بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

تغذیه‌گرایی مخازن-مدلسازی دوبعدی(مطالعه موردی سد کرخه)

حسن محمدی خلف بادام

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته

عمران- محیط زیست

اساتید راهنما:

دکتر مجتبی غروی

دکتر عباس افشار

آذر ۱۳۸۳

چکیده

فرایند تغذیه گرایی که نتیجه غیر مستقیم فرایندهای توسعه بر کیفیت دریاچه‌ها و مخازن سدهاست، از جمله اثرات بسیار مضر بر کیفیت آب به شمار می‌رود که در وضعیتهای حاد بسیاری از اهداف اقتصادی ساخت مخازن را با مشکلات جدی روبرو می‌سازد و مشکلات عدیده‌ای را فرا روی مدیریت کیفی مخازن قرار می‌دهد.

مخزن سد کرخه با ظرفیت مفید بیش از ۵ میلیارد متر مکعب با مصارف آبیاری و شرب از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق در ابتدا با داده های برداشتی از رودخانه و مخزن سد کرخه و با استفاده از یک مدل مفهومی ساده که بر اساس موازنه مواد مغذی استوار است، نقش عوامل درون‌مخزنی و برون‌مخزنی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حکایت از نقش عوامل برون مخزنی دارد. سپس آخرین نسخه مدل CE-QUAL-W2 در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته و کالیبراسیون هیدرودینامیک مدل به وسیله دما انجام وکالیبراسیون کیفی مدل به وسیله پارامترهای نیترات، فسفات با داده های ثبت شده در سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳ انجام شده است. روند کنونی ورود مواد مغذی اساسی (به خصوص فسفر) به مخزن ، بهمراه زمان ماند بالای آب مخزن هشدار دهنده بوده و معرف شرایط احتمالی تغذیه گرایی در آینده خواهد بود.

کلمات کلیدی: مخزن کرخه، تغذیه گرایی، مدل CE-QUAL-W2، شبیه سازی کیفی

تقدیر و تشکر

برخود لازم می دانم از حمایتها و راهنماییهای اساتید عزیزم، دکتر عباس افشار و دکتر مجتبی غروی در طول انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از اساتید گرانقدر، دکتر کریم شیعتی و دکتر امیر فرشاد اعتماد شهیدی به خاطر مطالعه و تقبل داوری این پایان نامه و ارائه پیشنهادات ارزنده تشکر نمایم.

همچنین از دوستان عزیزم، مهندسین انصاری و حاجیانی که در طول انجام این تحقیق ازحمایتها و محبتهایشان برخوردار بودم، قدردانی و از ایزد یکتا سلامتی و سعادت ایشان را طلب می نمایم.

فهرست

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱. مقدمه ۱

۱-۲. اهداف مطالعه ۱

۱-۳. دامنه و وسعت کار ۲

۱-٤. روش کار ۲

۱-۵. مروری بر ادبیات مدلسازی کیفی مخازن ۳

فصل دوم: جایگاه مدلهای کیفی در مطالعات تغذیه‌گرایی مخازن و انتخاب مدل مناسب ۱۲

۲-۱. طبقه بندی و کاربرد مدلهای کیفی منابع آب ۱۳

۲-۲. اصول تدوین مدل ۱٤

۲-۳. جایگاه مدلهای کیفی سدهای مخزنی در مدیریت تغذیه گرایی پیکره های آبی ۱۵

۲-٤. ضوابط انتخاب موتور محاسباتی (شبیه ساز) مناسب ۲٦

۲-۵. انتخاب مدل مناسب جهت پیش بینی روند تغییرات مواد مغذی مخزن کرخه ۱۸

فصل سوم :تغذیه‌گرایی مخازن و مفاهیم مرتبط با آن ۲۱

۳-۱. مقدمه ۲٦

۳-۲. حالات مختلف غذایط پیکره های آبی ۲٦

۳-۳. اثرات تغذیه گرایی ۲٦

۳-۳-۱. اثرات کمی ۲۷

۳-۳-۲. اثرات شیمیایی ۲۸

۳-۳-۳. اثرات بیولوژی ۲۸

۳-٤. مواد مغذی ۲۹

۳-۵. جلبکها ۳۰

۳-۶. مفهوم بارگذاری فسفر ۳۹

۳-۷.مدل بیلان فسفر..... ۳۹
۳-۸. شاخصهای غنی شدگی..... ۴۰

فصل چهارم: :ارزیابی قابلیتهای مدل در یک حوزه با اطلاعات کافی..... ۴۱
٤-۱. مقدمه..... ٤۲
٤-۲. کاربرد مدل در حوزه اسپوکان..... ٤۲
٤-۲-۱. معرفی حوزه اسپوکان..... ٤۳
٤-۲-۲. معرفی سد لانگ لیک..... ٤٤
٤-۲-۳. محدوده مورد مطالعه..... ٤٤
٤-۲-٤. داده های مورد مورد نیاز به منظور مدلسازی سیستم مورد مطالعه..... ٤٦
٤-۲-٥. بسیمتری سیستم مورد مطالعه..... ٤٦
٤-۲-٦ . مدت زمان شبیه سازی..... ٤۷
٤-۲-۷. شرایط مرزی مدل ٤۷
٤ -۲-۸. شرایط اولیه..... ٤۷
٤-۲-۹. کالیبراسون مدل..... ٤۸
٤-۲-۱۰. آنالیز حساسیت مدل..... ۷۱
٤-۲-۱۱. نتایج تأیید مدل..... ۸۲
٤-۲-۱۲. ارزیابی سناریوهای مدیریتی..... ۹٥

فصل پنجم:کاربرد مدل در مخزن کرخه ۹۸
٥-۱. مقدمه..... ۹۹
٥-۲. مطالعات میدانی کیفیت آب مخزن کرخه..... ۹۹
٥-۲-۱. انتخاب پارامترهای مهم کیفی..... ۹۹
٥-۲-۲. وسایل اندازه گیری..... ۹۹
٥-۲-۳. برنامه مطالعات میدانی:..... ۱۰۱
٥-۲-٤. نتایج اندازه گیریهای میدانی:..... ۱۰۲
٥-۲-٥. تحلیل مقدماتی دادههای میدانی..... ۱۰٦
٥-۲-٦. بررسی مشاهدات و تحلیل ساختار لایه بندی..... ۱۰۷
٥-۲-۷. بررسی مشاهدات و تحلیل مواد مغذی مخزن..... ۱۰۸
٥-۳. کاربرد مدل در مخزن کرخه ۱۱۴

۵-۳-۱. مدت زمان شبیه سازی ۱۱٤
۵-۳-۲. اطلاعات ورودی به مدل ۱۱٤
۵-۳-۳. کالیبراسیون مدل ۱۱٤
۵-۳-٤. نتیجه گیری ۱۱٦
۵-۳-۵. پیشنهادات ۱۱۷

