بررسی اثر لایروبی بر هیدرولیک جریان و کاهش سیلاب بازه پایین دست رودخانه

(مطالعه موردی: بازه پایین دست رودخانه کارون بزرگ حد فاصل چنیبیه اهواز تا فارسیات)

رضا منجزی[1]، محمد حیدر نژاد*[2]، مهدی اسدی لور[3]و ابراهیم حسینی[4]

1)دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه سازه های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران.

۲)استادیار، گروه سازه های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران.

3)عضو هیئت علمی، گروه آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، ایران.

4)مدیر امور اجرایی لایروبی رودخانه های اروند و بهمنشیر، سازمان آب و برق خوزستان، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: m.heidarnejad@khouzestan.srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: 91/1/21 تاریخ پذیرش:91/3/31

چکیده

هدف از این تحقیق مدلسازی اثرات لایروبی بر هیدرولیک جریان رودخانه کارون در بازه پایین دست شهر اهواز تا روستای فارسیات می باشد. بدین منظور با استفاده از نرم افزارHEC-RAS 4.1 ،الگوی یک بعدی جریان در چنین میدانی شبیه سازی شد. پس از وارد نمودن اطلاعات به مدل و کالیبراسیون آن، بر اساس دبی های طراحی انتخاب شده مدل اجرا گردید و مقادیر رقوم سطح آب استخراج و نواحی پخش سیلاب تعیین شدند. سپس مقاطع عرضی رودخانه اصلاح شده به گونه ای که مشکل پخش سیلاب حل شود. پس از آن بر اساس مقادیر اصلاحی مقاطع، حجم لایروبی به صورت تقریبی محاسبه و راهکارهایی جهت اجرایی لایروبی بهینه ارائه گردید. طبق جداول اشاره شده در متن نتایج حاصله نشان می دهد که لایروبی تأثیر چندانی بر کاهش رقوم سطح آب در دبی های با دوره بازگشت بالا ندارد ولیکن نتایج نشان دهنده افزایش سرعت جریان در حالت انجام لایروبی می باشد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه کارون، سیلاب، لایروبی، مدل HEC-RAS.

مقدمه:

رودخانه کارون بزرگترین حوضه آبریز رودخآن های کشور بوده و به همین دلیل از نظر سیلاب دارای پتانسیل بالایی می‌باشد. طول رودخانه کارون حدود 890 کیلومتر بوده و حوزه آبریز آن منطقه‌ای به وسعت 66930 کیلومتر مربع را شامل می‌گردد. قسمت اعظم این حوزه گسترده در مناطق مرتفع کوهستانی واقع بوده و تنها بخش کمی از آن شامل منطقه دشتی و کوهپایه‌ها می‌شود(رنجبران،1385). در مناطق کم ارتفاع علی الخصوص از بالادست شهر اهواز تا محل اتصال به رودخانه اروند به علت شیب بسیار کم رودخانه کارون، قسمتی از رسوبات حمل شده توسط رودخانه در بستر و سواحل رودخانه ته نشین می شوند و نهایتاً باعث ایجاد خسارت هایی در مواقع سیلابی می گردد(شاهی نژاد،1388).

