

# بررسی مدل سازی عددی اصلاح ساختار هندسی صفحات مستغرق در مدیریت رسوب انحرافی به آبگیر جانبی به کمک نرم افزار CCHE 2D

امین جویندا<sup>۱</sup>، محمد حسین پورمحمدی<sup>۲\*</sup>

۱- گروه عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، ajooband67@gmail.com

۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، purmohammadi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷

## چکیده

با توجه به گسترش استفاده از منابع آب استفاده از سازه های انتقال آب روبه روز در حال افزایش است. به دلیل ته نشینی رسوبات به جامانده و حرکت آنها در سازه های انتقال آب صدماتی به آنها وارد می شود. لذا دانشمندان تصمیم به استفاده از روشهای مختلف جهت کنترل رسوبات گرفتند. از جمله این روشها استفاده از صفحات مستغرق می باشد. این صفحات به نحوی عمل می کنند که رسوبات را به سمت امتداد جهت جریان هدایت می کنند و باعث کاهش رسوب وارده به آبگیرها می شوند. در این پژوهش سعی در بررسی استفاده از اشکال اصلاح شده صفحات بوسیله مدلسازی عددی با نرم افزار CCHE 2D در یک مدل آزمایشگاهی و اثر آن در مدیریت رسوب انحرافی به آبگیر جانبی شده است. در این پژوهش از ۵ شکل مختلف استفاده شده که یک شکل آن صفحه مستطیلی ساده به عنوان شاهد می باشد که سایر صفحات با این صفحه و بدون استفاده از صفحات مستغرق مقایسه گردیده اند که نتیجه نهایی مبنی بر عملکرد مؤثرتر استفاده از شکل هندسی صفحه B3 نسبت به صفحه ساده B1 در کنترل رسوب به آبگیر جانبی بدست آمد. پژوهش حاضر شبیه سازی یک فلوم آزمایشگاهی با آبگیر ۶۰ درجه و اندازه متوسط ذرات رسوب به میزان ۱/۵۹ میلیمتر با چهار عدد فرود ۰/۴۵، ۰/۵۵، ۰/۶ و ۰/۶۶ مورد بررسی قرار گرفت.

واژه های کلیدی: اصلاح ساختار، صفحات مستغرق، آبگیر جانبی، مدیریت رسوب

## مقدمه

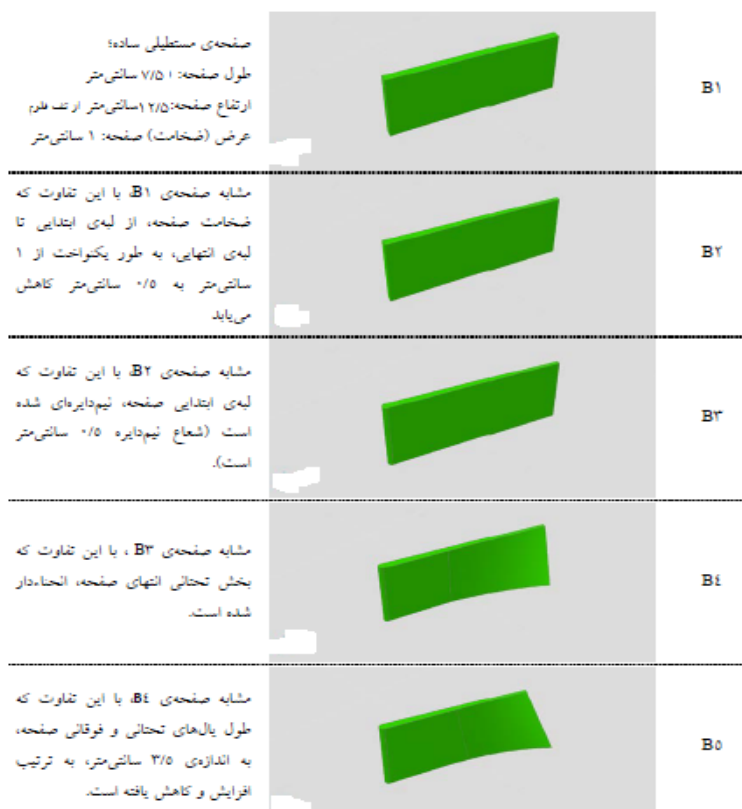
جنبه ی آزمایشگاهی و عملی مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این روش ها استفاده از صفحات مستغرق می باشد. صفحات مستغرق به صورت قائم و با زاویه ای کم نسبت به جریان نزدیک شونده در بستر آبراهه نصب می شوند. با استقرار صفحه مستغرق، جریان های ثانویه در دو طرف آن تولید می شود که با امتداد یافتن در جهت پایین دست، جریان چرخشی بزرگ تری ایجاد می کنند. شکل گیری جریان های ثانویه به دلیل وجود گرادیان قائم فشار در هر دو طرف صفحه است. وجهی از صفحه که مستقیماً در معرض جریان نزدیک شونده بالادست قرار دارد، سمت پرفشار

