



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری

## بررسی ارتباط مکانی و زمانی پوشش / کاربری اراضی با کیفیت آب‌های سطحی (مطالعه موردی: آبخیز چهل‌چای استان گلستان)

پژوهش و نگارش:

آرش زارع گاریزی

اساتید راهنما:

دکتر واحدبردی شیخ

دکتر امیر سعدالدین

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی

۱۳۹۰

## فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۳	۱-۱ بیان مسأله.....
۴	۲-۱ ضرورت و اهمیت تحقیق.....
۴	۳-۱ سوالات تحقیق.....
۵	۴-۱ اهداف تحقیق.....
۵	۵-۱ دامنه تحقیق.....
۶	۶-۱ معرفی عمومی فصول پایان نامه.....
۷	<b>بررسی منابع علمی.....</b>
۸	۱-۲ مقدمه.....
۸	۲-۲ تعاریف برخی از مفاهیم و واژگان.....
۹	۳-۲ سابقه تحقیق در جهان.....
۱۲	۴-۲ سابقه تحقیق در ایران.....
۱۳	۵-۲ جمع‌بندی.....
۱۴	<b>مواد و روش‌ها.....</b>
۱۵	۱-۳ مقدمه.....
۱۵	۲-۳ مشخصات منطقه مورد مطالعه.....
۱۶	۱-۲-۳ خصوصیات فیزیوگرافی آبخیز چهل‌چای.....
۱۷	۲-۲-۳ زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی.....
۱۷	۳-۲-۳ هوا و اقلیم‌شناسی.....
۱۸	۴-۲-۳ هیدرولوژی و سیل‌خیزی.....
۱۸	۵-۲-۳ فرسایش و رسوب.....
۱۹	۶-۲-۳ کاربری اراضی و پوشش گیاهی.....
۱۹	۷-۲-۳ اقتصادی - اجتماعی.....
۱۹	۸-۲-۳ ایستگاه هیدرومتری لزوره.....
۲۰	۳-۳ فرضیه‌ها.....
۲۱	۴-۳ طرح تحقیق.....
۲۲	۱-۴-۳ بررسی روند تغییرات پوشش/کاربری اراضی.....
۲۲	۱-۱-۴-۳ داده‌های مورد استفاده.....

۲۲	۳-۴-۱-۲ پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی
۲۴	۳-۴-۱-۳ تهیه نقشه تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی
۲۵	۳-۴-۲ بررسی روند تغییرات بلندمدت کیفیت آب
۲۸	۳-۴-۳ بررسی ارتباط بین روند تغییرات کاربری اراضی و روند کیفیت آب
۲۹	۳-۴-۴ بررسی ارتباط پوشش/کاربری اراضی زیرحوضه‌ها با متغیرهای کیفیت آب
۳۱	۳-۴-۱ مدل مختلط خطی
۳۲	۳-۵ جمع‌بندی
۳۳	<b>نتایج</b>
۳۴	۴-۱ مقدمه
۳۴	۴-۲ تغییرات بلند مدت پوشش/کاربری اراضی
۳۴	۴-۲-۱ پوشش/کاربری اراضی سال ۱۹۷۲
۳۵	۴-۲-۲ پوشش/کاربری اراضی سال ۱۹۸۷
۳۷	۴-۲-۳ پوشش/کاربری اراضی سال ۲۰۰۰
۳۸	۴-۲-۴ پوشش/کاربری اراضی سال ۲۰۰۹
۴۱	۴-۲-۵ تغییرات مساحت پوشش/کاربری اراضی در چهار دوره زمانی
۴۳	۴-۲-۶ توافق نقشه های پوشش/کاربری اراضی دوره‌ها
۵۱	۴-۳ ارتباط تغییرات پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب
۵۲	۴-۴ ارتباط پوشش/کاربری اراضی زیرحوضه‌ها با متغیرهای کیفیت آب
۷۰	۴-۵ جمع‌بندی
۷۱	<b>بحث و نتیجه‌گیری</b>
۷۲	۵-۱ مقدمه
۷۲	۵-۲ تغییرات کاربری اراضی در آبخیز چهل‌چای
۷۲	۵-۳ تغییرات بلندمدت کیفیت آب رودخانه چهل‌چای
۷۴	۵-۴ ارتباط شاخص‌های پوشش/کاربری اراضی با کیفیت آب‌های سطحی
۷۷	۵-۵ آزمون فرضیه‌ها
۷۷	۵-۶ نتیجه‌گیری کلی
۷۸	۵-۷ پیشنهادات اجرایی
۷۹	۵-۸ پیشنهادات پژوهشی
۸۰	<b>فهرست منابع</b>