سابقه مطالعاتی

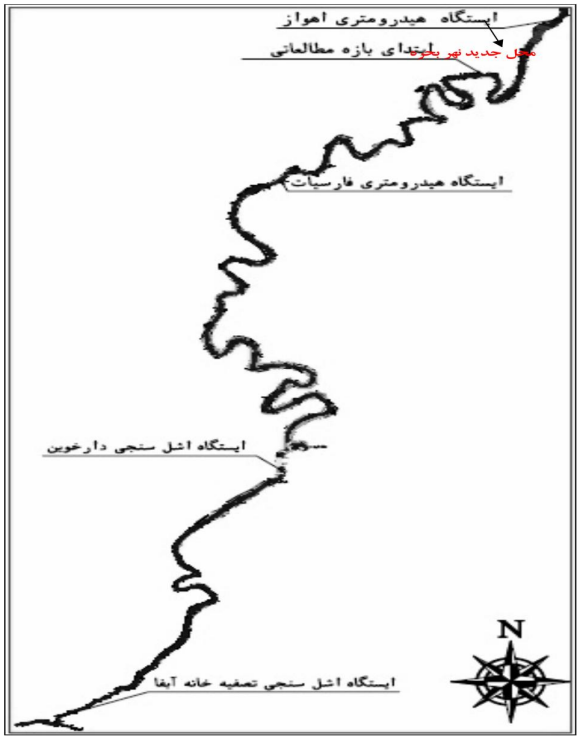
بهادر نژاد و حسینی (1391) اقدام به پهنه بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS در رودخانه نکارود کردند. برای این منظور ابتدا نقشه های توپوگرافی رودخانه نکارود از سازمان آب منطقه ای استان مازندران تهیه شده و مقاطع وارد نرم افزار HEC-RAS و تحلیل آن براساس دبی های با دوره بازگشت 2و5و10و25و100و500 ساله انجام گرفته و باتوجه به شرایط منطقه براساس سیلاب با دوره بازگشت 50ساله و کنترل آن براساس سیلاب 100ساله یا ایجاد دیوار سیل بند و خاکریزها مشخص و طراحی شده اند (بهادرنژاد و حسینی،1391). اسلامی و قادری (1391) بازه ای از رودخانه رودخانه بیطاس مهاباد را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور در مقاطع مختلف رودخانه نمونه برداری صورت گرفت. دراین تحقیق از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و نرم افزار GIS استفاده شده است. به منظور انجام شبیه سازی اطلاعات مربوط به هیدرولوژی رودخانه و شرایط مرزی هیدرولیکی پایین دست سیستم، رسوب رودخانه در طی مسیر با استفاده از مدل HEC-RAS برآورد گردید. نتایج نشان داد که چنانچه بستر رودخانه نسبت به عمل فرسایش مقاوم باشد باعث تعریض رودخانه خواهد شد (اسلامی و قادری،1391).در تحقیق حاضر با استفاده از مدل HEC-RAS شبیه سازی هیدرولیکی محدوده مورد نظر انجام شده و با اصلاح منطقی مقاطع عرضی که جدیداً برداشت گردیده اند (اصلاح مقاطع به گونه ای صورت می گیرد که کمترین هزینه را در برداشته باشد و قابلیت اجرایی نیز داشته باشد)، اثر لایروبی بر پخش سیلاب با دوره بازگشت هایی که بر اساس شرایط، تاسیسات و ارزش اراضی منطقه تعیین شده اند، بررسی و تحلیل می گردد.

مواد و روش ها

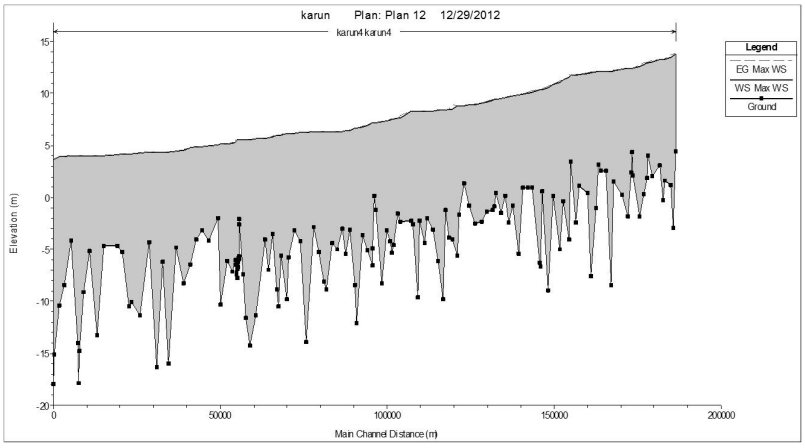
محدوده طرح مطالعاتی:

محدوده اصلی مورد مطالعه در این تحقیق از روستای چنیبیه در بازه اهواز شروع گشته و تا روستای فارسیات بزرگ ادامه دارد. لازم به ذکر است که متوسط شیب طولی بستر رودخانه در محدوده فوق در حدود 0/000052 محاسبه گردیده است. طول محدوده مطالعه شده حدود 50 کیلومتر است. با عنایت به زیر بحرانی بودن جریان در محدوده طرح و ذکر این نکته که مقطع کنترل جریان زیر بحرانی،

در پایین دست می باشد، برای در نظر گرفتن این موضوع، مدل ریاضی بر روی رودخانه تا بالادست شهر خرمشهر یعنی به طول تقریبی 180 کیلومتر تهیه گردید. در شکل1 و 2 بازه مورد مطالعه و پروفیل طولی رودخانه کارون مشاهده می گردد.