رسوب گذاری در دهانه آبگیرها علاوه بر کاهش ظرفیت آبرسانی، باعث تحمیل هزینه های رسوب زدایی یا لایروبی نیز می گردد. که هزینه های آن نیز به جهت استفاده از وسایل مخصوص و شرایط آبگیرها بالا بوده و گاهاً هزینه های اضافی در بازسازی دهانه های آبگیر را به بهره بردار تحمیل می گردد. در بعضی شرایط، هزینه های بالای لایروبی به گونه ای است که تغییر مکان تأسیسات آبگیری مقرون به صرفه می باشد. در گذشته نزدیک ساز و کارهای مختلف جهت کم کردن رسوب گذاری در آبگیرها پیشنهاد شده و از

**مواد و روش ها**  
**نحوه کار آزمایشگاهی**  
**صفحات مستغرق**

داوودی و همکاران (۱۳۹۴) اقدام به پژوهش آزمایشگاهی در خصوص عملکرد صفحات مستغرق مسطحی در جلوگیری از ورود رسوب به آبگیر جانبی با در نظر گرفتن اثر فاصله ی طولی صفحات کردند که در این پژوهش اقدام به شبیه سازی شرایط آزمایش و به کار گیری نتایج حاصل از آن در بررسی شبیه سازی عددی با استفاده از نرم افزار CCHE 2D در خصوص اثر اصلاح ساختار هندسی صفحات مستغرق در ۵ شکل تحت عنوان B1 تا B5 (شکل ۱) با شرایط آزمایشگاهی پرداخته شده که در ادامه تشریح معرفی نرم افزار و کارکرد آن و معادلات حاکم بر نرم افزار و روش شبیه سازی آورده شده است.

نامیده می شود. در این سمت، در امتداد ارتفاع صفحه، فشار از پایین به بالا کاهش می یابد. در وجه مقابل که سمت کم فشار نامیده می شود، فشار از پایین به بالا افزایش می یابد. در نتیجه توزیع معکوس فشار در دو طرف صفحه جریانی ثانوی از سمت پرفشار به سمت کم فشار برقرار می شود و به عبارت دیگر، در سمت پرفشار، مؤلفه سرعت رو به بالا و در سمت کم فشار مؤلفه سرعت رو به پایین ایجاد می شود. این مؤلفه های قائم سرعت، موجب تشکیل گردابه هایی از یال فوقانی صفحه، در هم می پیچند و منشأ شکل گیری گردابه ی بزرگ تر می شوند که ضمن چرخ در صفحه قائم عمود بر جریان، به همراه جریان اصلی در جهت پایین دست امتداد می یابد و به این طریق رسوبات ته نشین شده را به پایین دست انتقال می دهند. لذا ضروری دانسته شد مسئله اصلاح ساختار هندسی این صفحات در مدیریت رسوب مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۱- جزییات هندسی صفحات بکار رفته

3D ترسیم شده و با توجه به پلان رسم شده در نرم افزار Autocad Land و مرتب سازی و یکپارچه سازی نقاط انجام و سپس آماده ورود به مدل گردید. پس از ایجاد پلان سناریو و ورود نقاط، از نرم افزار Land به شکل PENZD و فرمت خروجی تهیه می گردد. فایل های تصویری با فرمت bmp، که شامل تصویری از نقشه های توپوگرافی است. مدل CCHE-MESH ابزاری را در اختیار کاربر قرار می دهد تا با استفاده از آنها بتوان نقشه های تصویری را رقوم دار نمود.

### تعریف مرزها

برای تعریف نخستین مرز از نوار ابزار ترسیم مرزهای محاسباتی استفاده گردید. بدین منظور ابتدا گزینه (First Boundary) انتخاب گردید سپس ساحل چپ فلوم را از بالادست به سمت پائین دست (در جهت جریان) نقطه گذاری می شود در ادامه همین مراحل برای ساحل راست جهت ایجاد مرز تکرار شد. برای این منظور قبل از ترسیم مرز، گزینه مرز نخست را به گزینه (Second Boundary) تغییر داده و سپس مرز ساحل راست نیز ترسیم گردید.

### گروه پارامترهای شبیه سازی

در بخش گام زمانی، زمان شبیه سازی را ۳۶۰۰ ثانیه و گام های زمانی را ۱۰۰ و کل گام های زمانی را ۳۶ وارد کرده ایم. در بخش گام های زمانی خروجی نیز مقادیر به گونه ای وارد شده تا نرم افزار هر ۱۰۰ ثانیه یکبار پارامترها را محاسبه و گزارش کند. مدل آشفتگی را همانند کار آزمایشگاهی شاهد K-ε وارد نموده ایم. در بخش Numerical ضریب لغزندگی دیواره برای تعیین شرایط مرزی دیواره صفر انتخاب شده است.

