



دانشکده فنی مهندسی عمران

گروه آب

پایان نامه

جهت دریافت درجه دکتری در رشته سازه‌های هیدرولیکی

عنوان

مدلسازی ریاضی جریان در کانال‌های رو باز با بستر متحرک به کمک

هوش مصنوعی

استاد راهنما

دکتر یوسف حسن‌زاده

دکتر محمدعلی کی‌نژاد

استاد مشاور

دکتر محمدتقی اعلمی

دکتر داوود فرسادیزاده

پژوهشگر

کیومرث روشنگر

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	مقدمه و پیشینه تحقیق
1-1- مقدمه	1
2-1- انواع مدل‌های ریاضی	3
3-1- انتقال رسوب در جریان‌های روباز	4
4-1- مروری بر کارهای انجام شده در زمینه مدلسازی ریاضی جریان با بستر متحرک	4
5-1- هوش مصنوعی	9
6-1- روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت	9
.....	

مواد و روش ها

فصل دوم	جریان غیردائمی و معادلات هاکم
1-2- مقدمه	13
2-2- معادلات سنت و نانت	15
1-2-2- معادله پیوستگی	16
2-2-2- معادله اندازه حرکت	19
3-2-2- ملاحظات کلی	22
3-2- انواع دیدگاه های منفصل کردن معادلات دیفرانسیل جزئی	23
1-3-2- روش مشخصه ها برای تحلیل شرایط مرزی	25
1-3-2-1- منحنی های مشخصه	29
2-2-1-2- شرایط اولیه و شرایط مرزی	32

فصل سوم	بستر متمرک
1-3- تغییرات بستر	35
1-3-1- پدیده فرسایش بستر و علل پیدایش آن	35

- 37..... 3-1-2- پدیده رسوبگذاری یا بالا آمدن بستر
- 39..... 3-2- معادله پیوستگی رسوب
- 40..... 3-3- معادله پیوستگی جریان با بستر متحرک
- 41..... 3-4- روش‌های برآورد دبی رسوب
- 41..... 3-4-1- روش کیسی
- 41..... 3-4-2- فرم تکمیل یافته مایر - پیتر و مولر
- 45..... 3-4-3- روش اکرز - وایت
- 46..... 3-4-4- روش سانگ و گراف (مخصوص جریان غیر دائمی)
- 47..... 3-5- مقاومت جریان در کانالهای فرسایش پذیر
- 49..... 3-6- روش‌های خطی
- 49..... 3-7- روشهای غیر خطی
- 50..... 3-7-1- روش ین و کاماچو
- 50..... 3-7-2- روش براولین
- 51..... 3-7-2-1- برای پایین ترین رژیم جریان
- 51..... 3-7-2-2- برای بالاترین رژیم جریان
- 51..... 3-7-3- روش وایت
- 52..... 3-7-4- روش کریم و کندی
- 54..... 3-7-5- روش کیشی

تفاضلات محدود	فصل چهارم
---------------	-----------

- 55..... 4-1- روش تفاضل محدود
- 57..... 4-1-1- شرح و مقایسه دو دیدگاه ضمنی و صریح
- 59..... 4-1-2- الگوهای تفاضل محدود صریح

59	4-1-2-1- الگوی ناپایدار
59	4-1-2-2- الگوی پخشی
60	4-1-2-3- الگوی لامبدا
60	4-1-2-4- الگوی گابوتی
60	4-1-2-5- الگوی پرایزمن
60	4-1-2-6- الگوی بیم و وارمینگ
60	4-2- فرمول بندی کلی الگوی ریچ مایر و مورتون
61	4-3- فرمول بندی کلی الگوی مک کورمک
63	4-4- شرایط مرزی
63	4-5- پایداری
63	4-6- لزجت مصنوعی

فصل پنجم	الگوریتم ژنتیک
----------	----------------

65	5-1- مقدمه
66	5-2- نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک
69	5-1-2- معرفی اجزاء الگوریتم ژنتیک
69	5-1-1-2- ژن
69	5-2-1-2- کروموزوم
69	5-3-1-2- جمعیت ژنتیکی و تعداد افراد جمعیت
69	5-4-1-2- لیاقت
70	5-3- عملگرها در الگوریتم ژنتیک
71	5-3-1- باز تولید
71	5-3-2- عملگر ادغام
72	5-3-3- نرخ ادغام
72	5-4-3- متدهای ادغام

74	 5-3-4-1- روش ادغام تک نقطه‌ای یا تک مکانی
75	 5-3-4-2- روش ادغام دو نقطه‌ای
76	 5-3-4-3- روش ادغام یکنواخت
76	 5-3-5- جهش
77	 5-3-6- نرخ جهش
77	 5-3-7- انتخاب
77	 5-3-8- انواع متدهای انتخاب
77	 5-3-8-1- متد چرخ رولت
78	 5-3-8-2- روش مسابقه‌ای
79	 5-3-8-3- متد یکنواخت
79	 5-4- مقایسه الگوریتم ژنتیک و دیگر روشهای مرسوم بهینه سازی
80	 5-5- حل مسائل مقید با الگوریتم ژنتیک
82	 5-6- گزینه‌های شاخص برازش
82	 5-7- گزینه‌های انتخاب
83	 5-8- گزینه‌های جهش
84	 5-9- گزینه‌های ترکیب
86	 5-10- شرایط خاتمه الگوریتم ژنتیک