شکل1: محدوده ای از پخش سیلاب در سواحل رودخانه کارون در پایین دست اهواز



شکل2: پروفیل طولی رودخانه کارون در محدوده مورد تحقیق

مدل ریاضی HEC-RAS:

HEC-RAS یک بسته نرم افزاری مجتمع از سری برنامه های تحلیل هیدرولیکی است که در آن کاربر از طریق استفاده از واسط گرافیکی کاربر (GUI) با سیستم ارتباط برقرار می کند. این مدل نسخه تحت ویندوز HEC-2 می باشد(Sadeghiyan et al,2010.) . این نـرم افزار قابلیت انجام محاسبات یک بعدی جریان در حالت ماندگار و غیر ماندگار را دارد.مولفه تحلیل هیدرولیکی جریان ماندگار این مـدل، برای محاسبه پروفیل های سطح آب در حالت جریان متغیر تدریجی ماندگار تهیه شده است روند اصلی محاسبات بر پایه ی حل معادله انرژی یک بعدی استوار می باشد(Gharib,et al.,2007)

پنج گام اساسی در ایجاد یک مدل هیدرولیکی با HEC-RAS وجود دارد که عبارتند از(HEC-RAS,2013):

1. شروع یک پروژه جدید
2. وارد کردن داده های هندسی
3. وارد کردن داده های جریان و شرایط مرزی
4. وارد کردن داده های دانه بندی بستر در طول رودخانه
5. وارد کردن داده های رسوب اندازه گیری شده در بالادست
6. انجام محاسبات
7. مشاهده نتایج روندیابی هیدرولیکی و رسوب

داده های مورد نیاز

پلان مسیر و طول آبراهه

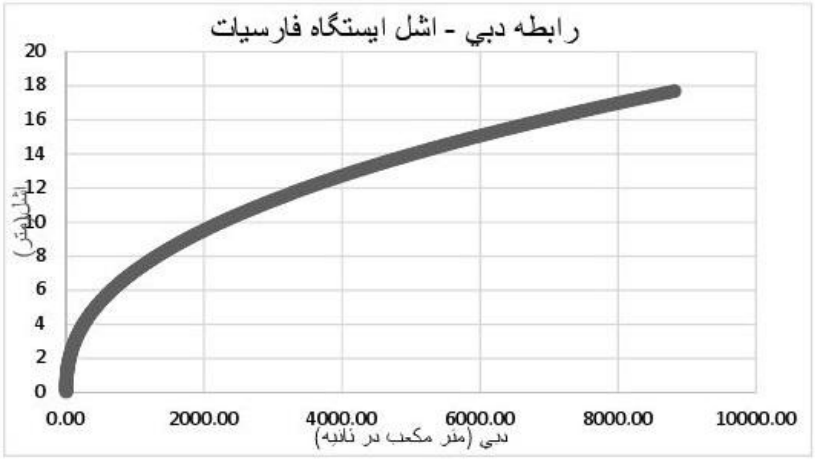
اطلاعات مورد نیاز پلان مسیر رودخانه بواسطه عملیات نقشه برداری صورت گرفته به عنوان مسیر رودخانه تعیین شده است.

مقاطع عرضی

در محدوده طرح(محدوده مورد) تعداد 137 مقطع در بازه‌هایی به طول های متفاوت از محل مقطع برداری انجام گردیده که از سازمان آب و برق استخراج و مورد استفاده قرار گرفته اند.