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳ ویژگی‌های فیزیوگرافی آبخیز چهل چای ..... ۱۷
- جدول ۲-۳ مشخصات ایستگاه هیدرومتری لزوره در خروجی آبخیز چهل چای ..... ۱۹
- جدول ۳-۳ روش‌های تجزیه و تحلیل روند داده‌های کیفیت آب ..... ۲۶
- جدول ۴-۳ روش‌های تجزیه و تحلیل روند داده‌های کیفیت آب دارای تغییرات فصلی ..... ۲۷
- جدول ۵-۳ جزئیات نمونه‌برداری متغیرهای کیفیت آب در آبخیز چهل چای ..... ۲۹
- جدول ۱-۴ توزیع فراوانی پیکسل و مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در سال ۱۹۷۲ ..... ۳۴
- جدول ۲-۴ مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر سال ۱۹۷۲ ..... ۳۴
- جدول ۳-۴ توزیع فراوانی پیکسل و مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در سال ۱۹۸۷ ..... ۳۶
- جدول ۴-۴ توزیع فراوانی پیکسل و مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در سال ۲۰۰۰ ..... ۳۷
- جدول ۵-۴ مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر سال ۲۰۰۰ ..... ۳۷
- جدول ۶-۴ توزیع فراوانی پیکسل و مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در سال ۲۰۰۹ ..... ۳۹
- جدول ۷-۴ مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر سال ۲۰۰۹ ..... ۳۹
- جدول ۸-۴ میزان تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در دوره ۱۹۸۷-۱۹۷۲ ..... ۴۱
- جدول ۹-۴ میزان تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۷ ..... ۴۲
- جدول ۱۰-۴ میزان تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۰ ..... ۴۲
- جدول ۱۱-۴ میزان تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در دوره ۲۰۰۹-۱۹۷۲ ..... ۴۲
- جدول ۱۲-۴ مقایسه میزان تغییرات مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در دوره‌های مختلف ..... ۴۳
- جدول ۱۳-۴ توافق نقشه‌های پوشش/کاربری زمین در دوره‌های مختلف ..... ۴۴
- جدول ۱۴-۴ مشخصه‌های آماری داده‌های کیفیت آب ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری لزوره ..... ۴۵
- جدول ۱۵-۴ نتایج آزمون نرمال بودن داده‌های کیفیت آب ..... ۴۶
- جدول ۱۶-۴ نتایج آزمون اسپیرمن برای بررسی ارتباط متغیرهای کیفیت آب با دبی ..... ۴۸
- جدول ۱۷-۴ نتایج آزمون کروسکال والیس برای بررسی تغییرات فصلی متغیرهای کیفیت آب ..... ۴۹
- جدول ۱۸-۴ نتایج تحلیل روند تغییرات متغیرهای کیفیت آب ..... ۵۰
- جدول ۱۹-۴ مشخصه‌های آماری داده‌های کیفیت آب نمونه‌برداری شده در آبخیز چهل چای ..... ۵۲
- جدول ۲۰-۴ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر هدایت الکتریکی ..... ۵۴
- جدول ۲۱-۴ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر کل جامدات محلول ..... ۵۶

- جدول ۴-۲۲ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر اسیدیته ..... ۵۸
- جدول ۴-۲۳ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر گل آلودگی ..... ۶۰
- جدول ۴-۲۴ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر اکسیژن محلول ..... ۶۲
- جدول ۴-۲۵ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر نیترات ..... ۶۴
- جدول ۴-۲۶ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر ارتوفسفات ..... ۶۶
- جدول ۴-۲۷ نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر پتاسیم ..... ۶۸
- جدول ۴-۲۸ مقایسه تعداد دفعات استفاده از هر یک از متغیرهای مستقل در مدل‌های مختلط خطی ..... ۷۰

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۳-۱ نقشه موقعیت جغرافیایی آبخیز چهل چای ..... ۱۶
- شکل ۳-۲ نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق ..... ۲۱
- شکل ۳-۳ نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری کیفیت آب ..... ۳۰
- شکل ۴-۱ نقشه پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای سال ۱۹۷۲ ..... ۳۵
- شکل ۴-۲ نقشه پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای سال ۱۹۸۷ ..... ۳۶
- شکل ۴-۳ نقشه پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای سال ۲۰۰۰ ..... ۳۸
- شکل ۴-۴ نقشه پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای سال ۲۰۰۹ ..... ۴۰
- شکل ۴-۵ نمودار مقایسه درصد مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای در ۴ مقطع زمانی ..... ۴۱
- شکل ۴-۶ نقشه تغییرات پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل چای در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۷۲-۲۰۰۹ ..... ۴۳
- شکل ۴-۷ نمودار چندک-چندک کاتیون‌های موجود در آب رودخانه چهل چای ..... ۴۶
- شکل ۴-۸ ارتباط مقادیر آنیون‌ها و سختی آب با دبی جریان رودخانه چهل چای ..... ۴۷
- شکل ۴-۹ روند تغییرات بلندمدت کلرید قبل و بعد از حذف اثر دبی ..... ۴۸
- شکل ۴-۱۰ نمودار جعبه‌ای برخی متغیرهای کیفیت آب در فصول مختلف ..... ۴۹
- شکل ۴-۱۱ نمودار پراکنش میزان متغیرهای کیفیت آب در برابر درصد اراضی زراعی ..... ۵۱
- شکل ۴-۱۲ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر هدایت الکتریکی ..... ۵۴
- شکل ۴-۱۳ نقشه مقادیر EC و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۵۵
- شکل ۴-۱۴ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر کل جامدات محلول ..... ۵۶
- شکل ۴-۱۵ نقشه مقادیر TDS و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۵۷
- شکل ۴-۱۶ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر اسیدیته ..... ۵۸
- شکل ۴-۱۷ نقشه مقادیر pH و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۵۹
- شکل ۴-۱۸ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر گل آلودگی ..... ۶۰
- شکل ۴-۱۹ نقشه مقادیر گل آلودگی و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۰ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر اکسیژن محلول ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۱ نقشه مقادیر اکسیژن محلول و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۶۳
- شکل ۴-۲۲ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر نیترات ..... ۶۴
- شکل ۴-۲۳ نقشه مقادیر نیترات و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۶۵