فصل ششم:منابع و مراجع ۱۳۳

فهرست اشکال:

شکل (۲-۱). فرایند مدلسازی کیفی آب ۱۴
شکل (۲-۲). مطالعه پیچیدگی مدل و قابلیت اعتماد ۱۶
شکل (۲-۳). رابطه شماتیک بین پیچیدگی مدل، هزینه و قابلیت اعتماد در چارچوب تصمیم گیری ۱۷
شکل (۳-۱). تقسیم بندی دریاچه های مغذی براساس منبع اصلی کربن ۲۳
شکل(۳-۲). اشکال ازت در آبهای طبیعی ۲۸
شکل(۳-۳). نمودارهای بارگذاری والن وایدر ۳۴
شکل(۳-۴). نمودارهای اصلاح شده والن وایدر ۳۴
شکل(۳-۵). رابطه شماتیکی بین فسفر کل، کلروفیل، عمق دیسک سکی با بارگذاری فسفر ۳۸
شکل(۴-۱). پلان شبیه سازی شده مخزن لانگ لیک توسط مدل ۴۵
شکل(۴-۲). مقایسه منحنی حجم-ارتفاع مدل با داده های واقعی ۴۶
شکل (۴-۳). مقایسه مابین تراز کالیبره شده و مشاهداتی در سال ۲۰۰۰ ۴۸
شکل (۴-۴). مقایسه مابین دمای کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۵۱
شکل (۴-۵). مقایسه مابین دمای کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۰ ۵۲
شکل (۴-۶). مقایسه مابین دمای کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۷۴ ۵۲
شکل (۴-۷). مقایسه مابین دمای کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۶۸ ۵۳
شکل (۴-۸). مقایسه مابین کلروفیل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۵۶
شکل (۴-۹). مقایسه مابین کلروفیل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۰ ۵۷
شکل (۴-۱۰). مقایسه مابین کلروفیل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۷۴ ۵۷
شکل (۴-۱۱). مقایسه مابین کلروفیل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۶۸ ۵۸
شکل (۴-۱۲). مقایسه مابین نیتروژن کل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۶۰
شکل (۴-۱۳). مقایسه مابین نیتروژن کل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۰ ۶۰
شکل (۴-۱۴). مقایسه مابین نیتروژن کل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۷۴ ۶۱
شکل (۴-۱۵). مقایسه مابین نیتروژن کل کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۶۸ ۶۱
شکل (۴-۱۶). مقایسه مابین ارتوفسفات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۶۳
شکل (۴-۱۷). مقایسه مابین ارتوفسفات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۰ ۶۳
شکل (۴-۱۸). مقایسه مابین ارتوفسفات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۷۴ ۶۴
شکل (۴-۱۹). مقایسه مابین ارتوفسفات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۶۸ ۶۴
شکل (۴-۲۰). مقایسه مابین نیترات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۶۷
شکل (۴-۲۱). مقایسه مابین نیترات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۰ ۶۸
شکل (۴-۲۲). مقایسه مابین نیترات کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۷۴ ۶۸
شکل (۴-۲۳). مقایسه مابین اکسیژن محلول کالیبره شده و مشاهداتی در المان ۱۸۷ ۷۰
شکل (۴-۲۴). نیمرخ حساسیت دما و اکسیژن محلول به فرمولاسیون بازدمش ۷۳
شکل (۴-۲۵). نیمرخ حساسیت کلروفیل به فرمولاسیون بازدمش ۷۳
شکل (۴-۲۶). سریهای زمانی حساسیت دما و اکسیژن محلول به فرمولاسیون بازدمش ۷۴

شکل (۴-۲۷). سریهای زمانی نیمرخ حساسیت کلروفیل به فرمولاسیون بازدمش ۷۴
شکل (۴-۲۸). نیمرخ حساسیت دما و اکسیژن محلول به پوشش باد ۷۵
شکل (۴-۲۹). نیمرخ حساسیت کلروفیل به پوشش باد ۷۶
شکل (۴-۳۰). سریهای زمانی نیمرخ حساسیت کلروفیل به پوشش باد ۷۶
شکل (۴-۳۱). سریهای زمانی حساسیت کلروفیل به پوشش باد در مخزن ۷۷
شکل (۴-۳۲). حساسیت دما، اکسیژن محلول نسبت به نرخ رشد جلبک ۷۸
شکل (۴-۳۳). حساسیت کلروفیل نسبت به نرخ رشد جلبک ۷۹
شکل (۴-۳۴). حساسیت دما و اکسیژن محلول نسبت به ثابت نیم اشباع فسفر ۸۰
شکل (۴-۳۵). حساسیت کلروفیل نسبت به ثابت نیم اشباع فسفر ۸۰
شکل (۴-۳۶). سریهای زمانی حساسیت دما، اکسیژن محلول نسبت به ثابت نیم اشباع فسفر ۸۱
شکل (۴-۳۷). سریهای زمانی حساسیت کلروفیل نسبت به ثابت نیم اشباع فسفر ۸۲
شکل (۴-۳۸). مقایسه تراز آب مدلسازی شده و مشاهداتی در سال ۲۰۰۱ ۸۲
شکل (۴-۳۹). مقایسه نیمرخهای مدلسازی شده و مشاهداتی دما دز سال ۲۰۰۱ ۸۴
شکل (۴-۴۰). مقایسه نیمرخهای مدلسازی و مشاهداتی کلروفیل در سال ۲۰۰۱ ۸۶
شکل (۴-۴۱). مقایسه نیمرخهای مدلسازی و مشاهداتی نیترات در سال ۲۰۰۱ ۸۸
شکل (۴-۴۲). مقایسه نیمرخهای مدلسازی و مشاهداتی آمونیوم در سال ۲۰۰۱ ۹۰
شکل (۴-۴۳). مقایسه نیمرخهای مدلسازی و مشاهداتی ارتوفسفات در سال ۲۰۰۱ ۹۲
شکل (۴-۴۴). مقایسه نیمرخهای مدلسازی و مشاهداتی اکسیژن محلول در سال ۲۰۰۱ ۹۴
شکل (۴-۴۵). سریهای زمانی فسفر کل و کلروفیل در عمق شش متری مخزن ۹۵
شکل (۴-۴۶). مقایسه سناریوهای مدیریتی و تأثیر آنها بر میزان فسفر کل ۹۶
شکل (۴-۴۷). مقایسه سناریوهای مدیریتی و تأثیر آنها بر میزان کلروفیل ۹۷
شکل (۵-۱) مکانهای نمونه گیری در مقاطع مختلف سد کرخه ۱۰۲
شکل (۵-۲). نیمرخهای دمایی مخزن در ماههای مختلف اندازه گیریهای سری اول ۱۰۷
شکل (۵-۳). نیمرخهای دما در عمق مخزن کرخه در سال ۸۰ ۱۰۸
شکل (۵-۴). میزان نیترات در ایستگاههای جلوگیر و پای پل برای داده های سری اول و دوم ۱۰۹
شکل (۵-۵). میزان فسفات در ایستگاههای جلوگیر و پای پل برای داده های سری اول و دوم ۱۰۹
شکل (۵-۶). نیمرخهای نیترات در مخزن طی نمونه گیریهای سری اول ۱۱۰
شکل (۵-۷). نیمرخهای فسفات در مخزن طی نمونه گیریهای سری اول ۱۱۰
شکل (۵-۸). وضعیت غذایی کنونی مخزن کرخه با استفاده از نمودار والن وایدر ۱۱۳
شکل (۵-۹). مقطع شبیه سازی شده مخزن کرخه ۱۱۵
شکل (۵-۱۰). پلان شبیه سازی شده مخزن کرخه ۱۱۵
شکل (۵-۱۱). شرایط اولیه دما و غلظتهای مواد مغذی در مخزن کرخه ۱۱۷
شکل (۵-۱۲). دبی ایستگاه جلوگیر و پای پل قبل از احداث سد کرخه در ماههای کم باران ۱۱۸
شکل (۵-۱۳). دبی ورودی به مخزن در مدت زمان شبیه سازی ۱۲۰
شکل (۵-۱۴). دبی خروجی از مخزن در مدت زمان شبیه سازی ۱۲۰
شکل (۵-۱۵). دبی خروجی از تونل دشت عباس در مدت زمان شبیه سازی ۱۲۰
شکل (۵-۱۶). دمای آب ورودی به مخزن کرخه در مدت زمان شبیه سازی ۱۲۱

