

## تعیین سهم دبی خروجی آبگیر تحتانی دارای شبکه آشغال‌گیر با کنترل میزان بازشدگی سطح آبگیر به‌روش دینامیک سیالات محاسباتی

آبگیر تحتانی دارای شبکه آشغال‌گیر، سازه‌ای هیدرولیکی است که برای آب‌گیری در مسیر رودخانه نصب می‌شود. در این پژوهش، هیدرولیک جریان در این سازه به‌صورت سه‌بعدی شبیه‌سازی و عملکرد این سازه با تغییر میزان بازشدگی شبکه‌ی آشغال‌گیر مطالعه شده است. مدل‌سازی و تحلیل در نرم‌افزار ANSYS CFX 16.0 انجام شد. درستی مدل عددی و نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل آن، با مقایسه پارامترهایی نظیر دبی خروجی آبگیر و طول خیس شده شبکه آشغال‌گیر با مدل‌ها و نتایج آزمایشگاهی محققین پیشین تطابق داده شد. در ادامه با تغییر میزان بازشدگی شبکه آشغال‌گیر و ثابت نگه داشتن خصوصیات دیگر، سهم آب‌گیری از بالادست رودخانه تعیین شد. به‌منظور تعمیم نتایج، آبگیر تحتانی با ۳ دبی ورودی متفاوت و نیز ۳ شیب متفاوت شبکه آشغال‌گیر نسبت به افق (صفر، ۱۰ و ۲۰٪)، مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد با افزایش دبی در یک شیب خاص سطح آبگیر، بخش کمتری از آب‌گیری به‌صورت لغزش آب روی شبکه و فرو ریختن آن در آبگیر است.

**واژگان کلیدی:** آبگیر تحتانی، دینامیک سیالات محاسباتی، روش احجام محدود، مدل‌سازی سه‌بعدی، آبگیر ترولی.

سعید فرزین\*

استادیار، دانشکده مهندسی  
عمران، دانشگاه سمنان.  
پست الکترونیک:  
Saeed.Farzin@semnan.ac.ir

حجت کرمی

استادیار، دانشکده مهندسی  
عمران، دانشگاه سمنان.  
پست الکترونیک:  
Hkarami@semnan.ac.ir

پرهام ثابتی

دانشجوی کارشناسی ارشد،  
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه  
سمنان.  
پست الکترونیک:  
Parham\_sabetii@yahoo.com

شهاب نییر

دانشجوی کارشناسی ارشد،  
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه  
سمنان.  
پست الکترونیک:  
Sh.nayyer@semnan.ac.ir

### ۱- مقدمه

آبگیرها (آبگیر ترولی<sup>۱</sup>) در ابتدا در تیروول<sup>۲</sup> در جنوب فرانسه، جایی که کشاورزان مجبور بودند آب را از رودخانه‌های کوهستانی به‌سمت دره، جهت آبیاری مزرعه خود هدایت کنند، ابداع شد. امروزه از این نوع آبگیر برای هدایت آب به درون مولدهای برقی و نگه داشتن ته‌نشست‌ها و مواد جامد بزرگ‌تر و همچنین ماهی‌رو<sup>۳</sup> نیز استفاده می‌شود.

آبگیر تحتانی، یک آبگیر مستغرق با شبکه‌ی آشغال‌گیر افقی یا مایل است که به‌منظور آب‌گیری از جریان‌های شدید کوهستانی توسعه یافته است. اینگونه

\* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۵/۰۹/۲۷، بازنگری ۱۳۹۵/۱۲/۲۴، پذیرش ۱۳۹۶/۰۱/۱۸.  
DOI: 10.22091/cer.2017.1613.1066

<sup>1</sup>- Tyrolean Weir  
<sup>2</sup>- Tyroles  
<sup>3</sup>- Fish ladder

مقطع میله‌ها، هندسه و میزان فاصله‌بندی شبکه‌ی آشغال‌گیر در مورد بازده عملکرد این سازه پرداختند. همچنین برای فاصله بین میله‌ها و عرض میله‌های آشغال‌گیر نسبت بین ۰/۳ تا ۰/۵ را پیشنهاد کردند [۸]. صلاح‌الدین<sup>۱۲</sup> و همکاران، حل عددی میدان جریان اطراف یک پایه‌ی استوانه‌ای قائم را با استفاده از نرم‌افزار فلونت<sup>۱۳</sup> انجام دادند. همچنین، مدل‌های گوناگون اغتشاش را به‌همراه شبکه‌ی بی‌سازمان به‌کاررفته با نتایج تجربی موجود، مقایسه کردند [۹]. فرهادی و عطایی آشتیانی، سطح آزاد را با استفاده از روش بدون شبکه پیش‌بینی کردند. آنها با این روش یک نمونه مسأله شکست سد را شبیه‌سازی کرده و دستاوردهای آن را با نتایج تجربی موجود مقایسه کردند [۱۰]. یولیانگ و بوفن<sup>۱۴</sup>، منطقه‌ی ورودی آب به نیروگاه را با کاربرد روش عددی، شبیه‌سازی و با نتایج تجربی موجود مقایسه نمودند [۱۱]. شاهینر، در پایان‌نامه خود خصوصیات شبکه آشغال‌گیر را در آزمایشگاه، با و بدون شن و ماسه در آب بالادست مدل‌سازی کرد. مشاهده شد که شیب و ابعاد شبکه، فاصله‌ی میله‌های آشغال‌گیر از یکدیگر، هندسه‌ی مقطع میله‌ها، اندازه‌ی ذرات جامد معلق و غلظت آنها در سیلاب موجود بر روی آشغال‌گیر، بر عملکرد این سازه آبگیر اثر می‌گذارند. در آبگیرهای تحتانی احتمال برخورد قلوه‌سنگ‌ها با شبکه‌ی آشغال‌گیر و مسدود شدن شبکه بر اثر ته‌نشست و شاخ و برگ، باید در طراحی لحاظ شود. آبگیرهای تحتانی باید دارای مقاومت کمی در برابر عبور جریان باشند. مقطع عرضی میله‌های آشغال‌گیر را می‌توان به شکل‌های گوناگونی چون هیدرولیکی، دوزنقه‌ای، گرد و مستطیلی در نظر گرفت. مقطع هیدرودینامیکی دارای کمترین مقاومت است، ولی تهیه‌ی آن در عمل دشوار است. مقطع مستطیلی، ساده و در دسترس است، اما بازدهی هیدرولیکی خوبی ندارد [۱۲].

