دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی علوم آب

شماره پایان نامه: 8830701

پایان نامه دکتری هیدرولوژی (Ph.D)

گرایش هیدرولوژی

عنوان:

توسعه مدل فازی شبیه سازی- بهینه سازی برای تخصیص بار آلودگی در پیکره آبی

اساتید راهنما:

دکتر علی محمد آخوند علی

دکتر هادی معاضد

اساتید مشاور:

دکتر نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد

دکتر بنفشه زهرایی

نگارنده

مجتبی رفیعی

اردیبهشت ماه 1393

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

صورتجلسه دفاع از پایان‌نامه دکتری (Ph. D.)

معاونت محترم پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی علوم آب

احتراماً بدینوسیله به اطلاع می‌رساند آقای مجتبی رفیعی به شماره دانشجوئی ۸۸۳۰۷۰۱ مراحل آموزشی و پژوهشی دوره دکتری رشته هیدرولوژی را طبق آئین‌نامه مربوطه با موفقیت به اتمام رسانیده و نمره قبولی زبان را نیز کسب کرده است. همچنین ذمبرده دارای مقاله علمی در مجلات معتبر می‌باشد. با توجه به این که مدیریت محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه طی نامه شماره ۹۳/۳/۶/۳۱۶۶ مورخ ۱۳۹۳/۱/۲۷ با برگزاری جلسه دفاع از پایان‌نامه ایشان موافقت نموده‌اند، بنابراین در تاریخ ۱۳۹۳/۲/۳ جلسه دفاع از رساله ایشان زیر نظر هیئت داوران با ریاست استاد راهنما بعمل آمد. در این جلسه دانشجو گزارشی از کارهای تحقیقاتی و رساله خود ارائه نموده و از آن دفاع کرد. هیئت داوران در پایان پس از شور و بررسی در خصوص اصالت و صحت رساله، امتیاز آن را به شرح زیر مشخص نمود:

الف) قبول با نمره به عدد ۱۹٫۷ به حروف نوزده و هفتاد صدم

۱- با درجه عالی ☑ ۲- بسیار خوب ☐ ۳- خوب ☐ ۴- قابل قبول ☐

ب) غیرقابل قبول

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	عنوان در هیئت داوران	محل خدمت	امضاء
۱	دکتر علی محمد آخوندعلی	استاد	استاد راهنما (۱)	دانشگاه شهید چمران	
۲	دکتر هادی معاضد	استاد	استاد راهنما (۲)	دانشگاه شهید چمران	
۳	دکتر نعمت اله جعفرزاده حقیقی فرد	دانشیار	استاد مشاور (۱)	دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز	
۴	دکتر بنفشه زهرایی	دانشیار	استاد مشاور (۲)	دانشگاه تهران	
۵	دکتر سید محمود کاشفی پور	استاد	داور خارجی (۱)	دانشگاه شهید چمران	
۶	دکتر حمیدرضا غفوری	استاد	داور خارجی (۲)	دانشگاه شهید چمران	
۷	دکتر افشین تکدستان	استادیار	داور داخلی (۱)	دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز	
۸	دکتر کاظم حمادی	استادیار	داور داخلی (۲)	سازمان آب و برق خوزستان	
۹	دکتر مهدی قمشی	استاد	نماینده تحصیلات تکمیلی	دانشگاه شهید چمران	

خواهشمند است دستور فرمائید مراتب فوق پس از ثبت به اطلاع مدیریت محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه رسانده شود.

مدیر گروه: هیدرولوژی و سنایع آب نام و نام خانوادگی: فریدون رادمنش امضاء و تاریخ

این پایان نامه با حمایت مالی بانک جهانی از طریق

Robert S. McNamara (RSM) Fellowship

در دانشگاه استکهلم، سوئد، و در تیم تحقیقاتی Dr. Steve W. Lyon

توسعه یافته است.

تعریف پروژه و پیشنهاد پایان نامه در دانشگاه شهید چمران اهواز آغاز شده است.

سپاسگزاری

در ابتدا خداوند بخشنده را سپاس می گزارم که توان تلاش و کوشش به من عطا نمود تا فرصتی باشد برای حرکت به سوی کمال و زیبایی.