صفحه B1 مستطیلی شکل ساده با ضخامت یکسان می باشد. صفحه B2 مشابه B1 اما ضخامت از لبه ابتدایی تا لبه انتهایی کاهش می یابد. صفحه B3 مشابه صفحه B2 امام لبه ابتدای نیم دایره می باشد. صفحه B4 مشابه صفحه B3 اما بخش تحتانی انتهای صفحه انحنادار می باشد. صفحه B5 مشابه صفحه B4 اما طول یال تحتانی افزایش و طول یال فوقانی کاهش یافته است.

### رسوبات

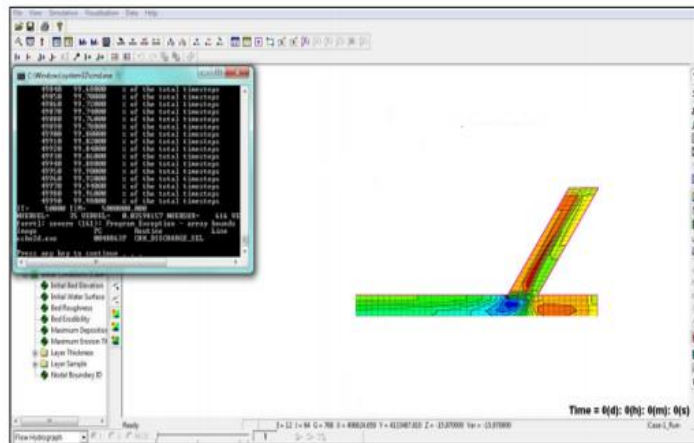
جهت آماده سازی رسوبات از رسوباتی با قطر متوسط بزرگتر از ۱ میلیمتر استفاده گردید. برای تهیه این قطر ذرات رسوبات عبور کرده (ریزتر) از الک شماره ۱۰ با اندازه منافذ ۲ میلیمتر و مانده (درشتتر) بر روی الک شماره ۱۶ با اندازه منافذ ۱/۱ میلیمتر، به عبارت دیگر رسوبات بین دو الک ۱۰ و ۱۶ استفاده شده و در انجام محاسبات میانگین حسابی اندازه منافذ دو الک شماره ۱۰ و ۱۶ معادل ۱/۵۹ میلیمتر به عنوان قطر متوسط مصالح بستر در نظر گرفته شده است.

### معرفی نرم افزار

جهت شبیه سازی هیدرولیکی و رسوبی جریان و نیز بررسی اثر متقابل جریان و سازه های احداث شده نرم افزارهای متعددی ارائه شده است که از جمله پر کاربردترین آن ها می توان به Flow 3D، Fluent، CCHE 2D، CCHE 3D اشاره نمود. از آنجایی که اجرای مدل های سه بعدی نیازمند اطلاعات و در عین حال زمان طولانی محاسبات می باشد، در عمده مسایل رودخانه ای روش های دوبعدی کارایی مطلوبی دارند. لذا در این تحقیق از مدل های CCHE 2D برای شبیه سازی عملکرد صفحات مستغرق اصلاح شده، استفاده شد. مدل CCHE2D نیز همانند تمامی مدل ها جهت شبیه سازی نیازمند اطلاعات توپوگرافی از محدوده مطالعاتی می باشد. با توجه به ثابت بودن بار بستر نقشه ی توپوگرافی با استفاده از نرم CIVIL

و یا از نوار ابزار Simulation گزینه را کلیک کرده تا پنجره Run Simulation ظاهر گردد. با انتخاب گزینه StartSimulation، فرایند شبیه سازی در یک پنجره تحت DOS آغاز گردید. شکل ۲

در گروه ضریب زبری با توجه به مدل آسفتگی و در گروه پیشرفته پارامترهایی همچون ضریب شتاب کوریولیس، شتاب ثقلی، ثابت ون کارمن و ویسکوزیته سینماتیک مقادیر اعداد پیش فرض اختیار گردید. انجام فرآیند شبیه سازی توسط مدل از منوی Simulation گزینه Run Simulation را انتخاب



شکل ۲- نمایی از اجرای فرآیند شبیه سازی تحت DOS

راستای Y و X، برآیند سرعت تنش. در راستای، Y راستای X برآیند تنش دبی رسوب ورودی دبی رسوب کانال و عدد فرود می باشد. همچنین برای نمایش هر کدام از متغیرها در راستای J,I گزینه Tabular Data می توان اطلاعات را در قالب یک جدول مشاهده کرد. شکل ۳