نخستین توصیف هیدرولیکی آبگیر تحتانی به‌وسیله‌ی اورث<sup>۴</sup> و همکاران ارائه شد که به بررسی نهرهایی با ۲۰٪ شیب و ۵ نوع آرایش هندسی گوناگون آشغال‌گیر مربوط می‌شود [۱]. کاننژمن و بوارد<sup>۵</sup>، نخستین بررسی محاسباتی را برای نیم‌رخ سطح آزاد در آشغال‌گیرهای تحتانی با فرض بار ثابت و در نظر گرفتن روابط روزنه<sup>۶</sup> در محاسبات، انجام دادند [۲]. نوسدا<sup>۷</sup>، شیب‌های تحتانی صفر، ۱۰ و ۲۰٪ و شبکه‌هایی را با مقاطع L و T انتخاب کرد [۳ و ۴]. کومار و احمد<sup>۸</sup>، جریان را بر روی آشغال‌گیرهای با میله تخت بررسی و آنالیز کرده و در آزمایشات خود به نسبت ابعاد، شیب دندانه‌ها، عرض سطح تخت میله‌ها و همچنین عدد رینولدز توجه کردند. محققین همچنین معادلات ضریب تخلیه برای شرایط مختلف جریان با خطای کمتر از ۱۰٪ را ارائه نمودند [۵]. کاستیلو<sup>۹</sup> و همکاران، انسداد شبکه‌های آبگیر توسط رسوبات را با در نظر گرفتن ابعاد، شیب طولی و ۳ قطر مختلف از رسوبات بررسی کردند. محققان، نهایتاً نتایج را با در نظر گرفتن نسبت تخلخل به واسطه وجود رسوبات و همچنین جریان برگشتی بیان کرده و سپس ابعاد و شیب بهینه‌ای را ارائه دادند [۶]. دوربیر<sup>۱۰</sup> و همکاران، طول خیس شده‌ی آشغال‌گیر را با نمونه‌ای در مقیاس ۱:۱۰ در آزمایشگاه بررسی کردند. عرض آشغال‌گیر برابر با ۰/۵ متر و فاصله‌ی بین میله‌های آشغال‌گیر برابر با ۰/۱ متر لحاظ شد. طول خیس شده‌ی آشغال‌گیر برای ۵ دبی متفاوت و با ۴ شیب طول آشغال‌گیر از صفر تا ۳۰ درصد محاسبه شد [۷]. برونلا<sup>۱۱</sup> و همکاران، با ساختن نمونه‌های فیزیکی به بررسی تأثیر پارامترهای هیدرولیکی مؤثر بر آبگیر تحتانی نظیر شیب،

<sup>4</sup>- Orth

<sup>5</sup>- Kuntzmann and Bouvard

<sup>6</sup>- orifice

<sup>7</sup>- Nosedá

<sup>8</sup>- Kumar and Ahmad

<sup>9</sup>- Castillo

<sup>10</sup>- Dorbir

<sup>11</sup>- Brunella

<sup>12</sup>- Salaheldin

<sup>13</sup>- Fluent

<sup>14</sup>- You-liang and Bo-fan

نیاز مصرفی به‌طور بهینه تأمین شود. همچنین با بررسی‌های انجام شده، پیشنهادهای جهت طراحی بهینه این نوع سازه‌ها با توجه به نیاز، ارائه گردیده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مدل آزمایشگاهی مورد استفاده

در مطالعات شاهینر، مدلی فیزیکی برای کشف اثرات خصوصیات شبکه آشغال‌گیر بر جریان آب در آزمایشگاه ساخته شد. این مدل در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است [۱۲].

آزمایش‌ها با سه فاصله متفاوت میله‌های شبکه از هم ۳، ۶ و ۱۰ میلی‌متر و سه زاویه شیب شبکه ۱۴/۴۷۷، ۹/۵۹۴ و ۴/۷۸۰ درجه تکرار شد. لازم به ذکر است که پارامترهای معرف فاصله به ترتیب e1، e2 و e3 و پارامترهای نشان‌دهنده زاویه 01، 02 و 03 می‌باشند. نمونه‌ای از نتایج آزمایش‌ها که برای صحت‌سنجی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، در جدول ۱ آمده است. در مطالعه آزمایشگاهی، ارتفاع آب در سرریز آبگیر (h) براساس جدول ۱ ثابت نگه داشته شده و مقادیر q و L2 اندازه‌گیری شده است.