همچنین از مادر و پدر عزیزم که مشوقین، دلسوزان و حمایت کنندگان همیشگی من بوده اند قدردانی می کنم.

بر خود لازم می دانم از استادان ارجمند جناب آقای **دکتر علی‌محمد آخوندعلی** و جناب آقای **دکتر هادی معاضد** استادان راهنما در دانشگاه شهید چمران اهواز و جناب آقای **Dr. Steve W. Lyon** استاد راهنما در دانشگاه استکهلم که در طول این تحقیق مرا از کمک و راهنمایی های ارزشمند خویش بهره مند نمودند، همچنین از استادان مشاور گرامی جناب آقای **دکتر نعمت‌الله جعفرزاده‌حقیقی** و سرکار خانم **دکتر بنفشه زهرایی**، که نظرات ارزشمندشان را در اختیار من قرار دادند کمال سپاسگزاری را به عمل می آورم.

همچنین از **بانک جهانی** که هزینه های این پایان نامه را در قالب بورس تحصیلی RSM به متقبل شدند و همچنین از سرکار خانم **Dr. Gia Destouni** مدیر گروه هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و منابع آب دانشگاه استکهلم که میزبانی بورس مذکور را بر عهده داشتند قدردانی می نمایم.

از دوستان بزرگوارم سرکار خانم **دکتر مطهره سعادت‌پور**، عضو هیات علمی دانشگاه محیط زیست کرج و جناب آقای **دکتر کاوه زمانی** دانش آموخته دانشگاه UCDavis که از نظرات ارزشمند آنان در بخشهایی از کار بهره مند بوده ام سپاسگزاری می کنم.

چکیده

نام خانوادگی: رفیعی	**نام**: مجتبی
عنوان پایان نامه: توسعه مدل فازی شبیه سازی- بهینه سازی برای تخصیص بار آلودگی در پیکره آبی	
استادراهنما :دکترعلی‌محمد آخوندعلی، دکتر هادی معاضد	
رشته: هیدرولوژی	**گرایش**: هیدرولوژی درجه تحصیلی: دکتری
محل تحصیل: دانشگاه شهید چمران اهواز	
تعدادصفحه: 197	تاریخ فارغ التحصیلی: 1393/2/3
کلید واژه: مدلسازی، تخصیص بار آلاینده، شبیه سازی، بهینه سازی، کیفیت آب، تصفیه فاضلاب، اهداف فازی	

رشد فزاینده و توسعه فعالیتهای شهری، صنعتی و کشاورزی در دهه‌های اخیر منجر به افزایش چشمگیر تولید آلاینده‌ها و پسماندهای شهری، صنعتی و کشاورزی شده است. آبهای سطحی به عنوان یکی از منابع پذیرنده آلودگی، همانند سایر منابع پذیرنده از ظرفیت محدودی برخوردار هستند. دستیابی به روشهای منطقی و اقتصادی نیازمند دسترسی و استفاده از ابزار مدیریتی کارآمد، مبتنی بر دانش زیست محیطی و مدیریت منابع آب می‌باشد. تخصیص بهینه بار آلاینده‌ها در بدنه های آبی می‌تواند از یک‌سو استانداردهای کیفی در سیستم را ارضا کرده و از سوی دیگر هزینه‌های تحمیل شده به مدیران شهری، صنعتی و کشاورزی را برای حذف آلاینده‌های تخلیه شونده به پیکره‌های آبی حداقل کند. مدل فازی تخصیص بار آلاینده با استفاده از یک برنامه در محیط متلب که یک مدل شبیه ساز را به یک مدل بهینه ساز پیوند می داد، نوشته شد. نرم افزار Qual2K برای شبیه سازی کیفیت آب در رودخانه گرگر و الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی متغیرهای تصمیم گیری (درصد تصفیه مورد نیاز برای هر تخلیه کننده/تصفیه خانه فاضلاب) به کار رفتند. توابع عضویت فازی خطی و غیر خطی در تابع هدف و قیود آن برای نشان دادن ابهام در تعریف اهداف و تعیین ترجیحات تصمیم گیران به کار رفت. مدل شبیه سازی-بهینه سازی برای تخصیص بار آلودگی با استفاده از رویکرد مرسوم در مطالعات