شکل (۵-۱۷). مقایسه منحنی سطح محاسباتی و مدل ۱۲۲
شکل (۵-۱۸). مقایسه منحنی حجم محاسباتی و مدل ۱۲۳
شکل (۵-۱۹). نمودار کالیبراسیون تراز آب مخزن کرخه ۱۲۳
شکل (۵-۲۰). نمودارهای کالیبراسیون دمای مخزن کرخه در ماههای مختلف ۱۲۵
شکل (۵-۲۱). نمودارهای کالیبراسیون فسفات مخزن کرخه در ماههای مختلف ۱۲۷
شکل (۵-۲۲) نمودارهای کالیبراسیون نیترات مخزن کرخه در ماههای مختلف ۱۲۸

فهرست جداول

جدول (۲-۱). مقایسه ساختاری و عملکردی شبیه سازهای مورد بررسی ۱۸
جدول (۳-۱). سطح مواد مغذی، زی توده و توان تولیدی در دریاجه ها برای هر کلاس غذایی ۲۵
جدول (۳-۲). جالات غذایی سیستم بر حسب غلظت فسفر کل و دیگر متغیرهای مؤثر در شناخت تغذیه گرایی ۲۵
جدول (۳-۳). پتانسیل تغذیه گرایی به صورت تابعی از غلظت مواد مغذی ۳۳
جدول (۳-۴). کلاس بندی شرایط مواد غذایی بر اساس فسفر کل و عمق شفافیت ۳۷
جدول (۴-۱). مرفولوژی مخزن لانگ لیک ۴۳
جدول (۴-۲). شرایط اولیه پارامترهای کیفی مدل ۴۷
جدول (۴-۳). خطاهای کالیبراسیون تراز آب در مقایسه با داده های مشاهداتی ۴۸
جدول (۴-۴). پارامترهای مهم در کالیبراسیون ماجول دما ۴۹
جدول (۴-۵). خطاهای مربوط به کالیبراسیون دما ۵۰
جدول (۴-۶). پارامترهای مورد استفاده در کالیبراسیون ماجول کیفی مدل ۵۴
جدول (۴-۷). خطاهای مربوط به کالیبراسیون کلروفیل آ ۵۵
جدول (۴-۸). خطاهای مربوط به کالیبراسیون نیتروژن کل ۵۹
جدول (۴-۹). خطاهای مربوط به کالیبراسیون ارتوفسفات ۶۲
جدول (۴-۱۰). خطاهای مربوط به کالیبراسیون نیترات ۶۶
جدول (۴-۱۱). خطاهای مربوط به کالیبراسیون اکسیژن محلول ۶۹
جدول (۴-۱۲). مقایسه خطاهای کالیبراسیونمخزن لانگ لیک در دو تحقیق مختلف ۷۱
جدول (۴-۱۳). حساسیت مخزن به فرمولاسیون بازدمش ۷۳
جدول (۴-۱۴). حساسیت مخزن به ضریب پوشش باد ۷۵
جدول (۴-۱۵). حساسیت مخزن نسبت به نرخ رشد جلبک ۷۸
جدول (۴-۱۶). حساسیت مخزن نسبت به ثابت نیم اشباع فسفر ۷۹
جدول (۴-۱۷). خطاهای مربوط به تأیید دما در سال ۲۰۰۱ ۸۳
جدول (۴-۱۸). خطاهای مربوط به تأیید کلروفیل در سال ۲۰۰۱ ۸۵
جدول (۴-۱۹). خطاهای مربوط به تأیید نیترات در سال ۲۰۰۱ ۸۷
جدول (۴-۲۰). خطاهای مربوط به تأیید آمونیوم در سال ۲۰۰۱ ۸۹
جدول (۴-۲۱). خطاهای مربوط به تأییدارتوفسفات در سال ۲۰۰۱ ۹۱
جدول (۴-۲۲). خطاهای مربوط به تأیید اکسیژن محلول در سال ۲۰۰۱ ۹۳
جدول (۵-۱). نتایج اندازه گیریهای میدانی سری اول و دوم در ایستگاه جلو گیر ۱۰۳
جدول (۵-۲). نتایج اندازه گیریهای میدانی سری اول و دوم در ایستگاه پای پل ۱۰۴
جدول (۵-۳). نتایج اندازه گیریهای میدانی سری اول و دوم در مخزن کرخه ۱۰۵
جدول (۵-۴). مقادیر انتخابی کالیبراسیون دمای کرخه در ماههای مختلف ۱۲۴
جدول (۵-۵). مقادیر انتخابی کالیبراسیون مواد مغذی در مخزن کرخه ۱۲۶