ضریب زبری

مدل ریاضی رودخانه کارون در محدوده مورد تحقیق با توجه به مشخصات کلی مقاطع برداشت شده و بر اساس روشهای ذکر شده کالیبره گردیده و ضرایب مانینگ هر مقطع تعیین گردیده است. لذا مقدار0/022 به عنوان ضریب کالیبره شده در مطالعات اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعات از نمودار دبی-اشل ایستگاه فارسیات ،ارائه شده در شکل 3 به منظور کالیبراسیون استفاده گردیده است.



شکل 3: نمودار دبی- اشل ایستگاه فارسیات

شرط مرزی بالادست

با توجه به نتایج مطالعات هیدرولوژی و رعایت نمودن استانداردهای لازم جهت تعیین دبی طراحی هیدروگراف سیلاب پایین دست نهر بحره به ازای دوره بازگشت‌های 25 و 50 ساله بعنوان شرط مرزی بالادست محدوده مطالعاتی ارائه گردیده است.

شرط مرزی پایین دست

مقادیر حداکثر اشل ایستگاه آبفا خرمشهر به ازاء دوره بازگشت‌های 25 و 50 ساله به عنوان شرط مرزی پایین دست در حالات سیلابی برآورد گردیده است.

جمع بندی و نتیجه گیری:

واسنجی مدل ریاضی

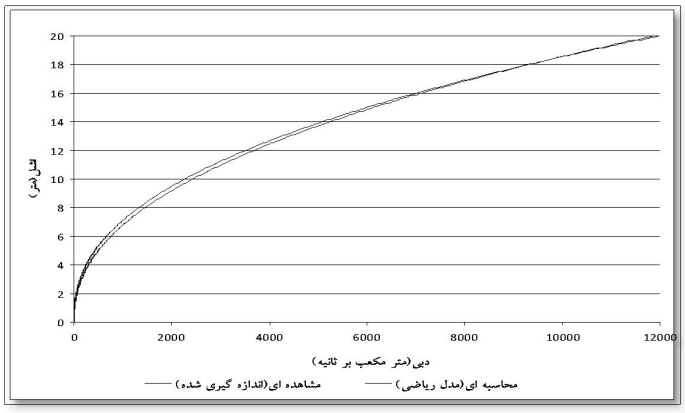
در این قسمت می بایست مدل هیدرولیکی مورد صحت سنجی قرار گیرد. موضوعی که در مدل هیدرولیکی مورد صحت سنجی قرار می گیرد، دبی و سطح آب(منحنی دبی اشل) می باشد. بدین منظور از اطلاعات اندازه گیری شده ایستگاه های اهواز و فارسیات جهت کالیبراسیون استفاده گردیده است. به ازای دبی های مختلف در سالهای پر آبی ایستگاه اهواز، مقادیر دبی اشل ایستگاه فارسیات نیز از آمار اندازه گیری شده استخراج یافتند. منحنی و معادله خط برازش داده شده مربوط به منحنی دبی اشل ایستگاه فارسیات (مشاهده ای) به دست آمدند. پس از آن دبی های مربوط به ایستگاه اهواز به مدل معرفی شدند و منحنی دبی اشل ایستگاه فارسیات از مدل ریاضی استخراج یافت. همانطور که اشاره شد ایستگاه هیدرومتری اهواز به عنوان ایستگاه بالادست و ایستگاه فارسیات به عنوان ایستگاه میانی(شاخص) و ایستگاه اشل سنجی آبفا خرمشهر به عنوان ایستگاه پایین دست به مدل معرفی شدند. فواصل بین ایستگاه های مذکور در جدول1 آورده شده است.

جدول1: فاصله بین ایستگاه های هیدرومتری محدوده مورد مطالعه

ایستگاه هیدرومتری	کیلومتراژ
اهواز	0
فارسیات	64/5
اشل سنجی آبفا	183/5

تنها پارامتر جهت واسنجی مدل هیدرولیکی ضریب زبری مانینگ می باشد. با اجرای مدل به دفعات زیاد و تغییر پارامتر n در هر کدام در محدودهٔ طرح و مقایسهٔ سطح آب و دبی پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه فارسیات مقدار ضریب زبری مانینگ برای قسمت‌های 0/022 بدست آمده است. مقدار ضریب مانینگ که با استفاده از روابط تجربی محاسبه می شود تنها به کمک اندازه ذرات بستر رودخانه بدست می آید. در حالیکه مقدار مقاومت جریان به عوامل دیگری مانند جزایر رسوبی، مئاندرهای مسیر جریان و پوشش گیاهی نیز بستگی دارد.

