌های معادله در نظر گرفته شود و سپس معادله‌ای مناسب برای طراحی کانال‌های منطقه ارائه گردد. ابتدا همبستگی بین محیط‌های خیس شده محاسبه شده با معادلات مختلف رژیم و اندازه‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده گردید که معادله زند پارسا و جوان (۱۳۷۲) که برای طراحی کانال‌های آبرفتی ارائه گردیده است جواب مناسب‌تری را نسبت به معادلات دیگر می‌دهد، زیرا تأثیر پارامتر شیب در معادلات محیط خیس شده و شعاع هیدرولیکی علاوه بر مقدار دبی جریان می‌باشد. این مسئله باعث می‌شود تا معادله در محدوده وسیع‌تری مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین همسین کاربرد وسیع‌تر معادله باعث شد تا با توجه به شرایط موجود در





است. چیتال در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۴ با مشاهدات کانال‌های موجود در هندوستان، ایالات متحده و مصر با اعمال شیب تعادلی منطقه در معادلات خود، نتایجی مشابه معادلات زند پارسا و جوان را ارائه داده است. چانگ (۱۹۹۰) بیان نمود در کانال‌ها تا زمانی که شیب موجود در کانال به حالت تعادل نرسیده است در مشخصات آنها (عرض و عمق) تغییراتی حاصل می‌شود و زمانی که مشخصات کانال‌ها به حالت تعادل رسید، می‌توان برای هر کانال با شیب تعادلی ایجاد شده نتایج قابل قبولی ارائه داد که در این صورت نتایج حاصل از معادلات زند پارسا و جوان با معادلات چانگ همخوانی دارد.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت علت اینکه پارامترهای  $R$ ،  $V$  و  $P$  اندازه‌گیری شده و محاسبه شده از بعضی معادلات که در بالا ذکر شد نتوانستند همبستگی خوبی را نشان دهند این است که پارامترهای معادلات فقط با شرایط شیب‌های محاسبه شده که توسط این محققین ارائه گردید، صادق می‌باشند و همبستگی خوبی را ارائه می‌دهند. در صورتی که شیب‌های محاسبه شده خارج از مقادیر ارائه شده باشد، همبستگی مناسبی به دست نمی‌آید. در مورد معادله زند پارسا و جوان نیز می‌توان به این نتیجه کلی رسید که این معادله به خاطر این که شیب را شیب تعادلی منطقه در نظر گرفته، برآورد مناسبی را نشان داده

### منابع

۱. اکبری نودهی، د. ۱۳۷۹. بررسی معادلات رژیم در مجاری آبرفتی در منطقه کامفیروز استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ایران. ۱۲۵ صفحه.
۲. زند پارسا، ش. و جوان، م. ۱۳۷۲. بررسی معادلات رژیم در مجاری آبرفتی، قسمت اول، نشریه آب ۱۱: ۳۵-۲۳.
۳. زند پارسا، ش. و جوان، م. ۱۳۷۲. بررسی معادلات رژیم در مجاری آبرفتی، قسمت دوم، نشریه آب ۱۲: ۱۹-۹.
4. Blench, T. 1957. Regime behavior of canals and rivers. Butterworths, Sci. Pub., London. PP: 429-444.
5. Chang, H.H. 1990. Hydraulic design of erodible-bed channels. J. Hyd. Eng. ASCE 116(2): 87-101.
6. Chitale, S.V. 1992. Design of alluvial canals. J. Hyd. Eng., ASCE 118(4): 659-660.
7. Chitale, S.V. 1994. Lacey divergence equation for alluvial canal design. J. Hyd. Eng. SCE. 120(11): 1320-1326.
8. Chitale, S.V. 1996. Coordination of empirical and rational alluvial canal formulas. J. Hyd. Eng. ASCE 122(6): 357-359.
9. Hey, R.D., and Thorne, C.R. 1986. Stable channels with mobile gravel beds. J. Hyd. Eng. ASCE 112(8) 671-689.
10. Simons, D.B., and Alberson. 1960. Uniform water conveyance channels in alluvial materials. J. Hyd. Div., ASCE 86(5): 33-71.



---

## **Investigation of applicability of regime equations design of alluvial canals of Komfiroz area in Fars province**

**D. Akbari<sup>1</sup>, D. Khalili<sup>2</sup>, S. Zandparsa<sup>2</sup> and M. Javan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Academic members of Islamic Azad University of Ghaemshar, <sup>2</sup>Department of Irrigation, Shiraz University, Shiraz, Iran

---

### **Abstract**

Design of alluvial canals by using regime equations has been a subject of research during recent decades. The underlying theory dictates that for a canal in regime, water discharge, sediment load, canal geometry and slope, as well as other flow variables should be in equilibrium. For the design of alluvial canals, a number of regime equations have been developed by investigators such as Lacey, Blench, Simons and Albertson, Parsa and Javan. In the present study, applicability of the above regime equations was investigated. Then based on field data modified equations were presented. Field data included the measurement of flow discharge, flow velocity, geometry of canal cross section and slope of water surface in 29 earthen canals. The sizes of bed and side materials of these canals were also measured. Comparison of different regime equations indicated that the equation by Parsa and Javan provided a better estimation of hydraulic parameters as compared with other equations, because in this equation, flow width and depth were related to slope as well as flow discharge. Since in Parsa and Javan equation water surface slope was an independent variable, their equation can be applied to a wide range of flow conditions. Since all other equations were developed using local data, they can provide good results, if used in similar conditions. Therefore, in Komfiroz area their use did not lead to suitable results. For the case of Simons and Albertson equations, they were comparable to Parsa and Javan results. This was due to fact that their equations did not include limitations as imposed by other investigators. Using slope as an independent variable can predict the equilibrium conditions with more accuracy.

**Keywords:** Regime equation; Stable canal; Kamfiroz region

