

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک گرایش فیزیک و حفاظت خاک

الگوهای زمانی و مکانی برخی آلودگی‌های معدنی و بیولوژیکی رودخانه  
زاینده‌رود

اساتید راهنما

دکتر مهدی نادری

دکتر جهانگرد محمدی

اساتید مشاور

مهندس فرزانه نیکوخواه

دکتر حسین صمدی

پژوهشگر

حامد محمودی

خرداد ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات  
و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه  
متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

## تقدیر نامه

سپاس و ستایش بی پایان از آن فدایی که بر من منت نهاد و مرا در جرگه ی جویندگان و یابندگان دانش قرار داد و قلم رحمتش را بر وجود بی قدر من کشید و نقشی از مصیبت بر آن نگاشت... بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اِبُل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المفلوقین لم یشکر الله عز و جل " :

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یآوری بی چشم داشت برای من بوده اند و فواهران و برادرانم که همواره مرا به آینده امیدوار نگه داشته و در تمام مراحل در کنارم بوده اند سپاسگزارم.

از اساتید با کمالات و شایسته؛ جناب آقایان دکتر مهدی نادری و دکتر جهانگرد معددی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از اساتید صبور سرکار خانم مهندس فرزانه نیکوفواه و جناب آقای دکتر حسین صمدی، که زحمت مشاوره این رساله متقبل شدند و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقایان دکتر شجاع قربانی و مهدی رادفر که زحمت داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از دوستان عزیزم امیر مسعود قیومی، هادی طالب، رضا کریمی و نیز از دکتر حمیدرضا متقیان و خانم- های مهندس رئیسی و براتی که در مراحل انجام این پایان‌نامه مرا همراهی نمودند؛ همچنین از دوستان عزیزم رضا پور واعظی، حمید کلینشادی، جلال حیدری، مجتبی شاهینی، امین حقیقی، اسماعیل هاشم‌لو، حامد قاسمی، یاسر استواری، سلمان میرزایی، امید اقبالی و سایر دوستان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این فردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

تقديم به:

پدر و مادر مهربانم

## چکیده

امروزه همگام با افزایش جمعیت و فعالیت‌های بشری، مسائل مربوط به آب نیز مورد توجه فراوان قرار گرفته است. به طوری که مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب از دیدگاه سازمان ملل پس از مشکل فزونی جمعیت، به عنوان دومین مسأله‌ی اساسی جهان شناخته شده است. حوضه آبخیز رودخانه زاینده‌رود در ایران مرکزی جزء حوضه‌های مهم و دیرینه می‌باشد که آب این رودخانه برای اهداف کشاورزی، صنعتی و آب آشامیدنی استفاده می‌شود. رشد صنایع در حاشیه رودخانه و وجود مناطق مسکونی در کنار رودخانه منجر به تخلیه فاضلاب آن‌ها به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به رودخانه می‌شود. از این رو اندازه‌گیری میزان آلودگی در این رودخانه و یافتن الگوی مناسب از توزیع آلودگی می‌تواند ما را در جلوگیری یا کاهش مشکلات زیست محیطی یاری کند. جهت انجام این تحقیق نمونه‌هایی از ۱۰ ایستگاه در طول رودخانه زاینده‌رود حد فاصل سد زاینده‌رود تا زرین شهر در شش نوبت در ماه‌های تیر، شهریور، آبان، دی و اسفند در سال ۱۳۹۰ و اردیبهشت ۱۳۹۱ نمونه‌برداری شد. آنالیزهای شیمیائی مربوط به pH، هدایت الکتریکی، عناصر مغذی نیترات و فسفر، عناصر سنگین (سرب، روی، مس و کادمیوم) در آب و رسوب و همچنین شاخص‌های میکروبی نمونه‌ها تعیین گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اکثر پارامترهای اندازه‌گیری شده به جز کلیفرم مدفوعی، کادمیوم آب، روی و مس رسوبات در دوره‌های زمانی مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند ( $p < 0.01$ ). همچنین همه‌ی پارامترها به استثنای کادمیوم رسوب در مکان (ایستگاه‌های مختلف) دارای تفاوت معنی‌دار بودند ( $p < 0.01$ ). نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مختلف مربوط به دوره‌های زمانی نشان داد که بیشترین مقدار پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، نیترات و کلیفرم مدفوعی در تیرماه، فسفر در شهریور، سرب، کادمیوم و روی آب در آبان، روی رسوب در دی‌ماه، سرب، کادمیوم و مس رسوب در اردیبهشت‌ماه بودند. علاوه بر آن، نتایج مقایسه میانگین مکانی نشان داد که ایستگاه مورکان بیشترین میزان pH، بیشترین مقدار سرب، مس و روی به ترتیب در رسوب ایستگاه پل کله، چلیوان و سد تنظیمی رخ داده است. بقیه پارامترها در ایستگاه زرین شهر بیشترین مقدار را داشتند. بررسی منابع آلاینده نشان داد که در بالادست رودخانه زاینده‌رود منابع آلوده‌کننده محدود به رواناب سطحی و زه‌آب‌های حاصل از اراضی زراعی بود. بالا بودن آلاینده‌ها در ایستگاه‌های پایانی رودخانه (ایستگاه پل کله و زرین شهر) مربوط به وجود مراکز شهری و کارخانجات صنعتی بود. البته مقادیر هیچ‌یک از پارامترها از مقدار استاندارد تعیین شده برای آب‌های آشامیدنی ایران تجاوز نکرد.