نمودار مربوط به منحنی دبی اشل اندازه گیری شده و محاسباتی (نتیجه مدل ریاضی) ایستگاه فارسیات(به عنوان ایستگاه میانی)مدل در مرحله صحت سنجی در شکل 4 ارائه گردیده است.



شکل4 : منحنی دبی اشل اندازه گیری شده و محاسبه ای توسط مدل در ایستگاه فارسیات برای صحت سنجی

محاسبه میزان خطا

برای محاسبه مقدار خطا و مقایسه نتایج مدل در این تحقیق از روابط آماری زیر استفاده شده است:

(1) ضریب همبستگی

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{I=1}^{N} x_{ip}\, x_{im} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n} x_{ip}^2 \sum_{i=1}^{n} x_{im}^2}$$

(2) اختلاف نسبت به خط 45 درجه

$$a = \frac{x_{ip}}{x_{im}}$$

(3) متوسط مطلق خطا

$$\%ERROR = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \left(x_{ip} - x_{im} \right) \right|}{\sum_{i=1}^{n} x_{im}} * 100$$

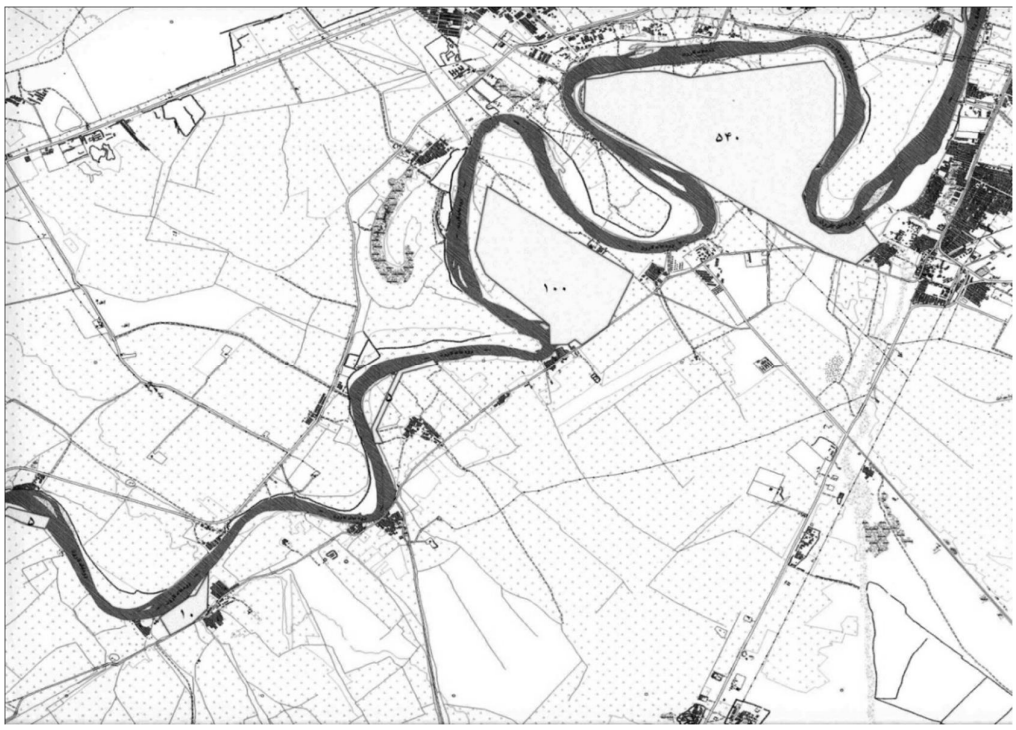
که در آن x_{ip} دیتاهای اندازه گیری شده، x_{im} دیتاهای خروجی مدل ریاضی و n برابر تعداد داده ها می باشد. بنابراین برای مقایسه نتایج و بررسی همبستگی بین نتایج مدل و مقادیر اندازه گیری شده از روابط استفاده شده است. با توجه به این روابط هر چه مقادیر a و R^2 به یک نزدیک باشد برازش بهتر بوده و نتایج مدل دارای دقت بالاتری می باشد. در جدول (1) مقادیر a و R^2 ، ERROR برای صحت سنجی مدل ریاضی نشان داده شده است. با توجه به محاسبات آماری انجام شده مدل با دقت نسبتاً بالایی مقادیر ارتفاع سطح آب را شبیه سازی نموده است.