شکل‌های ۳ و ۴ تعریف ترسیمی پارامترهای به‌کاررفته در این پژوهش می‌باشند. فاصله بین ابتدای شبکه تا محلی که سطح بالایی جریان آب با شبکه آشغال‌گیر برخورد می‌کند، L1 نام دارد. طولی که تمام جریان ورودی از شبکه خارج می‌شود و شبکه تا آن طول خیس می‌شود نیز L2 نامیده شده است. تعریف ترسیمی طول‌های خیس شده (L1 و L2) در شکل ۴ مشخص شده است.

### ۲-۲- مدل عددی پژوهش

#### ۲-۲-۱- تشریح مدل

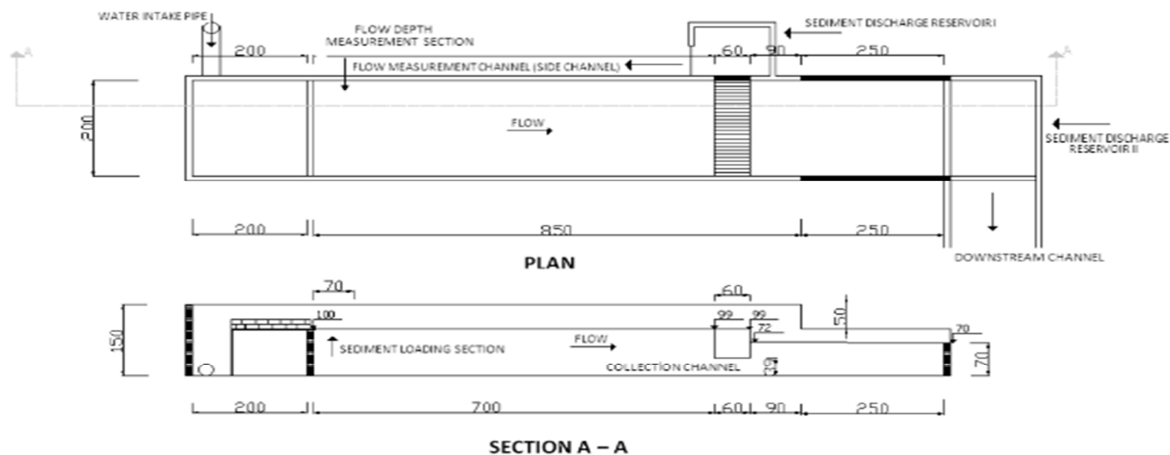
شبیه‌سازی آبگیر تحتانی با آشغال‌گیر برمبنای مدل آزمایشگاهی مرجع [۱۲] اجرا شده است. جهت

یکی از شاخص‌های مهمی که نمایانگر بازده عملکرد این سازه‌ی آبی نیز می‌باشد، طول خیس شده‌ی شبکه آشغال‌گیر است. محققان بسیاری به‌صورت تحلیلی و ساخت نمونه‌های فیزیکی در مورد این ویژگی آشغال‌گیرها مطالعه کرده‌اند. پژوهشگرانی چون کانترمن و همکاران (۱۹۵۴) [۲]، نوسدا (۱۹۵۶) [۳] و فرانک<sup>۱۵</sup> و همکاران (۱۹۵۶) [۱۳] معادله‌های ریاضی متفاوتی را در رابطه با آبگیرهای تحتانی در قالب حل تحلیلی ارائه نموده‌اند. در سال‌های اخیر نیز دانشمندان دیگری با ساختن نمونه‌ی فیزیکی، سعی در شبیه‌سازی هیدرولیک جریان بر روی آبگیر با آشغال‌گیرهای تحتانی نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به دوربیر و همکاران در دانشگاه صنعتی وین (۲۰۰۳) [۷] و برونلا و همکاران (۲۰۰۳) [۸] اشاره کرد.

همواره انجام آزمایش دارای محدودیت‌ها و مشکلات خاص خود می‌باشد که در جهت مرتفع کردن آن با توجه به توانمندی‌های روش‌های عددی و همچنین توسعه نرم‌افزارهای قوی می‌توان به بررسی مدل‌های پیچیده‌تر و با شرایط متنوع‌تر با استفاده از روش‌های عددی پرداخت. این روش‌ها که بیشتر مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی است، کاربر را قادر می‌سازد تا ضمن به‌کارگیری معادله‌های حاکم بر میدان جریان، جریان سیال در محیط را بررسی کند. بنابراین با توجه به مطالعات، پژوهش‌های انجام شده عموماً به‌صورت تجربی بوده‌اند و کمتر از روش‌های عددی و مشخصاً روش عددی حاضر استفاده شده است. لذا در این پژوهش، سهم دبی خروجی آبگیر تحتانی دارای شبکه آشغال‌گیر با کنترل میزان بازشدگی شبکه با کمک مدل‌سازی در نرم‌افزار ANSYS CFX تعیین شده است. این پژوهش به‌منظور مدیریت آب‌گیری انجام شده است و تلاش شده تا آبگیر تحتانی طوری طراحی گردد که میزان دبی مورد

<sup>15</sup>- Frank

صحت‌سنجی، از نتایج به‌دست‌آمده از این مدل آزمایشگاهی استفاده شد که در شکل ۵ این مدل نمایش داده شده است.