- شکل ۴-۲۴ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر ارتوفسفات ..... ۶۶
- شکل ۴-۲۵ نقشه مقادیر ارتوفسفات و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۶۷
- شکل ۴-۲۶ نمودار ارزیابی نتایج مدل مختلط خطی برای متغیر پتاسیم ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۷ نقشه مقادیر پتاسیم و متغیرهای مستقل مؤثر بر آن در آبخیز چهل چای ..... ۶۹

# فصل اول

## مقدمہ



یکی از عوامل مهم در پایداری توسعه یک منطقه، فراهم بودن منابع آب کافی و مناسب برای مصارف مختلف می‌باشد که علاوه بر کمیت، وضع کیفی آن نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خصوصیات کیفی آب از مولفه‌هایی است که ضرورت لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامت حوضه‌های آبخیز و ایجاد تغییرات مدیریتی در آن کاملاً احساس شده (خادم و کالوارچی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶) ولی تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است (الشورباجی و اورمسی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). در مدیریت یکپارچه منابع آب، حفظ کیفیت آب به ویژه در مناطقی که با محدودیت نسبی منابع آب مواجه هستند، به عنوان یکی از ارکان برنامه‌ریزی مطرح می‌باشد.

رودخانه‌ها منابع آب قابل حصول و در دسترس بوده و از دیرباز همواره جوامع انسانی و مراکز صنعتی در مجاورت آنها برپا شده است. در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت، گسترش صنایع و تولید انواع آلاینده‌ها در مناطق شهری، صنعتی و کشاورزی، آلودگی رودخانه‌ها را افزایش داده است. ورود مواد مغذی<sup>۳</sup> و آلاینده‌های تجزیه‌پذیر بیولوژیکی به رودخانه‌ها خصوصاً فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های کشاورزی و صنعتی باعث آلودگی این منابع آبی می‌شود، محیط زنده رودخانه را به مخاطره می‌اندازد و مشکلات زیست محیطی متعددی را موجب می‌گردد. از این رو مدیریت کیفیت آب رودخانه‌ها به این دلیل که بیشتر در معرض مستقیم انواع آلاینده‌ها هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

منابع آلاینده آب‌های سطحی به دو دسته منابع نقطه‌ای<sup>۴</sup> و غیرنقطه‌ای<sup>۵</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند (اسلیوا و ویلیامز<sup>۶</sup>، ۲۰۰۱ و لی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). در منابع نقطه‌ای، آلاینده‌ها و مواد شیمیایی از یک محل معین به صورت متمرکز وارد جریان آب می‌شوند مانند: فاضلاب کارخانه‌ها، رواناب جاری شده از معادن، مراکز تصفیه فاضلاب شهری. منابع غیرنقطه‌ای سطح وسیعی را در بر می‌گیرند و در حقیقت از تعداد بسیار زیادی منبع نقطه‌ای تشکیل شده‌اند. مهمترین آلاینده‌های غیر نقطه‌ای رسوبات حاصل از فرسایش،

---

1 - Khadam and Kaluarachchi

2 - Elshorbagy and Ormsbee

3- Nutrients

4- Point sources

5- Non-point sources

6- Sliva and Williams

7- Li

کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات گیاهی هستند که به طور مستقیم با فعالیت‌های کشاورزی در ارتباطند (کوروین<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). آلودگی‌های غیرنقطه‌ای عموماً مشکل شناسایی و کنترل را به همراه دارند، زیرا منطقه بزرگی را شامل می‌شوند و تقابل پیچیده‌ای از منابع زیستی و غیر زیستی را در بر می‌گیرند (چین<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). در کشورهای در حال توسعه آلودگی‌های تولید شده در مراکز بزرگ شهری، اراضی کشاورزی، مناطق جنگل زدایی شده و اراضی تغییر کاربری یافته را می‌توان جزء منابع غیرنقطه‌ای طبقه‌بندی کرد (نووتنی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳) که ضروری است به خوبی شناسایی و کنترل شوند.