**کلمات کلیدی:** آلودگی، رودخانه زاینده‌رود، تغییرات مکانی، تغییرات زمانی، عناصر مغذی، عناصر سنگین، کلیفرم

مدفوعی

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۷	.....	فصل اول
۷	.....	مقدمه
۷	.....	۱-۱ ضرورت طرح
۱۱	.....	۲-۱ اهداف:
۱۲	.....	فصل دوم
۱۲	.....	کلیات و بررسی منابع
۱۲	.....	۱-۲ آلودگی
۱۲	.....	۲-۲ آلودگی آب
۱۵	.....	۱-۲-۲ اثرات آلودگی آب بر انسان
۱۶	.....	۲-۲-۲ منابع آلودگی
۱۶	.....	۱-۲-۲-۲ منابع آلاینده شهری
۱۷	.....	۲-۲-۲-۲ منابع آلاینده صنعتی
۱۷	.....	۳-۲-۲ منابع آلاینده کشاورزی
۱۷	.....	۳-۲ بررسی انواع آلودگی‌ها
۱۷	.....	۱-۳-۲ عناصر سنگین
۱۷	.....	۱-۱-۳-۲ تعریف کلی
۱۸	.....	۲-۱-۳-۲ خصوصیات روی
۱۹	.....	۳-۱-۳-۲ خصوصیات سرب
۱۹	.....	۴-۱-۳-۲ خصوصیات کادمیوم
۲۰	.....	۵-۱-۳-۲ خصوصیات مس
۲۱	.....	۶-۱-۳-۲ تحقیقات انجام شده بر روی عناصر سنگین موجود در رودخانه‌ها
۲۴	.....	۲-۳-۲ آلودگی عناصر غذایی گیاهی
۲۴	.....	۱-۲-۳-۲ نیتروژن
۲۴	.....	۲-۲-۳-۲ فسفر
۲۵	.....	۳-۲-۳-۲ مطالعات انجام شده در رابطه با مواد مغذی
۳۰	.....	۳-۳-۲ آلودگی میکروبی
۳۰	.....	۱-۳-۳-۲ کلیات
۳۲	.....	۲-۳-۳-۲ پیشینه تحقیق مربوط به آلودگی میکروبی
۳۷	.....	۴-۲ سنجش از دور
۳۷	.....	۱-۴-۲ پیش پردازش‌های داده‌های سنجش از دور
۳۸	.....	۲-۴-۲ پردازش داده‌های سنجش از دور
۳۸	.....	۱-۲-۴-۲ طبقه‌بندی
۳۹	.....	۵-۲ بررسی منابع مختلف آلودگی