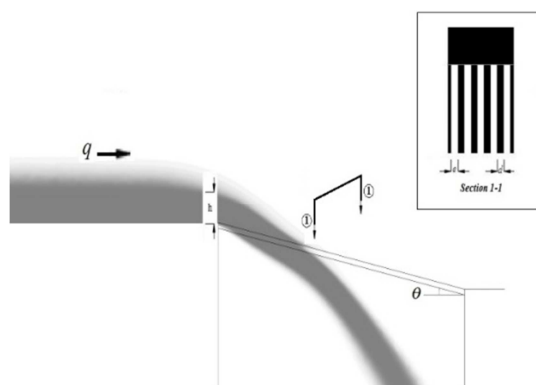
شکل ۱- ابعاد مدل آزمایشگاهی در نماهای جانبی و پلان (اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر) [۱۲].



شکل ۲- نماهای مدل آزمایشگاهی اجرا شده [۱۲].

جدول ۱- نتایج به‌دست آمده از مدل آزمایشگاهی برای  $\theta_1 = 14.477^\circ$ ,  $e_1 = 10\text{mm}$

L2 (cm)	q (lit/(s.m))	H (cm)
۱۳/۹	۴/۷۸	۳
۲۰/۲	۱۳/۵۱	۶
۳۱/۵	۳۸/۲۲	۱۲



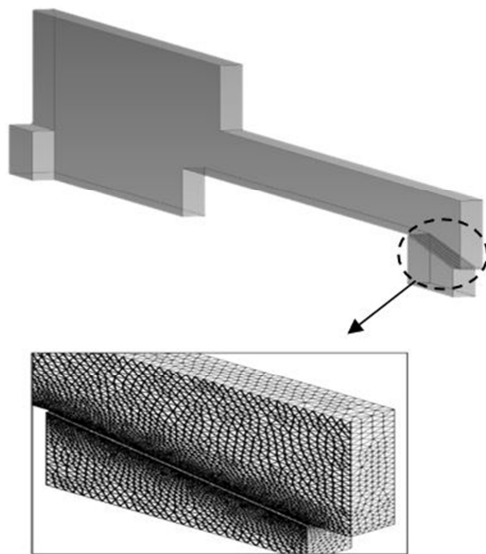
شکل ۳- نمای آبیگر تحتانی و تعریف ترسیمی پارامترها، e فاصله بین میله‌های آشغال‌گیر، d قطر مؤثر میله‌ها،  $\theta$  زاویه شبکه آشغال‌گیر و h ارتفاع آب در سرریز.

فشار نسبی در نظر گرفته شد. شرایط مرزی در ورودی حجم کنترل به صورت سرعت ورودی در سیستم است. دبی ورودی سیستم با پارامتر سرعت ورود آب<sup>۱۶</sup> در سطح ورودی، کنترل می‌شود. محیط به صورت دوحالتی (آب و هوا) با ویژگی‌های زیر لحاظ شده است:

$$\mu_{Water} = 0.001 \text{ kg / m.s} , \rho_{Water} = 998 \text{ kg / m}^3$$

$$\mu_{Air} = 1.75e^{-7} \text{ kg / m.s} , \rho_{Air} = 1.225 \text{ kg / m}^3$$

که  $\rho$  چگالی و  $\mu$  ویسکوزیته می‌باشد.



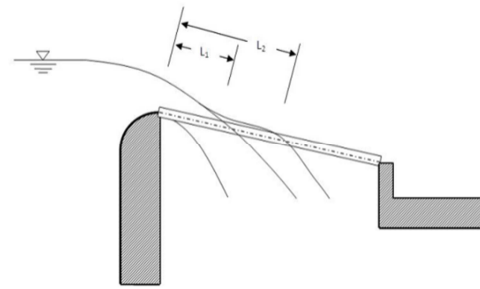
شکل ۶- نمای سه‌بعدی مدل عددی این پژوهش و نمایی از مش‌بندی مدل.

### ۲-۲-۳ معادله‌های حاکم

معادله‌های حاکم بر میدان جریان معادله بقای جرم، معادله اندازه‌ی حرکت (ناویر- استوکس)، معادله‌های آشفتگی و روش کسر حجمی (VOF<sup>۱۷</sup>) است. معادله VOF برای پیدا کردن سطح آزاد سیال استفاده می‌شود. در روش کسر حجمی، اگر نسبت حجمی سیال در هر المان به صورت  $\alpha_q$  نشان داده شود، یکی از سه شرایط زیر وجود خواهد داشت:

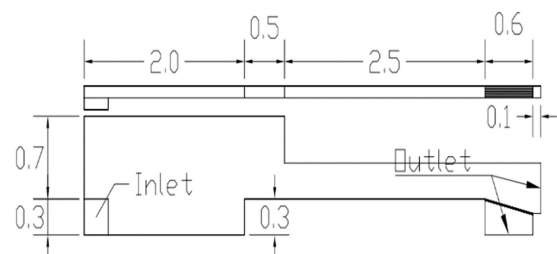
۱- المان از سیال خالی است ( $\alpha_q=0$ ).

۲- المان پر از سیال است ( $\alpha_q=1$ ).