### نمایش نتایج حاصل از شبیه سازی

برای مشاهده نتایج حاصل از شبیه سازی مدل از نوار ابزار Simulation گزینه Flow Final Result استفاده می گردد. خروجی هایی که مدل در هر گره نمایش می دهد شامل سطح آب، عمق آب، سرعت در

Name	X Coordinate	Y Coordinate	Flw Bed Elevation	Water Surface	U Velocity (x)	V Velocity (y)
Unit	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)
1	405007	4.12576e+006	-10.3211	-10.7168	0	0
2	405030	4.12573e+006	-15.3662	-10.7168	0.668533	0.4831
3	405054	4.12569e+006	-21.3376	-10.9348	1.47054	1.06266
4	405077	4.12566e+006	-17.4775	-10.9348	1.07977	0.780269
5	405100	4.12563e+006	-15.3499	-10.9348	0.830995	0.6005
6	405124	4.1256e+006	-15.5611	-10.9348	0.857247	0.61947
7	405147	4.12557e+006	-15.2441	-10.9348	0.817691	0.590886
8	405170	4.12553e+006	-13.8027	-10.9348	0.48504	0.350503
9	405194	4.1255e+006	-13.7742	-10.9348	0.481828	0.348182
10	405217	4.12547e+006	-13.7249	-10.9348	0.476251	0.344152
11	405240	4.12544e+006	-13.6564	-10.9348	0.46845	0.338515
12	405264	4.1254e+006	-10.661	-10.8642	0	0
13	405091	4.12582e+006	-10.5612	-10.7168	0	0
14	405102	4.12579e+006	-14.4728	-10.7168	0	0

شکل ۳- نمایی از پنجره خروجی نرم افزار

## نتایج و بحث

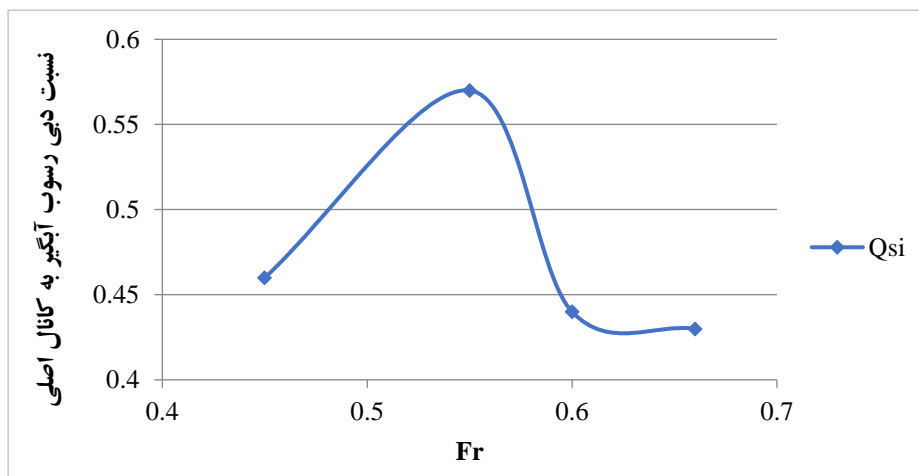
### بررسی نسبت دبی رسوب ورودی به آبگیر جانبی

#### مدل بدون حضور صفحات مستغرق

در ابتدا برای رسیدن به معیارهای مناسب جهت قضاوت در مورد کارایی اشکال مختلف صفحات مستغرق به کار برده شده، مدلها در شرایط بدون صفحات مستغرق اجرا شدند. در عدد فرود ۰/۴۵ (دبی ۲۴/۱ لیتر بر ثانیه)، ۴۶ درصد از رسوبات در عدد فرود ۰/۵۵، ۵۷ درصد از رسوبات، در عدد فرود ۰/۶، ۴۴ درصد از رسوبات و در عدد فرود ۰/۶۶، ۴۳ درصد از رسوبات وارد بستر شد. شکل ۴ تغییرات دبی رسوب ورودی به آبگیر را در برابر تغییرات عدد فرود نشان

می دهد. همانطور که از شکل پیداست دبی رسوب آبگیر به ازای تغییرات عدد فرود یک حالت نوسانی دارد که علت این نوسان را تغییر در مؤلفه عرضی سرعت عنوان کرده است. عباسی (۱۳۸۲).

عباسی (۱۳۸۲) با بررسی پروفیل عمقی سرعت در ورودی آبگیر و همچنین با در نظر گرفتن جهت جریان در این محدوده دریافت که با افزایش عدد فرود در بازه بین ۰/۳ تا ۰/۴، جریان نزدیک بستر به پایین دست منتقل شده و وارد آبگیر نمیشود. بنابراین نتیجه گرفت که در این بازه با افزایش عدد فرود میزان رسوب ورودی به آبگیر کمتر می شود.