فصل ششم	برنامه نویسی ژنتیک
89	 6-1- برنامه نویسی ژنتیک
91	 6-1-1- درختهای تجزیه
93	 6-2- تولید جمعیت اولیه
95	 6-3- تولید مثل (Crossover)
96	 6-4- جهش (Mutation)
97	 6-5- ارزیابی عناصر

97	 6-5-1 کنترل عمق درخت
98	 6-5-1-1 تعیین حداکثر عمق برای درختها
98	 6-5-1-2 دادن جریمه به درختهای بزرگ

نتایج و بحث

فصل هفتم	روند نهایی مدل سازی- نتایج و بحث
99	 7-1 مقدمه
99	 7-2 مبانی تئوری و محدودیت مدل های مزبور
100	 7-3 معادلات حاکم در مدل
100	 7-4 معادلات کمکی
101	 7-4-1 معادله تعیین میزان انتقال رسوبات
101	 7-4-2 معادله تعیین شیب خط انرژی
101	 7-5 الگوهای عددی استفاده شده جهت تحلیل معادلات حاکم بر پدیده
101	 7-5-1 الگوی اصلاح شده ریچ مایر
104	 7-5-2 الگوی عددی مک کورمک
104	 7-5-2-1 محاسبات گام پیش بینی کننده (پیشرو)
105	 7-5-2-2 محاسبات گام تصحیح کننده (پسرو)
106	 7-6 محاسبات نهایی
106	 7-7 محاسبه مقادیر متغیرها در مرزها
109	 7-8 پایداری
109	 7-9 بررسی عملکرد مدل
109	 7-9-1 شبیه سازی جریان سیلابی در یک آبراهه طبیعی
109	 7-9-2 شرایط اولیه
110	 7-9-3 وقوع سیلاب
114	 7-10 تجزیه و تحلیل و تفسیر نتایج

11-7-	تاثیر واسنجی در ارتقای کارآئی شبیه سازی جریان روباز با بستر فرسایش پذیر.....	115
12-7-	مطالعه آزمایشگاهی.....	115
13-7-	روندهای تحلیل.....	118
14-7-	ساده سازی معادله پیوستگی جریان در کانالهای رسوبی.....	120
15-7-	بهینه سازی ضرایب زبری به روش تحلیل معکوس.....	122
16-7-	آرایش بهینه برای الگوریتم ژنتیک.....	127
17-7-	تجزیه و تحلیل داده ها.....	128
18-7-	مقاومت در برابر جریان و شکل های بستر.....	135
1-18-7-	روش های خطی.....	136
2-18-7-	روش های غیر خطی.....	138
19-7-	برنامه نویسی ژنتیک (GP).....	139
20-7-	دلایل انتخاب GP.....	140
1-20-7-	تهیه داده های آزمایشگاهی لازم برای GP.....	141
1-1-20-7-	تمهیدات لازم و انجام آزمایش.....	141
2-1-20-7-	شرائط آزمایشگاهی لازم برای تشکیل فرم بستر تلماسه.....	143
3-1-20-7-	تعیین حد بالایی دبی (Q_{max}).....	145
4-1-20-7-	تعیین حد پایینی دبی (Q_{min}).....	145
5-1-20-7-	اندازه گیری عمق و سطح مقطع متوسط.....	147
6-1-20-7-	اندازه گیری شیب سطح آب S_w و شیب خط انرژی S_f	149
7-1-20-7-	اندازه گیری ضریب زبری بستر در هر آزمایش.....	152
21-7-	تشکیل و انتخاب پایانه ها (متغیرهای مستقل) و توابع مناسب با استفاده از داده های تجربی.....	157
22-7-	ارزیابی عملکرد مدل.....	159
23-7-	الگوهای ورودی GP.....	160
24-7-	اجرای برنامه و تولید مدل.....	162

167	25-7- نتایج برآزش آماری مدلهای ایجاد شده
171	26-7- نتایج حاصله از تجزیه تحلیل داده ها
181	27-7- نتیجه گیری کلی
184	28-7- پیشنهادات
186	مراجع

یکی از اهداف مهم در مهندسی منابع آب عبارت از بهینه کردن منافع و کمینه کردن خسارات ناشی از جریان در رودخانه‌ها است. این کار با شناسایی، رفتار سنجی و تحلیل جریان در رودخانه‌ها میسر می‌گردد. بنابراین، کنترل و به حداقل رساندن خسارات وارده ناشی از سیلاب، رسوب گذاری و فرسایش در آبراهه‌ها، اراضی کشاورزی، تاسیسات و ابنیه‌های آبی مستلزم این است که فرایند حرکت جریان، فرسایش بستر، انتقال مواد جامد و ته نشینی مواد رسوبی مورد مطالعه کامل قرار گیرد.