جدول 1: محاسبه مقادیر روابط آماری(خطا و همبستگی) جهت صحت سنجی مدل ریاضی

نوع رابطه آماری	%ERROR	a	R^2
مقدار	6/5	1/11	0/967

نتایج هیدرولیکی اجرای مدل:

طبق شبیه سازی صورت گرفته رودخانه توانایی عبور سیلاب از 2500 الی 4500 متر مکعب بر ثانیه را در بازه مورد مطالعه دارد. حداکثردبی با دوره بازگشت 50 ساله در پایین دست نهر بحره به میزان 4871 متر مکعب بر ثانیه می باشد که با عنایت به نتایج ظرفیت پر رودخانه، به طور حتم با اعمال این دبی، پخش سیلاب صورت خواهد گرفت. در شکل (5) تصویری از پخش سیلاب در محدوده مورد مطالعه مشاهده می گردد.



شکل5 : برخی از محدوده های پخش سیلاب در سواحل چپ رودخانه کارون در پایین دست اهواز

اجرای مدل در حالات وضع موجود و لایروبی

رقوم سطح آب در دو حالت لایروبی و بدون لایروبی نشانگر اینست که لایروبی تاثیر چندانی بر کاهش رقوم سطح آبدر دبی های با دوره بازگشت بالا ندارد. به طوری که حداکثر اختلاف تراز سطح آب در دو حالت ذکر شده، 19 سانتیمتر می باشد. در جدول(2) رقوم سطح آب در حالات قبل و بعد از لایروبی و اختلاف آن ها برای مقاطع 126 تا 138 ارائه شده است.

جدول2: میزان تغییرات سطح آب در دو حالت لایروبی و بدون لایروبی در بازه پایین دست نهر بحره تا ایستگاه فارسیات

نام مقطع	دبی	رقوم سطح آب در حالت بدون لایروبی	رقوم سطح آب در حالت لایروبی	اختلاف رقوم سطح آب در دو حالت بدون لایروبی و لایروبی
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)
138	4861,95	13,77	13,59	0,18
137	4859,95	13,68	13,49	0,19
136	4855,87	13,46	13,26	0,2
135	4852,2	13,33	13,16	0,17
134	4851,52	13,29	13,11	0,18
133	4851,45	13,27	13,09	0,18
132	4848,31	13,07	12,96	0,11
131	4847,18	12,99	12,92	0,07
130	4846,09	12,96	12,88	0,08
129	4843,32	12,81	12,74	0,07
128	4836,06	12,62	12,52	0,1
127	4827,82	12,44	12,33	0,11
126	4824,9	12,4	12,28	0,12

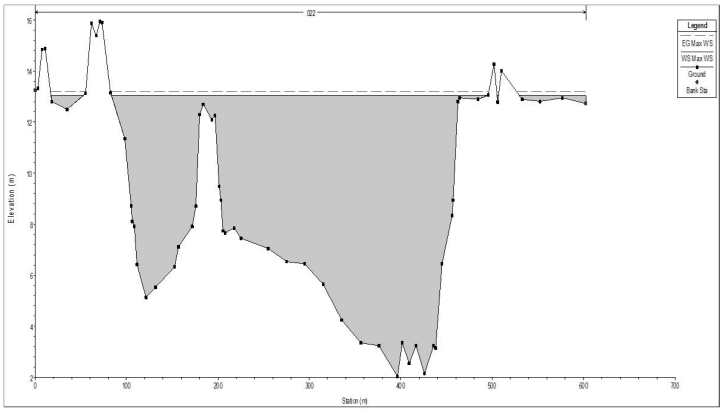
در محدوده مورد مطالعه حجم رسوبات برداشت شده ناشی از لایروبی(اصلاح مقطع) حدود 3060000 متر مکعب می باشد که با توجه به قیمت امروز هزینه عملیات لایروبی پایین دست اهواز تا فارسیات حدود 306000000000 ریال معادل سی میلیارد و ششصد میلیون تومان می باشد(ندری،1385).