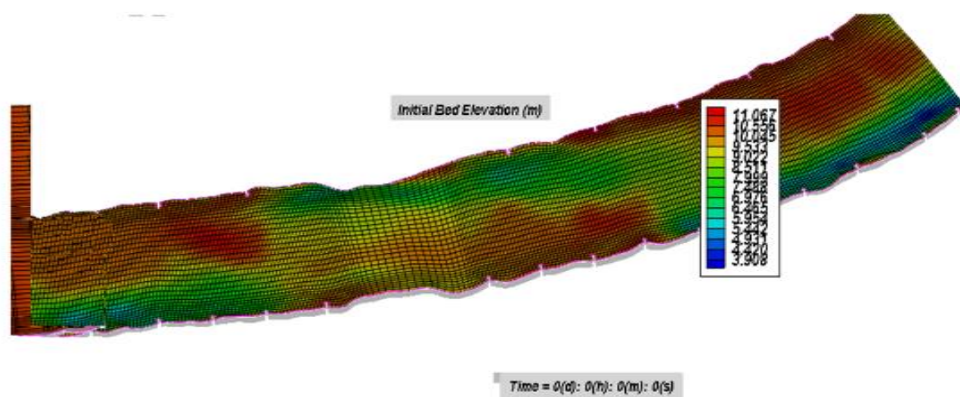


شکل ۴- تغییرات دبی رسوب ورودی به آبگیر را نسبت به عدد فرود

۰/۴۵، ۴۴ درصد، در عدد فرود ۰/۵۵ و ۰/۶، ۳۶ درصد و در عدد فرود ۰/۶۶، ۴۱ درصد از دبی رسوب کانال اصلی وارد آبگیر میشود که به ترتیب ۱۳، ۳۵، ۱۴ و ۲۶ درصد کمتر از حالت مشابه در شرایط بدون صفحه میباشد. نتایج همخوانی خوبی با نتایج داودی و همکاران (۱۳۹۴) داشت. شکل ۵ نمایی از توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در این مدل را نشان می دهد.

### تحلیل مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B1

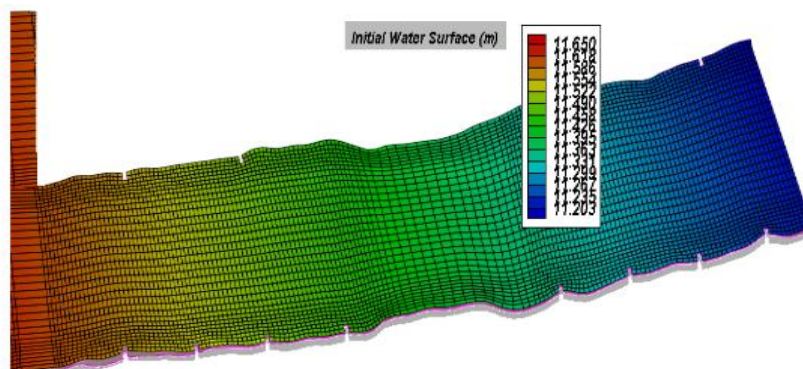
بعد از اجرای برنامه در شرایط بدون صفحه، اولین نوع از صفحه مستغرق (نوع B1) کار گذاشته شد. در این مدل ۶ صفحه مستغرق به فاصله ۱۰ سانتی متری از لبه فلوم و با زاویه ۲۰ درجه نسبت به جهت جریان (۲۰ درجه زاویه بهینه می باشد) کار گذاشته شده است. فاصله طولی صفحات برابر با ۸H میباشد. با اندازه گیری دبی رسوب وارده به آبگیر مشخص شد که در عدد فرود



شکل ۵- توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B1

که استفاده از صفحه دوم مقادیر دبی رسوب کمتری بطور متوسط نسبت به صفحه B1 در اعداد فرود مختلف وارد آبگیر میکند. البته در عدد فرود ۰/۶۶ این میزان به مقدار زیادی کاهش یافته است. شکل ۶ نمایی از توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در این مدل را نشان می دهد.

**تحلیل مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B2**  
در عدد فرود ۰/۴۵ میزان دبی رسوب ورودی به آبگیر ۳۹ درصد، در عدد فرود ۰/۵۵، ۴۷ درصد، در عدد فرود ۰/۶، ۴۰ درصد و در عدد فرود ۰/۶۶، ۳۱ درصد میباشد که به ترتیب ۱۵، ۱۷/۵، ۹ و ۲۸ درصد کمتر از حالت بدون صفحه میباشد. مقایسه نتایج نشان می دهد

