

ارزیابی هیدرولیکی آبگیری جانبی با لوله از کانال با استفاده از مدل عددی

محمود رحمانی فیروزجائی^۱، احسان بهنام طلب*^۲، سید علی اکبر صالحی نیشابوری^۳، سید حسین مهاجری^۴

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری

۳- استاذ دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه خوارزمی

*e.behnamtalab@hsu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱

چکیده

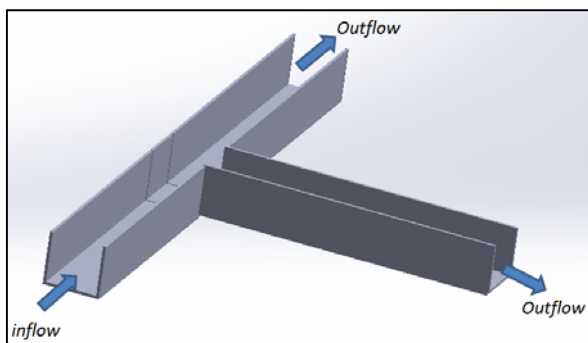
آبگیر جانبی با لوله، نوعی سازه هیدرولیکی است که در آبگیری از رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب در مناطقی که توپوگرافی امکان احداث کانال برای آبگیری را فراهم نمی‌سازد، به کار برده می‌شود. در این مطالعه به بررسی عددی برخی از پارامترهای مؤثر بر راندمان آبگیری جانبی با لوله در یک کانال مستقیم روباز با استفاده از نرم‌افزار FLOW3D پرداخته شده است. این پارامترها در سه گروه، شامل جهت قرارگیری لوله آبگیر نسبت به راستای جریان اصلی، ویژگی‌های دهانه لوله آبگیر و نیز موقعیت قرارگیری دهانه لوله آبگیر در نظر گرفته شده است. بررسی‌ها نشان داد که جریان انحرافی با تغییر ویژگی‌های دهانه لوله آبگیر، بسته به زاویه آبگیری رفتار متفاوتی را از خود نشان خواهد داد. مشاهدات نشان داد در حالتی که فرورفتگی لوله آبگیر تا حداکثر ۴۰ درصد عرض کانال اصلی باشد و آبگیری از تراز نسبی ارتفاعی ۰/۲۸ تا ۰/۵۷ عمق آب نسبت به کف کانال انجام شود، آبگیری راندمان قابل قبولی خواهد داشت. زمانی که لوله آبگیر در نزدیکی سطح جریان قرار می‌گیرد ضریب پادرسوبی (۸) بهترین مقدار را خواهد داشت، هر چند که در این شرایط لوله آبگیر بیشتر در معرض نوسانات سطح جریان قرار دارد و ممکن است باعث بروز مشکلات اجرایی در آبگیری شود.

واژگان کلیدی: لوله آبگیر، تراز قرارگیری لوله آبگیر، زاویه آبگیری، ضریب پادرسوبی، شبیه‌سازی عددی

۱- مقدمه

a. Lateral intake with pipe

ب. آبرگیری جانبی با کانال



b. Lateral intake with channel

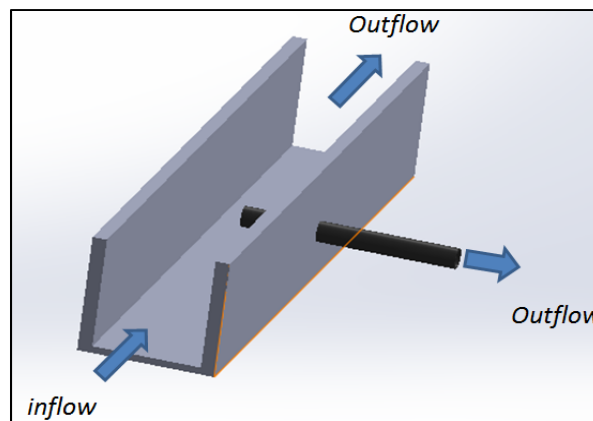
Fig. 1. Lateral intake from open channel

انتخاب روش آبرگیری به عوامل متعددی از قبیل شرایط توپوگرافی، نوع رودخانه، اهداف طرح و موقعیت محل قرارگیری شبکه انتقال آب، بستگی دارد. از آنجا که در مناطق مختلف، شرایط بسیار متفاوتی حاکم است، نمی‌توان توصیه کلی برای انتخاب روش‌های آبرگیری برای هر منطقه ارائه نمود و لازم است با مطالعه دقیق و در نظر گرفتن مسایل فنی و اقتصادی و با توجه به شرایط محلی و قضاوت مهندسی، نوع آبرگیر مناسب انتخاب شود. موقعیت آبرگیری برخی از رودخانه‌ها به گونه‌ای است که از نظر توپوگرافی احداث کانال جانبی مشکل و از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه نیست. در این حالت آبرگیری با لوله جانبی روشی مناسب و مقرون به صرفه برای جایگزین شدن آبرگیری با کانال جانبی است. از مزیت دیگر آبرگیری با لوله جانبی این است که موقعیت دهانه ورودی لوله آبرگیر در عرض کانال اصلی برخلاف حالت آبرگیری با کانال جانبی قابل تغییر است در حالی که موقعیت دهانه ورودی کانال آبرگیر در مجاورت جداره‌های کانال اصلی قرار می‌گیرد. از آنجایی که مواد زاید و آشغال موجود در جریان و نیز رسوبات موجود در جریان در مجاورت جداره کانال اصلی ته‌نشین می‌شوند احتمال ورود رسوبات و مواد زاید به درون کانال آبرگیر خیلی بیشتر از لوله آبرگیر است. در مورد پارامترهای موثر بر آبرگیری با کانال جانبی نیز تاکنون مطالعات مختلفی توسط پژوهشگران متعدد صورت گرفته است که می‌توان به کاستوری و پونداریکانتان [1]، نیری و همکاران [2]،

رودخانه‌ها فراهم کننده آب و انرژی برای طبیعت و انسان هستند و درحقیقت تامین آب یکی از مهمترین نقش‌های حیاتی یک رودخانه است. آبرگیری از رودخانه یکی از قدیمی‌ترین مسایل مطرح در زمینه مهندسی هیدرولیک است که از زمان‌های بسیار دور روی آن مطالعه شده است. روش‌های گوناگونی برای آبرگیری از منابع آب از جمله کانال‌ها، رودخانه‌ها و مخازن وجود دارد. یکی از روش‌های رایج آبرگیری، آبرگیری از ناحیه کناری این منابع است که به عنوان آبرگیری جانبی مشهور است. چنین آبرگیری می‌تواند از طریق کانال و یا از طریق لوله انجام پذیرد. در شکل (۱) شمای کلی آبرگیری جانبی از کانال روباز نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود تفاوت‌های آبرگیری با کانال جانبی با آبرگیری با لوله جانبی این است که جریان درون آبرگیر جانبی در تماس با هوا قرار دارد و بنابراین در این شرایط جریان از نوع کانال روباز است که در آن عامل حرکت نیروی ثقل می‌باشد. اما جریان درون آبرگیر جانبی با لوله از نوع جریان در مجاری تحت فشار هست که عامل حرکت، اختلاف گرادیان فشار در طول لوله می‌باشد. همچنین از نظر هندسی و ملاحظات طراحی، دهانه کانال آبرگیر، مماس با جداره جانبی کانال اصلی و یا سواحل کناری رودخانه قرار دارد و از جریان‌های نزدیک جداره بیشتر تغذیه می‌کند. این در حالی است که موقعیت دهانه لوله آبرگیر را می‌توان در عرض کانال اصلی و یا عرض رودخانه تغییر داد پس می‌تواند از جریان‌های مرکز کانال و یا رودخانه تغذیه نماید.

شکل ۱. آبرگیری جانبی از کانال روباز

الف. آبرگیری جانبی با لوله



ضریب پادرسوبی در آبگیری از مسیر مستقیم در بیشتر موارد مقداری کوچکتر از صفر دارد تنها در یک مورد از پژوهش‌های انجام شده توسط بارکدول و همکاران [3] روی آبگیری از مسیر مستقیم، ضریب پادرسوبی آبگیر در انحراف‌های بالا مثبت است که هنوز علتی برای آن بیان نشده است.