## ۱-۱ بیان مسأله

در یک طبقه‌بندی کلی آب‌های موجود در کره زمین را می‌توان به دو دسته آب‌های سطحی و زیر-زمینی تقسیم‌بندی نمود. هرچند منابع آب سطحی و زیرزمینی به اشکال مختلف با یکدیگر در تعاملند ولی به لحاظ مدیریتی غالباً این دو منبع به صورت دو سیستم مجزا در نظر گرفته می‌شوند و تحت ضوابط و قوانین متفاوتی مدیریت می‌گردند (وینتر<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۸). مشخصه کلیدی مربوط به منابع آب سطحی، حوضه آبخیز است. محدوده آبخیز با اتصال بلندترین نقاط ارتفاعی اطراف یک بدنه آبی مشخص می‌گردد به طوری که کلیه رواناب سطحی جاری شده در این محدوده به بدنه آبی می‌پیوندد. بنابراین آب‌های سطحی دریافت کننده احتمالی انواع آلاینده‌های موجود در رواناب جاری شده از سطح آبخیز هستند. به همین دلیل رویکرد بهینه جهت مدیریت کیفیت آب‌های سطحی، مدیریت در مقیاس آبخیز می‌باشد (چین، ۲۰۰۶). محدودیت اصلی در زمینه اجرای برنامه مدیریت در مقیاس آبخیز عدم اطلاع از مقدار، پراکنش و تغییرات زمانی کیفیت آب در مقیاس زیرحوضه‌هاست (چین، ۲۰۰۶). کیفیت آب‌های سطحی آبخیز توسط عوامل و فرآیندهای متعدد طبیعی و انسانی کنترل می‌شود (آهیرن<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۵) که مهمترین این عوامل عبارتند از: بارش، پوشش/کاربری اراضی، نوع خاک و زمین شناسی (بوید<sup>۶</sup>، ۲۰۰۰). از میان متغیرهای موثر بر کیفیت آب‌های سطحی، کاربری اراضی/پوشش گیاهی متغیری است که در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان قرار دارد و می‌توان با تغییر آن، تغییرات متناظری در جهت بهبود کیفیت آب پدید آورد.

---

1- Corwin

2- Chin

3- Novotny

4- Winter

5- Ahearn

6- Boyd

بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب و ارتباط آن با پوشش/کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی در آبخیز می‌تواند موجب ادراک بهتر فرآیندهای حاکم بر چرخه آب و مدیریت پایدار منابع آب و سایر منابع وابسته در مقیاس آبخیز گردد.

## ۲-۱ ضرورت و اهمیت تحقیق

آبخیز چهل‌چای از حوضه‌های مهم و در عین حال بحرانی از نظر تغییر کاربری، فرسایش و سیل‌خیزی در استان گلستان به شمار می‌رود و به همین دلیل برای بررسی بیشتر، مورد توجه مسئولان و بخش‌های تحقیقاتی قرار گرفته است.

عوامل طبیعی (مانند شیب زیاد، سیل‌خیزی و وجود سازندهای حساس به فرسایش) و انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی جنگلی و تبدیل آن به زمین‌های زراعتی، استفاده نادرست از زمین و کشاورزی بر روی اراضی با شیب زیاد، چرای بی‌رویه دام در جنگل و جاده سازی نادرست) موجب بروز انواع فرسایش و حرکات توده‌ای در سطح آبخیز چهل‌چای گردیده است. عوامل مذکور به همراه مواردی نظیر ورود فاضلاب‌ها، زباله‌ها و دیگر زائدات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند موجب آلودگی آب‌های سطحی و تنزل شدید کیفیت آب در این آبخیز گردد که با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی این موضوع هر روز وخیم‌تر خواهد شد. همچنین، سد نرماب-چهل‌چای با هدف تأمین آب شرب برای مناطق مسکونی منطقه، در پایین‌دست این حوضه در حال احداث می‌باشد. لذا آگاهی از میزان تأثیر پوشش/کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی بر کیفیت منابع آب سطحی آبخیز چهل‌چای برای تصمیم‌گیری صحیح و انجام اقدامات مدیریتی مقتضی در راستای حفاظت و بهره‌برداری مناسب از منابع آب سطحی این آبخیز و حفظ سلامت و بهداشت جوامع انسانی ضرورت دارد.

## ۳-۱ سوالات تحقیق

- آیا مساحت طبقات پوشش/کاربری اراضی در آبخیز چهل‌چای در طی زمان تغییراتی داشته است؟
- آیا مقادیر متغیرهای کیفیت آب رودخانه چهل‌چای در طی زمان تغییراتی داشته‌اند؟
- آیا تغییرات کیفیت آب رودخانه با تغییرات پوشش/کاربری اراضی در آبخیز ارتباط داشته است؟
- آیا ارتباطی بین پوشش/کاربری اراضی و متغیرهای کیفیت آب زیرحوضه‌های آبخیز چهل‌چای وجود دارد؟

## ۴-۱ اهداف تحقیق

همانطور که از عنوان پایان نامه پیداست هدف از این تحقیق، بررسی ارتباط مکانی و زمانی پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی آبخیز چهل‌چای می باشد. اهداف جزئی عبارتند از:

- تعیین روند تغییرات بلند مدت پوشش/کاربری اراضی در آبخیز چهل‌چای
- تعیین روند تغییرات بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه چهل‌چای
- تعیین ارتباط تغییرات پوشش/کاربری اراضی آبخیز چهل‌چای با کیفیت آب رودخانه
- تعیین ارتباط شاخص‌های مربوط به پوشش/کاربری اراضی با مقادیر متغیرهای کیفیت آب در مقیاس زیرحوضه‌ها

## ۵-۱ دامنه تحقیق

با توجه به اهداف تحقیق و داده‌های موجود، بررسی ارتباط پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی آبخیز چهل‌چای به دو قسمت مجزا تفکیک گردید.

در بخش نخست، ارتباط بین تغییرات بلند مدت پوشش/کاربری اراضی و تغییرات متغیرهای کیفیت آب مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام این بخش از داده‌های ثبت شده متغیرهای کیفیت آب در ایستگاه هیدرومتری لزوره واقع در خروجی آبخیز چهل‌چای از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ استفاده شد. این متغیرها عبارتند از: هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، اسیدیته (pH)، نسبت جذب سدیم (SAR)، سختی آب، آنیون‌ها (شامل: بی‌کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ )، سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ )، کلرید ( $\text{Cl}^-$ ) و کاتیون‌ها (شامل: سدیم ( $\text{Na}^+$ )، منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ )، کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) و پتاسیم ( $\text{K}^+$ )).