شکل ۴- تعریف ترسیمی طول‌های خیس شده ( $L_2$  و  $L_1$ ) شبکه آشغال‌گیر.

مدل سه‌بعدی به کمک نرم‌افزار ANSYS CFX با شبکه‌ی آشغال‌گیر و با مقطع مربع، شبیه‌سازی شد و سپس تحلیل انجام گرفت که مدل سه‌بعدی آن در شکل ۶ آمده است.



شکل ۵- ابعاد مدل در نماهای جانبی و پلان (اندازه‌ها برحسب متر).

به منظور دستیابی به داده‌های دقیق‌تر و نتایج معقول و سرعت در اجرای تحلیل، در قسمت‌هایی با ابعاد کوچک‌تر، مش‌بندی ریزتر انجام شد. با بررسی حساسیت مش، حداقل ابعاد مش به اندازه‌ی نصف کوچک‌ترین بعد شکل یعنی  $2/5$  میلی‌متر بهترین نتیجه را حاصل کرد. در این پژوهش، با توجه به شکل ۶، هر مدل عددی به‌طور میانگین از ۶۰۰۰۰۰ المان تشکیل می‌شود. در مدل عددی برای صحت‌سنجی، زاویه شبکه آشغال‌گیر نسبت به افق ( $\theta$ ) برابر  $14/477$  درجه، فاصله بین میله‌های آشغال‌گیر (e) و عرض مقطع میله (d) هر کدام یک سانتی‌متر در نظر گرفته شده است.

### ۲-۲-۲ مدل‌سازی شرایط مرزی

برای محاسبه‌ی مدل‌ها به کمک نرم‌افزار ANSYS CFX دیواره‌ها کاملاً ثابت، یعنی دارای سرعت صفر، در نظر گرفته شده‌اند (شرط عدم لغزش). در مرز خروجی،

<sup>۱۶</sup>- Inlet Velocity

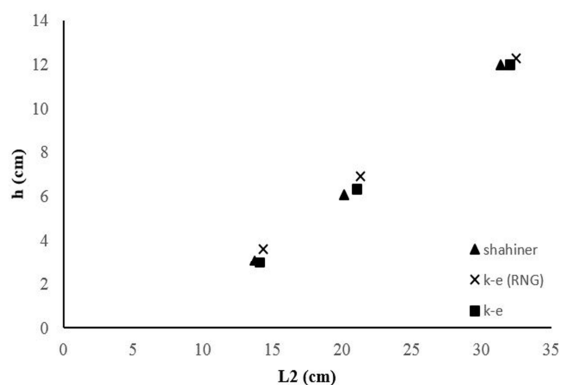
<sup>۱۷</sup>- Volume of Fraction

به‌منظور همگام‌سازی با مدل آزمایشگاهی و توانایی نرم‌افزار در کنترل پارامتر دبی (q)، مقدار دبی برابر مقادیر مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط مرجع [۱۲] انتخاب و پارامترهای h و L2 اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که در این مرجع، پارامتر h طبق جدول ۱ ثابت نگه داشته شد و مقادیر q و L2 اندازه‌گیری شدند.

جدول ۲- نتایج به‌دست‌آمده به‌منظور صحت‌سنجی مدل عددی.

L <sub>2</sub> (cm)	h (cm)	q (lit/(s.m))	مدل	نتیج
۱۴/۱	۳/۱	۴/۸	k-ε	C <sub>11</sub>
۲۰/۹	۶/۴	۱۳/۵		C <sub>12</sub>
۳۲/۲	۱۲/۱	۳۸/۲		C <sub>13</sub>
۱۴/۳	۳/۶	۴/۸	k-ε (RNG)	C <sub>21</sub>
۲۱/۴	۶/۹	۱۳/۵		C <sub>22</sub>
۳۲/۵	۱۲/۲	۳۸/۲		C <sub>23</sub>

شکل ۷ و جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهد، خطاها کم و نتایج مدل عددی با آزمایشگاهی تطبیق دارد. در مقایسه دو مدل آشفتگی، مدل استاندارد خطای کمتری دارد و استفاده از آن نسبت به روش RNG مناسب‌تر است. بنابراین از روش k-ε استاندارد برای به‌دست آوردن نتایج پژوهش استفاده شد.



شکل ۷- مقایسه h و L<sub>2</sub> تحلیل عددی و آزمایشگاهی.

همچنین در شکل ۸ مقایسه مقادیر آزمایشگاهی و عددی پارامترهای L<sub>2</sub> و h نمایش داده شده است که نشان‌دهنده همبستگی بالای نتایج آزمایشگاهی و نتایج عددی می‌باشد. با توجه به صحت‌سنجی انجام شده و نتایج به‌دست آمده، دبی‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ لیتر بر ثانیه بر متر،

۳- المان حاوی سطح مشترک بین سیال و یک یا چند سیال دیگر است ( $0 < \alpha_q < 1$ ).

در روش حجم سیال، مرز بین دو فاز نقطه‌ای در نظر گرفته می‌شود که مقدار عددی پارامتر کسر حجمی در آن ۰/۵ باشد. با توجه به آشفتگی بودن جریان، از مدل آشفتگی k-ε در دو نوع استاندارد و RNG، استفاده شده است. این مدل‌ها دارای دو معادله اضافه براساس k-ε می‌باشند. در معادلات (۱) تا (۳) روابط مدل آشفتگی k-ε آمده است.