در مجموع می‌توان عنوان داشت که مطالعات متعددی در زمینه پارامترهای موثر بر الگوی جریان و رسوب انحرافی به کانال آبگیر انجام شده است، در حالی که تاکنون مطالعه مبسوطی در زمینه پارامترهای موثر بر میزان جریان و رسوب ورودی به آبگیر جانبی با لوله انجام نشده است. در این پژوهش، به بررسی تاثیر برخی از پارامترهای موثر بر الگوی جریان و نیز میزان رسوب انحرافی به لوله آبگیر پرداخته شده است. به بیان دقیق‌تر، در این مطالعه راستای قرارگیری لوله آبگیر نسبت به راستای جریان، ویژگی‌های ورودی لوله آبگیر (شکل دهانه لوله آبگیر) و موقعیت قرارگیری لوله آبگیر (میزان فرورفتگی لوله آبگیر جانبی به کانال اصلی و تراز قرار گیری لوله آبگیر از کف کانال اصلی)، بر راندهمان آبگیری بررسی شده است.

۲- معادلات حاکم بر مدل‌سازی عددی

مدلسازی جریان

در این پژوهش برای شبیه‌سازی عددی از نرم‌افزار Flow3D استفاده شده است. این نرم افزار یک مدل عددی مناسب برای حل مسائل پیچیده دینامیک سیالات است که قادر است دامنه وسیعی از انواع مختلف جریان در کانال روباز را مدل‌سازی نماید. روش حل معادلات در این نرم‌افزار بر اساس روش حجم محدود است و یکی از قابلیت‌های مهم این نرم‌افزار در آنالیز جریان‌های هیدرولیکی، توانایی مدل‌سازی جریان‌های با سطح آزاد است. معادلات حاکم بر مساله موردنظر، معادلات بقای جرم و اندازه حرکت هستند. قوانین حاکم بر جریان آشفته یک سیال تراکم‌ناپذیر و لزج توسط معادله پیوستگی و معادله رینولدز به شکل زیر بیان می‌شوند [17].

بارکدول و همکاران [3]، رامامورتی و کیو [4]، گودرزاده و همکاران [5]، سیدیان و همکاران [6]، میرزایی و همکاران [7]، اثنی‌عشری و مروفی‌نیا [8]، بیسوال و همکاران [9]، کویانگ و لین [10]، شیندفسل و همکاران [11]، گومز-زامبرانو [12]، حداد و همکاران [13]، آنجوم و همکاران [14] و ظهیری و نجف-زاده [15] اشاره کرد. مطالعات نشان دادند که تراز آبگیر جانبی از کف کانال اصلی و زاویه آبگیرجانبی نسبت به کانال اصلی به عنوان پارامترهای موثر بر الگوی جریان و میزان رسوب انحرافی به آبگیر جانبی هستند.

یکی از مسائل کلیدی در طراحی آبگیرها، کاستن رسوب ورودی به آبگیر جانبی است. با توجه به اینکه همیشه جداکردن کامل رسوب از آب در جلوی آبگیر جانبی امکان‌پذیر نیست، معمولاً تلاش‌ها بر یافتن شرایط هندسی و فیزیکی است که در این شرایط بیشترین آب به کانال جانبی وارد شود به شکلی که رسوب ورودی به درون آبگیر جانبی به کمترین برسد که این حالت به شرایط بهینه آبگیری مشهور است. به منظور بررسی پارامترهای موثر بر میزان رسوب انحرافی در آبگیری باید هر دو پارامتر نسبت دبی انحرافی (Q_r) و نسبت رسوب انحرافی به آبگیر (G_r) در نظر گرفته شوند. بدین مفهوم که لازم است آبگیر به شکلی طراحی شود که بیشترین آبگیری با کمترین رسوبات ممکن انجام شود [3]. به این منظور پارامتر ضریب پادرسوبی آبگیر به صورت زیر تعریف شدند.

$$\lambda = 1 - \frac{G_r}{Q_r} \quad (1)$$

در این رابطه، λ ضریب پادرسوبی، G_r نسبت رسوب انحرافی به آبگیر (نسبت دبی جرمی رسوب وارد شده به لوله آبگیر به دبی جرمی رسوب کانال اصلی) و Q_r نسبت دبی انحرافی (نسبت دبی انحرافی لوله آبگیر به دبی وارد شده به کانال اصلی) است. این ضریب برای اولین بار توسط ایندلکوفر [16] در آبگیری از مسیر مستقیم ارائه شد. هر چه ضریب پادرسوبی آبگیر به عدد یک نزدیک‌تر باشد، تایید این نکته است که کمترین رسوبات با بیشترین آبگیری ممکن شده است و شرایط آبگیری مناسب‌تر است [16].

که τ_{cr} تنش برشی بحرانی و n_s بردار واحد عمود بر بستر است. بلندشدگی یا لیفت بصورت عمود بر بستر رسوبی عمل خواهد کرد. این پارامتر یک پارامتر بدون بعد است و برابر با احتمال جداشدن یک ذره از بستر رسوبی است. ماژول رسوب در نرم افزار با استفاده از ویسکوزیته افزایش یافته به دلیل رسوب معلق و نیز ترم نیروی درگ به حل گر جریان هیدرودینامیکی کمک می کند [18].

۳- راستی آزمایی مدل عددی آبگیر جانبی

راستی آزمایی مدل عددی آبگیر جانبی با نرم افزار Flow3D در دو بخش، شامل راستی آزمایی دبی آبگیری از روزنه جانبی و نیز توزیع غلظت رسوبات معلق در کانال مستقیم پرداخته شده است. بدین منظور از مدل فیزیکی حسین و همکاران [19] و فن راین [20] استفاده شد. مشخصات کامل مدل آزمایشگاهی حسین و همکاران [19] در شکل (۲) ارائه شده است. برای مدل سازی عددی این مدل از شبکه غیر یکنواخت استفاده شده است. این شبکه بندی طوری تنظیم شده است که در نواحی نزدیک روزنه از شبکه ریز استفاده و این شبکه با نسبت وجهی قابل قبولی در سایر قسمت ها بزرگ شده است. در این مدل از یک بلوک در نواحی مختلف سازه استفاده شده است که در آن جریان ورودی به کانال از نوع "سرعت مشخص یا Specified velocity"، انتهای کانال از نوع "خروجی یا Outlet"، کف کانال از نوع "دیوار یا Wall"، سطح آب از نوع "تقارن یا Symmetry" دیوار جانبی از نوع "دیوار یا Wall" و دیوار شامل اریفیس از نوع "خروجی یا Outlet" است. بعد از حساسیت سنجی نسبت به اندازه شبکه بندی، تعداد سلول بکاررفته ۷۴۸۸۰۰ هست. همچنین برا ساس بخش قبل، در این مدل سازی نیز از مدل آشفستگی RNG استفاده شده است.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(-\bar{p} \delta_{ij} + \mu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \rho \overline{u'_i u'_j} \right) \quad (3)$$

به منظور شبیه سازی جریان آشفته در این مطالعه از مدل آشفستگی RNG استفاده شده است. با توجه به مطالعات انجام شده توسط رحمانی فیروزجائی و همکاران [17] مدل آشفستگی RNG مدل مناسبی برای شبیه سازی الگوی جریان و رسوب است.

مدلسازی رسوب

نرم افزار Flow3D از معادله بقای جرم و طرح انتقال/پخش ۱ برای پیش بینی انتقال رسوب استفاده می کند. مقیاس طولی در ته نشینی و شناوری (Ldrift) ذرات معلق رسوب با استفاده از معادله استوکس و به کمک گام زمانی به شکل معادله زیر محاسبه می شود [18]:

$$L_{drift} = \frac{d_{50}^2 \nabla P}{18\mu \bar{\rho}} (\rho_s - \rho) \Delta t \quad (4)$$

که در این رابطه، ρ_s چگالی ذرات رسوب، ρ چگالی سیال، d_{50} اندازه متوسط ذرات، و Δt گام زمانی است. شتاب ذرات توسط گرادیان مکانیکی $\left(\frac{\nabla P}{\bar{\rho}}\right)$ محاسبه خواهد شد. ته نشینی و بلندشدگی ذرات نیز در نتیجه شتاب ثقل و نیز انتقال رخ خواهد داد. چگالی نسبی نیز توسط رابطه زیر تعریف خواهد شد [18]:

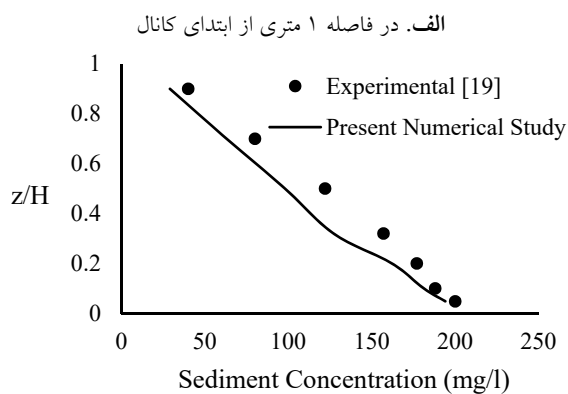
$$\bar{\rho} = \rho + f_s (\rho_s - \rho) \quad (5)$$