پیشین و رویکرد جدید این پایان نامه و برای دو فصل کم آبی و پرآبی تنظیم و اجرا شده نتایج به دست آمده از این دو رویکرد مقایسه گردید. مدل فازی شبیه سازی- بهینه سازی با رویکرد مرسوم (با استفاده از فضای تصمیم گیری پیوسته)، توانایی خوبی در نزدیک شدن به جواب بهینه برای تخصیص بار آلاینده داشت. در رویکرد جدید، مدل با استفاده از فضای تصمیم گیری گسسته که متناظر با درصد تصفیه فاضلاب در فرایندهای تصفیه در دسترس انتخاب شده بود اجرا شده و علاوه بر الگوریتم ژنتیک، جستجوی کامل در همسایگی بهینه محلی انجام شد. نتایج این مدل منتج به ارائه مدلی سریع تر، واقعی تر و با پیچیدگی کمتر نسبت به رویکرد مرسوم در مطالعات پیشین برای یافتن درصدهای تصفیه مورد نیاز برای تخلیه کنندگان فاضلاب شد و مصالحه بهتری بین اهداف متناقض ادارات محیط زیست و تخلیه کنندگان با لحاظ کردن محدودیتهای دنیای واقعی به دست آمد. نهایتا رویکرد جدید ارائه شده در این پایان نامه برای تخصیص بار آلودگی به عنوان روشی جامع برای انتخاب فرایند تصفیه فاضلاب برای تخلیه کنندگان در مقیاس حوضه/سیستمهای رودخانه ای پیشنهاد گردید.

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه و هدف 2

1-1. مقدمه 2
2-1. ضرورت و اهمیت تحقیق 5
3-1. نوآوری 7
4-1. ساختار پایان نامه 7
1-4-1. بخش بندی 7
2-4-1. دامنه و وسعت تحقیق حاضر 8
3-4-1. روش کار 10

فصل دوم- مروری بر کلیات و تئوری مدلهای تخصیص بار آلاینده و مدل شبیه سازی 13

2-1- مقدمه 13
2-2- مجموع بار روزانه بیشینه 14
2-3- تخصیص بار آلودگی 16
2-4- مدلهای قطعی تخصیص بار آلودگی 18
2-5- مدل تخصیص بار آلودگی غیر قطعی 32
2-6- رویکرد شبیه سازی- بهینه سازی در مسائل تخصیص بار آلودگی 41
2-7- سیستمهای فازی و ویژگیهای آن 44
2-8- معرفی مدلهای شبیه سازی کیفی پیکره آبی 55
2-8-1- مدل‌های ریاضی کیفیت آب رودخانه‌ها.....56
2-8-2- مدل‌های کامپیوتری کیفیت آب رودخانه‌ها.....58
2-8-3- معرفی مدل QUAL2K.....60

فصل سوم- پیشینه تحقیق.....84

3-1- **مقدمه** 84
3-2- **مروری بر سیر تغییرات روشهای تخصیص بار آلودگی** 84
3-3- **مروری بر سیر تغییرات دیدگاههای شبیه سازی و بهینه سازی** 86
3-4- **استفاده از فضاهای تصمیم گیری گسسته در مطالعات پیشین** 90
3-5- **مروری بر مطالعات مرتبط با عدم قطعیتهای مدلهای بهینه سازی فازی در مدیریت کیفی منابع آب** . 91
3-6- **جمع بندی و رویکرد این پایان نامه** 95

فصل چهارم- مواد و روشها (شبیه سازی کیفی رودخانه و توسعه مدل شبیه سازی- بهینه سازی در تخصیص بار آلودگی).....98