در بخش دوم برای بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب در سطح آبخیز چهل‌چای و تعیین ارتباط پوشش/کاربری اراضی زیرحوضه‌ها با کیفیت آب‌های سطحی، نمونه‌برداری میدانی انجام شد. نمونه‌های آب سطحی در خروجی ۱۱ زیرحوضه به صورت ماهانه و به مدت یک سال جمع‌آوری گردید و مورد آزمایش قرار گرفت. متغیرهای کیفی اندازه‌گیری شده در این بخش عبارتند از: هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اسیدیته، دمای آب، اکسیژن محلول (DO)، گل‌آلودگی<sup>۱</sup>، نیترات ( $\text{NO}_3^-$ -N)، فسفر فعال<sup>۲</sup> ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) و پتاسیم ( $\text{K}^+$ ).

---

<sup>1</sup>- Turbidity

<sup>2</sup>- Reactive phosphorus (Orthophosphate)

## ۶-۱ معرفی عمومی فصول پایان نامه

- **فصل اول:** در این فصل ابتدا مقدمه کوتاهی در مورد کیفیت آب و اهمیت پرداختن به آن بیان می‌شود و در ادامه بیان مسأله، ضرورت انجام تحقیق، دامنه تحقیق، فرضیه‌ها و اهداف این تحقیق ارائه می‌گردد.
- **فصل دوم:** در این فصل تعاریف برخی از مفاهیم و واژگان مرتبط بیان می‌شود، سپس چکیده‌ای از برخی پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب و ارتباط آن با پوشش/کاربری اراضی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- **فصل سوم:** در این فصل ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، داده‌های مورد استفاده و مراحل انجام تحقیق جهت حصول نتایج مورد نظر به تفصیل بیان می‌گردد. این مراحل شامل تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات کیفیت آب، پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی منطقه در سال‌های مختلف و بررسی ارتباط تغییرات زمانی و مکانی پوشش/کاربری اراضی و متغیرهای کیفی آب می‌باشد.
- **فصل چهارم:** نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت آب، نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به مقاطع زمانی مختلف و همچنین نقشه تغییرات پوشش/کاربری اراضی در طی زمان در این فصل ارائه می‌گردد. نتایج حاصل از بررسی ارتباط پوشش/کاربری اراضی و متغیرهای کیفیت آب‌های سطحی از دیگر مواردی است که در این فصل بدان پرداخته شده است.
- **فصل پنجم:** در این فصل نتایج ارائه شده در فصل قبل مورد بحث قرار می‌گیرد و نتایج بدست آمده از تحقیق با فرضیات و اهداف مقایسه می‌گردد. در نهایت جمع‌بندی کلی از نتایج و بحث بدست آمده صورت می‌گیرد.

## فصل دوم

### بررسی منابع علمی

## ۲-۱ مقدمه

تاکنون مطالعات متعددی پیرامون ارتباط پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی انجام شده است. در این فصل ابتدا تعاریف برخی از مفاهیم واژگان مرتبط بیان می‌شود، سپس چکیده‌ای از برخی پژوهش‌های انجام گرفته در جهان و ایران، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲-۲ تعاریف برخی از مفاهیم و واژگان

**کیفیت آب<sup>۱</sup>:** به طور کلی کیفیت آب مفهومی است که جهت توصیف ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آب در ارتباط با تناسب آن برای یک هدف خاص مطرح می‌شود (سازمان زمین شناسی آمریکا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). اما در بسیاری از تحقیقات علمی، ارزیابی آب برای یک هدف معین مد نظر نبوده و واژه کیفیت آب صرفاً به معنای مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی آب به کار رفته است که با اندازه‌گیری متغیرهایی نظیر هدایت الکتریکی، گل‌آلودگی یا تعداد باکتری‌های کلiform در واحد حجم آب تعیین می‌گردد. در این پژوهش نیز مراد از واژه کیفیت آب، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب است، با این وجود سعی شده که حتی‌الامکان از عبارت متغیرهای کیفیت آب استفاده شود.

**آلودگی<sup>۳</sup>:** بنا به تعریف دایره‌المعارف آکسفورد، آلودگی عبارتست از وجود یا ورود ماده خارجی دارای اثرات مضر یا سمی به محیط زیست.

**آلاینده<sup>۴</sup>:** ماده‌ای است که میزان (غلظت) آن در محیط بیشتر از آنچه باشد که در حالت طبیعی رخ می‌دهد (نیوهام، ۲۰۰۹). رایج‌ترین واژه‌هایی که در مبحث کیفیت آب در مورد میزان آلاینده‌ها در محیط آبی به کار می‌روند عبارتند از: غلظت<sup>۵</sup> (جرم در واحد حجم، برای مثال میلی‌گرم در لیتر (mg/lit)، بار<sup>۶</sup> (جرم در واحد زمان، برای مثال کیلوگرم در سال) و نرخ صدور<sup>۷</sup> (جرم در واحد سطح در واحد زمان، برای مثال کیلوگرم در هکتار در سال (kg/ha/year)).