که f_s نسبتی از سلول محاسباتی است که جامد است. طول بلندشدگی بستر رسوبی توسط رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

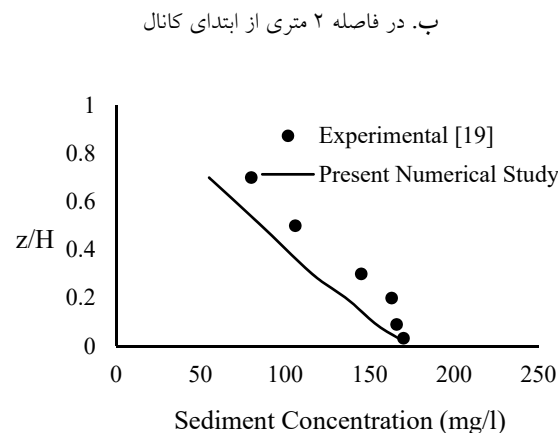
$$L_{lift} = \bar{n}_s \alpha \sqrt{\frac{\tau - \tau_{cr}}{\bar{\rho}}} \Delta t \quad (6)$$

برای ارزیابی و مقایسه نتایج توزیع رسوب معلق حاصل از مدل عددی از نتایج آزمایش های انجام شده توسط فنرین [20] استفاده شده است. در مطالعه آزمایشگاهی فنرین [20] آب با سرعت ۰/۵۶ متر بر ثانیه و به عمق ۰/۲۱۵ متر از یک فلوم آزمایشگاهی به همراه آب ورودی به کانال تزریق شده است. این مقایسه ها برای نقاط مختلف در کانال اصلی در شکل (۳) نشان داده شده است. در این شکل محور طولی نمودار، غلظت رسوب معلق (میلی گرم بر لیتر) و محور قائم آنها مختصات بی بعد شده در راستای عمق کانال (z/h) است که پارامتر h مقدار عمق جریان است. طول فلوم ۲۴ متر، عرض آن ۰/۵ متر و ارتفاع آن ۰/۶۶ متر می باشد که رسوب معلق با قطر متوسط ۰/۰۹۵ میلی متر از آن عبور داده شده است.

شکل ۳. مقایسه پروفیل توزیع غلظت محاسباتی در مطالعات حاضر و نتایج آزمایشگاهی فنرین [20] برای نقاط مختلف



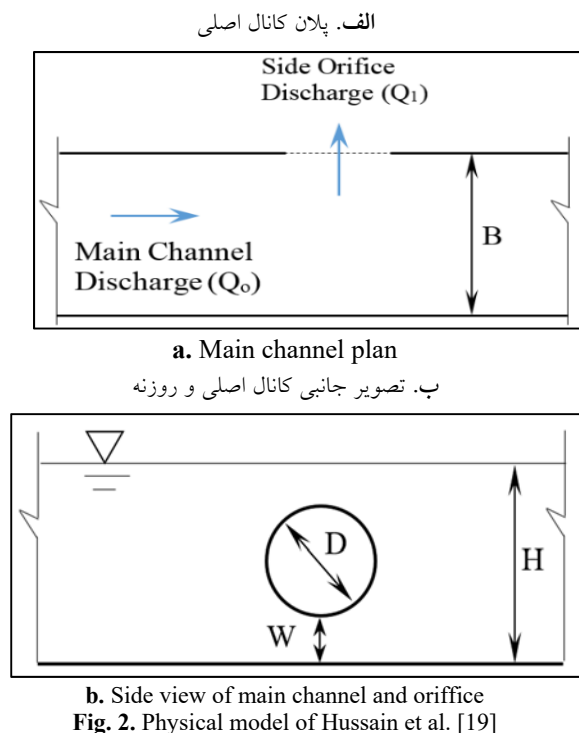
a. 1 m from the beginning of a channel



b. 2 m from the beginning of the channel

ج. در فاصله ۴/۵ متری از ابتدای کانال

شکل ۲. مدل فیزیکی حسین و همکاران [19]



پارامترهای متغیر در آزمایش ها Hussain et al. قطر روزنه جانبی، عدد فرود جریان در کانال اصلی و ارتفاع روزنه در دیواره جانبی کانال بود. مقایسه نتایج دو آزمایش با نتایج مدل عددی در جدول (۱) نشان داد که نرم افزار Flow3D با خطای کمتر از ۸ درصد دبی انحرافی را پیش بینی می کند. بنابراین با اعتماد به نتایج مدل سازی عددی آبیگری جانبی در نرم افزار Flow3D می توان به مدل سازی آبیگری جانبی توسط لوله از کانال باز پرداخت.

جدول ۱. مقایسه نتایج دبی مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی حسین و همکاران [19]

Run no.	1	2
Q_o (m ³ /s)	0.03183	0.04202
D (m)	0.05	0.1
H (m)	0.1716	0.2922
W (m)	0.05	0.1
Q_i (m ³ /s)	Numerical simulation	0.00156
	Physical model	0.00167
error(%)	6.5	7.1

Table 1. Intake discharge in the numerical simulation and physical model of Hussain et al. [19]

مشخصات هیدرولیکی جریان تغییر داده نشد و تنها در یک حالت هیدرولیکی یکسان تمام شبیه سازی ها انجام شد. عدد رینولدز گزارش شده در جدول (۳) بیانگر برقراری شرایط جریان آشفته است و عدد فرود به شکلی انتخاب شد که مشابه جریان در کانال های انتقال آب و رودخانه ها باشد.

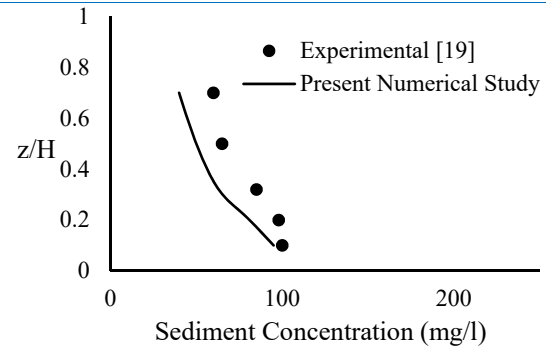
جدول ۳. مشخصات هیدرولیکی و ویژگی های رسوب در شبیه سازی عددی حاضر

Q_0 (lit/s)	D (m)	H (m)	Re	Fr	C_s (kg/m ³)	d_{50} (mm)	B/H
33	0.05	0.35	65800	0.101	0.25	8	1.42

Table 3. Numerical simulations characteristics

در شکل (۴) هندسه دامنه محاسباتی نشان داده شده است. همان گونه که در شکل (۴) نمایش داده شده است، کانال اصلی، کانالی مستطیلی به طول ۳/۵ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۵ متر است که لوله آبیگری در فاصله ۲ متری از ورودی کانال اصلی در سمت راست کانال اصلی قرار می گیرد. به منظور بررسی اثر جهت قرارگیری لوله آبیگری نسبت به راستای جریان (که با θ در شکل (۴) نمایش داده شده است)، آبیگری در زوایای ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۵۰، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه انجام شد. در این حالت تراز قرارگیری لوله آبیگری از کف کانال ۱۲/۵ سانتی متر، ضخامت لوله آبیگری ۱ سانتی متر و فرورفتگی لوله آبیگری در عرض کانال اصلی ۲۵ سانتی متر بوده است.

به منظور تعیین تاثیر موقعیت قرارگیری لوله آبیگری بر راندمان آبیگری، میزان فرورفتگی لوله آبیگری (که با L در شکل (۴) نمایش داده شده است) و تراز قرارگیری لوله آبیگری از کف کانال اصلی (که با w در شکل (۴) نمایش داده شده است) بررسی شد. به منظور بررسی اثر میزان فرورفتگی لوله آبیگری بر الگوی جریان و میزان رسوب انحرافی، چهار مقدار فرورفتگی مختلف ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی متر در تراز ۱۰ سانتی متر از کف کانال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تراز قرارگیری لوله آبیگری از کف کانال اصلی (w) برای پنج موقعیت مختلف ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر در فرورفتگی ثابت برابر با ۲۵ سانتی متر مورد مطالعه قرار گرفت. در این شبیه سازی ها ضخامت لوله آبیگری ۱ سانتی متر، قطر لوله آبیگری



c. 4.5 m from the beginning of the channel

Fig. 3. suspended sediment concentration distribution in numerical simulation and experimental data of VanRijn [20]

در جدول (۲) بیشینه متوسط خطا برحسب درصد برای میزان توزیع غلظت رسوب در نقاط مختلف نشان داده شده است. نتایج ارائه شده در جدول (۲) و نمودارهای فوق نشان دهنده دقت قابل قبول شبیه سازی عددی انجام شده و مدل آشفتهگی استفاده شده در پیش بینی توزیع غلظت رسوب در کانال است. در نتیجه می توان بیان داشت که نتایج مدل عددی قابل استناد هستند.