4-1. **شبیه سازی کیفیت آب در رودخانه** 98
4-1-1. معرفی رودخانه گرگر و تخلیه کنندگان.....99
4-1-2. شبیه سازی.....100
4-1-2-1.جمع آوری اطلات و معرفی نقاط پایش 100
4-1-2-2. واسنجی و صحت سنجی.....106
4-1-2-3. تحلیل حساسیت 108
4-1-2-4. معادلات حاکم و نرم افزار مورد استفاده.....108
4-2- **ساختار کلی مدل شبیه سازی- بهینه سازی** 111
4-2-1. مدل تخصیص فازی بار آلودگی.....118
4-2-2. چگونگی حل مسائل در الگوریتم ژنتیک.....127

فصل پنجم- کاربرد مدل فازی شبیه سازی- بهینه سازی در تخصیص بار آلودگی و نتایج و بحث 133

5-1. **نتایج شبیه سازی کیفی رودخانه گرگر** 133
5-2. **کاربرد مدل بهینه سازی- شبیه سازی در مسئله تخصیص بار آلودگی**.....144
5-2-1. مدل شبیه سازی-بهینه سازی با رویکرد مرسوم.....144

5-2-2- مدل شبیه سازی-بهینه سازی با رویکرد جدید..... 161
5-2-3. مقایسه و بحث بر روی نتایج مدل با استفاده از رویکرد مرسوم و رویکرد جدید 177

فصل ششم- نتیجه گیری و پیشنهادها 185

6-1. **نتیجه گیری** 185
6-2. **پیشنهادها** 188

منابع و مراجع..... 190

فهرست جدولها

جدول 2-1. درستی گزاره ها در منطق کلاسیک.....53
جدول 2-2. درستی گزاره ها در منطق فازی.....53
جدول 2-3. اجزاء و متغیرهای کیفی مدل QUAL2K 67
جدول 4-1. ایستگاههای نمونه گیری و فاضلابهای تخلیه شونده به رودخانه گرگر.....103
جدول 4-2. محدوده پارامترهای واسنجی مدل.....107
جدول 5-1. موقعیت ایستگاهها و محل ورود فاضلاب به رودخانه گرگر.....134
جدول 5-2. مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای کیفی در ایستگاهها در رودخانه گرگر، 13 اردیبهشت 1390 135
جدول 5-3. مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای کیفی در ایستگاهها در رودخانه گرگر، 21 مهر 1389.....135
جدول 5-4. مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای کیفی پسابهای ورودی به رودخانه گرگر.....136
جدول 5-6. سنجش خطا با استفاده از پارامترهای آماری بر روی داده های مدل شده و اندازه گیری شده..141
جدول 5-7. تحلیل حساسیت انجام شده بر روی داده های 13 اردیبهشت 1391 در رودخانه گرگر.....143
جدول 5-8. مقادیر دبی کمینه هفت روزه در ده سال گذشته (7Q10) رودخانه گرگر در ماههای مختلف ..146
جدول 5-9. مقادیر دبی و آلودگی تخلیه کنندگان در مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی 147
جدول 5-10. جزئیات تابع عضویت تخلیه کنندگان.....147
جدول 5-11. جزئیات تابع عضویت اهداف ادارات حفاظت محیط زیست در نقاط کنترل مختلف رود گرگر 148
جدول5-12. نتایج حاصل از اجرای مدل با فضای تصمیم گیری پیوسته با ضریب پنالتی 1/01 151
جدول5-13. نتایج حاصل از اجرای مدل با فضای تصمیم گیری پیوسته با ضریب پنالتی 1/05 152
جدول5-14. نتایج حاصل از اجرای مدل با فضای تصمیم گیری پیوسته با ضریب پنالتی 1/1.....153
جدول 5-15. مقادیر استفاده شده در جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک در متلب.....154
جدول 5-16. تغییرات مقادیر بردار متغیرهای تصمیم گیری در 100 نسل.....156
جدول 5-17. مقادیر نهایی تابع هدف و متغیرهای تصمیم گیری در ده اجرای متفاوت مدل شبیه سازی-بهینه سازی تخصیص بار آلاینده.....157
جدول 5-18. مقادیر نهایی تابع هدف و متغیرهای تصمیم گیری در مدل شبیه سازی-بهینه سازی تخصیص بار آلاینده به ازای مقادیر مختلف A و B (حالتهای خطی و غیرخطی).....158