فصل اول: کلیات

۱-۱. مقدمه

در گذشته و قبل از فرایند صنعتی شدن و شکل گیری کلان شهرها اقوام هر یک بـه طـور جداگانـه در کنار پیکره های آب شیرین به توسعه زندگی و گسترش اجتماع خود پرداختند و به منظورهای بسیار محدود چون شرب و کشاورزی از آب استفاده نمودند.اما به تدریج با رشد و بالندگی اقتصادی جوامع، آب بـه عنـوان یک ماده رقابتی برای رشد صنایع مختلف مطرح شد و از آن زمان تا به امروز بشر تلاشهای فراوانـی را بـرای کنترل این ماده حیاتی و استفاده بهینه از آن برای سرعت بخشیدن به فرآیند توسعه انجام داده است.در پـی رشد صنعتی جوامع، دریاچه های طبیعی به عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین آب اجتماعات وجوامع گذشته ، نه به لحاظ کمی و کیفی و نه به لحاظ جغرافیایی، دیگر جوابگوی خواستها و نیازهای بشر تشنه توسعه نبودند و بشر نیز به منظور فائق آمدن بر این مشکل به ساخت سدهای کوچک و بزرگ روی آورد.امروزه سـدها مـی بایست به گونه ای مدیریت شوند که قادر باشند نیازهای کمی و کیفی مراکز مصرف را تامین کنند.چرا که با احداث سدها بشر به تجربه دریافت که بـرای مـصارف مـورد نظـر، آب فاقـد کیفیـت لازم از ارزش چنـدانی برخوردار نبوده و در نهایت تهدید کننده اهداف اقتصادی طرح است.

مدیریت سدهای چند منظوره به واسطه ماهیت رقابتی مصرف هم از لحاظ کمی و هم از لحاظ کیفی و با عنایت به این واقعیت که هر استفاده کننده ای از آب، به نوعی باعث آلودگی آن می شود عملاً با تعارضات مدیریتی روبرو است.لذا در این راستا شناخت فرایندها و اندرکنشهای بین کیفیـت آب مخـازن و فعالیتهـای انسانی به منظور اعمال مدیریت مناسب تر ضروری به نظر می رسد.یکی از مهمترین این اثرات فرایند تغذیـه گرایی است.فرایند تغذیه گرایی که نتیجه غیر مستقیم فرایندهای توسعه بـر کیفیـت دریاچـه هـا و مخـازن سدهاست، ازجمله اثرات بسیار مضر بر کیفیت آب به شمار می رود که در وضعیتهای حاد بسیاری از اهـداف اقتصادی ساخت مخازن را با مشکلات جدی روبرو می سازد و مشکلات عدیده ای را فرا روی مدیریت کیفـی مخازن قرارمی دهد.

۱-۲. اهداف مطالعه:

به دلیل نبود دیدگاه جامع نگر و مبتنـی بـر توسـعه پایـدار گذشـته از کمبـود آب، بحـران کیفـی آب نیزتهدیدی جدی به شمار می آید . علیرغم اینکه زمان طولانی از عمر محدود سدهای در دست بهره برداری کشور ، بخصوص سدهایی که در مناطق مشرف به دشت های حاصلخیز احداث شده اند ، نمی گذرد ، معهذا ، مشکلات کیفی و شواهد رشدفزاینده این مشکلات مشاهده می شود . به عنوان نمونه می توان از سد هـایی چون میناب ، سقز و پیشین نام برد .

در این مطالعه هدف اصلی بررسی شرایط تغذیه گرایی و تهیه مدل پیش بینـی رفتـاری تغذیـه گرایـی مخازن و کاربرد آن در مخزن سد کرخه است.همچنین میتوان از مدل تهیه شده در موارد زیر بهره گرفت:

پیش بینی رفتارتغذیه گرایی درازمدت مخزن کرخه

پیش بینی کیفیت مخزن در نتیجه اجرای طرحهای توسعه در منطقه و تغییـرات کـلان کـاربری هـای

زمین

۱-۳. دامنه و وسعت کار:

با علم به شرایط ویژه حاکم بر سدهای کشور، به نظر می رسد پرداختن به مسائل زیست محیطی در سدها بالاخص سد کرخه که حدود ۳ سال از آبگیری آن می گذرد، میتواند راهکار مناسبی برای کمک به تصمیم گیران در پیش بینی و پیشگیری از تخریب و زوال محدود آبهایی گردد که با صرف هزینه های هنگفت ذخیره و تامین شده اند. همانگونه که ذکر شد یکی از مهمترین پدیده هایی که باعث افت کیفیت مخازن می شود تغذیه گرایی است.بواسطه این پدیده اغلب مخازن تحت پیرشدگی تدریجی قرار گرفته و به پیکره‌ای تبدیل خواهند شد که با افت شدید کیفی از اهداف اصلی خود فاصله زیادی گرفته و در نهایت به مردابی بدون مصرف تبدیل می‌گردند. اما برخی از مخازن ساخته شده بواسطه پدیده تغذیه گرایی بسیار سریعتر از عمر پیش بینی شده و طبیعی به مرگ زودرس دچار شده و به واسطه رشد بیش از حد گیاهان و بقایای موجودات زنده به لحاظ فیزیکی و شیمیایی و در نهایت مشکلات کیفی از ظرفیت آنها برای تامین اهداف مورد نظر کاسته خواهد شد .لذا شناخت این پدیده و اثرات ان بر کیفیت آب مخزن و به تبع آن پایین دست از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

دامنه و وسعت کار مطالعه حاضر تحت عنوان" تغذیه گرایی مخازن ؛ مدلسازی دو بعدی- مطالعه موردی سد کرخه" به صورت زیر خواهدبود:

- ترسیم تصویر کلی از وضعیت تغذیه گرایی کنونی مخزن سد با توجه به داده های هیدرولوژیکی و کیفی جمع آوری شده در محدوده مورد بررسی و تشخیص عوامل موثر بر تغذیه گرایی(برون مخزنی یا درون مخزنی)
- بررسی مدلهای شبیه سازی کمی-کیفی مخازن و انتخاب مدل مناسب.
- تهیه مدل مفهومی، تهیه مؤلفه های اصلی مدل شبیه سازی و نهایی کردن ساختار مدل مورد نظر.

۱-۴. روش کار:

تحقیق حاضر بصورت زیر انجام خواهد شد:

در ابتدا محدوده مورد بررسی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت تا تصویر کلی از وضعیت موجود مخزن سد از نظر مواد مغذی ترسیم شده و همچنین عوامل مؤثر بر میزان مواد مغذی مخزن کرخه (درون مخزنی یا برون مخزنی) مشخص شود.بدین منظور در یک برنامه پایش (۱۰ ماهه) داده های هیدرولوژیکی و کیفی مربوطه جمع آوری خواهد شد .