جدول ۲. درصد متوسط خطای غلظت رسوب در مطالعات حاضر و نتایج آزمایشگاهی فن راین [20]

Distance from the beginning of the channel (m)	Error (%)
1	19.3
2	25.5
4.5	24

Table 2. Error of sediment concentration in present numerical model and physical model of VanRijn [20]

۴- مدل سازی آبیگری جانبی توسط لوله از کانال باز

مشخصات هیدرولیکی دامنه محاسباتی در جدول (۳) ارائه شده است. در این جدول Q_0 دبی جریان ورودی، H ارتفاع جریان ورودی، C_s غلظت رسوب معلق ورودی، d_{50} قطر متوسط رسوب هستند. از آنجا که در این مطالعه، هدف اصلی تعیین پارامترهای هندسی بهینه در آبیگری جانبی با لوله است،

۱-۴- شبکه بندی

برای تنظیم شبکه بندی میدان حل، به علت دشواری شناخت هندسه جسم جامد در نرم افزار (تشخیص دهانه لوله و دریچه پایین دست) که با استفاده از روش Favor در نرم افزار انجام می شود، در شبکه بندی مورد نظر محدودیت وجود داشته است. این محدودیت به علت آن است که مدل عددی حاضر تنها توانایی تولید شبکه بندی ساختاریافته را دارد. از طرفی مدل عددی حاضر توانایی تولید شبکه مرکب متشکل از روش کارترین و استوانه ای را نداشته است. بنابراین برای شناخت لوله آبگیر مانند کانال اصلی از مش کارترین استفاده شده است. در شکل (۵) شبکه بندی دامنه محاسباتی ارائه شده است. در این شبیه سازی از دو بلوک در نواحی مختلف سازه استفاده شده است که بعد از حساسیت سنجی نسبت به اندازه شبکه بندی، در مجموع تعداد سلول بکار رفته برای دو بلوک ۲۶۸۱۶۶۰ در نظر گرفته شده است. در ورودی کانال، عمق آب ۰/۳۵ متر در نظر گرفته شده و شرایط مرزی سرعت مشخص به آن اعمال شده است. شرایط مرزی تقارن برای سطح آب و مرز مشترک لوله با کانال اصلی (محل اتصال دو بلوک به یکدیگر) اعمال شده است. برای مرز انتهای لوله و انتهای کانال اصلی از شرایط مرزی خروجی استفاده شده است. از شرط مرزی دیوار نیز برای بقیه جداره های کانال اصلی و لوله آبگیر استفاده شده است.

شکل ۵. شبکه بندی مدل محاسباتی

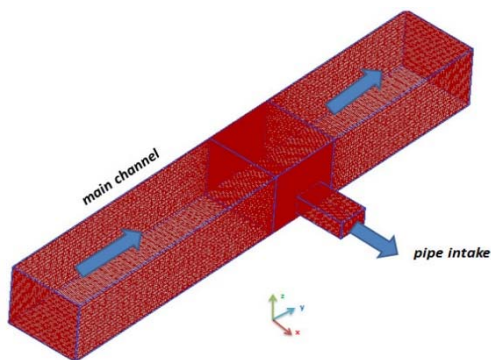


Fig. 5. Mesh grid of computational domain

(D) ۵ سانتی متر و زاویه ی آبگیری ۴۵ درجه است. برای بررسی تاثیر ویژگی های ورودی لوله آبگیر بر راندمان آبگیری، شکل دهانه لوله آبگیر مورد مطالعه قرار گرفت. همانطور که در شکل (۴) نمایش داده شده است، برای بررسی اثر شکل دهانه ورودی، دو شکل دایره ای و زنگوله ای بررسی شد. پارامترهای هندسی مطالعه شده در جدول (۴) ارائه شده است.

شکل ۴. هندسه آبگیر جانبی با لوله از کانال روباز در مدل عددی

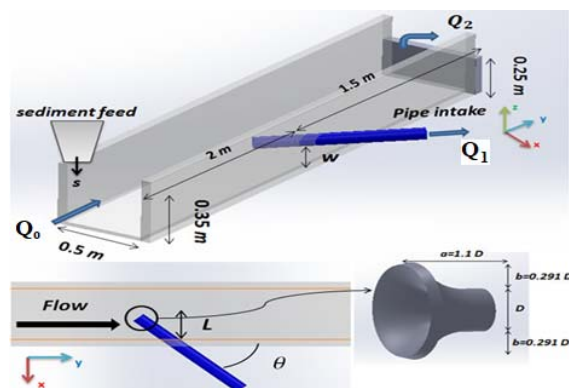


Fig. 4. Geometry of the lateral intake from open channel in numerical simulation

جدول ۴. پارامترهای هندسی بررسی شده در مطالعه حاضر

Range of Input	θ °	Entrance shape	L/B	W/B	D/B
θ °	15, 30, 45, 50, 60, 75, 90	Round-shaped and Bell-shaped	0.5	0.2	0.1
Entrance shape	15, 30, 45, 50, 60, 75, 90	Round-shaped and Bell-shaped	0.5	0.2	0.1
L/B	45, 90	Round-Shaped	0.1, 0.3, 0.5, 0.6	0.2	0.1
W/B	45	Round-Shaped	0.5	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5	0.1

Table 4. Characteristics of different parameters in numerical simulations

۵- نتایج و بحث

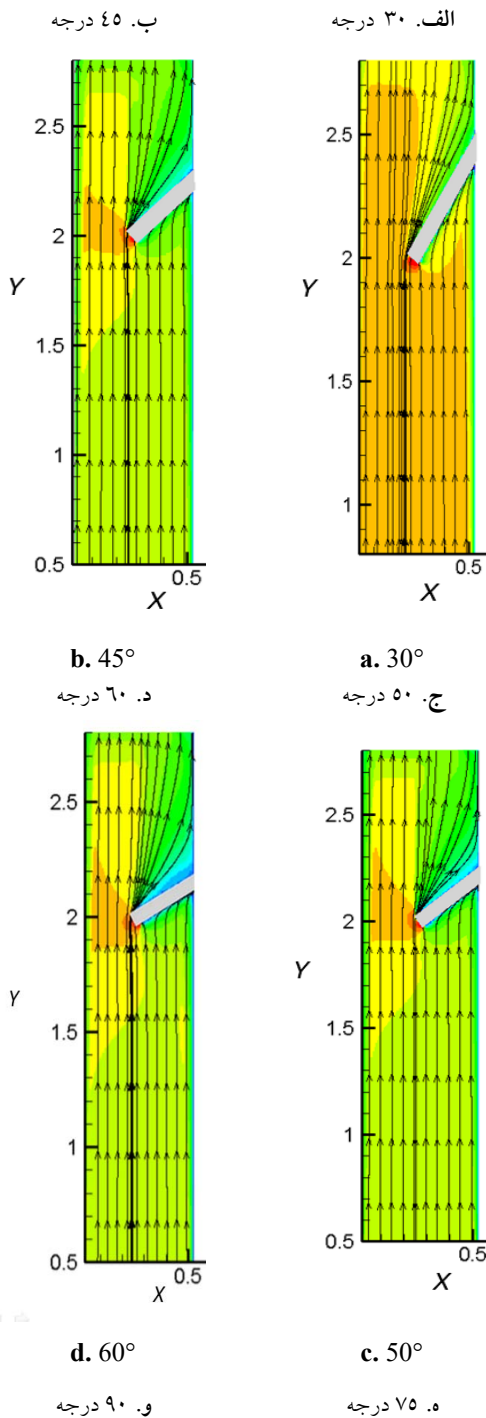
۵-۱- تاثیر زاویه انحرافی

کانتور سرعت طولی بی‌بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی همراه با خطوط جریان در شکل (۶) نمایش داده شده است. با توجه به شکل، با افزایش زاویه آبگیری میزان انحراف خطوط جریان به سمت جداره جانبی کانال اصلی بیشتر می‌شود. همچنین با توجه به شکل (۶، د، ه و و) ناحیه‌ای در پشت لوله آبگیر تشکیل شده است که کانتورهای سرعت طولی بیانگر سرعت نزدیک به صفر در این ناحیه است. وسعت این ناحیه با سرعت صفر از زاویه ۶۰ درجه به سمت زاویه ۹۰ درجه در حال افزایش است و در زاویه آبگیری ۹۰ درجه به بیشترین مقدار خود می‌رسد. بررسی خطوط جریان در پشت لوله آبگیر نشان داد که ناحیه چرخشی پشت لوله آبگیر تشکیل می‌شود. مشاهده این ناحیه چرخشی در پشت لوله آبگیر متفاوت از ناحیه چرخشی و ناحیه جدایش جریان مشاهده شده در آبگیری با کانال جانبی است. در حقیقت در آبگیری با کانال جانبی ناحیه جدایش در کانال اصلی، پایین دست کانال آبگیر و در سمت مخالف دهانه آبگیر تشکیل می‌شود. همچنین این ناحیه در آبگیری با کانال از زاویه ۳۰ درجه تشکیل می‌شود این درحالیست که در حالت آبگیری با لوله، ناحیه مشاهده شده از زاویه ۶۰ درجه تشکیل شده و تنها در زاویه ۹۰ درجه به خوبی توسعه یافته است.