امروزه محدودیت داده‌های هیدرولیکی اندازه‌گیری شده از یک سو و توسعه روش‌های عددی از سوی دیگر، شبیه‌سازی ریاضی رفتار جریان، ظرفیت حمل رسوب و روند رسوب گذار و فرسایش را امری ضروری و اجتناب ناپذیر کرده است. به همین دلیل محققان مختلف شباهت سازی عددی یک بعدی را برای بررسی جریان‌های با بستر متحرک در آبراهه آبرفتی و رودخانه‌های طبیعی مورد توجه قرار داده‌اند. یکی از مهمترین ابزارهای موجود، مدل‌های مقیاسی (مدل‌های فیزیکی) می‌باشند که در قرن اخیر بطور گسترده‌ای مورد استفاده محققان و مهندسان قرار گرفته است. کاربرد اصلی این مدل‌ها که پایه نظری آن‌ها در قرن نوزدهم و شانزدهم توسط لئونارد داوینچی و سپس در قرن هفدهم توسط اسحاق نیوتن ارائه گردیده و بعدها در قرن نوزدهم توسط محققان دیگری نظیر رینولدز و فرود توسعه داده شده است که همواره با موفقیت زیادی همراه بوده و جواب‌های کمی و نسبتاً دقیقی را در اختیار طراحان و مهندسين قرار داده است. اما با توسعه فعالیت‌های مهندسی رودخانه و بزرگتر شدن پروژه‌های مرتبط با رودخانه، مدل‌های فیزیکی کارآئی کمتری از خود نشان دادند چرا که محدوده مورد مطالعه طراحان وسیع‌تر از حدی بود که در مدلی با مقیاس قابل قبول شبیه سازی شود. علاوه بر وسعت، زمان‌های شبیه سازی نیز بعضاً در حدی می‌باشد که استفاده از مدل فیزیکی را غیر ممکن می‌سازد.

پیشرفت فناوری رایانه‌ای و گسترده شدن روش‌های عددی در کاربردهای مهندسی امکان شبیه سازی بسیاری از پدیده‌های فیزیکی را در قالب مدل‌های ریاضی فراهم ساخته است. امروزه با در دسترس بودن رایانه

های سریع و با حافظه زیاد پدیده‌های مختلف که در مهندسی رودخانه مورد توجه هستند در وسعت زیاد و برای زمان‌های طولانی شبیه‌سازی می‌شوند.

مدل‌های مختلفی در علم مهندسی رودخانه از جمله پیش‌بینی الگوی جریان، روندیابی سیل، انتقال رسوب، فرسایش و رسوبگذاری، انتقال آلودگی، نفوذ جریان و شوری ناشی از جذرو مد و مطالعه ریخت‌شناسی رودخانه بکار گرفته می‌شوند. این مدل‌ها می‌توانند بسته به نیاز به صورت یک بعدی، دو بعدی و یا سه بعدی ایجاد شوند. امکانات در دسترس، دقت مؤثره میزان اطلاعات مربوط به اندازه گیری‌های از میدانی از جمله عواملی هستند که نوع مدل مورد نیاز و مناسب را تعیین می‌نمایند چنانچه روندیابی سیل و یا مطالعه ریخت‌شناسی رودخانه در مقیاس بزرگ توسط مدل مورد نظر باشد، مدل‌های یک بعدی به خوبی جوابگو خواهند بود در صورت نیاز به مطالعه دقیقتر و جزئی بخش خاصی از رودخانه، می‌توان متناسب با ظرفیت رایانه موجود از مدل دو بعدی و یا سه بعدی استفاده کرد. صورت نیاز به دقت بالا در شبیه سازی پدیده‌ای و همچنین وجود اطلاعات کافی از طبیعت، استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر منطقی خواهد بود، در حالی که مدل‌های ساده‌تر تخمین‌های اولیه خوبی را در اختیار قرار می‌دهند که این صورت طراح در زمان کوتاه گزینه‌های متعددی را بررسی و ارزیابی می‌کند و محدوده‌هایی را نیز که نیاز به بررسی دقیقتر دارد با استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر (فیزیکی، ریاضی) مشخص می‌نماید.

البته وجود این ابزارها به تنهایی نمی‌توانند راهگشای کاملی باشند و لازمست اطلاعات و اندازه‌گیری‌های دقیق میدانی از طبیعت در دست بوده و مدل به ازاء شرایط واقعی واسنجی شود. بدیهی است که دقت در برداشت اطلاعات در بخش‌های عمده: هندسی، هیدرولیکی، رسوب و کیفیت آب رکن اصلی در بکارگیری این مدل‌هاست و میزان اعتبار آنها بشدت متأثر از حجم اطلاعات برداشت شده و کیفیت آنها می‌باشد و بدون آنها خروجی معتبری از مدل به دست نخواهد آمد. شاید بتوان برداشتها و اندازه‌گیری‌ها را مانند مواد اولیه برای محصول تولیدی خروجی از مدل دانست، هر چه مواد اولیه مناسبتر و با کیفیت بالاتری

باشد انتظار محصول تولیدی بهتری را خواهیم داشت بدیهی است که اطلاعات و برداشت‌های وسیع‌تر و با دقت بیشتر، افزایش هزینه‌ها را نیز بدنبال خواهد داشت.