جدول 5-19. تغییرات مقادیر تصفیه مورد نیاز برای BOD در حالتهای کم آبی و پرآبی برای هر تخلیه کننده 161
جدول 5-20. فرایندهای مورد نیاز و بازدهی آنها در حذف $CBOD_F$ در منطقه مورد بررسی 164
جدول 5-21. مقادیر در نظر گرفته شده برای تنظیمات جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک در متلب..... 166
جدول 5-22. تحلیل حساسیت مدل نسبت به فاصله همسایگی برای یافتن جوابهای امکانپذیر..... 169
جدول 5-23. درصد حذف فاضلاب در هر تصفیه خانه (تخلیه کننده) به ازای جوابهای مختلف به دست آمده در همسایگی جوابهای اولیه..... 170
جدول 5-24. بهترین جوابهای نهایی (درصد تصفیه مورد نیاز) به دست آمده از کاربرد ضوابط مختلف در همسایگی جواب اولیه برای شرایط کم آبی 176
جدول 5-25. بهترین جوابهای نهایی (درصد تصفیه مورد نیاز) به دست آمده از کاربرد ضوابط مختلف در همسایگی جواب اولیه برای شرایط پر آبی 176
جدول 5-26. درصدهای تصفیه و فرایندهای فاضلاب به دست آمده از حل مدل فازی تخصیص بار آلودگی در حالت فضای تصمیم گیری گسسته 177
جدول 5-26. مقایسه مقادیر سطح رضایتمندی برای اهداف تخلیه کنندگان و ادارات حفاظت محیط زیست با فضاهای تصمیم گیری پیوسته و گسسته 182

فهرست شکلها

شکل 2-1. ساختار اصلی سیستم فازی خالص 48
شکل 2-2. ساختار اصلی سیستم فازی TSK..... 49
شکل2-3. ساختار اصلی سیستم با فازیساز و غیرفازیساز..... 50
شکل 2-4. چگونگی تقسیم بندی یک رودخانه بدون شاخه‌های فرعی در مدل QUAL2K..... 61
شکل 2-5. چگونگی تقسیم بندی و شماره گذاری بازه‌ها در یک رودخانه دارای شاخه‌های فرعی 62
شکل 2-6. تقسیم یک بازه از رودخانه با مشخصات مشخص به چند المان 62
شکل 2-7. موازنه جریان برای هر المان 63
شکل 2-8. کانال ذوزنقه‌ای و پارامترهای هندسی آن 64
شکل 2-9. موازنه جرم (از چاپرا و همکاران،2003)..... 68
شکل 2-10. سینتیک مدل و فرایندهای انتقال جرم 69
شکل 2-11. نرخ هوادهی مجدد در مقابل عمق و سرعت 77
شکل 2-12. نمای ساده مدل اکسیژن مورد نیاز رسوبات کف و فلاکس مواد مغذی رسوبات..... 82
شکل 4-1. موقعیت ایستگاههای پایش و نقاط ورود فاضلاب در رودخانه گرگر..... 102
شکل 4-2. بازه بندی به همراه محل ورود پساب ها در طول رودخانه گرگر 104
شکل 4-3. موازنه جرم (از چاپرا و همکاران،2003)..... 110
شکل 4-4. نمودار شمایی برهم کنش متغیرهای حالت..... 110
شکل 4-5: ساختار کلی مدل شبیه سازی- بهینه سازی در حالت استفاده از فضای تصمیم گیری پیوسته ... 117
شکل 4-6. ساختار کلی مدل شبیه سازی- بهینه سازی برای یافتن جواب نهایی در همسایگی جواب اولیه در حالت فضای تصمیم گیری گسسته 118
شکل 4-7. ساختار کلی مدل تخصیص بار آلاینده در محیط تصمیمگیری فازی 119
شکل4-8. تابع عضویت هدف E_{wl} برای پارامترهای کیفی با غلظت دلخواه بیش از غلظت مجاز (مانند DO) 125
شکل4-9. تابع عضویت هدف E_{wl} برای پارامترهای کیفی با غلظت دلخواه کمتر از غلظت مجاز (مانند BOD)..... 125
شکل 4-10. تابع عضویت هدف F_{wmn} 127