میزان دبی انحرافی به لوله آبگیر و رسوب ورودی به لوله آبگیر برای آبگیری در زوایای مختلف در جدول (۵) نشان داده شده است. از اطلاعات گزارش شده در این جدول می‌توان دریافت که بیشترین میزان دبی در زاویه آبگیری ۹۰ درجه به داخل لوله آبگیر منحرف می‌شود. این در حالی است که کمترین میزان رسوب انحرافی در زاویه ۵۰ درجه اتفاق می‌افتد. مشاهدات نشان داد که با افزایش زاویه آبگیری تغییرات فشار دینامیکی در نزدیکی لوله آبگیر به علت افزایش تغییرات بردار سرعت، افزایش می‌یابد. در نتیجه اختلاف گرادبان فشار بین دهانه ورودی لوله آبگیر و داخل لوله آبگیر بیشتر می‌شود. همچنین در زوایای آبگیری ۳۰ درجه، دهانه لوله آبگیر در راستای جریان قرار گرفته و باعث ورود جریان درون لوله آبگیر

می‌شود. با افزایش دبی انحرافی، رسوب انحرافی افزایش می‌یابد. در زاویه آبگیری ۵۰ درجه کمترین میزان دبی انحرافی به لوله آبگیر اتفاق می‌افتد. در نتیجه کمترین رسوب انحرافی در این زاویه رخ داده است.

شکل ۶. کنتور سرعت طولی بی‌بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی همراه با خطوط جریان در $W/B=0.25$ در زوایای مختلف آبگیری



کانال نشان داده بود که بهترین زاویه آبگیری بین ۴۵ تا ۶۰ درجه هست. اما مشاهده زاویه ۹۰ درجه به عنوان زاویه بهینه در آبگیری با لوله بیانگر این واقعیت است که اثر لوله و بدنه لوله بر الگوی جریان در کانال اصلی به شکلی است که این الگوی جریان کاملاً با الگوی جریان در آبگیری با کانال جانبی متفاوت است.

شکل ۷. ضریب پادرسوبی در زوایای مختلف آبگیری

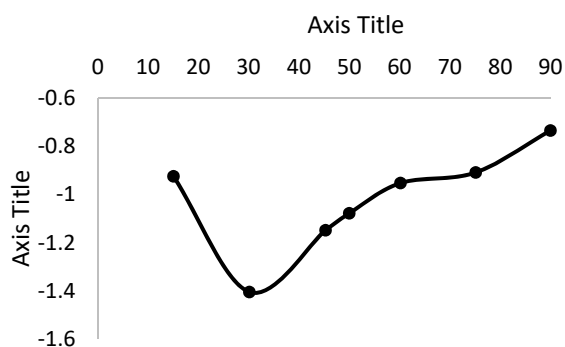


Fig. 7. Anti-sedimentation coefficient for pipe-intake with different diversion angle

۵-۲- تاثیر شکل دهانه لوله آبگیر

در شکل (۸) منحنی همتراز سرعت طولی بی بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی همراه با خطوط جریان در تراز مرکز لوله آبگیر نشان داده شده است. خطوط جریان در شکل (۸) بیانگر این است که جریان در اطراف لوله آبگیر در حالت‌های دهانه زنگوله‌ای شکل و دایره‌ای شکل کاملاً با یکدیگر متفاوت هستند. به بیان دقیق‌تر جریان اطراف دهانه زنگوله‌ای شکل تحت تاثیر برآمدگی دهانه است به گونه‌ای که در حالت زنگوله‌ای شکل بعد از لوله آبگیر، انحراف جریان به طرفین (دیواره جانبی سمت راست و سمت چپ کانال اصلی) بیشتر از حالت دایره‌ای شکل است. همچنین مشاهدات نشان داد که در حالت لوله آبگیر با دهانه زنگوله‌ای شکل در زاویه آبگیر ۹۰ درجه، دو ناحیه چرخشی (یکی در جهت ساعتگرد و دیگری در جهت پادساعتگرد) در پشت لوله آبگیر ایجاد می‌شود.

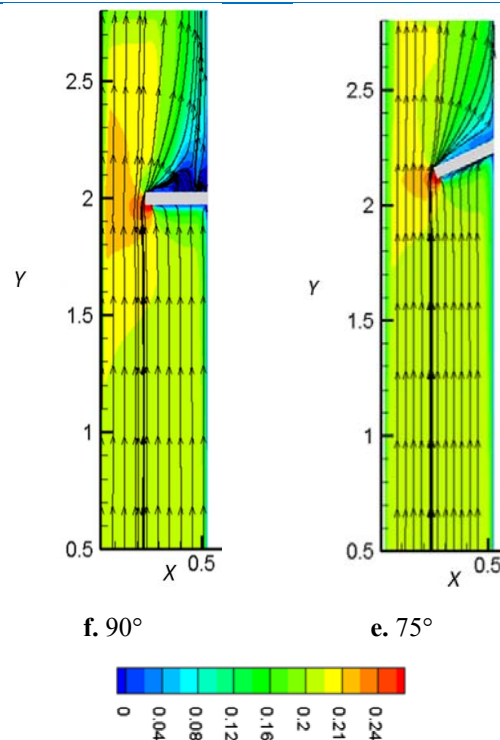


Fig. 6. V^* contours with streamlines in $W^*=0.25$ for different diversion angles

جدول ۵. نسبت دبی انحرافی و رسوب ورودی به آبگیر برای آبگیری در زوایای مختلف

Discharge		
	(Qr)	(Gr)
Diversion Angle (degree)		
15	0.026	0.05
30	0.02	0.048
45	0.0196	0.0421
50	0.0188	0.039
60	0.0262	0.051
75	0.031	0.059
90	0.044	0.0763

Table 5. Ratios of diverted water (Qr) and sediment discharges (Gr) to the lateral pipe-intake for various diversion angles

برای انتخاب بهترین زاویه آبگیری، ضریب پادرسوبی در شکل (۷) نشان داده شده است. براساس مقادیر ضریب پادرسوبی، از بین زوایای مورد بررسی، زاویه آبگیری ۹۰ درجه بهترین مقدار ضریب پادرسوبی را داشته است و به عنوان زاویه بهینه آبگیری با لوله معرفی می‌شود. مطالعات پیشین در آبگیری با

به شکلی که در زوایای مختلف اثر متفاوتی بر روی جریان و میزان دبی انحرافی خواهد داشت. چنین تفاوتی به اثر بدنه لوله بر الگوی جریان در کانال اصلی بر می‌گردد. به بیان دیگر، در آبگیری بالوله اثر بدنه لوله بر الگوی جریان مانند اثر شکل دهانه قابل توجه بوده و می‌تواند شرایط جریان را تحت تاثیر قرار دهد.