1-2- انواع مدل‌های ریاضی

بطور کلی مدل‌های مورد استفاده موجود در مهندسی رودخانه را می‌توان به دو صورت تقسیم بندی

نمود:

الف - مکانی

یک بعدی: پارامترهای هیدرولیکی فقط در بعد طول متغیر می‌باشند.

دو بعدی: پارامترهای هیدرولیکی در بعد طول و یک بعدی دیگر متغیر می‌باشند.

سه بعدی: پارامترهای هیدرولیکی در سه بعد متغیر می‌باشند.

ب- زمانی

دائمی: پارامترهای هیدرولیکی جریان نسبت به زمان ثابت می‌باشند.

غیر دائمی: پارامترهای هیدرولیکی جریان نسبت به زمان متغیر می‌باشند.

همان‌طوریکه یک بعدی ممکن است محدود به یک شاخه باشند یا ممکن است به صورت شاخه ای و یا حلقوی، شبکه‌ای از رودخانه را شبیه‌سازی نمایند (شبه دو بعدی) که رودخانه‌ها در ناحیه اتصال به دریا در مصب و همچنین در دشت‌ها معمولاً چنین شکلی دارند. در مدل‌های یک بعدی کمیتهای مورد نظر مثلاً سرعت جریان) در کل مقطع به صورت متوسط در نظر گرفته می‌شوند، بعبارت دیگر فرض بر آن است که تغییرات آن کمیت در کل مقطع بسیار ناچیز باشد.

برای شبیه‌سازی جریان بصورت موضعی در پیچ‌ها، در محل سازه‌های متقاطع، تبدیل‌ها و ... از مدل‌های دو بعدی استفاده می‌شود. مدل‌های دو بعدی یا به صورت دو بعدی در افق و یا به صورت دو بعدی در راستای قائم هستند. در مدل‌های دو بعدی در افق از تغییرات کمیت‌ها در عمق صرف‌نظر می‌شود و بعبارت دیگر در عمق متوسط گیری می‌شوند. این مدل‌ها کاربرد وسیعی در دریاها، دریاچه‌ها، مصب‌ها و رودخانه‌های عریض

دارند. مدل‌های دو بعدی در راستای قائم برای مصب‌های عمیق، دریاچه‌ای پشت سدها و غالباً مطالعه توزیع شوری و یا درجه حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مدل‌های سه بعدی با کاربرد کمتری در مهندسی رودخانه و غالباً جهت تخمین جریان در اطراف سازه‌ها و به شکل موضعی بکار گرفته می‌شوند. علیرغم پیشرفت قابل توجه فناوری و علم، این مدل‌ها با محدودیت‌های جدی رایانه ای روبرو و جهت بکارگیری گسترده آنها نیاز به توسعه بیشتر سخت افزارها و نرم افزارها می‌باشد.

1-3- انتقال رسوب در جریان‌های روباز

اگر تعادل بین دبی آب، جریان رسوب و شکل آبراهبهم بخورد، ممکن است کف آبراهه دچار فرسایش یا رسوبگذاری گردد. این چنین عدم تعادل می‌تواند به علت عوامل طبیعی یا دیگر عوامل؛ نظیر ساخت یک سد، تغییر در نرخ آورد رسوب، تغییر رقوم کف کانال، جابجایی نقاط تغییر شیب و غیره باشد. تخمین قابل اطمینان از فرسایش یا رسوبگذاری در پروژه‌های کنترل رودخانه و مدیریت منابع آب ضروری است.

1-4- مروری بر کارهای انجام شده در زمینه مدل‌سازی ریاضی جریان با بستر متحرک

از حدود سه دهه پیش مدل‌های عددی اصلاح شده متعددی برای شبیه سازی جریان در کانال‌های آبرفتی، با هدف به کمینه کردن هزینه های ناشی از خسارات و افزایش دقت محاسباتی در زمینه های مختلف مهندسی رودخانه گسترش و توسعه پیدا کرده انلبه عنوان نمونه سونی و همکاران [2] یک مدل خطی پخشی برای پیش بینی پرفایل گذرای کف به علت افزایش رسوب را مورد استفاده قرار دادند. بژین و همکاران [3] یک مدل پخشی را برای محاسبه پروفیل‌های طلی ایجاد شده، توسط پایین آوردن تراز کف، مورد استفاده قرار دادند. گیل¹ [4,5] معادله خطی پخشی تشریح کننده روند رسوبگذاری و فرسایش را با سری فوریه و روش‌های تابع خطا حل کرد. جارامیلو² و جین [6] یک معادله دیفرانسیل جزئی غیر خطی

¹ - Gill

² - Jaramillo

بیضوی را توسعه داده و آنرا با استفاده از روش باقیماندهها حل کرده و نتایج محاسباتی را با اطلاعات آزمایشگاهی در دسترس مقایسه کردند.