---

1- Water quality

2- USGS

3- Pollution

4- Pollutant

5- Concentration

6- Load

7- Export rate

پوشش/کاربری اراضی: بسیاری از محققین بین واژه‌های پوشش اراضی<sup>۱</sup> (عوارض بیوفیزیکی سطح زمین، مانند ساختمان یا چمنزار) و کاربری اراضی<sup>۲</sup> (استفاده‌ای که از عوارض سطح زمین برای انسان متصور است، مانند منطقه مسکونی یا مرتع) تمایز قائل می‌شوند. در این تحقیق به منظور حفظ جامعیت در اغلب موارد از عبارت پوشش/کاربری اراضی استفاده شده است.

## ۳-۲ سابقه تحقیق در جهان

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی پیرامون تأثیر پوشش/کاربری اراضی بر کیفیت آب‌های سطحی در جهان صورت گرفته است. در اکثر پژوهش‌ها حوضه آبخیز به زیرحوضه‌هایی تقسیم شده و ارتباط متغیر-های کیفیت آب اندازه‌گیری شده در خروجی زیرحوضه‌ها با شاخص‌های پوشش/کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفته است. برخی از تحقیقات به لحاظ ماهیت، کیفی بوده‌اند و برای مثال به این نتیجه رسیده‌اند که در مناطق با کاربری غالب کشاورزی، میزان بالاتری از مواد محلول (اسمارت<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۸) و مواد مغذی (ترنر و رابالیس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳) در آب‌های سطحی وجود دارد. در سایر مطالعات از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های رگرسیونی در بررسی ارتباط پوشش/کاربری اراضی با رسوبات معلق (جانسون<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۷) و مواد مغذی (آلان<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۷؛ بسنیات<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۹؛ اسلیوا و ویلیامز<sup>۸</sup>، ۲۰۰۱) استفاده شده است. اکثر محققین به این نتیجه رسیده‌اند که کاربری کشاورزی تأثیر چشمگیری بر نیتروژن (آرهمیر و لیدن<sup>۹</sup>، ۲۰۰۰؛ جانسون و همکاران، ۱۹۹۷)، فسفر و رسوبات معلق (آلان و همکاران، ۱۹۹۷) آب‌های سطحی دارد. این در حالیست که برخی دیگر کاربری شهری را عامل تعیین کننده میزان نیتروژن و فسفر می‌دانند (بسنیات و همکاران، ۱۹۹۹؛ اسلیوا و ویلیامز، ۲۰۰۱). پدیده تغییرات فصلی نیز یکی از مسائل مورد بحث در این زمینه است. بعضی از محققین معتقدند در بررسی‌های کاربری/کیفیت آب، برای کسب نتایج منطقی‌تر باید فصل سیلابی مد نظر قرار گیرد (آرهمیر و لیدن، ۲۰۰۰؛ بسنیات و همکاران، ۱۹۹۹)، برخی دیگر برای فصول مختلف به صورت مجزا به روابط مختلفی دست یافته‌اند (جانسون و

<sup>۱</sup>- Land cover

<sup>۲</sup>- Land use

<sup>۳</sup>- Smart

<sup>۴</sup>- Turner and Rabalais

<sup>۵</sup>- Johnson

<sup>۶</sup>- Allan

<sup>۷</sup>- Basnyat

<sup>۸</sup>- Sliva and Williams

<sup>۹</sup>- Arheimer and Liden



همکاران، ۱۹۹۷؛ اسلیوا و ویلیامز، ۲۰۰۱). در ادامه تعدادی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه ارتباط پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

▪ آرهمیر و لیدن (۲۰۰۰)، تأثیر برخی متغیرهای مکانی و زمانی را بر غلظت ترکیبات فسفر و نیتروژن آب در حوضه‌هایی با کاربری کشاورزی در جنوب کشور سوئد مورد ارزیابی قرار دادند. در تحلیل مکانی، همبستگی‌های معنی‌داری بین غلظت ترکیبات و خصوصیات آبخیز مشاهده شد. بالاترین همبستگی بین نیتروژن آلی و کاربری اراضی بود در حالیکه غلظت فسفر همبستگی بالایی با بافت خاک داشت. نتایج تحلیل زمانی نشان داد که در دوره کم‌آبی، ترکیبات غیرآلی نیتروژن با افزایش جریان رودخانه افزایش پیدا می‌کند در حالیکه در دوره پرآبی غلظت همه مواد کاهش می‌یابد.

▪ اسلیوا و ویلیامز (۲۰۰۱)، در مطالعه ارتباط کاربری اراضی و کیفیت آب در سه آبخیز در جنوب شرقی کانادا از روش‌های آماری چند متغیره استفاده کردند. در مطالعه ایشان تأثیر کاربری اراضی کل حوضه و حاشیه رودخانه در سه فصل سال مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربری شهری بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب دارد. تأثیر کاربری کشاورزی در فصول مختلف متفاوت است و متغیرهای طبیعی مؤثر بر کیفیت آب شیب زمین و رسوبات سطحی هستند. همچنین ارتباط کاربری اراضی و کیفیت آب در مقیاس کل حوضه نسبت به حاشیه رودخانه اندکی بیشتر است.