شکل 4-11. تبادل ژنی در اثر برش کروموزوم در یک نقطه..... 129
شکل 4-12. تبادل زنی در اثر برش کروموزوم در چند نقطه..... 130
شکل 5-1. نتایج مدل شبیه سازی در رودخانه گرگر برمبنای داده های تهیه شده در روز 21 مهر 1389.... 139
شکل 5-2. نتایج مدل شبیه سازی در رودخانه گرگر برمبنای داده های تهیه شده در روز 13 اردیبهشت 1390 139
شکل 5-3. شکل شمایی رودخانه گرگر به همراه نقاط ورود آلاینده (W1:W7) و نقاط کنترل (C.P.1:C.P.8) 146
شکل 5-4. تحلیل حساسیت الگوریتم ژنتیک نسبت به تعداد جمعیت اولیه (20 تا 150)..... 150
شکل 5-5. بیشینه و میانگین تابع هدف در نسلهای مختلف الگوریتم ژنتیک 156
شکل 5-6. تغییرات BOD (متغیر حالت) در طول رودخانه به ازای مقادیر بهینه به دست آمده از حل مدل تخصیص بار آلودگی..... 160
شکل 5-7. تغییرات DO (متغیر حالت) در طول رودخانه به ازای مقادیر بهینه به دست آمده از حل مدل تخصیص بار آلودگی..... 160
شکل 5-8. نمودار جریان مدل فازی تخصیص بار آلاینده برای یافتن جواب اولیه و جواب نهایی در حالت فضای تصمیم گیری گسسته 167
شکل 5-9. تغییرات BOD (متغیر حالت) در طول رودخانه گرگر به ازای ضوابط مختلف اعمال شده در همسایگی جواب اولیه (در شرایط کم آبی)..... 183
شکل 5-10. تغییرات BOD (متغیر حالت) در طول رودخانه گرگر به ازای ضوابط مختلف اعمال شده در همسایگی جواب اولیه (در شرایط پرآبی)..... 183

فصل اول

مقدمه و هدف

فصل اول- مقدمه و هدف

1-1. مقدمه

رشد فزاینده و توسعه فعالیتهای شهری، صنعتی و کشاورزی در دهه‌های اخیر منجر به افزایش چشمگیر تولید آلاینده‌ها و پسماندهای شهری، صنعتی و کشاورزی شده است. آبهای سطحی به عنوان یکی از منابع اصلی پذیرنده، همانند سایر منابع پذیرنده از ظرفیت محدودی برخوردار هستند. از این رو برای حفظ محیط زیست و تامین شرایط لازم برای استمرار حیات سالم و ایمن برای نسل حاضر و نسلهای بعدی، تلاش در جهت دستیابی به روشهای منطقی و اقتصادی مدیریت کیفی منابع آب به طور عام و منابع آبهای سطحی به طور خاص یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. تحقق این امر نیازمند دسترسی و استفاده از ابزار مدیریتی کارآمد، مبتنی بر دانش زیست محیطی و مدیریت منابع آب می-باشد.

معمولا اکسیژن محلول می تواند به عنوان شاخصی از سلامت اکوسیستم آبی در نظر گرفته شود (چانگ[1]، 2005). غلظت اکسیژن محلول به ظرفیت خودپالایی رودخانه ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها، اکساینده های شیمیایی و تنفس[2] گیاهان، جلبک ها و فیتوپلانکتون‌ها بستگی دارد (درولک و کونکان[3]، 1996). غلظت پایین اکسیژن محلول بخصوص در دوره های کم آبی باعث بروز شرایط بحرانی می شود. کمبود اکسیژن که می تواند در نهایت به شرایط بیهوازی منجر شود و موجب

[1] Chang
[2] respiration
[3] Drolc and Konkan

بهم خوردن توازن اکوسیستم از طریق مرگ آبزیان، بوی تعفن و مشکلات زیبایی شناختی[4] شود (کاکس[5]، 2003)

برای سالم بودن یک رودخانه، پارامترهای کیفی کلیدی نظیر اکسیژن محلول (DO)[6] اکسیژن خواهی بیوشیمیایی کربنی (CBOD)[7] نیتروژن کل (TN)[8] فسفر کل (TP)[9] دما و pH در محدوده مناسب قرار بگیرند (کانل[10] و همکاران، 2007).