زانگ و کاهویتا^۱ [7] و گیل [8] راه حل های غیر خطی برای رسوب گذاری و فرسایش ارائه دادند که نسبت به راه حل های خطی تطابق بهتری با اطلاعات آزمایشگاهی نشان می دادند. چنین روش های تحلیلی عموماً با عدم دقت همراه بوده و استفاده از آنها در مواقعی که مدل شامل ضرائب تجربی بوده و هیدروگراف های مرزی پیچیده باشد، غیرممکن است. نظرات تکمیلی در این باره توسط زانره و نیدام [9] ارائه گردیده است.

اخیراً به طیل ایرادات و محدودیت های موجود در چنین روش های تحلیلی، استفاده از مدل های عددی مبتنی بر روش تفاضلات محدود رشد چشمگیری داشته است. برای استفاده از چنین روشهای عددی در مدلسازی جریان های رسوبی در مجاری روباز، توجه به سه نکته اساسی حائز اهمیت است.

نکته اول مربوط به روند تحلیل معادلات حاکم بر پدیده و چگونگی ارتباط بین پارامترها و نقش آنها در شبکه حل می باشد در تحلیل غیر مزدوج، نخست معادلات پیوستگی و اندازه حرکت جریان با فرض تغییرات ناچیز بستر تحلیل گشته و سپس با داده های به دست آمده از این تحلیل، هله پیوستگی رسوب حل عددی میگردد. در روش مزدوج تحلیل پارامترها همزمان و مرتبط انجام شده و تغییرات ایجاد شده در بستر توسط معادله رسوب در معادله پیوستگی و اندازه حرکت جریان اعمال می شود. اکثر مدلهای موجود در ادبیات فن از نوع غیر مزدوج میباشند. دلیل این امر مربوط به پیچیدگی روش مزدوج در تحلیل معادلات است.

برخی از محققین نظیر لین^۲ [10] کوریا و همکاران^۳ [11] و کائو و همکاران^۴ [12] بسته به مورد و شرایط شبیه سازی، خصوصاً در جریانهای فوق بحرانی، عملکرد روش غیر مزدوج را ضعیف ارزیابی کرده و استفاده از آن را مورد نقد قرار داده اند. افرادی نظیر کاسم و چادری^۵ [13] ادعا کردند روش غیر مزدوج، روش متعادلی بوده و منجر به جواب های قابل قبول می گردد. با توجه به این که بکارگیری روش های مزدوج و

¹ - Zhang and Kahawita

² - Lyn

³ - Correia et.al

⁴ - Cao et.al

⁵ - Kassem & Chaudhry

غیر مزدوج برای شرایط و موارد متفاوت ممکن است به نتایج یکسان یا متفاوتی منجر شود تاکنون هیچ توصیه کلی در ادبیات فن در این زمینه وجود نداشته و مطالعات و تحقیقات جهت به کارگیری روش مطلوب در شبیه سازی زیست شناسی رودخانه و جریان های با بستر متحرک همچنان ادامه دارد. نکته دیگری که در روند تحلیل جریانهای با بستر متحرک وجود دارد، نقش ساده سازی معادله پیوستگی جریان است. در اکثر مطالعات ارائه شده توسط (کانج و همکاران^۱ [14]، جارامیلو و جین [6]، نیدام^۲ [15]، مورس و همکاران^۳ [16]، نیدام و هی^۴ [17]، ورملیتون و گمان^۵ [18]، زانره و نیدام^۶ [19]، سونی و همکاران^۷ [2] و سین^۸ [20] 20] جمله تغییرات بستر نسبت به زمان ($\frac{\partial Z}{\partial t}$) در معادله پیوستگی جریان در نظر گرفته نمی شود.

کوریا و همکاران [11] تنها محققانی هستند که از این ساده سازی صرف نظر کرده و بر اهمیت این جمله در مدلسازی دراز مدت بستر یک رودخانه طبیعی تاکید کرده اند. نکته دوم در مدلسازی جریان روباز به کارگیری فن های مختلف روش تفاضلات محدود و بررسی دقت و عملکرد آنها در تحلیل تغییرات جریان یک بعدی است. از موارد اخیر موجود در ادبیات فن می توان به موارد زیر اشاره نمود.