عنوان	فهرست مطالب	صفحه
فصل سوم.....		۴۲
مواد و روشها .....		۴۲
۱-۳ منطقه مورد مطالعه .....		۴۲
۱-۱-۳ پوشش گیاهی .....		۴۳
۲-۳ نمونه برداری .....		۴۳
۱-۲-۳ مطالعات صحرایی .....		۴۵
۳-۳ اندازه گیری شاخصهای کیفی آب .....		۴۵
۱-۳-۳ مولفه های شیمیایی کیفیت آب .....		۴۵
۱-۱-۳-۳ pH .....		۴۵
۲-۱-۳-۳ EC .....		۴۵
۳-۱-۳-۳ نیترات .....		۴۶
۴-۱-۳-۳ فسفات .....		۴۶
۲-۳-۳ عناصر سنگین .....		۴۶
۱-۲-۳-۳ نمونه های آب .....		۴۶
۲-۲-۳-۳ تجزیه آزمایشگاهی نمونه های رسوب .....		۴۶
۳-۳-۳ آزمایشات میکروبیولوژی .....		۴۷
۱-۳-۳-۳ روش تخمیر چند لوله ای .....		۴۷
۴-۳ استاندارد آب برای مصارف مختلف .....		۵۰
۱-۵-۳ تهیه نقشه .....		۵۱
۲-۵-۳ پیش پردازش و پردازش تصاویر ماهواره ای .....		۵۱
۶-۳ موقعیت و خصوصیات مناطق مشرف به نقاط نمونه برداری .....		۵۷
۱-۶-۳ ایستگاه ۱: .....		۵۷
۲-۶-۳ ایستگاه ۲: .....		۵۷
۳-۶-۳ ایستگاه ۳: .....		۵۷
۴-۶-۳ ایستگاه ۴: .....		۵۷
۵-۶-۳ ایستگاه ۵: .....		۵۸
۶-۶-۳ ایستگاه ۶: .....		۵۸
۷-۶-۳ ایستگاه ۷: .....		۵۹
۸-۶-۳ ایستگاه ۸: .....		۵۹
۹-۶-۳ ایستگاه ۹: .....		۵۹
۱۰-۶-۳ ایستگاه ۱۰: .....		۶۰
۷-۳ تجزیه و تحلیل آماری .....		۶۱
فصل چهارم .....		۶۲
نتایج و بحث .....		۶۲
۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای مورد اندازه گیری .....		۶۲



عنوان	فهرست مطالب	صفحه
۱-۱-۴ اسیدپتته	۶۲	۶۲
۲-۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی هدایت الکتریکی	۶۵	۶۵
۳-۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی نیترات ( $\text{NO}_3^-$ )	۶۸	۶۸
۴-۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی فسفر	۷۰	۷۰
۵-۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی عناصر سنگین	۷۲	۷۲
۱-۵-۱-۴ عناصر سنگین موجود در آب	۷۲	۷۲
۱-۱-۵-۱-۴ روی	۷۳	۷۳
۲-۱-۵-۱-۴ سرب	۷۵	۷۵
۳-۱-۵-۱-۴ کادمیوم	۷۷	۷۷
۴-۱-۵-۱-۴ مس	۷۹	۷۹
۲-۵-۱-۴ عناصر سنگین موجود در رسوبات	۸۰	۸۰
۱-۲-۵-۱-۴ روی	۸۱	۸۱
۲-۲-۵-۱-۴ سرب	۸۳	۸۳
۳-۲-۵-۱-۴ کادمیوم	۸۴	۸۴
۴-۲-۵-۱-۴ مس	۸۶	۸۶
۶-۱-۴ تغییرات زمانی و مکانی آلودگی میکروبی	۸۷	۸۷
۱-۶-۱-۴ باکتری کل	۸۷	۸۷
۲-۶-۱-۴ کلیفرم کل	۸۹	۸۹
۳-۶-۱-۴ کلیفرم مدفوعی	۹۱	۹۱
۲-۴ بررسی همبستگی بین پارامترهای مختلف	۹۲	۹۲
۳-۴ نتیجه گیری و پیشنهادات	۹۵	۹۵
۱-۳-۴ نتیجه گیری کلی	۹۵	۹۵
۲-۳-۴ پیشنهادات	۹۶	۹۶
پیوست ۱: معادلات برازش داده شده به تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای اندازه گیری شده	۹۷	۹۷
فهرست منابع	۱۰۵	۱۰۵

صفحه	عنوان
۴۴.....	جدول ۳-۱ مشخصات نقاط انتخاب شده جهت نمونه برداری.....
۴۹.....	جدول ۳-۲ شاخص MPN برای شمارش کلیفرم توسط روش تخمیر چند لوله‌ای.....
۵۰.....	جدول ۳-۳ حد استاندارد شاخص‌های شیمیایی (۱۰۵۳ ایران).....
۵۱.....	جدول ۳-۴ استاندارد عناصر در آب آشامیدنی (۱۰۵۳ ایران).....
۵۱.....	جدول ۳-۵ حد استاندارد عناصر در رسوب (CSIRO2005).....
۶۳.....	جدول ۴-۱: نتایج تجزیه واریانس مربوط به pH.....
۶۵.....	جدول ۴-۲ نتایج تجزیه واریانس مربوط به EC.....
۶۸.....	جدول ۴-۳: نتایج تجزیه واریانس عناصر مغذی.....
۷۲.....	جدول ۴-۴: نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین سرب و روی موجود در آب.....
۷۳.....	جدول ۴-۵: نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین مس و کادمیوم موجود در آب.....
۸۰.....	جدول ۴-۶: نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین سرب و روی موجود در رسوب.....
۸۱.....	جدول ۴-۷: نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین مس و کادمیوم موجود در رسوب.....
۸۹.....	جدول ۴-۸ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های میکروبی.....
۹۴.....	جدول ۴-۹ همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده.....