علی رغم اختلاف ناچیز سطح آب دو حالت ذکر شده، نتایج مربوط به سرعت جریان در اکثر مقاطع نشان دهنده افزایش سرعت جریان در حالت انجام لایروبی می باشد که این موضوع باعث حرکت بیشتر رسوبات و در نتیجه کاهش رسوبگذاری در بستر و حاشیه رودخانه خواهد گردید. در جدول(3) میزان سرعت جریان در مقاطع عرضی 126 تا 138 در دو حالت لایروبی و بدون لایروبی ارائه شده اند.

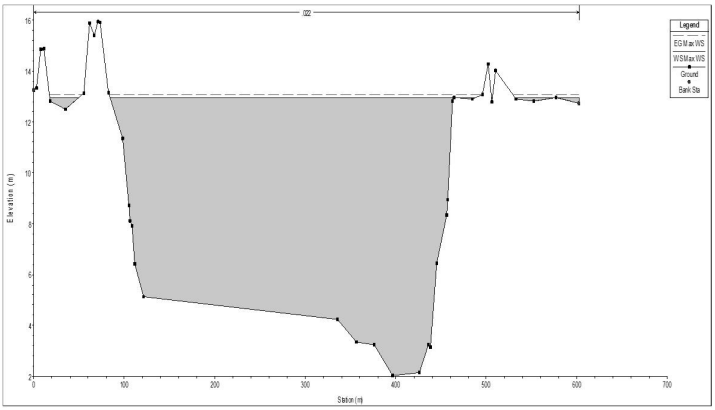
جدول3: میزان تغییرات سرعت جریان در در دو حالت لایروبی و بدون لایروبی در بازه پایین دست

نام مقطع	دبی	سرعت جریان در حالت بدون لایروبی	سرعت جریان در حالت لایروبی	اختلاف سرعت جریان در دو حالت بدون لایروبی و لایروبی
	(m3/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
138	4861,95	۰,۴۵	۰,۵۷	۰,۲۱
137	4859,95	۱,۵	۱,۶۵	۰,۱۵
136	4855,87	۲,۲۵	۲,۲۶	۰,۰۱
135	4852,2	/۷۵.	۰,۹۶	۰,۲۱
134	4851,52	۱,۰۶	۱,۱۹	۰,۱۳
133	4851,45	۰,۲۳	۰,۲۶	۰,۰۳
132	4848,31	۱,۷	۱,۵۱	-۰,۱۹
131	4847,18	۱,۰۴	۱,۱	۰,۰۶
130	4846,09	۱,۲۶	۱,۴۷	۰,۲۱
129	4843,32	۱,۶۶	۱,۵۶	-۰,۱
128	4836,06	۲,۰۱	۲,۲۳	۰,۲۲
127	4827,82	۰,۴۷	۰,۵۶	۰,۰۹
126	4824,9	۱,۱۱	۱,۲۱	۰,۱

البته قابل ذکر است که لایروبی انجام شده (اصلاح مقطع) باعث تعمیق جریان و حذف موانع و تسهیل در عبور مرور قایقها، بارجها و شناورهای با بار مشخص خواهد گردید. در شکل6 مقاطعی از رودخانه در حالات قبل و بعد از لایروبی نشان داده شده اند که بیانگر میزان اصلاح مقاطع (لایروبی) در بازه مورد تحقیق هستند.