گارسیا ناوارو^۹ [21] با استفاده از روش TVD مدل یک بعدی برای جریان در آبراهه های روباز ارائه داده و ناپیوستگی ها و عرض های متغیر در کانال روباز را مورد بررسی قرار دادند. ونو تلی^{۱۰} [22] یک مدل یک بعدی غیر دائمی و به روش تفاضل مرکزی با دقت از مرتبه سوم، به کمک تغییراتی که در بسط سری تیلور انجام داد به دست آورده و به کمک روش Muscl^{۱۱} مدل شکست سد را تحلیل و با روش های حل دقیق حالات خاص مقایسه کرد. زی ژیان^{۱۲} [23] لی برای بررسی رودخانه و رسوبگذاری و فرسایش به کمک ایجاد سلول و انتگرال گیری معادلات بستر فرمایش پذیر تعریف و معادلات را به صورت جفت و غیر جفت حل کرد. لین و آلتینکار^{۱۲} [24] معادلات سنت ونانت اگزرنر را در حالات جریان بحرانی یا نزدیک به حالت بحرانی

¹ - Cunge

² - Needham

³ - Morse et.al

⁴ - Needham & Hey

⁵ - Wormleaton & Ghumman

⁶ - Zandre & Needham

⁷ - Soni et.al

⁸ - Sieben

⁹ - Gareia & Navaro

¹⁰ - Venutelli

¹¹ - Zhixian

¹² - Lyn & Altinkar

را تحلیل و بررسی کردند. آرلی^۱ [25] جریان شکست سد را یک بعدی با روش TVD- Maccormak [26] تحلیل نمود. دلیس^۲ [27] مدل‌های با دقت بالا (High – resolution) را برای جریانهای یک بعدی در آبراهه های روباز و شکست سد به کار برد. زاویر^۳ [28] به کارگیری روش خاصی (Frequency model) معادلات سنت و نانت را خطی کرده و تحلیل نمود. توکسیارلی^۴ [29] الگوریتم جدیدی برای حل عددی معادلات جریان روباز ارائه داد. دلیس و اسکیلز [30] بعضی روش های تقریبی حل کننده های ر یمن^۵ در جریانهای غیر دائمی و روباز را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد.

نکته سومی که در مدلسازی جریان های با بستر متحرک باید در نظر گرفته شود، مسئله متغیر بودن ضریب زبری بستر است. در چنین شرایطی به دست آوردن تابع ضریب زبری بستر به دلیل تاثیر عوامل متعدد بر آن (نظیر شکل بستر، پارامترهای جریان، اندازه دانه ها و...)، وجود عدم قطعیت و پیچیدگی رگرسیون غیر خطی توابع چند متغیره، کار مشکلی بوده و با خطای قابل توجهی همراه است. در این حالت، چنانچه ضریب زبری مانینگ موجود در تابع شیب خط انرژی در معادله اندازه حرکت به صورت متغیر در نظر گرفته شود و با استفاده از داده های تجربی به صورت روش سعی و خطا همراه با معادلات حاکم بر پدیده واسنجی گردد، مسئله از لحاظ ریاضی موسوم به مسئله معکوس (Inverse problem) بوده و تحلیل آن نسبتاً پیچیده خواهد شد. موارد بسیار کمی در ادبیات فن جهت تخمین و واسنجی ضریب زبری جریان غیر دائمی به طور همزمان با تحلیل معادلات وجود دارد. بکر و یه^۶ [31] روشی جهت تخمین پارامتر ضریب اصطکاک در کانال آبی روبار ارائه کردند که در آن از کمینه کردن مجذور مربعات بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی استفاده شده است. فرد و اسمیت^۷ [32] جهت تخمین ضریب مانینگ از فن اصلاح شده نیوتن رافسن جهت کمینه سازی استفاده کردند. مدل استفاده شده توسط آنها حالت عمومی نداشته و در برخی موارد به دلیل خطاهای مقادیر مشاهداتی، تخمین پارامترها در پائین دست با خطای قابل توجهی مواجه می شد. اخیراً نیز واسانتالال^۸ [33] با روش ماتریسی تجزیه

¹ - Aurelli

² - Delis

³ - Xavier

⁴ Tucciarelli

⁵ - Reimen

⁶ - Becker & Yeh

⁷ - Fread & Smith

⁸ - Wasantha Lal

تجزیه مقادیر ویژه و انجام واسنجی، مسئله معکوس تخمین ضریب زبری را تحلیل نمود. لازم به ذکر است هر سه مطالعه، صرفاً با تحلیل معادلات سنت و نانت بوده و معادله پیوستگی رسوب و تغییرات بستر در آن لحاظ نشده است.

1-5- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی، دانش ساختن ماشین ها یا برنامه های هوشمند است همانگونه که از تعریف فوق برمی آید هوش مصنوعی، شاخه ایست از علم رایانه که ملزومات محاسباتی اعمالی همچون ادراک (Perception) استدلال (Reasoning) و یادگیری (Learning) را بررسی کرده و سامانه ای جهت انجام چنین اعمالی ارائه می دهد. هوش مصنوعی بطور خلاصه ترکیبی از علوم رایانه، وظایف الاعضاء و فلسفه بوده و هدف آن بطور کلی ساخت سامانه ای است که بتواند "فکر" کند. شیوه ها و فنون هوش مصنوعی، در واقع، برای حل آن دسته از مسائل به وجود آمده است که به طووسهل و آسان توسط برنامه نویسی تابعی یا شیوه های ریاضی قابل حل نباشند. بنابر این ایجاد و ابداع فنون لازم برای مدیریت پیچیدگی را باید به عنوان هستهٔ بنیادین تلاش های علمی و پژوهشی گذشته، حال، و آینده، در هوش مصنوعی معرفی کرد. از جمله شاخه های مهم هوش مصنوعی با قابلیت کاربرد مهندسی میتوان به مواردی نظیر شبکه های عصبی مصنوعی، الگوریتم های ژنتیک، برنامه نویسی ژنتیک، کلونی مورچگان و اشاره نمود.