جدول ۶. نسبت دبی انحرافی و ضریب پادرسوبی برای آبگیری در زوایای مختلف

anti-sedimentation coefficient for round-shaped	anti-sedimentation coefficient for bell-shaped	diverted discharge for round-shaped	diverted discharge for bell-shaped	diversion angle
-1.4	-0.029	0.02	0.034	30
-1.14	-2.1	0.0196	0.01	45
-0.94	-0.58	0.0262	0.05	60
-0.9	-1.32	0.031	0.0125	75
-0.73	-2.52	0.044	0.0088	90

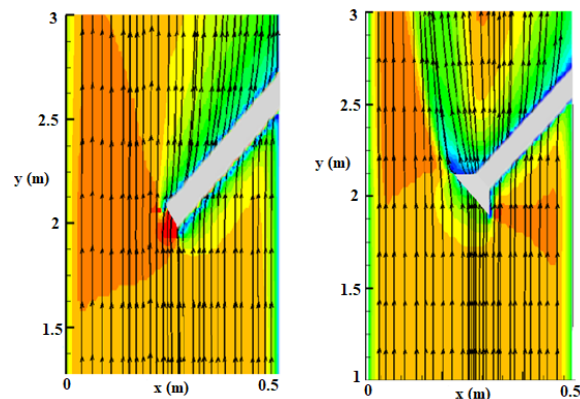
Table 6. Ratios of diverted discharge (Qr) and anti-sedimentation coefficient (λ) for various diversion angle

۳-۵- تاثیر موقعیت دهانه آبگیر

به منظور بررسی اثر فرورفتگی لوله آبگیر در عرض کانال اصلی، کانتور سرعت طولی بی‌بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی در تراز مرکز لوله آبگیر ($W/B=0.25$) در شکل (۹) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۹) هر چه میزان فرورفتگی لوله آبگیر به درون کانال اصلی بیشتر باشد وسعت ناحیه با سرعت صفر در پشت لوله آبگیر افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش فرورفتگی، ناحیه چرخشی متناسب با ناحیه با سرعت صفر پشت آبگیر ایجاد می‌شود. در نتیجه می‌توان بیان کرد میزان فرورفتگی لوله آبگیر یکی دیگر از پارامترهای موثر بر تشکیل ناحیه چرخشی در کانال اصلی است.

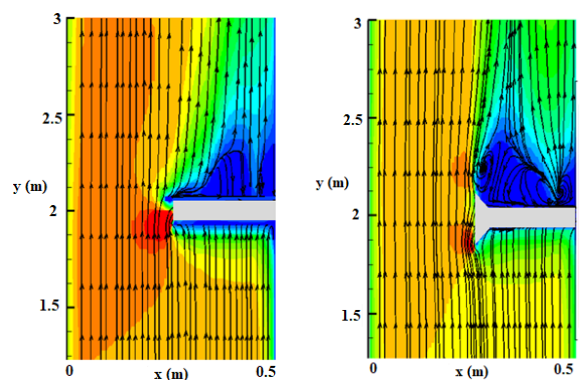
شکل ۸. منحنی هم‌تراز سرعت طولی بی‌بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی و خطوط جریان در تراز لوله آبگیر

الف. آبگیری ۴۵ درجه با دهانه زنگوله‌ای
ب. آبگیری ۴۵ درجه با دهانه دایره‌ای



ب. $\theta=45^\circ$, Round-shaped
ا. $\theta=45^\circ$, Bell-shaped

ج. آبگیری ۹۰ درجه با دهانه زنگوله‌ای
د. آبگیری ۹۰ درجه با دهانه دایره‌ای



د. $\theta=90^\circ$, Round-shaped
ج. $\theta=90^\circ$, Bell-shaped



Fig. 8. V^* contours and streamlines in a horizontal plane located in $W^*=0.2$

مقادیر نسبت دبی انحرافی و مقادیر ضریب پادرسوبی در حالت لوله آبگیر با دهانه زنگوله‌ای شکل و دایره‌ای شکل در جدول (۶) ارائه شده است. با توجه به مقادیر ضریب پادرسوبی در حالت لوله آبگیر با دهانه زنگوله‌ای شکل، زاویه آبگیر ۳۰ درجه، بهترین زاویه و در حالت لوله آبگیر با دهانه دایره‌ای شکل زاویه آبگیر ۹۰ درجه، بهترین زاویه از بین زوایای بررسی شده هستند. مشاهدات نشان داد که برآمدگی دهانه لوله آبگیر می‌تواند آثار مثبت و نیز منفی بر میزان دبی انحرافی به لوله آبگیر داشته باشد

فرورفتگی در این زاویه را ندانمان آبیگری مقدار قابل قبولی خواهد داشت.

جدول ۷. نسبت دبی انحرافی، رسوب ورودی به آبگیر و ضریب پادرسوبی برای آبیگری با زاویه ۴۵ درجه در فرورفتگی های مختلف

L/B	Q_r	G_r	λ
0.1	0.033	0.065	-0.969
0.3	0.031	0.063	-0.974
0.4	0.0292	0.058	-0.933
0.5	0.0196	0.0421	-1.147
0.6	0.022	0.055	-1.5

Table 7. Ratios of diverted water and sediment discharges to the lateral pipe-intake (Q_r and G_r) and anti-sedimentation coefficient (λ) for various L/B for $\theta=45^\circ$

برای بررسی و مطالعه علت تفاوت در آبیگری در فرورفتگی های مختلف، در شکل (۱۰) خطوط جریان عرضی برای آبیگری در زاویه ۴۵ درجه در فرورفتگی های مختلف در فاصله ۱/۹ متری از ابتدای کانال نشان داده شده است. خطوط جریان عرضی نشان داده شده در شکل (۱۰) بیانگر تأثیر موقعیت دهانه ورودی لوله آبیگر بر چگونگی تشکیل خطوط جریان عرضی در دهانه ورودی آبیگر است. مشاهده می شود که اگر فرورفتگی لوله آبیگر کم باشد، ناحیه چرخشی تشکیل نمی شود و با افزایش فرورفتگی، تشکیل دو ناحیه چرخشی در بالا و پایین لوله آبیگر شدت می گیرد. به معنای دقیق تر مشاهده می شود که هر چقدر مقدار فرورفتگی لوله بیشتر باشد خطوط جریان مسیر طولانی تری برای ورود به دهانه لوله آبیگر می پیمایند.

ذکر این نکته نیز ضروری است که بررسی های بیشتر مولفین نشان داد که مقادیر ضریب پادرسوبی تحت اثر زاویه آبیگر در فرورفتگی های مختلف تغییر خواهد کرد. پس توصیه می شود که اثر فرورفتگی در مطالعات آتی همراه با تغییر زاویه آبیگری در محدوده ای وسیع تری مطالعه شود.

به منظور مطالعه پارامتریک بررسی تأثیر تراز قرارگیری لوله آبیگر از کف کانال اصلی بر میزان دبی انحرافی، آبیگری در ترازهای مختلف از کف کانال اصلی شبیه سازی شده است. بدین منظور ۵ تراز مختلف شامل ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر در زاویه آبیگری ۴۵ ارزیابی شدند. میزان نسبت دبی انحرافی، نسبت رسوب انحرافی و ضریب پادرسوبی برای ترازهای مختلف در جدول (۸) ارائه شده است. مشاهدات نشان داد در اثر وجود

شکل ۹. سطوح هم تراز سرعت بی بعد شده با سرعت متوسط جریان ورودی و خطوط جریان برای زوایای آبیگری ۹۰ درجه در تراز محور مرکزی آبیگر

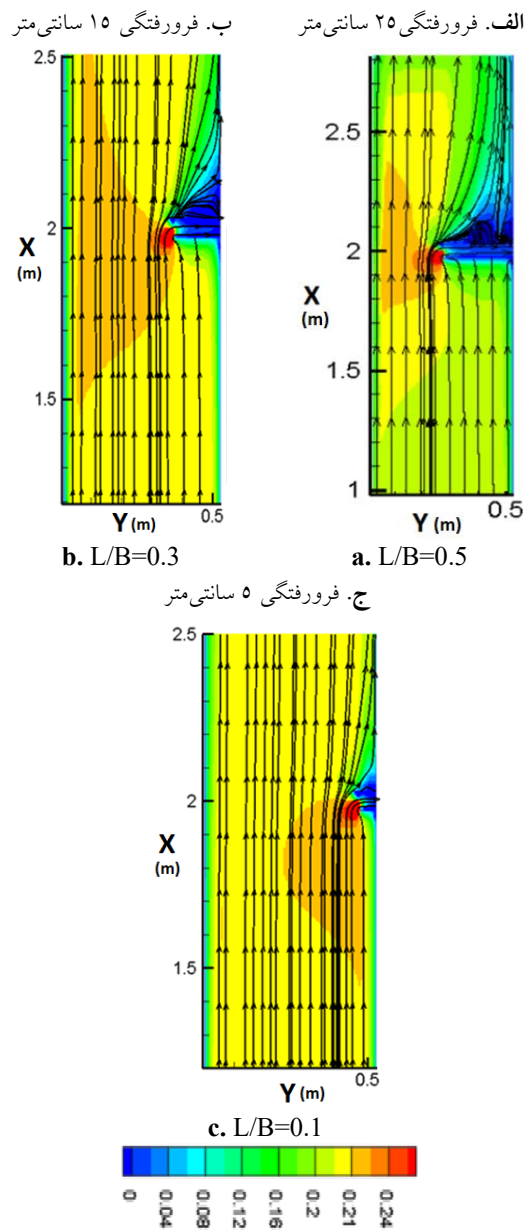


Fig. 9. V^* contours and streamlines for pipe intake located in $W/B=0.2$ for diversion angle 90°