مرحله بعدی در انجام تحقیق شبیه سازی کیفیت مخزن از نظر مواد مغذی میباشد. دراین مرحله ابتدا مدلهای موجود و در دسترس مورد مطالعه قرار خواهند گرفت .سپس با در نظر گرفتن مسایل کیفی موجود در منطقه ، ساختار فیزیکی و ویژگی هیدرودینامیکی مخزن سد کرخه ، اهداف کوتاه مدت و دراز مدت مطالعه، و قابلیتهای مدلهای بررسی شده، مدل مناسب انتخاب می شود.سپس به دلیل عدم وجود

داده‌های قابل اعتماد و کافی در کشوربه طور عام قابلیتها و توان مدل منتخب در مدلسازی تغذیه‌گرایی با داده‌های غنی مربوط به مخزنی به غیر از کرخه مورد بررسی قرار گرفته و به طور خاص وضعیت مواد مغذی مخزن کرخه با اندک داده‌های موجود توسط مدل مشخص میشود.

۱-۵. مروری بر ادبیات مدلسازی کیفی مخازن

اکثر مدلهای کیفی مخازن موجودمدلهای توسعه یافته فیزیکی مدلهای دهه ۷۰ بوده و معادلات حاکم بر واکنشهای کیفی و بنیادی کمتر تغییر کرده و تلاش ها بیشتر متوجه افزایش ابعاد و روشهای حل موثرتر و مفیدتر بوده است.

توسعه مدلهای شبیه سازی کیفیت مخزن با مدلهای شبیه سازی رفتار حرارتی مخازن آغاز شد. در دهه گذشته محققین زیادی از موتور مدل $CE-QUAL-W2$ در طرح های پژوهشی و اجرائی خود استفاده کرده اند که حکایت از کارآئی مدل فوق دارد. ارتقاء پیوسته مدل و وجود نسخه ها و ویرایش های مکرر آن نشان از علاقه وافر محققان به استفاده از مدل فوق دارد. در این میان می توان به کار آقای *Gelda* و همکاران (۱۹۹۶) اشاره کرد که در آن آزمون موفقیت آمیز مدل دو بعدی فوق برای مخزن سد *Cannnonsville* گزارش شده است[۱]. مدل برای داده های دما، که در ۶ نقطه مخزن برای دوره آوریل تا نوامبر سال ۱۹۹۵ و بصورت هفتگی جمع آوری شده بود، کالیبره شده است . سپس کار تائید مدل با شبیه سازی پیوسته رژیم دمائی مخزن و کنترل آن با لایه بندی حرارتی مشاهده شده در یک دوره اقلیمی متفاوت با دوره کالیبراسیون انجام گرفته است.

آقای *Bales* و همکاران در سال ۱۹۹۸ کاربرد موفقی را از مدل $CE-QUAL-W2$ برروی دریاچه *Rhodhiss* گزارش کرده اند[۲] . داده های پایش حکایت ازمغذی بودن دریاچه دارد. داده های جمع آوری شده در یک دوره ۱۵ ماهه برای کالیبره کردن و کاربرد مدل مورد استفاده قرار گرفت. در کالیبراسیون هیدرولیکی، جذر مربع اختلافات بین مقادیر مشاهده و شبیه سازی شده تراز مخزن ودمابه ترتیب۰/۰۸۵ متر و۰/۲۴- درجه سانتیگراد بود. از مدل برای بررسی چگونگی تغییرات غلظت یک ماده ردیاب در دوره لایه بندی شده و غیر لایه بندی استفاده شد.

آقای *Risley* در سال ۱۹۹۷ با استفاده از مدل $CE-QUAL-W2$ تغییرات دمای رودخانه *tualatin* در ایالت ارگان آمریکا را با عوامل طبیعی و انسان ساخت مورد مطالعه قرار داد[۳]. با استفاده از نتایج مدل شرایط دمائی رودخانه در دوره های کم آبی در وضع موجود ، تغییرات دما در دوره های کم آبی با بهره برداری از واحدهای تصفیه فاضلاب ، نقش کاهش دما در نتیجه رهاسازی آب از مخزن سد *Henry Hagg* ، و بالاخره چگونگی تغییر دما با حذف سد انحرافی کوچک موجود ، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

در سال ۱۹۹۱ شورای شهر *Nashville* خواستار تهیه مدل دینامیکی کیفیت آب رودخانه *Cumberland* شد تا از آن به عنوان ابزاری برای برنامه ریزی و مدیریت سیستم استفاده شود. داده های نسبتا" خوب اصلی ترین نقش را در ضرورت استخدام یک مدل قابل اعتماد برای پیش بینی تغییرات کوتاه مدت کیفی آب به عهده داشت. بعد از بررسی چندین مدل دینامیکی ، بالاخره مدل دو بعدی $CE-QUAL-W2$ برای این منظور انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. برای کالیبراسیون اولیه از داده های هفتگی رودخانه *Cumberland*

استفاده شد. ضرایبی را که بیشترین تاثیر پذیری را از شرایط موجود داشته مشخص و نسبت به جمع آوری داده ها بیشتر اقدام شد. انطباق نسبی خوبی بین DO, BOD, NH_3 و PO_4 محاسبه شده و اندازه گیری شده نشان از قابلیت خوب مدل داشت.[۴].

در سال ۱۹۹۵در مدل *Eutro5* اداره حفاظت محیط زیست آمریکا از مدل *WASP* برای ارزیابی گزینه های مختلف کنترل فسفر از داده های سه ساله استفاده شده است . نتایج مدل نشان می دهد تحت شرایط کم آبی در تابستان ، بهترین نوع بهبود کیفیت آب دریاچه کاهش میانگین کلروفیل از میزان $60\ mg/l$ به $50\ mg/l$ میباشد که کماکان از میزان $30\ mg/l$ که مد نظر می باشد بیشتر است[۵] .

نتایج شبیه سازی با *WASP5* درسال ۱۹۹۷ درپروژه مدل سازی کیفیت آب رودخانه *Carson* در *Nevada* نشان می دهد که کاهش ۴۸ درصدی کل بار فسفر (*TP*) برای رسیدن به استاندارد میانگین سالانه *TP*در جریان رودخانه که همان $0/1\ mg-P/l$ می باشد لازم است. [۶] .

معمولاً از مدلهای صفر بعدی و چند بعدی نظیر $CE-QUAL-W2$ و *WASP5* برای مدلسازی کیفیت آب در مخازن و مدیریت تغذیه گرایی استفاده می شود . از کاربرد این مدلها برای مطالعه بر روی مخزن *Feitsui*در *Taiwan* در سال ۲۰۰۳ استفاده شده است[۷] .

مهمترین نتایج مطالعه مدل $CE-QUAL-W2$ بر روی مخزن *Iron Gate*1 بر روی رودخانه دانوب عبارتند از :

۱) ترکیب مورفولوژی و هیدرودینامیک جریان در مخزن در فر آیند رسوب گذاری نقش مهمی دارد.

۲) دو ناحیه مهم (*Bahan Iisland , Orsova Bay*) در اثر فرآیند رسوب گذاری تولید شد که هیچکدام از این دو قبل از ساخت مخزن وجود نداشتند .