1-6- روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت:

بسیاری از سامانه های زنده و غیر زنده طبیعی، نسبت به سیستم های ساخت دست بشر از لحاظ کارایی برتری کامل دارند. همین امر محققان را برآن داشته است که سیستمهای طبیعی را به عنوان الگوی طراحی سیستم های مهندسی مورد توجه قرار دهند. این گونه تلاشها به ایجاد مجموعه روشهای بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت منجر شده است که به دو زیرمجموعه اصلی تقسیم می شود: روشهای مبتنی بر طبیعت جاندار و روشهای الهام گرفته از طبیعت بی جان. اکثر روشهای مبتنی بر طبیعت جاندار، از فرآیند تکامل جانداران در طبیعت ایده

می گیرند. در این فرآیند ویژگی های جانداران بهبود می یابد تا بهتر بتوانند با محیط سازگار شوند و در رقابت با جانداران دیگر برای دستیابی به منابع محدود پیروز گردند. الگوریتم ژنتیک (GA) شاخه ای از هوش مصنوعی است که بر اساس نظریه تکامل مطرح شده است. سپس نظریه محاسبه تکاملی¹ در دهه 60 میلادی توسط ریچنبرگ معرفی گردید و این نظریه بوسیله دانشجویان و همکارانش توسعه یافت تا در سال 1975 منجر به اختراع GA توسط هالند و دانشجویانش و انتشار کتابی تحت عنوان (Adaptation in natural and artificial systems) شد [34]. الگوریتم ژنتیک به عنوان یک ابزار موثر برای حل مسائل بهینه سازی غیرخطی پیچیده مورد استفاده قرار می گیرد. در سال های اخیر، تحقیقاتی در زمینه کاربرد GA در مسائل هیدرولوژی و منابع آب صورت گرفته است. وانگ² [35]، بطور موفقیت آمیز از تکنیک GA برای واسنجی مدل بارش- رواناب استفاده کرد. مورفی و همکاران³ [36]، با استفاده از الگوریتم ژنتیک ساده، روشی برای بهینه کردن شبکه آب ارائه کردند. سیمپسن و همکاران⁴ [37]، کارائی روش های شمارش کامل، برنامه ریزی غیرخطی و الگوریتم ژنتیک را برای یک شبکه لوله نمونه مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم ژنتیک می تواند راه حل های قابل قبولی ارائه کند. ریتزل و همکاران⁵ [38]، مسأله آلودگی آب های زیرزمینی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل نمودند. ایست و هال⁶ [39]، الگوریتم ژنتیک را برای حل مسأله چهار مخزنی بکار بردند. هدف آنها حداکثر کردن سود حاصل از تولید نیرو و تأمین آب کشاورزی تحت شرایط ثابت ذخیره و آزادسازی آب از مخزن بود. دویدسون و گولتر⁷ [40]، از الگوریتم ژنتیک برای بهینه کردن شکل شبکه های شاخه ای مانند سامانه های توزیع آب استفاده نمودند. جنتری و همکاران⁸ [41]، GA را برای برآورد محدوده آلوده شده یک سفره نیمه محدود بکار بردند. اخیراً جین و همکاران⁹ [42] و بهاتاچارجیا⁹ و ساتیش [43]، از GA برای مسأله بهینه سازی مقطع آبراهه مرکب استفاده کرده اند.