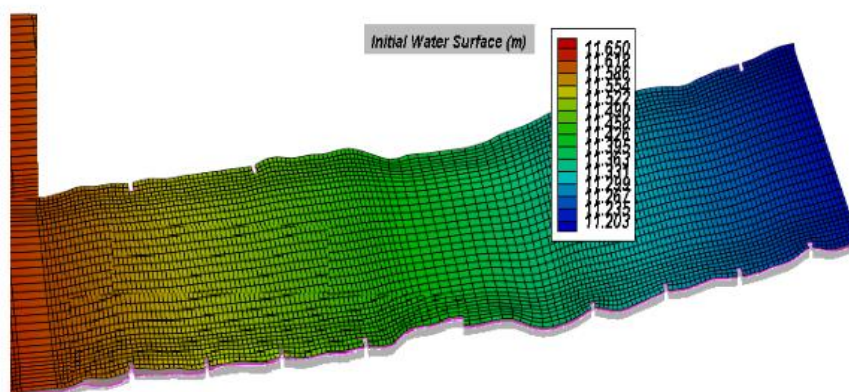


شکل ۶- توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B2

درصد و در عدد فرود ۰/۶۶، ۳۴ درصد می باشد که به ترتیب ۲۴، ۳۳، ۱۴ و ۲۱ درصد کمتر از حالت بدون صفحه میباشد. شکل ۷ نمایی از توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در این مدل را نشان می دهد.

**تحلیل مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B3**  
در حالت صفحه مستغرق نوع B3 در عدد فرود ۰/۴۵ میزان دبی رسوب وارد شده به آبگیر ۳۵ درصد، در عدد فرود ۰/۵۵، ۳۸ درصد، در عدد فرود ۰/۶، ۳۸

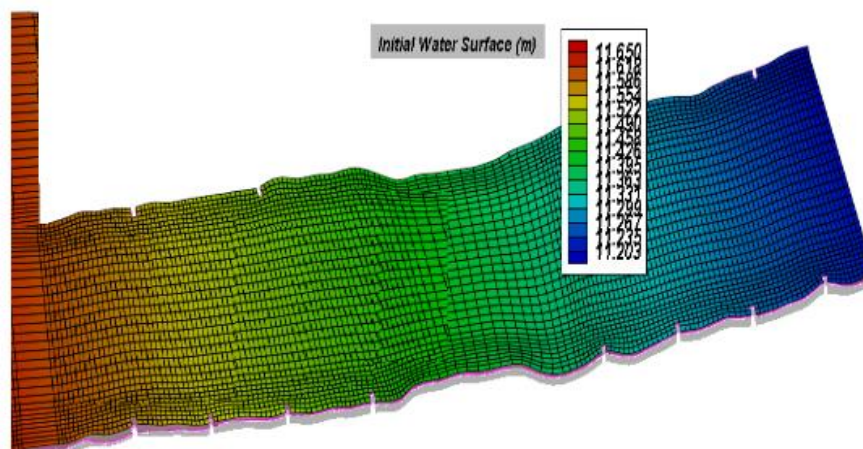




شکل ۷- توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B3

و در عدد فرود ۰/۶۶، ۳۶ درصد می باشد که به ترتیب ۴/۵، ۳۷، ۷ و ۱۶ درصد کمتر از حالت بدون صفحه می باشد. شکل ۸ نمایی از توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در این مدل را نشان می دهد.

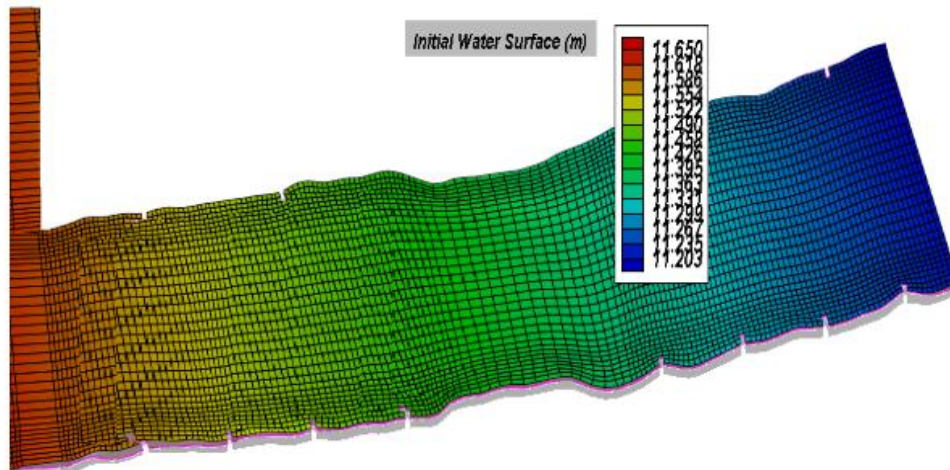
**تحلیل مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B4**  
در حالت صفحه مستغرق نوع B4 در عدد فرود ۰/۴۵ میزان دبی رسوب ورودی به آبگیر ۴۴ درصد، در عدد فرود ۰/۵۵، ۳۶ درصد، در عدد فرود ۰/۶، ۴۱ درصد



شکل ۸- توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B4

فرود ۰/۶۶ برابر با ۳۷ می باشد که به ترتیب ۲۴، ۲۶، ۹ و ۱۴ درصد کمتر از حالت بدون صفحه می باشد. شکل ۹ نمایی از توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در این مدل را نشان می دهد.