۳) حدود ۱۲۰۰۰۰۰ تن از جامدات معلق سالانه ته نشین می شوند .

۴) نگهداشت سالانه مواد غذایی معلق وابسته به رسوبات شامل ۲ هزار تن فسفر ، ۲۹ هزار تن نیتروژن و ۲۷ هزار تن سیلیکا می باشد .

*WASP*6.1 در سال ۲۰۰۲برای رودخانه ای کوچک محصور در خلیج دریاچه *Allatoona* واقع در *Georgia* برای تامین توسعه غذایی *TMDL* در ایالت *Georgia* مورد استفاده و کالیبره قرار گرفت . *WASP* برای سه فصل رشد متوالی در سالهای ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ به کار گرفته شد تا رشد فیتوپلانکتونها را که منجر به افزایش مواد مغذی از منابع نقطه ای و غیر نقطه ای می شود شبیه سازی کند . این رودخانه کوچک ۲۴۱ مایل مربع از زمینهای مهم کشاورزی و مسکونی را به دریاچه *Allatoona* زهکشی می کند. این دریاچه بر روی رودخانه *Etoewah* که تقریباً در ۳۰ مایلی شمالی آتلانتا قرار گرفته است ، می باشد . بنابر این مدل کالیبره شده *WASP* توسط این ایالت مورد استفاده قرار گرفت تا بدین وسیله از کیفیت مناسب و استاندارد آب مورد استفاده مطمئن شود[۸] .

آقایانorlob و selna در سال ۱۹۷۰ یک مدل ریاضی برای شبیه سازی رفتار حراراتی دریاچه های عمیق ارائه دادند. دراین کار تحقیقاتی انتقال انرژی در عمق آب لایه بندی شده با ۴ مکانیسم (۱) انتقال همرفت، (۲) تابش مستقیم آفتاب، (۳) انتقال در اثر سرد شدن سطح، و (۴) پخش موثر که معرف انتقال در

توده آب بود، مدل شد. مدل فوق در مخزن فونتانا[1] به کار گرفته شد[۹].

در سال۱۹۷۲ آقای *Huber* و همکاران یک مدل ریاضی برای پیش بینی توزیع قائم دما در مخازن مطبق ارائه دادند. مدل براساس فرض شکل گیری لایه بندی افقی همدما در سیکل سالانه فرمول بندی شده بود. در این مدل جذب تشعشع خورشیدی، ورود و خروج گرما از مرزهای سیستم، و توزیع گرما در مخزن در اثر حرکت آب لحاظ شده بو د[۱۰].

مدلسازی مخازن یک بعدی در سال ۱۹۷۵ توسط آقایان *Stefan – Ford* ارائه شد. این مدل براساس اصل بقاء مجموع کل انرژی استوار بود. انرژی گرمائی ورودی و یا خروجی از دریاچه به صورت تشعشع امواج کوتاه خورشیدی امواج بلند اتمسفری، تشعشع برگشتی، تبخیر، و جابجائی آب منظور شد. اثر باد نیز بصورت انرژی مکانیکی ورودی در نظر گرفته شد [۱۱].

آقای Im*berger* و همکاران در سال ۱۹۷۸ مدلی را برای دریاچه ها ارائه دادند که ساختار پیشنهادی ایشان هنوز هم اساس بسیاری از مدلهای امروز را تشکیل می دهد [۱۲] . ایشان از سیستم لاگرانژین برای لایه های افقی استفاده کردند. بطوری که ضخامت لایه های افقی، با توجه به دبی جریان ورودی و یا خروجی امکان تغییر داشت. لایه های افقی به صورت قائم حرکت کرده و ضخامت آنها جهت انطباق بر افزایش یا کاهش حجم صورت گرفته، تغییر می کرد. عمیق شدن لایه اختلاط را با استفاده از تئوری مجموع انرژی، و لحاظ کردن اثر وارونگی به دلیل سرد شدن لایه های سطحی و اختلاط ناشی از وزش باد و تنش برشی در کف لایه اختلاط مدل کرده و اختلاط در زیر لایه نیز مورد توجه قرار گرفته است. این مدل در دریاچه های مختلف کاربرد پیدا کرد.

مدل شبیه سازی دینامیکی *DYRESM* توسط آقای *Piterson* و همکاران در سال ۱۹۸۴ در دریاچه های مختلف به کار گرفته شد و قابلیت آن نمایش داده شد. با مراعات و اعمال ضوابط دریاچه های یک بعدی از طریق محاسبه اعداد بدون بعد، مدل فوق در دو دریاچه با مشخصات هندسی کاملا متفاوت مورد استفاده قرار گرفت دریاچه بزرگ کوتی در بریتیش کلمبیای کانادا و دریاچه کوچک ولینگتون در غرب استرالیا نمونه هائی از کاربرد مدل *DYRESM* بود. در این کار تحقیقاتی نشان داده شد که دینامیک رو لایه در دریاچه کوچک ولینگتون متاثر از تکانهای سطحی ناشی از وزش باد و سرد شدن قرار داشت. حال آنکه در دریاچه بزرگ کوتنی نقش برش در سطح دو لایه بر دینامیک مخزن مهمتر بود[۱۳]. در همین رابطه نیز شکل توسعه یافته مدل *DYRESM* ، با نام *VDYRESM* ، برای مطالعه لایه بندی برخی سدهای جنوب ایران بکار گرفته شد[۱۴].

شاید اولین مدل هیدرودینامیکی دو بعدی المان محدود توسط *Marjanovic – Orlob* در سال ۱۹۸۷ توسعه داده شد. این مدل قادر به تعیین توزیع مشخصه های هیدرودینامیکی چون دانسیته، فشار، و میدان سرعت از یکطرف، و مشخصه های کیفی دما و شوری از طرف دیگر بود. در کاربرد این مدل، تاثیر شوری بر لایه بندی تشریح و نقش شوری در تشدید گرادیان دمائی نمایش داده شد[۱۵].