شکل ۱-۲	انواع منابع غیر نقطه‌ای آلودگی رودخانه	۱۵
شکل ۱-۳	موقعیت مکانهای انتخاب شده جهت نمونه‌برداری بر روی تصویر گوگل ارث	۴۴
شکل ۲-۳	کشت باکتری در محیط لاکتوز براث	۴۸
شکل ۳-۳	مدل ارتفاع رقومی و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری	۵۲
شکل ۳-۴	نقشه پستی و بلندی و مسیر آبراهه	۵۳
شکل ۳-۵	نقشه شیب منطقه مورد مطالعه	۵۴
شکل ۳-۶	نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه	۵۴
شکل ۳-۷	کاربری منطقه مورد مطالعه	۵۵
شکل ۳-۸	نقشه زمین شناسی منطقه	۵۶
شکل ۳-۹	نقشه کاربری اراضی ایستگاه‌های اول تا چهارم	۵۸
شکل ۳-۱۰	نقشه کاربری اراضی ایستگاه‌های پنجم و ششم	۶۰
شکل ۳-۱۱	نقشه کاربری اراضی ایستگاه‌های پایانی	۶۱
شکل ۴-۱	مقایسه میانگین زمانی واکنش آب (pH)	۶۴
شکل ۴-۲	مقایسه میانگین مکانی واکنش آب (pH)	۶۵
شکل ۴-۳	مقایسه میانگین تغییرات زمانی هدایت الکتریکی	۶۷
شکل ۴-۴	مقایسه میانگین تغییرات مکانی هدایت الکتریکی	۶۷
شکل ۴-۵	مقایسه میانگین تغییرات زمانی نیترات	۶۹
شکل ۴-۶	مقایسه میانگین تغییرات مکانی نیترات	۷۰
شکل ۴-۷	مقایسه میانگین تغییرات زمانی فسفر	۷۱
شکل ۴-۸	مقایسه میانگین تغییرات مکانی فسفر	۷۲
شکل ۴-۹	مقایسه میانگین تغییرات زمانی روی در آب	۷۴
شکل ۴-۱۰	مقایسه میانگین تغییرات مکانی روی در آب	۷۵
شکل ۴-۱۱	مقایسه میانگین تغییرات زمانی سرب در آب	۷۶
شکل ۴-۱۲	مقایسه میانگین تغییرات مکانی سرب در آب	۷۶
شکل ۴-۱۳	مقایسه میانگین تغییرات زمانی کادمیوم در آب	۷۸
شکل ۴-۱۴	مقایسه میانگین تغییرات مکانی کادمیوم در آب	۷۸
شکل ۴-۱۵	مقایسه میانگین تغییرات زمانی مس در آب	۷۹
شکل ۴-۱۶	مقایسه میانگین تغییرات مکانی مس در آب	۸۰
شکل ۴-۱۷	مقایسه میانگین تغییرات زمانی روی در رسوب	۸۲
شکل ۴-۱۸	مقایسه میانگین تغییرات مکانی روی در رسوب	۸۲
شکل ۴-۱۹	مقایسه میانگین تغییرات زمانی سرب در رسوب	۸۳
شکل ۴-۲۰	مقایسه میانگین تغییرات مکانی سرب در رسوب	۸۴
شکل ۴-۲۱	مقایسه میانگین تغییرات زمانی کادمیوم در رسوب	۸۵

---

شکل ۴-۲۲	مقایسه میانگین تغییرات مکانی کادمیوم در رسوب	۸۵
شکل ۴-۲۳	مقایسه میانگین تغییرات زمانی مس در رسوب	۸۶
شکل ۴-۲۴	مقایسه میانگین تغییرات مکانی مس در رسوب	۸۷
شکل ۴-۲۵	مقایسه میانگین تغییرات زمانی باکتری کل	۸۸
شکل ۴-۲۶	مقایسه میانگین تغییرات مکانی باکتری کل	۸۸
شکل ۴-۲۷	مقایسه میانگین تغییرات زمانی کلیفرم کل	۹۰
شکل ۴-۲۸	مقایسه میانگین تغییرات مکانی کلیفرم کل	۹۰
شکل ۴-۲۹	مقایسه میانگین تغییرات زمانی کلیفرم مدفوعی	۹۱
شکل ۴-۳۰	مقایسه میانگین تغییرات مکانی کلیفرم مدفوعی	۹۲