الف



ب

شکل6: نمونه ای از مقاطع عرضی(مقطع شماره 132): الف) قبل از لایروبی ب) بعد از لایروبی

نتایج و پیشنهادات

محاسبات آماری انجام شده برای صحت سنجی مدل ریاضی نشان دهنده دقت نسبتاً بالای مدل در شبیه سازی مقادیر ارتفاع سطح آب می باشد .با توجه به تعدد روستاها و تاسیسات و اراضی کشاورزی در حاشیه رودخانه در محدوده طرح، دبی با دوره بازگشت 50 ساله به میزان 4871 متر مکعب بر ثانیه به عنوان ملاک طراحی قرار گرفت. رقوم سطح آب در دو حالت لایروبی و بدون لایروبی نشانگر این است که لایروبی تأثیر چندانی بر کاهش رقوم سطح آب در دبی های با دوره بازگشت بالا ندارد. به طوری که حداکثر اختلاف تراز سطح آب در دو حالت ذکر شده، 19 سانتیمتر می باشد. حجم رسوبات برداشت شده ناشی از لایروبی (اصلاح مقطع) در بازه مطالعه شده حدود 3060000 متر مکعب می باشد که هزینه عملیات لایروبی رودخانه در این بازه حدود 306000000000 ریال معادل سی میلیارد و ششصد میلیون تومان می باشد.در حالات لایروبی و بدون لایروبی، نتایج مربوط به سرعت جریان نشان دهنده افزایش سرعت جریان در

حالت انجام لایروبی و حرکت بیشتر رسوبات و کاهش رسوبگذاری در بستر و حاشیه رودخانه می باشد. انجام لایروبی باعث تعمیق جریان و حذف موانع و تسهیل در عبور مرور قایق ها، بارجها و شناورهای با بار مشخص خواهد گردید.

منابع

اسلامی، ه و قادری، س.ج.(1391). تعیین حریم بستر رودخانه بیطاس مهاباد با استفاده از مدل های کامپیوتریGIS, HEC-RAS . یازهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ارومیه، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.ص.45-65.

بهادرنژاد، ک . و حسینی،خ. (1391).کنترل سیلاب رودخانه نکارود با استفاده از روش تلفیقی و برآورد هزینه اجرای آن. یازهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ارومیه، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.ص.32-38.

رحمانی ، ا . (1386). برآورد بار رسوبی با استفاده از مدل های تجربی مبتنی بر خصوصیات هیدرولیکی جریان در رودخانه کرج . پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران .ص.54-64.

رنجبران ، ل و ندری ، آ . (1385) . بررسی اختلاف حجم جریان سالانه کارون بزرگ در ایستگاه های ملاثانی و اهواز . اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود ، اهواز، دانشگاه شهید چمران .ص.23-34.

شاهی نژاد ، ب وظهیری ، ع ورستمی، س.(1388) .بررسی و شبیه سازی هیدرولیک رسوب کانال لایروبی رودخانه کارون . هشتمین سمینار مهندسی رودخانه ، اهواز : دانشگاه شهید چمران ، ص. 198-208.

Ghaffari, G. and Amini, A. (2010). The management of floodplains using geographic information system (GIS) (Case study: Qezel Ozan River), Journal of geographical space 10: 32, pp: 117–134.Geological Survey of Iran. 1959. 1:100,000 geological map of Shokran.

Gharib, M.; Mosaedi, A.; Najafi Nejad, A . And Yakhkeshi, E. (2007). Zonation and risk assessment of flood damage (case study: Qarachay River suburban of Ramiyan). Journal of Faculty of Natural Resources 60: 3, pp:785 –797.

HEC-RAS4.0 hydraulic reference manual.(2013). www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras(Accessed 27 April 2013)available

HEC-RAS4.0 user's manual.(2013).available at www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/ (Accessed 27 April 2013)

Qomi Oili, F.; Sadeghiyan, M. S.; Javeed, A. H . and Mir Bagheri, S. A.(2010). Zoning of flood simulation model using HEC-RAS (Case study: Karun river in between Ahvaz Bande Ghir). Quarterly of Science and Techniques in Natural Resources, 5:1, pp: 105 – 115.