در کنار ابداع و توسعه مدلها، آقای *Michioku* و همکاران با یک کار تحلیلی و پیشنهاد دو عدد بدون بعد به بررسی اثرات عمق دریاچه و فاکتورهای هواشناسی به دسته بندی دریاچه ها پرداختند. بر پایه کار

[1] Fontana

تحلیلی انجام شده، ایشان دریاچه ها را به سه دسته: (۱) دریاچه های مطبق، (۲) دریاچه های با اختلاط نسبی، و (۳) دریاچه ها با اختلاط کامل تقسیم بندی نمودند.[۱۶]. در سال ۱۹۸۴ نیز *Gaillard* یک مدل یک بعدی قائم را برای شبیه سازی کیفی آب مخازن توسعه داد و از آن برای بررسی تاثیر موقعیت آبگیر سد بر روی کیفیت آب خروجی استفاده کرد. در این تحقیق نشان داده شد که موقعیت و تراز آبگیر تاثیر محسوسی بر ساختار گرمائی آب مخازن دارد، لکن، تاثیر آن بر دمای آب خروجی قابل توجه نمی باشد. دلیل این امر بیشتر متوجه محدودیت دامنه قابل قبول تراز آبگیری مخازن مورد مطالعه از یک طرف و حجم اندک آب در ترازهای پائین، از طرف دیگر، بوده است.[۱۷]

در میان دیگر مدلهای توسعه یافته برای شبیه سازی قائم دمائی و پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی مخازن میتوان به مدلهائی چون *WRMMS*[۱۸] ، *RESTEMP* [۱۹] ، *MINLAKE*، [۲۰] *SELECT* [۲۱]، *RESQUAL*II [۲۲] ، *CE – QUAL – R*1 [۲۳] ، و مدل *USGS* [۲۴]اشاره کرد که تقریبا همگی بین سالهای ۱۹۷۵ تا سال ۱۹۸۵توسعه یافته اند. تقریبا در نمامی این مدلها، مخازن به صورت لایه های افقی تقسیم بندی شده و انرژی گرمائی و توزیع پارامترهای کیفی در هر لایه افقی یکنواخت فرض شده است.

مدلهای مطرح شده توسط آقایان, *Bloss & Harleman* (1980) [۲۵] ، *Stefan & Ford* (1975) [۱۱] و Im*berger etal* (1978) [۱۲] ، را می توان اساس توسعه مدلهای هیدرودینامیکی معتبر با مبنای فرایندی معرفی کرد. دو مدل اول با مدلهای اکولوژیکی تلفیق شده و به ترتیب به صورت مدلهای کیفی آب با نام های *MINLAKE* ،[۲۰] و *CE – QUAL – R*1 ،[۲۳] ، ارائه شده اند. مدل هیدرودینامیکی سوم با نام *DYRESM – WQ* معرفی شد [۲۶].

در کنار توسعه فیزیکی و ساختاری مدلهای کیفی آب در حوزه مخازن، مطالعات بررسی نقش مخازن و چگونگی بهره بردرای از آنها در کنترل کیفی آب خروجی نیز سیری صعودی داشته است. نمونه هائی از آخرین اقدامات انجام و گزارش شده را می توان به شرح زیر مورد نقد و بررسی قرار داد.

آقای Im*berger* با استفاده از مدل هیدرودینامکی *DYRESM* ، واکنش مخزن ولینگتون را در برابر جریانهای شور ورودی و اعمال سیاستهای بهره برداری مطالعه و تاثیر افزایش و یا کاهش شوری جریانهای ورودی را بر میانگین شوری مخزن بررسی نمود. مطالعات نشان داد که منحرف کردن آب با غلظتهای بالای شوری یکی از موثرترین روشهای کاهش شوری در طرح مورد مطالعه است.[۱۲]. آقای *Spigel* و همکاران در سال ۱۹۸۵ با استناد به اندازه گیری های میدانی، تجربیات آزمایشگاهی و تحلیل مدل کامپیوتری نتیجه گرفتند که برداشت انتخابی می تواند تاثر چشمگیری بر شدت و شکل لایه بندی دانسیته در مخازن داشته باشد که زمان ماند آنها کمتر و یا در حدود پریود لایه بندی تابستانه است[۲۷].

أقایان *Verhaghe* و *Tholan* در سال ۱۹۸۳ به مسئله تخصیص بهینه با اهداف کمی و کیفی پرداختند. در این مسئله زبان ناشی از کمبود آب و کیفیت نامطلوب آن کمینه گردید. در این کار تحقیقاتی نیز از روشهای کلاسیک بهینه سازی (برنامه ریزی پویا) استفاده و آب مخزن بصورت اختلاط کامل فرض شد[۲۸].

ارزش مدلسازی کیفی آبّ در تهیه اطلاعات لازم برای طراحی مناسب پروژه تحلیل اثرات زیست محیطی طرحهای توسعه در کار آقایان *Busuioceseu* و *Mean* در سال ۱۹۹۳ بخوبی نشان داده شد[۲۹].

آقای *Hays* و همکاران (۱۹۹۸) تلاش کردند تا با اعمال تغییراتی در بهره برداری از سیستم های

برقابی، سبب ارتقاء سطح کیفی آب خروجی از مخزن سد گردند. ذخیره کردن آب در سد اغلب سبب تخریب کیفیت آن می شود که شاید اصلی ترین علت داخلی آن لایه بندی حرارتی و اکسیژن خواهی رسوبات کف باشد. ایشان یک مدل مدیریت یکپارچه کمی و کیفی ارائه دادند که با حفظ اهداف کیفی آب، سعی در ماکزیمم کردن درآمد خالص بهره برداری از نیروگاه دارد. در این بررسی سیاست رهاسازی بهینه روزانه از مخزن سدی بر روی رودخانه *Cumberland* برای تابستان ، با لحاظ کردن کمترین اثر بر تولید انرژی و دیگر اهداف طرح ، استخراج شد. [۳۰].

برای پیش بینی تغییرات کیفی آب مخازن سدها و دریاچه های طبیعی و مصنوعی مدل یک بعدی *DDYRESM – WQ* نیز توسعه یافته است. این مدل از تلفیق مدل هیدرودینامیکی با مبنای فرایندی (*DYRESM*) با تشریح عددی رشد فیتوپلانکتون، چرخه مواد مغذی، موازنه اکسیژن، و دینامیک ذرات شکل گرفته است [۳۱]. برحسب ادعای تهیه کننده مدل، مولفه هیدرودینامیکی نیاز به کالیبراسیون نداشته و عملا، به شکل موجود، قابل انتقال و کاربرد در دیگر مخازن دریاچه ها است. به همین دلیل به راحتی قابل تعمیم به دیگر شرایط هیدرودینامیکی بوده و لذا پیش بینی تحولات کیفی را ارتقاء خواهد بخشید. البته مولفه اکولوژی مدل نیازمند کالیبراسیون در هر کاربرد جدید می باشد و این عمل از طریق تنظیم پارامترهای متعدد بیولوژیکی و شیمیایی صورت می گیرد. مولفه های کیفی آب شامل ۱۳ متغیر حالت است که در بر گیرنده سه گروه جلبک، *BOD* ، اکسیژن محلول، مواد مغذی، و ذرات معدنی می باشد. به لحاظ محاسباتی نیز تعامل بین مدلهای هیدرودینامیکی و کیفیت آب در گامهای زمانی کوتاهتر از روز صورت می گیرد.