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱ ضرورت طرح

آب یک ماده ضروری جهت زندگی در روی زمین و جزئی از بدن موجودات زنده است. برخی در آن زیسته و برخی آن را می‌نوشند. با وجود اینکه می‌دانیم آب یکی از فراوان‌ترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت می‌شود و تقریباً سه چهارم سطح زمین را آب پوشانده است. بیش از ۹۷ درصد کل منابع آب در اقیانوس‌ها و دریاها قرار دارد و کمی بیش از ۲ درصد کل منابع آب در یخچال‌ها و منابع قطبی و یا به صورت رطوبت در خاک و اتمسفر زمین قرار دارد که اولی به دلیل بالا بودن نمک‌های محلول و دومی به دلیل در دسترس نبودن آنها از لحاظ امکان سنجی اقتصادی قابل توجه نیست بنابراین تنها ۰/۶۲٪ از آب‌های موجود برای مصرف انسان قابل دسترس می‌باشد (جوهری، ۱۳۸۸).

مصرف آب، در مقایسه با سایر منابع، فوق‌العاده زیاد است. مقدار کل آب مصرفی (به وزن) جهان در سالهای اخیر حدود هزار برابر تولید کل کانی‌ها از جمله نفت، زغال، سنگ‌های فلزات و غیر فلزات بوده است. آب، به دلیل فراوانی‌اش، عموماً منبعی بسیار ارزان است، اما علت ارزانی آب، عموماً یارانه‌های دولتی است. با توجه به افزایش جمعیت جهان، بالا رفتن بهداشت عمومی و زیرکشت بردن زمین‌های بیشتر برای تولیدات کشاورزی و توسعه‌ی صنعت، مصرف آب در جهان افزایش یافته است. لذا مسئله‌ی آب به چالش و مسئله‌ی اصلی بعضی از کشورها تبدیل شده است (پارحسینی، ۱۳۸۹).

با افزایش جمعیت، پیشرفت‌های صنعتی، کشاورزی و بهداشت عمومی در ایران نیز، مصرف آب در این کشور افزایش یافته است. این در حالی است که کشور ایران با متوسط بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر که کمتر

از یک سوم بارندگی متوسط سالانه جهان است یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. ایران که حدود یک درصد از خشکی‌های جهان را داراست، فقط ۰/۰۰۰۲ درصد از منابع آب شیرین را در اختیار دارد که همین مقدار نیز دارای توزیع نامناسب می‌باشد. این امر نه تنها کمیت آب در دسترس را کاهش داده و با محدودیت بیشتری رو برو نموده است بلکه الودگی منابع آب و کاهش کیفیت منابع آب را به همراه داشته است (اختری، ۱۳۸۵).

امروزه همگام با افزایش جمعیت و رفاه بشری مسائل مربوط به آب نیز تحت تأثیر فراوان قرار گرفته است. به طوری که مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب از دیدگاه سازمان ملل پس از مشکل جمعیت به عنوان دومین مسأله‌ی اساسی جهان شناخته شده است. این بحران با اینکه فراگیر و جهان شمول است اما در خاورمیانه بیش از دیگر نقاط دیگر جهان رخ نموده است. کمبود طبیعی، توزیع نامتوازن، افزایش بی‌رویه جمعیت و مصارف آبی، اقتصاد متکی بر کشاورزی، سوء مدیریت و فقدان قوانین بین المللی حاکم بر آب‌های مشترک از جمله عوامل تشدید این بحران هستند (کریمیان و همکاران، ۱۳۸۶).

مشکل اصلی آب در جهان امروز فقدان آب آشامیدنی پاکیزه و عاری از بیماری است. علت اینکه چنین مشکلی کوچک به نظر می‌رسد آن است که در اکثر نقاطی که ما زندگی می‌کنیم یا سفر می‌کنیم آب برای حذف عوامل ذره‌بینی بیماری‌زا تیمار شده است. همه‌گیری‌های تاریخی با جلوگیری از آلوده شدن آب آشامیدنی به فاضلاب انسانی (جدا نگه داشتن آنها از یکدیگر) و تأمین آب آشامیدنی سالم متوقف شده است. واقعیت این است که هر ساله چندین میلیارد نفر به خصوص در کشورهای فقیر، در معرض تهدید بیماری‌های ناشی از آب آلوده قرار دارند آثار این آلودگی‌ها از اختلال دستگاه گوارش تا مرگ متغیر است. شیوع جدی بیماری‌های آب آلوده از قبیل وبا و حصبه به لحاظ تاریخی سبب مشکلات و سختی‌های عمده‌ای برای جوامع انسانی شده است و هزاران نفر را به کام نیستی برده است (یار حسینی، ۱۳۸۹).