بسیاری از استانداردهای ایران و سایر کشورها، مقدار مشخصی برای غلظت آلاینده های تخلیه شونده به آبهای سطحی درنظر گرفته اند. این استانداردها به سایر ویژگیهای مهم تخلیه فاضلاب نظیر بار آلودگی، ظرفیت خودپالایی پذیرنده فاضلاب (در این تحقیق: رودخانه) و اهداف متفاوت تصمیم گیران در منطقه توجهی نمی کنند. از طرف دیگر توجه به ویژگیهای پذیرنده فاضلاب، بررسی یکپارچه تخلیه فاضلاب به رودخانه را ضروری می سازد. مسلما یک رودخانه کم آب تر و آلوده تر توانایی پذیرفتن آلودگی کمتری نسبت به رودخانه ای پرآب تر و تمیزتر دارد. به همین ترتیب وجود یک تخلیه کننده یا چندین تخلیه کننده در طول رودخانه راهبردهای متفاوتی برای تخلیه فاضلاب می طلبد.

تخصیص بهینه بار آلودگی[11] در سیستم رودخانه‌ها یکی از جنبه‌های مهم مدیریت جامع کیفی منابع آب است. تخصیص بهینه بار آلاینده می‌تواند از یک‌سو استانداردهای کیفی در سیستم را ارضا کرده و از سوی دیگر هزینه‌های تحمیل شده به مدیران شهری، صنعتی و کشاورزی را برای حذف آلاینده‌های

[4] aesthetic nuisances
[5] Cox
[6] dissolved oxygen
[7] biochemical oxygen demand
[8] total nitrogen
[9] total phosphorus
[10] Kannel
[11] Optimum Waste Load Allocation

ورودی به پیکره‌های آبی کمینه کند. تاکنون روشهای مختلفی در تخصیص بهینه بار آلاینده‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اگرچه در بسیاری از موارد این روشها به جوابهای قابل قبولی در سطح مدیران تصمیم‌گیرنده منجر شده‌اند، اما به دلایلی از جمله وجود مشکلات در فرمول‌بندی مسئله و عدم انطباق با شرایط واقعی با استقبال گروههای مختلف ادارات حفاظت محیط‌زیست و تخلیه‌کنندگان روبرو نشده‌اند.

به‌طور کلی مدلهای شبیه‌سازی- بهینه‌سازی در جنبه‌های مختلفی از مسائل مدیریت منابع آب همانند مدیریت آبهای زیرزمینی، مدیریت کمی و کیفی آبهای سطحی، سیستمهای توزیع آب در شبکه، بهره-برداری از مخازن و تخصیص بهینه بارآلاینده‌ها نتایج مطلوبی ارائه‌کرده‌اند. بنابراین به‌کارگیری ترکیب روشهای شبیه‌سازی- بهینه‌سازی به منظور ارائه طرحهایی با کارایی بهتر و قابلیتهای گسترده‌تر به نظر لازم و ضروری می‌آید که از عوامل اصلی محرک در این کار تحقیقاتی بوده‌است. توسعه مدلهای شبیه-سازی با قابلیتهای بالا به همراه توسعه فزاینده بهینه‌سازهای با قابلیت‌های گسترده در حل مسائل غیرخطی و حتی غیر محدب بسیار امیدوار کننده بوده و امروزه در اغلب موارد محققان و حتی تصمیم‌گیران اجباری به استفاده از مدلها و شبیه‌سازهای خطی ندارند که سیستم‌های کم و بیش پیچیده را با سیستم‌های خطی تقریب می‌زنند.