مدل *DYRESM – WQ* برای پیش بینی تغییرات مواد مغذی و غلظت کلروفیل در مخزن سد *PROSPECT* در سیدنی استرالیا به خدمت گرفته شد[۳۲]. با آزمون حساسیت رفتار مدل نسبت به تغییرات پارامترهای قابل تنظیم در مدل اکولوژیکی پارامترهای مهم شناسائی و برای یک دوره ۵۰۶ روزه کالیبره و اعتبار سنجی شد. در مطالعه موردی گزارش شده میانگین خطای مشاهده شده و شبیه سازی شده برای دما، اکسیژن محلول، و غلظت کلروفیل به ترتیب برابر ۵/۲، ۹/۹، و ۲۴/۱ درصد گزارش شده است. روند تغییرات غلظت مواد مغذی شبیه سازی شد (شامل $PO_4 - P$ ، $NO_3 - N$ ، $NH_4 - N$ ، TP، و TN) انطباق منطقی و قابل قبول با مقادیر اندازه گیری شده در بعد زمان و مکان داشته است.

در خاتمه تهیه کنندکان مدل نتیجه می گیرند که فرایند کالیبراسیون، تحلیل حساسیت، و اعتبار سنجی پیشنهادی در تحقیقات مورد اشاره می تواند پایه گذار روشی برای تهیه یک مدل تغذیه گرائی باشد که در نهایت به کالیبراسیون جدی نیاز نداشته باشد. دانش کسب شده از تحلیل حساسیت انجام گرفته امکان شناسائی بحرانی ترین و حساسترین پارامترهای اکولوژیکی را فراهم آورده است.

شاید سوال اصلی در کاربرد مدل *DYRESM – WQ* میزان صحت رفتار مدل یک بعدی در تعریف سیستمهای طبیعی چون مخازن سدها و دریاچه ها است. از نقطه نظر هیدرودینامیکی، در صورتی که دریاچه ها بسیار طویل و باریک نبوده و یا/ بسیار عریض و کم عمق نباشد، رویکرد هیدرودینامیکی یک بعدی قابل توجیه خواهد بود. این در حالی است که متغیرهای کیفی آب (به عنوان مثال غلظت مواد مغذی) تاثیر و تاثر نامحسوسی بر تغییرات چگالی داشته و بنابراین می تواند دارای توزیع دو و یا حتی سه بعدی باشد. گرچه موضوع فوق را می توان به عنوان یکی از کمبودها و کاستی های مدل *DYRESM – WQ* دانست،

لکن، این بدان معنی نیست که مدلهای دو و یا سه بعدی لزوماً با نتایج بهتری همراه خواهند بود. در واقع، با عنایت به مشکلات شناسائی شرایط اولیه برای کلیه متغیرهای کیفی در یک فضای چند بعدی و تامین اطلاعات لازم از ورودی های مدل در مقیاس مکانی، پیش بینی در فضای چند بعدی غالب سیستم های طبیعی به شدت در معرض عدم قطعیت قرار خواهند گرفت. اطلاعات بیشتر در بخش مقایسه مدلها و موتورهای محرک ارائه شده است.

در یک کار تحقیقاتی گسترده بر روی رودخانه و خور *Neuse* در ایالت کارولینا عملکرد سه مدل مختلف کیفی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. ابتدا با استفاده از موتور مدل $CE-QUAL-W2$ رفتار این پیکره آبی برای یک دوره ۴۳ ماهه ارزیابی شد. پس از کالیبراسیون، از مدل برای پیش بینی رفتار سیستم و تجاوز از حدود استاندارد برای استراتژی های مختلف کاهش بار ازت کل استفاده شد. آقای *Bowen* و همکاران (۲۰۰۳) در این کار تحقیقاتی نتیجه گرفتند که رویکرد مدلسازی بر مبنای فرآیندی[1] می تواند به عنوان ابزاری کارآمد در تحلیل کل حداکثر بار روزانه[2] (*TMDL*) مورد استفاده قرار گیرد[۳۳]. ضمن اینکه از ضرورت وجود داده‌ها نسبتاً زیاد و عدم توانایی مدل در بیان شفاف میزان عدم قطعیت در پیش بینی‌ها به عنوان نقطه ضعف مدل نام برده شده است. به بیان دیگر، گرچه با مدل های با مبنای فرآیندی می توان توزیع زمانی و مکانی مولفه کیفی را نشان داد، لکن، در حال حاضر، و با عنایت به محدودیت داده‌ها، توفیق چندانی در ارزیابی اعتماد پذیری این پیش‌بینی‌ها حاصل نشده است و کماکان این مدلها از کمبود فوق رنج می‌برند.

همانطور که اشاره شد، از سه مدل بطور موازی برای تعیین و پیش بینی رفتار رودخانه و خور .... *Neuse* استفاده شد. هدف اصلی مطالعه توسعه و ابداع مدلهای هیدرو دینامیکی و کیفیت آب برای شبیه سازی سیستم و پیش بینی شوری، لایه بندی حرارتی، لایه بندی اکسیژن محلول، و تغییرات طولی و عرضی غلظت مواد مغذی بود. لذا نرم افزارهای خاصی برای تعیین رفتار سه بعدی هیدرو دینامیک سیستم تهیه و از مدل *WASP6*[3] به عنوان ماجول کیفی استفاده شد. زیر برنامه *Eutro* برای شبیه سازی انتقال مواد مغذی در سیستم پیچیده مورد بهره برداری قرار گرفت. کالیبراسیون مدلهای هیدرودینامیکی و کیفیت آب برای سالهای ۱۹۹۹و ۲۰۰۰ انجام و رفتار سیستم کالیبره شده با داده های نسبتاً فراوان موجود کنترل شد. آقای *Wool* و همکاران (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که مدلهای مورد بحث بخوبی قادر به شبیه سازی توزیع طولی و فصلی کمی و کیفی است. از این مدل نیز برای ارزیابی سناریوها و استراتژی های مختلف مدیریت کیفی آب بهره برداری شد [۳۴].

آقایان *Tufford* و *Mc Kellar* در سال ۱۹۹۹ از مدل *WASP5* برای بررسی کیفی مخزن بسیار بزرگی در ایالت کارولینای جنوبی استفاده کردند[۳۵].مدل هیدرودینامیکی *DYNHYD* برای تخمین حجم روزانه آب مخزن و مدل کیفی برای پارامترهایی چون آمونیاک، نیترات، ارتوفسفات، اکسیژن محلول، کلروفیل *a*، *BOD*، نیتروژن آلی و فسفر آلی کالیبره شد.کالیبراسیون مدل کیفی نشان داد که مدل در بیان چگونگی دینامیک فیتوپلانکتون و مواد مغذی کاملاً موفق بوده است.تأیید مدل نیز توسط مجموعه ای دیگر از داده ها

---

1. Process- based modelling .
2. Total Maximum Daily Load.
3. Water Quality Analysis Simulation Program