کلمه آلودگی از لغت یونانی pollutionem به معنی کثیف کردن یا آلوده کردن گرفته شده است. آلودگی عبارت است از هرگونه تغییر نامطلوب در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی نیازهای اساسی ما (آب، هوا و خاک) که منجر به ایجاد اثرات زیان‌بار بر زندگی ما یا بر سایر گونه‌های مفید و همچنین ارزش‌های فرهنگی شود (علیزاده، ۱۳۸۲).

گیاهان و جانوران برای زندگی خود به آبی تقریباً خالص نیازمند بوده و در صورت آلودگی آن به مواد شیمیایی و میکروارگانیسم‌های مضر، ادامه‌ی حیات برایشان ممکن نخواهد بود. آن‌چنان که در برخی موارد، آلودگی شدید باعث مرگ ماهی‌ها پرندگان و دیگر حیوانات و حتی گاهی منجر به انقراض گونه‌ای خاص گشته است. آلودگی به نهرها، دریاچه‌ها و مناطق ساحلی چشم اندازی نامطلوب و بویی نامطلوب خواهد بخشید و ماهی‌ها و نرم‌تنان صید شده از آب آلوده مخل سلامت بشر بوده و افرادی که اقدام به نوشیدن آب ناپاک می‌کنند، ممکن است مریض شده و یا حتی در مصرف طولانی مدت دچار سرطان و یا تولد کودکان ناقص شوند (عنابستانی، ۱۳۸۷).

منابع آلاینده شامل موادی هستند که اگر در هر یک از منابع اصلی محیط زیست شامل: آب، هوا و خاک و حتی گیاهان وارد شوند آن را از حالت طبیعی و مفید خارج می‌سازند. آلوده کننده‌های آب شامل موادی هستند که خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب را تغییر می‌دهند، که به طور عمده این مواد در اثر

فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود و به سه گروه عمده منابع آلوده کننده صنعتی، شهری و کشاورزی تقسیم می‌شوند (مفتاح هلقی، ۱۳۸۸).

انسان‌ها از همان ابتدا به اهمیت منابع آب پی برده و محل سکونت خود را در اطراف منابع آب بنا نمودند. با این عمل ضمن تامین نیازهای حیاتی قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بودند. پی بردن به اهمیت آب بسیار دیرتر صورت پذیرفت. انسان‌های اولیه از طریق حواس فیزیکی نظیر بینایی و چشایی و بویایی کیفیت آب را می‌سنجیدند تا زمانی که علوم بیولوژیکی- شیمیایی پزشکی توسعه یافته و جایگزین روش‌های کم دقت شد. شهرنشینی سریع و گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی از طریق دفع پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های خانگی در مناطق فاقد سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب از دلایل اصلی آلودگی آب‌ها هستند. تخلیه فاضلاب‌های صنعتی واحدهای بزرگ صنعتی به رودخانه‌ها و چاه‌های جاذب از عوامل مهم آلودگی آب‌ها هستند (پیوی، ۱۹۹۹).

در حال حاضر بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی بزرگ مصرف کننده آب در کشور فعالیت دارند که سالانه بیش از ۸۰۰ میلیون متر مکعب آب را مصرف و بخش‌های زیادی از آن را به صورت فاضلاب به منابع آبی کشور تخلیه می‌کنند. فقدان سیستم تصفیه در بسیاری از این واحدها و پایین بودن راندمان تصفیه در برخی دیگر، باعث تشدید آلودگی‌های ناشی از فاضلاب‌های صنعتی در منابع آب کشور می‌شود (کربلایی امینی، ۱۳۸۶).

پیشگیری از آلودگی بحثی نوین در مباحث مربوط به آلودگی محیط زیست می‌باشد و از دیر باز تاکنون منابع آب به عنوان محیطی مناسب برای پذیرش انواع آلودگی‌ها در نظر گرفته می‌شوند. لذا یکی از مسائلی که در کنار مباحث مربوط به پیشگیری از آلودگی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است شناخت وضعیت فعلی منابع آب می‌باشد. این مسأله از آن جهت اهمیت دارد که با دستیابی به این شناخت می‌توان به بررسی منابع آلاینده آب‌ها، توان پذیرش آلاینده‌ها در هر محل با توجه به وضعیت آن، نوع استفاده‌ی ممکن و مناسب از آب منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به استانداردها و شاخص‌های کیفی موجود، برنامه ریزی برای مدیریت آب و حوضه‌ی آبخیز آن، افزایش بهره‌وری آب، افزایش آگاهی برای بهبود استفاده از آب و در نتیجه مدیریت مناسب برای پیشگیری از آلودگی آب‌ها، مصرف بهینه و استفاده پایدار از منابع آب پرداخت (ابوالقاسمی، ۱۳۸۷).