▪ آهیرن و همکاران (۲۰۰۵)، بین پوشش/کاربری اراضی با مقادیر نیتروژن و مواد جامد معلق ارتباط برقرار کرده و با به کارگیری مدل مختلط خطی<sup>۱</sup> به این نتیجه رسیدند که اراضی کشاورزی و مراکز جمعیتی هر دو بر میزان مواد معلق تأثیر داشته‌اند ولی رابطه کاربری شهری با میزان نیتروژن بسیار ضعیف است.

▪ زیاو و جی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵)، ارتباط شاخص‌های سیمای سرزمین و کیفیت آب‌های سطحی را در آبخیزهای تحت عملیات معدن‌کاوی در سه ایالت آمریکا بررسی کردند. ایشان نقشه‌های کاربری اراضی سه دهه گذشته منطقه را با تفسیر رقومی تصاویر ماهواره‌ای تهیه کردند و شاخص‌های سیمای سرزمین از این تصاویر استخراج شد. داده‌های کیفیت آب مربوط به ۲۵ ایستگاه دارای آمار طولانی مدت نیز در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی ارتباط سری داده‌های کیفیت آب و کاربری اراضی از آزمون همبستگی پیرسون و سپس تحلیل رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های سیمای سرزمین ۷۷٪ از تغییرات متغیرهای کیفیت آب را تبیین می‌کنند.

<sup>1</sup>- Linear mixed effect model

<sup>2</sup>- Xiao and Ji

▪ جباریان امیری و ناکانه<sup>۱</sup> (۲۰۰۸)، با استفاده از رگرسیون چندمتغیره رابطه بین شاخص‌های سیمای سرزمین و برخی متغیرهای کیفیت آب را در حوضه‌ای در غرب کشور ژاپن مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که از کل تغییرات غلظت اکسیژن محلول، pH و فسفر کل به ترتیب ۹۲٪، ۷۴٪ و ۶۲٪ با تغییرات خصوصیات مکانی پوشش اراضی تبیین می‌شود.

▪ چنگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)، روند تغییرات متغیرهای کیفیت آب در ۱۱۸ ایستگاه در یکی از آبخیزهای کره جنوبی را مورد بررسی قرار داد. ایشان از آزمون ناپارامتریک من-کندال فصلی برای تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی کیفیت آب و از مدل‌های رگرسیون مکانی برای بررسی ارتباط کاربری اراضی و کیفیت آب استفاده نمود و به این نتیجه رسیدند که نیتروژن کل در اکثر ایستگاه‌ها سیر صعودی داشته ولی دمای آب تغییرات معنی‌داری نداشته است و همچنین دریافتند که مدل رگرسیون مکانی در مقایسه با روش حداقل مربعات معمولی<sup>۳</sup> تغییرات کیفیت آب را بهتر تشریح می‌کند.

▪ نش<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، در پژوهشی که در ایالت اورگان آمریکا انجام شد رابطه تغییرات شاخص بالقوه چرا<sup>۵</sup> (GPI)، فراهمی علوفه، تراکم آبراهه، طول آبراهه و شاخص‌های سیمای سرزمین را با تعداد باکتری انتروکوکوی و غلظت نیتروژن و فسفر آب با استفاده از روش‌های رگرسیون معمولی و رگرسیون لجستیک مورد بررسی قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که رابطه شاخص چرا با تعداد باکتری معنی‌دار نبود ولی متغیرهای مربوط به فراهمی علوفه تأثیر معنی‌داری داشتند. شاخص‌های سیمای سرزمین مربوط به کاربری‌های کشاورزی و شهری با میزان نیتروژن و فسفر آب ارتباط داشتند. بر اساس نتایج مدل‌سازی ایشان افزایش ۱٪ پوشش طبیعی موجب کاهش ۱۲ درصدی احتمال نزل کیفیت آب از آستانه تعیین شده می‌گردد.

▪ یه<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای خوشه‌بندی داده‌های کیفیت آب ثبت شده در حوضه رودخانه زیانگجی کشور چین استفاده کردند. ایشان ۸۱ ایستگاه اندازه‌گیری کیفیت آب را بر مبنای شباهت داده‌های ثبت شده در پنج گروه دسته‌بندی کردند. سپس از تحلیل افزونگی<sup>۷</sup> برای تعیین تأثیر خصوصیات آبخیز (توپوگرافی و کاربری اراضی) بر کیفیت آب استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۶۱٪ از تغییرات کیفیت آب مربوط به خصوصیات آبخیز است، که خصوصیات توپوگرافی ۲۶٪، کاربری اراضی

1- Jabbarian Amiri and Nakane

2- Chang

3- Ordinary least square (OLS)

4- Nash

5- Grazing Potential Index

6- Ye

7- Redundancy analysis

۱۰/۲٪ و اثر توام توپوگرافی و کاربری اراضی ۲۵/۵٪ از تغییرات کیفی آب را تبیین می‌کنند. در تحقیق ایشان متغیرهایی که تحت تأثیر منابع آلاینده نقطه‌ای بودند با خصوصیات آبخیز ارتباط معنی‌داری نشان ندادند.

▪ لی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، ارتباط الگوی مکانی پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب سدهای کشور کره جنوبی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای کیفیت آب علاوه بر درصد کاربری‌های حوضه سد با الگوی مکانی کاربری‌ها نیز ارتباط معنی‌داری دارد.