¹ - Evolutionary Computing

² - Wang

³ - Murphy et.al

⁴ - Simpson et.al

⁵ - Ritzel et.al

⁶ - East & Hall

⁷ - Davidson & Goulter

⁸ - Gentry et.al

⁹ - Jain et. al

در سال 1992 کوزا^۲ [44] الگوریتم های ژنتیک را در برنامه های استنتاجی برای انجام تکالیف معین به کار برد. او روش خود را برنامه نویسی ژنتیک^۳ نامید. برنامه نویسی ژنتیک جزو روش های الگوریتم گردشی محسوب می شود که مبنای تمامی آنها براساس نظریه تکاملی داروین استوار است. به عبارت دیگر الگوریتم های یاد شده اقدام به تعریف یک تابع هدف در قالب معیارهای کیفی نموده و سپس تابع یاد شده را با اندازه گیری و مقایسه روشهای مختلف حل و در یک فرآیند گام به گام تصحیح ساختار به کار می گیرند که در نهایت، روش حل مناسب را ارائه می نمایند. به عبارت دیگر در برنامه نویسی ژنتیک، ابتدا بلوک های موجود که شامل متغیرهای ورودی و هدف و نیز تابع ارتباط دهنده آنها می باشند، تعریف گردیده و سپس ساختار مناسب مدل و ضرایب آن تعیین می شوند. این روش شامل یک معادله ارتباط دهنده بین متغیرهای ورودی و خروجی بوده و لذا قادر به انتخاب خودکار متغیرهای مناسب مدل و حذف متغیرهای غیر مرتبط است که این امر سبب کاهش ابعاد متغیرهای ورودی خواهد شد. انتخاب ورودی های مناسب مدل یکی از مهم ترین مواردی است که بایستی در این روش مورد توجه قرار گیرد و این امر در شرایطی که از داده های ورودی ثانویه نیز بهره برده شود، از اهمیت مضاعفی برخوردار خواهد بود؛ زیرا ارائه داده های ورودی غیر مرتبط، سبب کاهش دقت مدل و ایجاد مدل های پیچیده تری می شود که تفسیر آنها با دشواری های بیشتری مواجه می گردد. در کاربردهای مهندسی، از برنامه ریزی ژنتیک به طور وسیعی در مدل سازی مسائل مربوط به تعیین ساختار پدیده ها استفاده به عمل می آید. به دلیل جدید بودن و پیچیدگی روش برنامه نویسی ژنتیک فقط تعداد محدودی استفاده از ابزار برنامه نویسی ژنتیک برای مهندسی آب در ادبیات فن موجود است. در این زمینه افرادی نظیر کوزین و ساویک^۴ [45]، ساویک و همکاران^۵ [46]، ویگهام و کراپر^۶ [47]، با بویچ و کیجز^۷ [48]، از روش GP برای مدل سازی بارش، رواناب استفاده کرده اند. رابونال و همکاران^۸ [49] برای تعیین هیدروگراف واحد از GP و شبکه عصبی

¹ - Satish & Bhattacharjya

² - John Koza

³ . Genetic Programming

⁴ - Cousin and Savic

⁵ - Savic.et.al

⁶ - Whigham and Crapper

⁷ - Babovic and Keijzer

⁸ - Rabunal et.al

استفاده کردند. و اخیراً نیز آیی تک و کیسی^۱ [50] GP را برای تعیین معادله انتقال رسوب معلق به کار گرفته اند.

¹ - Aytek and Kisi

2-1- مقدمه

چنانچه گفته شد جریانهایی را غیر دائمی گویند که در آنها پارامترهای هیدرولیکی جریان نسبت به زمان متغیر باشند. لویی از پدیده های هیدرولیکی غیر دائمی بوده و لحاظ نمودن تغییرات کمیت های هیدرولیکی نسبت به زمان بسیار ساده اندیشانه بوده و اغلب باعث نقص در تحلیل طراحی و اجرای سامانه های هیدرولیکی، به علت عدم در نظر گرفتن صحیح شرایط جریان می گردد و موارد زیر نمی توان جریان را دائمی فرض کرد و لذا در این شرایط بایستی از مدل غیر دائمی استفاده نمود:

الف - وجود تغییرات سریع در دبی جریان و تراز سطح آب

اگر جریان ورودی یا تراز سطح آب در یک مرز جریان بطور سریع تغییر نماید ترم شتاب در مقدار اندازه حرکت جریان، نقش اصلی را بازی خواهد نمود. لاهی از این مورد وقوع هیدرو گراف با زمانهای کوتاه، شکست سد، باز و بسته شدن ناگهانی دریچه هلی باشد که غیر دائمی در نظر گرفتن جریان باعث کاهش تراز بیشینه سیلاب بدلیل روند یابی سیل در طول مسیر خواهد شد.

ب - شبکه های جریان

برای شبکه های مجاری روباز در مقسم ها کاربرد روش جریان دائمی نمی تواند توزیع دبی را بین گره ها انجام دهد و گاهی در بعضی شاخه ها، جهت جریان بدلیل تغییر در میزان دبی جریان در هر شاخه معکوس می گردد که در مدل های دائمی این تغییرات در نظر گرفته نمی شود و شبکه های رودخانه ای گاهی بدلیل عدم همزمانی بیشینه سیلاب های شاخه ها و تاخیر زمانی بیشینه هتالکب حداکثر مقادیر سیلاب در شاخه ها منطقی نمی باشد توسط یک مدل غیر دائمی، هیدرو گراف سیل در شاخه ها با زمان مشترک مبنا مورد شبیه سازی واقعی قرار می گیرند.

ج - آبراهه ها با شیب ملایم

در آبراه های با شیب کم شبیه سازی باید بر اساس مدل غیر دائمی صورت پذیرد زیرا در این رودخانه ها بدلیل شیب ملایم، اثر شیب هیدرولیکی در زمان وقوع سیلاب باعث می گردد که تراز بیشینه در دبی های حداکثر اتفاق نیافتد این موضوع با مراجعه به منحنی دبی - اشل (شکل 2-1) قابل ملاحظه می باشد.