مقادیر نسبت دبی انحرافی، نسبت رسوب انحرافی و ضریب پادرسوبی برای فرورفتگی های مختلف در زاویه آبیگر ۴۵ درجه در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به مقادیر جدول هر چقدر میزان فرورفتگی لوله آبیگر کمتر باشد میزان دبی انحرافی به آبیگر بیشتر خواهد بود. با توجه به مقادیر ضریب پادرسوبی، در حالتی که فرورفتگی لوله آبیگر تا بیشینه ۴۰ درصد عرض کانال اصلی باشد نسبت به سایر مقادیر

جدول ۸. میزان نسبت دبی انحرافی، نسبت رسوب انحرافی و ضریب پادرسوبی برای آبیگری در ترازهای مختلف برای زاویه آبیگری ۴۵ درجه

W (cm)	W/B	Q _r	G _r	λ
5	0.1	0.0155	0.028	-0.8
10	0.2	0.0196	0.042	-1.142
15	0.3	0.026	0.058	-1.23
20	0.4	0.021	0.0218	-0.038
25	0.5	0.018	0.0003	0.98

Table 8. Ratios of diverted water and sediment discharges to the lateral pipe-intake (Q_r and G_r) and anti-sedimentation coefficient (λ) for various W for 45°

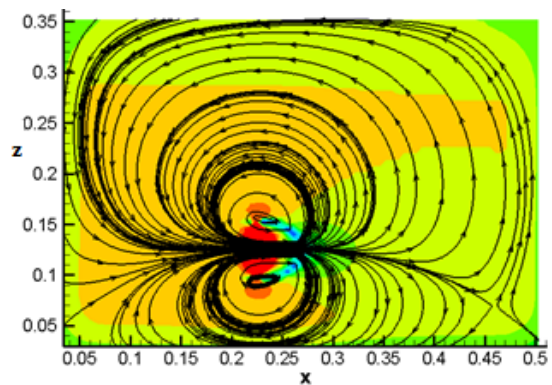
در جدول (۸) مشاهده می شود زمانی که لوله آبیگر در نزدیکی سطح جریان قرار می گیرد ضریب پادرسوبی (λ) مقداری قابل قبولی خواهد داشت (طبق مطالعات انجام شده هر چقدر مقدار ضریب به یک نزدیک باشد راندمان آبیگری مناسبتر است). عوامل مؤثر بر میزان رسوب ورودی به لوله آبیگر، میزان دبی انحرافی به لوله آبیگر و تراز قرارگیری لوله آبیگر هستند. با توجه به مطالعات انجام شده توزیع غلظت رسوب در ترازهای نزدیک به کف کانال افزایش می یابد. مقایسه رسوب ورودی به آبیگر برای ترازهای ۱۰، ۲۰، و ۲۵ سانتی متر به خوبی نشان می دهد که با دبی آبیگری نزدیک به هم، نزدیک نمودن لوله به سطح آب تا حد بسیار زیادی رسوب ورودی به آبیگر را کاهش داده است. علت این امر را می توان کاهش غلظت رسوبات در سطح آب بیان کرد. ولی باید دقت شود که هر چقدر لوله آبیگر در نزدیکی سطح جریان قرار گیرد، بیشتر در معرض نوسانات سطح جریان قرار داشته که ممکن است باعث بروز مشکلاتی در آبیگری شود.

۶- جمع بندی و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر به بررسی پارامترهای هندسی مؤثر بر راندمان آبیگری جانبی با لوله در یک کانال مستقیم مستطیلی به صورت عددی پرداخته شد. این پارامترها در سه گروه شامل جهت قرارگیری لوله آبیگر نسبت به راستای جریان، خصوصیات دهانه لوله آبیگر و نیز موقعیت قرارگیری دهانه لوله آبیگر بوده است. نتایج نشان می دهند که:

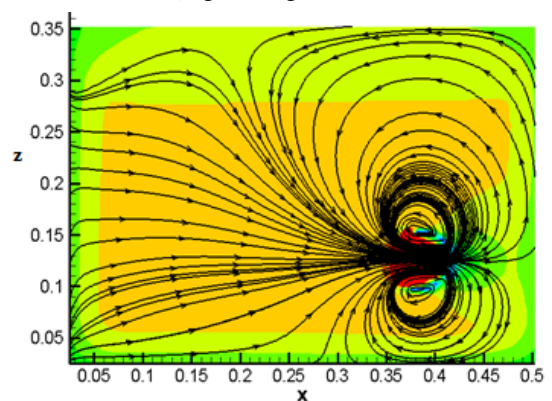
دهانه لوله آبیگر، دو ناحیه چرخشی در بالا و پایین دهانه ورودی به آبیگر تشکیل می شود. جهت چرخش این دو ناحیه چرخشی متفاوت بوده و ناحیه چرخشی در بالای دهانه پاد ساعتگرد و در زیر دهانه ساعتگرد است. همچنین ملاحظات نشان داد که هر چقدر موقعیت دهانه آبیگر در تراز مرکز کانال اصلی قرار گیرد، دو ناحیه چرخشی نسبت به هم متقارن هستند. به همین دلیل جریان در دو طرف لوله، مسیر کمتری برای ورود به دهانه لوله آبیگر طی می کنند. در نتیجه آبیگری از تراز نسبی ارتفاعی ۰/۲۸ تا ۰/۵۷ که در آن اثر مرز بستر و سطح آزاد می توان صرف نظر نمود مقدار دبی انحرافی بالاتر از سایر مدل های شبیه سازی شده است.

شکل ۱۰. خطوط همتراز سرعت طولی و خطوط جریان عرضی در زاویه آبیگری ۴۵ درجه در فرورفتگی های مختلف در فاصله ۱/۹ متری از ابتدای کانال الف. فرورفتگی ۳۰ سانتی متری



a. L/B=0.6

ب. فرورفتگی ۱۵ سانتی متری



b. L/B=0.3



Fig. 10. V* contours and transversal streamlines with 45° diversion angle for lateral pipe-intake located

۸- مقایسه ضریب پادرسوبی برای ترازهای مختلف نشان داد اگر لوله آبگیر در تراز نزدیک به سطح آب قرار گیرد به دلیل اینکه توزیع غلظت رسوب در ترازهای نزدیک به سطح آب کاهش می‌یابد، ضریب پادرسوبی مقدار قابل قبولی خواهد داشت. ولی باید دقت شود وقتی لوله آبگیر در نزدیکی سطح آب قرار گیرد، بیشتر در معرض نوسانات سطح آب قرار خواهد گرفت که ممکن است باعث بروز مشکلاتی در آبگیری شود.

۷- مراجع

- [1] Kasthuri, B., & Pundarikanthan, N. V., 1987. Discussion of "Separation zone at open-channel junctions" by James L. Best and Ian Reid (November, 1984). *Journal of Hydraulic Engineering*, 113(4), 543-544.
- [2] Neary, V.S., Sotiropoulos, F. and Odgaard, A.J., 1999. Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(2), pp.126-140.
- [3] Barkdoll, B. D., Ettema, R., & Odgaard, A. J., 1999. Sediment control at lateral diversions: Limits and enhancements to vane use. *Journal of hydraulic engineering*, 125(8), 862-870.
- [4] Ramamurthy, A. S., Qu, J., & Vo, D., 2007. Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(10), 1135-1144.
- [5] Goudarzizadeh R, Hedayat N, & Jahromi S., 2010. Three-dimensional simulation of flow pattern at the lateral intake in straight path, using finite-volume method. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 47, 656-661.
- [6] Seyedian S M, Bajestan M S, Farasati M., 2014. Effect of bank slope on the flow patterns in river intakes. *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, 26(3), 482-492.
- [7] Mirzaei, S.H.S., Ayyoubzadeh, S.A. and Firoozfar, A.R., 2014. The Effect of Submerged-Vanes on Formation Location of the Saddle Point in Lateral Intake from a Straight Channel. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(1), pp.26-33.
- [8] Asnaashari A, Merufinia E., 2015. Numerical Simulation of Velocity Distribution in the River Lateral Intake Using the SSIIM2 Numerical Model. *Cumhuriyet Science Journal*, 36(3): 1473-1486.
- [9] Biswal, S.K., Mohapatra, P. and Muralidhar, K., 2016. *Hydraulics of combining flow in a*

۱- میدان جریان در لوله آبگیر با کانال آبگیر متفاوت است بطوری که با توجه به مطالعات انجام شده در آبگیری با کانال جانبی، ناحیه چرخشی در کانال اصلی، پایین دست کانال آبگیر و در سمت مخالف دهانه آبگیر تشکیل می‌شود. در حالی که مشاهدات نشان داد که محل تشکیل ناحیه چرخشی در آبگیری با لوله، در پشت لوله آبگیر است.