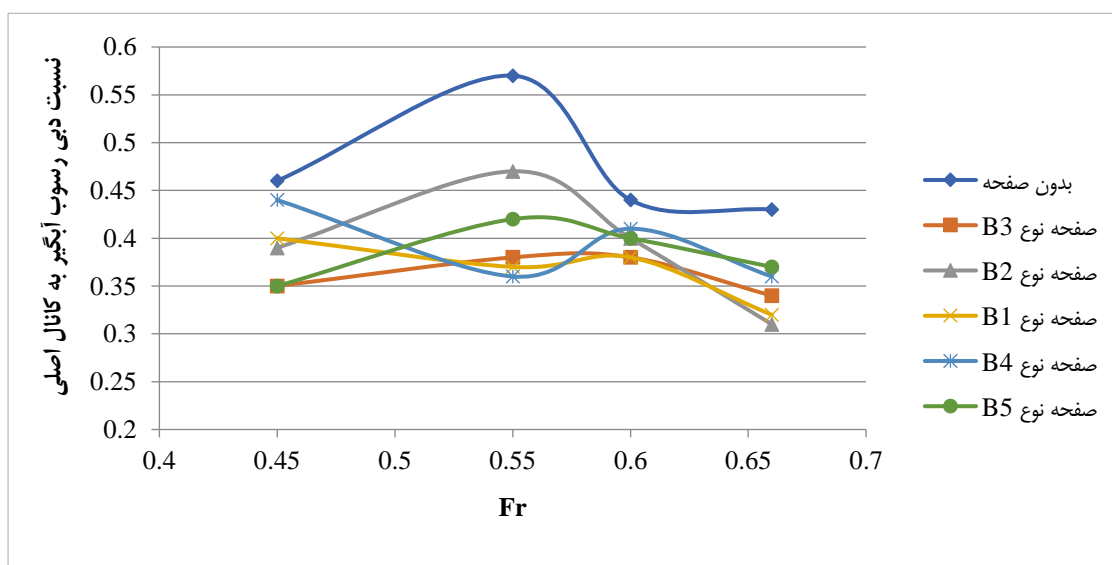
**تحلیل مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B5**  
در حالت صفحه نوع B5 در عدد فرود ۰/۴۵، میزان دبی رسوب ورودی به آبگیر ۳۵ درصد، در عدد فرود ۰/۵۵، ۴۲ درصد، در عدد فرود ۰/۶، ۴۰ درصد و در عدد



شکل ۹- توپوگرافی رسوب وارده به آبگیر در مدل با حضور صفحه مستغرق نوع B5

فرود  $0/66$  بدست آمده است. مطابق با نمودار روند تغییرات میزان رسوب وارده به آبگیر در صفحه نوع B1 نسبت به سایر صفحات یکنواخت تر است. پیش بینی رفتار نمودارها میتواند حاکی از این باشد که با افزایش عدد فرود شاهد ورود رسوب کمتری به آبگیر در حالت وجود صفحات مستغرق باشیم. همچنین مقادیر نسبت دبی رسوب آبگیر به کانال اصلی در جدول ۱ آورده شده است.

در این قسمت با توجه به نتایج بدست آمده جهت شناخت بیشتر از کارایی فرمهای مختلف صفحات نتایج مربوطه در یک گراف جهت مقایسه آورده شده است. شکل ۱۰ گرافی را نشان می دهد که مطابق با آن کارایی صفحه نوع B3 بطور میانگین بهتر از سایر صفحات است. با توجه به نمودار بیشترین میزان رسوب وارده به آبگیر در صفحه نوع B2 و در عدد فرود  $0/55$  رخ داده است. البته کمترین میزان دبی رسوب وارده به آبگیر نیز در همین نوع صفحه (نوع B2) اما در عدد



شکل ۱۰- مقایسه عملکرد صفحات در مدیریت رسوب ورودی به آبگیر جانبی نسبت به عدد فرود



## جدول ۱- مقادیر دبی رسوب آبخیز به کانال اصلی

نسبت دبی رسوب آبخیز به کانال اصلی				نوع صفحه
Fr=0.45	Fr=0.55	Fr=0.6	Fr=0.66	
0.46	0.57	0.44	0.43	بدون صفحه
0.4	0.37	0.38	0.32	صفحه نوع B1
0.39	0.47	0.4	0.31	صفحه نوع B2
0.35	0.38	0.38	0.34	صفحه نوع B3
0.44	0.36	0.41	0.36	صفحه نوع B4
0.35	0.42	0.4	0.37	صفحه نوع B5

## نتیجه گیری

فرود از ۰/۵۵ به ۰/۶، میزان دبی رسوب وارده به آبخیز کاهش می یابد.