برای انرژی جنبشی اغتشاش k:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2)$$

که در آن  $\mu_t$  ویسکوزیته عادی است و براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3)$$

در معادلات (۱) و (۲)،  $U_i$  نشان‌دهنده مؤلفه سرعت در راستای مربوطه (م) است و  $E_{ij}$  بیانگر مؤلفه شدت تغییرشکل است. معادلات (۱) تا (۳) دارای ثابت‌های نیز هستند که معمولاً مقادیر آنها به این صورت در نظر گرفته می‌شوند:

$$C_\mu = 0.09, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\varepsilon = 1.30, \quad C_{1\varepsilon} = 1.44, \quad C_{2\varepsilon} = 1.92$$

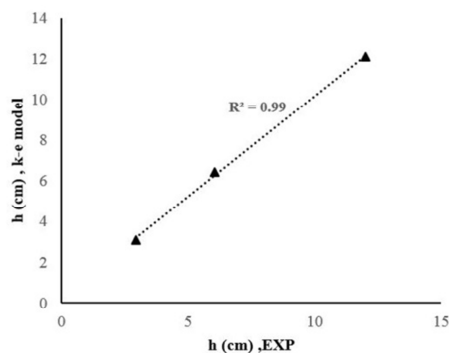
### ۳- مدل‌سازی و تحلیل نتایج

#### ۳-۱- صحت‌سنجی مدل

شبیه‌سازی عددی با مدل آشفتگی k-ε، دو نوع استاندارد و RNG، تحلیل شد (جدول ۲) و برای صحت‌سنجی با نتایج مدل آزمایشگاهی مقایسه شد. در این پژوهش،

جدول ۴- بررسی خطاهای طول خیس شده (L2).

RMSE	MAE	R2	L2 (cm)
۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۹۹۹۶	k-ε
۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۹۹۸۶	k-ε (RNG)

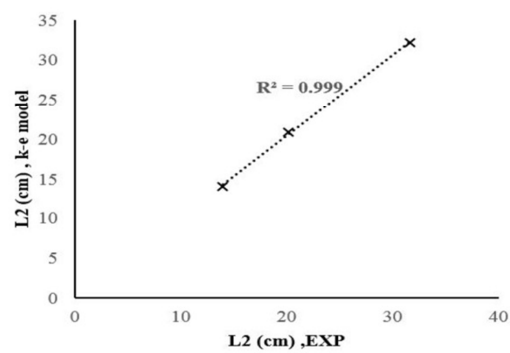


(ب)

انتخاب شد و برای سه زاویه متفاوت شبکه صفر، ۱۰ و ۲۰٪ نسبت به افق، تحلیل‌ها انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۳- بررسی خطاهای ارتفاع آب (h).

RMSE	MAE	R <sup>2</sup>	h (cm)
۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۹۹۷۶	k-ε
۰/۶۴	۰/۵۷	۰/۹۸۰۸	k-ε (RNG)



(الف)

شکل ۸- نمایش وابستگی (الف) L2 و (ب) h مطالعه آزمایشگاهی با مدل عددی تحت معادله آشفتگی k-ε.

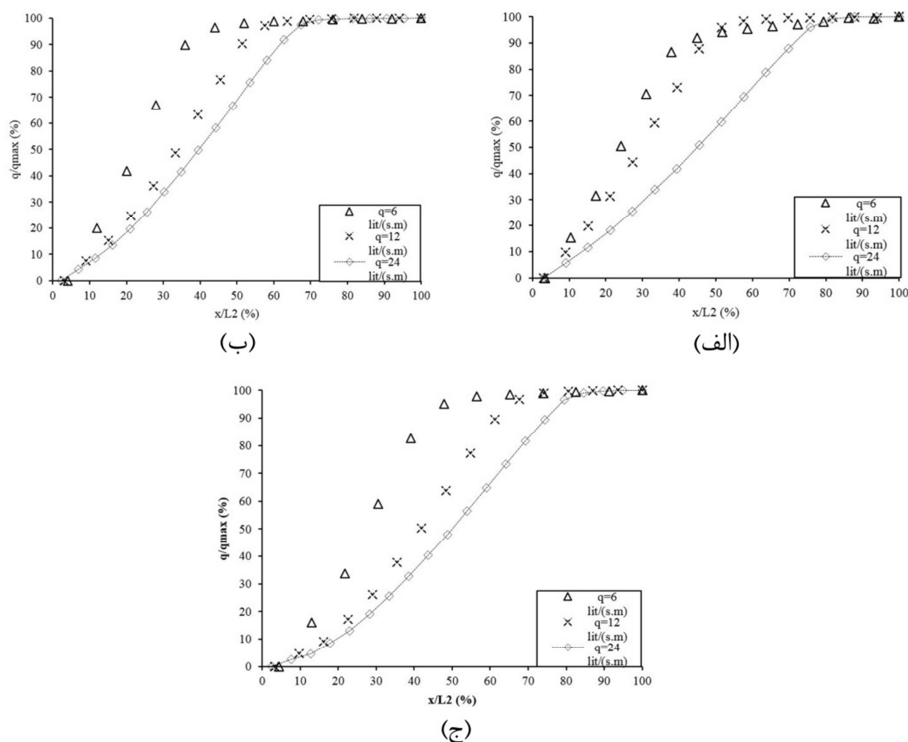
افزایش دبی، بخش افقی انتهایی نمودارها کوتاه‌تر شده است. این پدیده با توجه به بخش (الف) شکل ۱۰، بیانگر افزایش طول L<sub>1</sub> است، یعنی بخش کمتری از آب‌گیری به صورت لغزش آب روی شبکه و فرو ریختن آن در آبگیر است.