نباید از این نکته مهم نیز غافل ماند که مسائل مدیریت کیفی با انواع متفاوتی از عدم قطعیتها در گامهای تصمیم‌گیری فرآیند تخصیص بهینه بار آلاینده مواجه هستند. این عدم‌قطعیتها ناشی از تصادفی و همچنین مبهم بودن پارامترهای تصمیم‌گیری است. تصادفی بودن پارامترها ناشی از تغییرات ناگهانی دبی رودخانه، دبی آلاینده ورودی به سیستم، دما، اجزای کیفی موجود در سیستم و... می‌باشد. مبهم

بودن پارامترها ناشی از عدم شفافیت اهداف تعریف شده توسط ادارات حفاظت محیط زیست و تخلیه‌کنندگان می‌باشد. برای مثال تعریف غلظت مطلوب، غلظت مجاز، حد پایین تصفیه و... به عنوان اهداف ادارات حفاظت محیط زیست و تخلیه‌کنندگان چندان شفاف و قابل تفکیک نیست و به نظر می‌رسد که برخورد منطقی با عدم قطعیتهای ناشی از مبهم‌بودن اهداف را می‌توان در قالب مجموعه‌های فازی مورد مطالعه و بررسی قرار داد.

1-2. ضرورت و اهمیت تحقیق

یکی از جنبه‌های مهم مدیریت کیفی منابع آب، تخصیص بهینه بار آلودگی[12] در سیستم رودخانه‌ها است. در این مساله دو هدف متعارض یعنی بهبود کیفیت آب در سیستم از یک‌سو و از سوی دیگر کمینه نمودن هزینه‌های تحمیل شده به تخلیه کنندگان شهری، صنعتی و کشاورزی برای کاهش آلاینده-های ورودی به پیکره‌های آبی وجود دارد. ضروری است بین این دو هدف متعارض مصالحه[13] ایجاد شود تا هر دو هدف به میزانی از رضایتمندی برسند. این مصالحه در قالب یک مدل تخصیص بار آلاینده ها در رودخانه گرگر (شاخه ای از رودخانه کارون) که یکی از آلوده ترین بخشهای حوضه کارون بزرگ می باشد انجام پذیرفت. این رودخانه هم به عنوان پذیرنده بخشی از آلاینده های شهری، صنعتی و کشاورزی استان خوزستان و هم به عنوان منبع تامین آب برای مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی محسوب می گردد. بنابراین مدیریت تخلیه آلودگی (تخصیص بار آلودگی) برای کمینه

[12] Optimum Waste Load Allocation
[13] Compromise

نمودن هزینه های تخلیه کنندگان و همچنین تامین استانداردهای کیفی در این رودخانه ضروری می باشد.

هدف کلی این مطالعه توسعه و کاربرد روشی برای به دست آوردن میزان بهینه تخصیص بار آلاینده ها در بدنه آبی با استفاده از برنامه Qual2K به عنوان یک مدل شبیه‌ساز و الگوریتم ژنتیک به عنوان یک ابزار بهینه‌ساز با اهداف فازی و قیدهای مدل بهینه‌سازی می‌باشد. دسترسی به هدف فوق در بر گیرنده هدفهای خردتری به شرح زیر می باشد:

1- جمع آوری اطلاعات و محاسبه ضرایب کاهش[14] پارامترهای کیفی از طریق شبیه سازی کیفیت آب[15] در رودخانه

2- در نظر گرفتن معیارها و قیدهای مناسب برای تخلیه کنندگان و نقاط کنترل در رودخانه با توجه به اهمیت آنها

3- ایجاد رابطه بین شبیه ساز و بهینه ساز به منظور تامین مدل کامل مورد نظر

4- توسعه مدل شبیه سازی-بهینه سازی با در نظر گرفتن قیدها و عدم قطعیت های موجود در سیستم با استفاده از منطق فازی

5- به دست آوردن محدوده درصد تصفیه مورد نیاز برای هر تخلیه کننده/تصفیه خانه

6- ارائه روشی برای انتخاب فرایند تصفیه فاضلاب بر اساس بازدهی قابل انتظار در هر منطقه برای تخلیه کنندگان به یک رودخانه/حوضه در قالب یک مدل جامع

[14] Decay Coefficients
[15] Water Quality Simulation