۲- در بین صفحات مختلف استفاده شده، صفحه نوع B3 بطور میانگین عملکرد بهتری نسبت به سایر صفحات از خود نشان داد.

پس از بررسی میزان رسوب ورودی به آبخیز نتایج کلی زیر بدست آمد:

۱- در محدوده اعداد فرود بررسی شده مشخص شد که با افزایش عدد فرود از ۰/۴۵ به ۰/۵۵، میزان دبی رسوب وارده به آبخیز افزایش، و با افزایش عدد

## منابع

۱. داودی، ل. شفاعی بجستان، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر فاصله طولی صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آبخیز جانبی در کانال دوزنقه ای. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. حسن پور، ف. ایوب زاده، س. ع. قدسیان، م. محمد ولی سامانی، ج. شمسی، ع. ۱۳۸۴. مطالعه آزمایشگاهی اثرات صفحات مستغرق بر میزان آبخیزی، آبخیزهای جانبی ۹۰ درجه. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳. زینی وند، م. شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر شرایط هیدرولیکی بر راندمان کارایی صفحات مستغرق به منظور کنترل چاله فرسایشی در محل تلاقی رودخانه ها. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه تهران
۴. غیاث آبادی فراهانی، ق. ۱۳۸۴. آنالیز عددی جریان پشت صفحات مستغرق با مدل k-ε. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه شهید باهنر کرمان
۵. گوهری، س. ایوب زاده، س. ع. قدسیان، م. صالحی نیشابوری، س. ع. ا. ۱۳۸۷. مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان در اطراف آبخیز جانبی با وجود صفحات مستغرق و آب شکن. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران دانشگاه تبریز
۶. یونسی، ح. ا. امید، م. ج. کاشفی پور، س. م. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر آرایش طولی صفحات مستغرق در یک کانال مستقیم بر توپوگرافی بستر، افزایش نسبی راندمان آبخیزی و کاهش رسوب گذاری در دهانه آبخیزهای ثقلی. مجله علمی کشاورزی ۲۷ (ویژه نامه مهندسی علوم آب) ۱۳۷-۱۵۰.

۷. صالحی نیشابوری، ع. ا. دهقانی، ا. ا. ۱۳۸۷. بررسی و ارزیابی راه حل برای کاهش رسوب ورودی به دهانه آبگیر جانبی در رودخانه. طرح تحقیقاتی کاربردی مؤسسه تحقیقات آب. ۴۲-۱۱ و ص ۴۴ - وزارت نیرو، ص ۱
۸. عباسی، ع. ا. حبیبی، م. ۱۳۸۸. بررسی آزمایشگاهی تأثیر زاویه آبگیری در کنترل رسوب ورودی به آبگیر در حالت وجود صفحات مستغرق. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه دانشگاه شهید چمران اهواز اسفند ۱
9. Barkdoll. B . D . Ettima. R . Jacob. A . 1999. Sediment control at lateral diversion: limits and enhancements to vane use. J. Hydraul. Eng., 125(8) 862-870.
10. Gupta. P . U . Sharma. N . Ojha. C . S . P . 2006. Performance evaluation of submergence ratio of a rectangular submerged vane with a collar. International J. of Sediment Res. 21(1), 42-49.
11. Ho. J. Johnson. A . White. S . 2004 . 3-D Numerical simulation study of permanent sediment control submerged vanes.
12. Nakato. T . Ogden. F . L . 1998 . Sediment control at water intakes along sand-bed rivers. J . Hydraul. Eng., 124(6) 589-596.
13. Odgaard. A . J . Kennedy. J . F . 1983. River-bend bank protection by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 109(8), 1161-1173.
14. Odgaard. A . J . Wang. Y . 1991 . Sediment management with submerged vanes. I: Theory. J. Hydraul. Eng., 117(3), 267-283.
15. Odgaard. A . J . Wang. Y . 1991. Sediment management with submerged vanes. II: Application. J. Hydraul. Eng., 117(3), 284-302.
16. Odgaard. A . J . Mosconi. C . E . 1998 . Stream bank protection by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 113(4) 520-536.
17. Odgaard. A . J . Spoljaric. A . 1998 . Sediment control by submerged vanes. J . Hydraul. Eng., 112(12), 1164-1181.
18. Wang. Y . Odgaard. A . J . Melville. B . W . Jain. S . C . 1996 . “Sediment control at water intakes. J . of Hydraul. Eng, 122(6), 353-356.