### ۳-۲- تأثیر دبی (q)

با توجه به نمودارهای شکل ۱۰ که در زاویه شبکه ثابت با دبی‌های متفاوت رسم شده است، نمی‌توان رابطه معناداری برای آب‌گیری به‌دست آورد. اگرچه با دقت در نمودارها می‌توان گفت با افزایش دبی در یک شیب خاص آبگیر، طول خیس شده L<sub>2</sub> افزایش می‌یابد و همچنین با

جدول ۵- نتایج تحلیل‌های مدل.

L <sub>2</sub> (cm)	q (lit/(s.m))	شیب	نتایج
۱۱/۹	۶	صفر٪	R11
۱۴	۱۲		R12
۱۶/۴	۲۴		R13
۱۴/۳	۶	۱۰٪	R21
۱۶/۱	۱۲		R22
۱۹/۷	۲۴		R23
۱۵/۱	۶	۲۰٪	R31
۱۷/۸	۱۲		R32
۲۴/۲	۲۴		R33

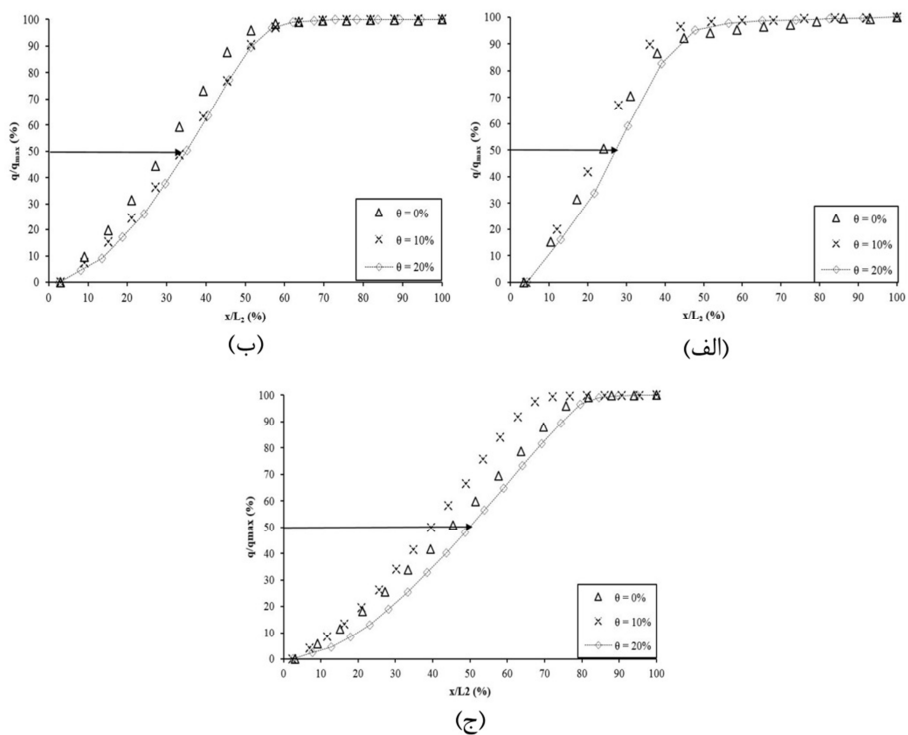


شکل ۱۰- نتیجه تحلیل مدل برای شیب (الف) صفر، (ب) ۱۰ و (ج) ۲۰٪ شبکه آشغال گیر.

### ۳-۳- تأثیر زاویه شبکه آبیگر (θ)

ورودی، نتایج حاصل از نمودارها در دبی‌های مختلف در جدول ۶ آمده است. براساس این جدول با افزایش دبی ورودی در فاصله بیشتری، همان آبیگیری ۵۰٪ حاصل می‌شود.

با توجه به شکل ۱۱ که در دبی ثابت با زاویه‌های متفاوت شبکه رسم شده است، شکل‌ها با دقت خوبی برهم منطبق‌اند. برای آبیگیری ۵۰٪ از حداکثر دبی



شکل ۱۱- نتیجه تحلیل مدل برای شیب‌های مختلف شبکه آشغال گیر و دبی حداکثر (الف) ۶، (ب) ۱۲ و (ج) ۲۴ لیتر بر ثانیه بر متر.



این پژوهش، به منظور مدیریت آبگیری انجام شده است و تلاش شده تا آبگیر تحتانی طوری طراحی شود که میزان دبی مورد نیاز مصرفی به طور بهینه تأمین شود. نتایج به دست آمده را می توان برای طراحی آبگیرهای تحتانی در رودخانه ها و کانال ها استفاده کرد. به عنوان مثال، برای آبگیری از رودخانه ای کوهستانی که دبی ورودی مشخصی دارد، می توان با توجه به نیاز کارفرما و استفاده از نمودارهای رسم شده در بخش نتایج، آبگیری را با شیب و طول دهنه مورد نظر پیشنهاد داد. به پژوهشگران علاقه مند به توسعه ای این پژوهش، پیشنهاد می شود که مدل سازی را برای دبی های دیگر و گستره زوایای بیشتری انجام دهند.