۲- زاویه قرارگیری لوله آبگیر نسبت به کانال اصلی، میزان فرورفتگی لوله آبگیر و شکل دهانه لوله آبگیر از جمله پارامترهای موثر بر ناحیه چرخشی پشت لوله آبگیر هستند.

۳- تأثیر شکل دهانه لوله آبگیر بر میزان دبی جریان انحرافی تحت تأثیر زاویه آبگیر تغییر می‌کند، به گونه‌ای که در بعضی از زوایای آبگیری، جریان به برآمدگی دهانه زنگوله‌ای لوله آبگیر برخورد کرده و از دهانه لوله آبگیر دور می‌شوند در نتیجه جریان کمتری نسبت به دهانه دایره‌ای شکل عبور می‌دهد.

۴- با مقایسه ضریب پادرسوبی، زاویه آبگیری ۳۰ درجه با دهانه زنگوله‌ای شکل و زاویه آبگیری ۹۰ درجه با دهانه دایره‌ای شکل بهترین زاویه آبگیری از بین زوایای مورد بررسی هستند.

۵- در بین زوایای آبگیری مختلف، زمانی که لوله آبگیر عمود بر کانال است، بیشترین بازدهی را خواهد داشت. در این شرایط وسعت ناحیه چرخشی تشکیل شده در پشت لوله آبگیر بزرگتر از سایر زوایای آبگیری است و بنابراین احتمال رسوب‌گذاری در پشت لوله در این زاویه آبگیری بیش از سایر زوایای آبگیری هست.

۶- مقایسه ضریب پادرسوبی برای آبگیری در زاویه ۴۵ درجه نشان داد در حالتی که فرورفتگی لوله آبگیر تا بیشینه ۴۰ درصد عرض کانال اصلی باشد، راندمان آبگیری مقدار قابل قبولی خواهد داشت.

۷- مقایسه نتایج دبی انحرافی برای ترازهای مختلف لوله آبگیر نشان داد در حالتی که آبگیری از تراز نسبی ارتفاعی ۰/۲۸ تا ۰/۵۷ انجام شود، که اثر مرز بستر و سطح آزاد قابل صرف نظر کردن است و الگوی جریان عرضی متقارن اطراف دهانه ورودی لوله آبگیر تشکیل می‌شود، مقدار دبی انحرافی بالاتر از سایر مدل‌های شبیه‌سازی شده است.

- using evolutionary computing and model classification. *International Journal of River Basin Management*, 16(1), pp.123-132.
- [16] Indlekofer, H.; Robinson, S.; Rouvé, G., 1975. On the Transport of Bed-Load into Channel Branches and the Regulation by Inducing Artificial Secondary Flow. In *Proceedings of 9th International Congress of Irrigation and Drainage*, Moscow.
- [17] Rahmani Firozjaei, M., Mohajeri, S.H., Salehi Neyshabouri, S.A.A., 2017. The importance of lateral water intake angle on flow patterns and sediment transport. In *Proceedings of 37th IAHR World Congress*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [18] Abdelaziz, Shokry, Minh-Duc Bui, and Peter Rutschmann., 2014. "Numerical simulation of scour development due to submerged horizontal jet." *River Flow 2010*: 1597-1604.
- [19] Hussain, A., Ahmad, Z., & Asawa, G. L., 2010. Discharge characteristics of sharp-crested circular side orifices in open channels. *Flow Measurement and Instrumentation*, 21(3), 418-424.
- [20] Van Rijn, L.C., 1984. Sediment transport, part I: bed load transport. *Journal of hydraulic engineering*, 110(10), pp.1431-1456.
- right-angled compound open channel junction. *Sadhana*, 41(1), pp.97-110.
- [10] Ouyang, H.T, Lin, C. P. 2016. Characteristics of interactions among a row of submerged vanes in various shapes. *Journal of Hydro-environment Research*, In press.
- [11] Schindfessel, L., Creëlle, S. and De Mulder, T., 2017. How Different Cross-Sectional Shapes Influence the Separation Zone of an Open-Channel Confluence. *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(9), p.04017036.
- [12] Gómez-Zambrano, H.J., López-Ríos, V.I. and Toro-Botero, F.M., 2017. New methodology for calibration of hydrodynamic models in curved open-channel flow. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (83), p.82.
- [13] Haddad H, Ahmad E, Azizi, K., 2017. Numerical simulation of the inlet sedimentation rate to lateral intakes and comparison with experimental results, 5(1): 464 - 472.
- [14] Anjum, N., Ghani, U., Ahmed Pasha, G., Latif, A., Sultan, T. and Ali, S., 2018. To Investigate the Flow Structure of Discontinuous Vegetation Patches of Two Vertically Different Layers in an Open Channel. *Water*, 10(1), p.75.
- [15] Zahiri, A. and Najafzadeh, M., 2018. Optimized expressions to evaluate the flow discharge in main channels and floodplains

Hydraulic Assessment of Pipe Lateral Intake from Open Channel by Numerical Simulation

M. Rahmani Firozjaei¹, E. Behnamtalab^{2*}, S. A. A. Salehi Neyshabouri³, Seyed Hossein Mohajeri⁴

1. Master Student of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2*. Assistant Professor of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Iran

3. Professor of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

4..Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Kharazmi University, Tehran, Iran

*e.behnamtalab@hsu.ac.ir

Abstract:

Intake of water from rivers has recently become a major subject of study in hydraulic projects, such as water transfer systems and power plants. Intake from water resources can be carried out by different methods. Lateral intake is influenced by various factors, such as topographic conditions, type of the river, and the plan target and water conveyance system is a common method using an open channel or a pipe. Because of various conditions in different regions, a general recommendation for selecting the intake method for all regions cannot be a robust solution; therefore, it is necessary to select suitable lateral intake by extensive and accurate studies and consider the conditions technically and economically. Lateral Intake which uses a pipe is a hydraulic structure that has been utilized in water intake from rivers and channels, especially in those situations in which the area topography do not allows to build a lateral channel for water intake. There have been few studies conducted on the above mentioned structures and that what is the optimal condition in water intake using a pipe still have not really characterized. This study deals with the numerical investigation of effective geometrical parameters on lateral intake efficiency with a pipe in an outdoor direct rectangular channel by using software FLOW3D. The parameters categorize into three group including the direction of the pipe intake aligning with the current, the characteristics of pipe intake opening, and also the position of pipe intake opening. The results show that among different angles of the intake, the 90-degree angle divert the highest discharge; because it has more pressure gradient difference than the others. Increasing the discharge leads to diverted sediment increase to lateral intake. For this purpose, at 90-degree angle the highest sediment divert to the pipe happens. Since the criterion of choosing the best angle intake is anti-sediment coefficient. Comparing the Anti sediment coefficient among different angles showed that the 90-degree angle

has the best efficiency of intake. Also an analogy of diverted discharge results for different levels of pipe intake indicated that if the water intake happens at relative height level of 0.28 to 0.57, the diverted discharge would be more than the simulated case. Furthermore, by comparing anti-sediment coefficient for different levels demonstrate that if the pipe intake locates near the surface of current, anti-sediment coefficient will have an acceptable value. Hence, results of diverted discharge at different depressions pipe intake demonstrate that the less the rate of pipe intake depression, the more discharge will be diverted. Also an analogy of anti-sediment coefficients at 45 and 90-degree angle show that the influence of pipe intake depression on intake efficiency change when affected by angle intake. So, finally results indicate that divert flow, when the characteristics of intake opening change, depend on angle intake would show a different behavior himself. As regards to optimum location of the intake, it was observed that location of the pipe intake inlet in almost 40% of the main channel width could yield a quite acceptable performance for the pipe. Furthermore, location of the pipe intake near the free surface could yield a high performance of the pipe intake as a result of low sediment concentration and high flow velocity. However, it should be considered that near the free surface, wavy flow and water surface fluctuations can influence the intake performance.

Keywords: Pipe intake, Pipe Intake Level, Intake Angle, Anti-sedimentation, Numerical Simulation