▪ ترن<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، مطالعه‌ای با هدف مقایسه تأثیر کاربری اراضی کل حوضه و حاشیه رودخانه بر کیفیت آب انجام دادند. ایشان در تحقیق خود از داده‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ۲۹ آبراهه در ایالت نیویورک آمریکا استفاده کردند. تحلیل داده‌ها با آزمون همبستگی اسپیرمن نشان داد که در مقیاس آبخیز، متغیرهای کیفیت آب با نوع کاربری ارتباط معنی‌داری ندارد، ولی اکسیژن محلول و شاخص ارزیابی بیولوژیک رابطه معکوسی با درصد کاربری شهری در ۲۰۰ متری رودخانه دارد. در مجموع ضرایب همبستگی متغیرهای کیفیت آب و کاربری اراضی حاشیه رودخانه در مقایسه با کاربری کل حوضه به مراتب بالاتر بوده است.

▪ بریون<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر فصل سال و کاربری اراضی حاشیه رودخانه را بر کیفیت آب‌های سطحی آبراهه‌های رتبه یک در حوضه‌ای در جنوب ایالات متحده مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که غلظت نترات در هر دو فصل خشک و مرطوب در مجاورت اراضی کشاورزی و چمنزار بیشتر است، بیشترین فسفر فعال در هر دو فصل مربوط به چمنزار است، ضمن اینکه کاربری اراضی و فصل بر دبی جریان و غلظت آمونیوم بی‌تأثیر بوده است.

### ۲-۴ سابقه تحقیق در ایران

در ایران تاکنون مطالعات بسیار کمی در زمینه بررسی ارتباط پوشش/کاربری اراضی و کیفیت آب‌های سطحی انجام شده است. مهمترین علت این مسئله، محدودیت داده‌های کیفیت آب به لحاظ مکانی، زمانی و تعداد و نوع متغیرهای مورد اندازه‌گیری می‌باشد. اندازه‌گیری متغیرهای کیفی آب در کشورمان غالباً توسط شرکت‌های آب منطقه‌ای صورت می‌گیرد. نمونه‌برداری (در سال‌های اخیر) هر ماه یکبار در محل ایستگاه-

1- Lee

2- Tran

3- Brion

های هیدرومتری انجام می‌شود. متغیرهای مورد اندازه‌گیری عبارتند از: هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول، pH، سختی آب و آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی. میزان متغیرهای مذکور در آب، بیشتر متأثر از تشکیلات زمین‌شناسی و فرآیندهای ژئوشیمیایی است (هم<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵)، از اینرو به لحاظ منطقی رابطه علت و معلولی مستقیمی بین پوشش/کاربری و این متغیرها وجود ندارد. متأسفانه مواد مغذی (ترکیبات نیتروژن و فسفر) و متغیرهای بیولوژیک علی‌رغم اهمیت بسیار زیاد در ارزیابی و مدیریت کیفیت آب، در ایران به صورت منظم و گسترده مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. لذا در تحقیقات انجام شده در زمینه ارتباط کاربری و کیفیت آب در کشور یا از داده‌های موجود استفاده شده (ماهینی و همکاران، ۱۳۸۸) و یا مدلسازی انجام گرفته است (غفوری روزبهانی، ۱۳۸۵).

▪ غفوری روزبهانی (۱۳۸۵)، تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب‌های سطحی حوضه سیاه درویشان استان گیلان را بررسی و رفتار هیدرولوژیکی حوضه را با مدل AQUALM شبیه‌سازی کرد. بر اساس تحقیق مزبور، آلودگی شدید به ترتیب از کاربری‌های شهری، کشاورزی و طبیعی (جنگل و مرتع) تولید شده است.

▪ ماهینی و همکاران (۱۳۸۸)، جهت بررسی رابطه میان پوشش/کاربری اراضی و معیارهای سیمای سرزمین با کیفیت آب در حوضه‌های آبخیز قره سو و گرگانرود از روابط رگرسیونی استفاده کردند و ارتباط معنی‌دار میان ۱۰ متغیر مربوط به پوشش/کاربری اراضی و معیارهای سیمای سرزمین با متغیرهای کیفی آب را نشان دادند.

مرور منابع موجود و نتایج حاصل، ضرورت مطالعات کیفیت آب را برای مدیریت پایدار حوضه‌های آبخیز نشان می‌دهد. با توجه به وجود ارتباط تنگاتنگ بین کاربری اراضی و کیفیت آب و کمبود تحقیقات انجام شده در زمینه ارتباط بین این دو مقوله در کشور، در این تحقیق ارتباط زمانی و مکانی پوشش/کاربری اراضی با برخی از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب‌های سطحی در آبخیز چهل چای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲-۵ جمع‌بندی

در این فصل تعاریف برخی واژه‌ها و مفاهیم مربوط به کاربری اراضی و کیفیت آب ارائه گردید. سپس به تعدادی از تحقیقات انجام شده در خارج و داخل از کشور پرداخته شد. در پایان جمع‌بندی در خصوص سوابق تحقیق ارائه گردید. با تکیه بر مرور منابع علمی انجام شده، در فصل بعد پس از ارائه خصوصیات آبخیز چهل چای، به نحوه و مراحل مختلف انجام این تحقیق پرداخته می‌شود.

<sup>۱</sup> - Hem