جدول ۶- نتایج حاصل از نمودارهای ۷ و ۸.

$L/L_2$	$q$ (lit/(s.m))	$q/q_{max}$
۲۵	۶	٪۵۰
۳۵	۱۲	
۴۵	۲۴	

#### ۴- نتیجه گیری

آبگیر تحتانی همراه با شبکه آشغال گیر، سازه ای است که به منظور خارج کردن بخشی از آب رودخانه ها و در مواردی کل آب، طراحی شده و در مسیر رودخانه های کوهستانی اجرا می شود. شبکه ای آشغال گیر منصوب بر آن سبب می گردد که آبی زلال و بدون ذرات معلق احصاء شده و توسط کانال جانبی به محل مصرف منتقل گردد.

#### مراجع

- [1] Orth, J., Chardonnet, E., & Meynardi, G. (1954). "ÉTUDE DE GRILLES POUR PRISES D'EAU DU TYPE «EN DESSOUS»", *La Houille Blanche*, (3), 343-351.
- [2] Kuntzmann, J., & Bouvard, M. (1954). "ÉTUDE THÉORIQUE DES GRILLES DE PRISES D'EAU DU TYPE «EN-DESSOUS»", *La Houille Blanche*, (5), 569-574.
- [3] Nosedo, G. 1955. "Operation and design of bottom intake racks", In *6th International Association of Hydraulic Research Congress, La Haye, C17*, 1-11.
- [4] Nosedo, G., & Nosedo, G. (1956). "Correnti permanenti con portata progressivamente decrescente, defluenti su griglie di fondo [2]", Società Editrice Riviste Industrie Elettriche.
- [5] Kumar, S., & Ahmad, Z. (2016). "Experimental study of flow over trench weir with flat bars", *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 1-12.
- [6] Castillo, L. G., García, J. T., & Carrillo, J. M. (2016). "Experimental and Numerical Study of Bottom Rack Occlusion by Flow with Gravel-Sized Sediment", *Application to Ephemeral Streams in Semi-Arid Regions. Water*, 8(4), 166.
- [7] Dorbir H., Kienberger V., & Krouzecky N. (2003). "The wetted rack length of the Tyrolean Weir", *Institute of Hydraulic Engineering, Vienna University of Technology*.
- [8] Brunella, S., Hager, W. H., & Minor, H. E. (2003). "Hydraulics of Bottom Intake", *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(1), 2-10.
- [9] Salaheldin, T. M., Imran, J., & Chaudhry, M. H. (2004). "Numerical modeling of three-dimensional flow field around circular piers", *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(2), 91-100.
- [10] Farhadi, L., & Ataie-Ashtiani, B. (2004). "A fully mesh-less Lagrangian numerical method for prediction of free water surface", In *Hydraulics of Dams and River Structures: Proceedings of the International Conference on Hydraulics of Dams and River Structures*, 26-28.
- [11] Cheng, Y.L., & Ying, B.F. (2007). "Numerical simulation and comparison of water intake outlet methods in power plants", *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, 19(5), 623-629.
- [12] Shahiner, H. (2012). Hydraulic characteristics of tyrolean weirs having steel racks and circular-perforated entry, Middle East Technical University.
- [13] Frank, J. (1956). "Hydraulische Untersuchungen für das Tiroler Wehr", *Der Bauingenieur*, 31(3), 96-101.

**S. Farzin \***

Assistant Professor,  
Department of Civil  
Engineering, Semnan  
University.

**e-mail:** saeed.farzin@semnan.ac.ir

**H. Karami**

Assistant Professor,  
Department of Civil  
Engineering, Semnan  
University.

**e-mail:** Hkarami@semnan.ac.ir

**P. Sabetii**

M.Sc. Student, Department of  
Civil Engineering, Semnan  
University.

**e-mail:** Parham\_sabetii@yahoo.com

**Sh. Nayyer**

M.Sc. Student, Department of  
Civil Engineering, Semnan  
University.

**e-mail:** sh.nayyer@semnan.ac.ir

## **Determination of the Outflow Proportion of Bottom Intake with Trash Rack by Controlling the Amount of Opening Between Racks with Computational Fluid Dynamics Approach**

*Tyrolean weir has a hydraulic trash rack that is installed through the river stream for water-intake. In this paper, hydraulic flow of this structure is simulated three-dimensionally, and its performance is studied through a change of the amount of the opening between trash racks. The modeling and analysis is done with ANSYS CFX 16.0. The accuracy of numerical model and the results are confirmed by comparing the parameters such as discharge of the weir output and wetted trash rack length with models and results of the prior researchers. To generalize the results, Tyrolean weir is investigated in cases of three different input discharge and three different inclinations of the trash rack from the horizon (0%, 10% and 20%). The results show that increasing the inflow in a given inclination of the weir surface, less part of the water-intake is as a slip of water over the network and pouring of that in the weir. For instance, 35% opening is required to water-intake of 50% of maximum input discharge of 12 lit/(s.m).*

**Keywords:** Bottom intake, Computational fluid dynamics, Finite volume method, Tyrolean weir, 3D modeling.

---

\*Corresponding author