در این میان بررسی آلودگی آب‌های سطحی با توجه به اینکه استفاده‌های زیادی از آن‌ها می‌شود و با توجه به ارتباط گسترده‌ی آن‌ها با سایر منابع آب دارای کیفیت مناسب و قابل استفاده برای انواع کاربری‌ها، توانایی آن‌ها در خود پالایی و در نتیجه دریافت و حذف آلاینده‌ها در حد توان، تأمین زیستگاه مناسب برای گونه‌های خاص آبی در فصول مختلف نقش آن‌ها در چرخه‌ی آب، نقش اکولوژیک آن‌ها و نیز این مطلب که این آب‌ها بیشتر و سریعتر تحت تأثیر فعالیت‌ها و آلودگی‌های انسان قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (ژیزن، ۲۰۰۷).

داشتن منابع آب سالم یکی از پیش نیازهای ضروری و اساسی برای حفظ کیفیت محیط زیست و رشد توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است. از آنجایی که در سالهای اخیر منابع آبی کشور مورد تهدید انواع آلودگی‌ها از قبیل پساب‌های صنعتی، کودهای شیمیایی و فاضلاب‌های شهری قرار گرفته‌اند، داشتن یک استراتژی و برنامه مدون برای حفظ منابع آب و کنترل آلودگی‌های آن به عنوان یک مسأله زیربنایی کشور مطرح می‌باشد. در راستای تحقق این امر مهم شناسایی منابع و عوامل آلاینده آب‌های سطحی و دستیابی به

راه‌حل‌های اصولی و عملی جهت کاهش میزان ورود ضایعات و آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های اقتصادی باید در اولویت برنامه‌های کشور قرار گیرد (کاظم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). لذا مدیریت صحیح منابع آب داشتن اطلاعات کافی و به روز از کمیت و کیفیت در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع ابزاری مهم و ضروری است. با این وجود داشتن اطلاعات فراوان از آب به تنهایی کارگشا نیست بلکه استفاده از روند تغییرات کیفی در هر گونه برنامه‌ریزی مدیریتی به منظور کنترل منابع مستلزم تحلیل و تفسیر داده‌های کیفی است. استفاده از معادلات سری زمانی به منظور بررسی و پیش‌بینی کیفیت منابع آب در چند دهه اخیر مورد توجه جدی صاحب‌نظران قرار گرفته است (اسدالله‌فردی و همکاران، ۱۳۸۷).

برای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های مختلف تمامی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر توسعه، به ویژه منابع آبی که از شاخص‌های اصلی توسعه است بایستی دقیقاً مورد مطالعه قرار گیرند. همچنین از آنجائی که سرعت بازسازی طبیعی این منابع ملی بسیار زمان‌بر و گاه ناممکن است، ضروری است در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های خرد و کلان برای توسعه و پیشرفت جایگاه ویژه‌ای برای این منابع لحاظ گردد. از طرف دیگر، با توجه به اینکه آب‌های سطحی از جمله منابع عمده‌ی آب کشاورزی، صنعت و شرب به شمار می‌آیند، بررسی کیفی و کمی آن‌ها می‌تواند باعث جهت‌دهی مناسب اهداف یاد شده و جلوگیری از آلودگی این منابع گردد (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۴).

به طور کلی در حال حاضر چهار محدودیت کلی در ارتباط با بحران آب وجود دارد که در مباحث این روزها به آن توجه کافی نمی‌شود. الف: فرصت بسیار کوتاه برای عمل ب: محدودیت امکانات موجود برای تأمین منابع آب ضروری. ج: تقاضاهای رقابتی برای دریافت اعتبار به منظور تهیه ابزار کار. د: توان ناچیز در مقابله با خشکسالی‌هایی که اتفاق می‌افتد (ابوالقاسمی، ۱۳۸۷).

پیچیدگی‌های مربوط به این مطالعات و نگرانی‌های روز افزون ناشی از اثرات سوء آلودگی‌ها مسئولیت سنگینی بر دوش جوامع علمی برای درک هرچه بیشتر و گویاتر مسائل زیست محیطی و تعریف اهداف و معیارهای حفاظت کیفیت آب از دیر باز نهاده است. این نیاز سبب گشوده شدن افق نوینی در تحقیقات کیفیت آب شده است. تحقق اهداف حفظ کیفیت آب به خصوص در مناطق پیشرفته‌تر در جهان اصولاً نیازمند سرمایه‌گذاری‌های قابل ملاحظه و تغییرات اساسی در نگرش عموم مردم نسبت به حفظ محیط زیست و به دنبال آن حفظ منابع آب می‌باشد. اثرات اقتصادی چنین مسأله‌ای نه تنها شامل هزینه امکانات طراحی شده برای کاهش میزان دفع آلاینده به درون آب‌های طبیعی و یا هزینه بهسازی کیفیت این آب‌هاست، بلکه شامل محدودیت‌هایی در توسعه اقتصادی مناطق و حوزه‌های رودخانه نیز می‌باشد (تقوایی و همکاران، ۱۳۸۹).

رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. آلودگی آب رودخانه‌ها را در حقیقت می‌توان شاخص آلودگی محیط زیست در اثر فعالیت‌های انسانی به حساب آورد، زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند و به انواع گوناگون آلاینده‌ها، آلوده می‌شوند و چون آب رودخانه‌ها بیش از آب هر منبع دیگری برای مصارف گوناگون مانند کشاورزی، تجارتي، خانگی و صنعتی استفاده می‌شود، می‌تواند اثرات سوء گسترده‌ای بر محیط زیست داشته باشد (شاپوری و همکاران، ۱۳۸۹).



زاینده‌رود یکی از مهمترین رودخانه‌هایی است که در بخش مرکزی ایران جریان دارد که آب این رودخانه برای اهداف کشاورزی، صنعتی و آب آشامیدنی استفاده می‌شود. رشد صنایع در جوانب رودخانه مانند کارخانه ذوب آهن اصفهان، نیروگاه‌ها، پالایشگاه و مجتمع‌های پتروشیمی، کارخانه‌های سیمان، صنایع متالورژی و فلزکاری، رنگرزی و فعالیت‌های معدنکاری منجر به تخلیه فاضلاب آنها مستقیم یا غیر مستقیم به رودخانه می‌شود از این رو اندازه‌گیری میزان آلودگی در این رودخانه و یافتن الگوی مناسب از توزیع آلودگی می‌تواند ما را در جلوگیری یا کاهش مشکلات زیست محیطی یاری کند.

## ۱-۲ اهداف:

- ۱- ارزیابی زمانی آلودگی بخشی از رودخانه زاینده رود به نیترات، فسفر، عناصر سنگین Cu، Cd، Zn، Pb و میکروب‌ها
- ۲- بررسی مکانی منابع آلاینده به کمک GIS و اطلاعات سنجش از دور

## این پایان نامه در چهار فصل نگاشته شده است:

- فصل اول** مقدمه‌ای بر ضرورت ارزیابی کیفیت آب در رودخانه را بیان می‌کند
- فصل دوم** به بررسی کلیات، تعاریف و مروری بر منابع گذشته می‌پردازد.
- فصل سوم** به بررسی مواد و روش‌های عمومی پرداخته می‌شود. ابتدا منطقه مورد مطالعه معرفی می‌شود که در آن وضعیت جغرافیایی، منابع آب و اقلیم منطقه تشریح می‌گردد. سپس نحوه‌ی جمع‌آوری داده‌ها، روش‌های آزمایشگاهی، تجزیه و تحلیل داده‌ها شرح داده می‌شود.
- فصل چهارم** نتایج پژوهش را ارائه می‌کند. شاخص‌های کیفی آب برای مصارف مختلف با استانداردهای موجود مقایسه می‌شود. در این فصل نتیجه کلی از نتایج پژوهش ارائه می‌گردد و بر اساس این نتایج پیشنهاداتی داده می‌شود.

## فصل دوم

### کلیات و بررسی منابع

#### ۱-۲ آلودگی

هرگونه تغییر در کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی خاک یا آب به صورت طبیعی یا در اثر فعالیت‌های انسانی که روی مصرف فعلی یا مورد نظر آب یا خاک تاثیر منفی می‌گذارد، آلودگی نام دارد (نوتونی و اولم، ۱۹۹۴). پس آلاینده می‌تواند یک عامل شیمیایی یا بیولوژیکی طبیعی یا انسانی باشد که در خاک یا آب انباشته می‌شود. از آنجا که وجود غلظت کمی از آلاینده‌ها در آب یا خاک ممکن است طبیعی باشد، آلودگی معمولاً به غلظت بالاتری از یک یا چند آلاینده اشاره دارد.

آلاینده‌ها را می‌توان از جوانب مختلف دسته‌بندی کرد. برخی از این دیدگاه‌ها عبارتند از منشأ تولید و ترکیب آلاینده، مسیر انتقال به محیط، حضور شکل‌های بالقوه خطرناک در محیط، سمیت یا تجمع سم در گیاه، حیوان یا انسان، خطرات ناشی از تماس دراز مدت با غلظت‌های کم آلاینده، زیبایی محیط زیست مانند تکثیر جلبک‌ها در سطح آب و ایجاد بوی تعفن (سبزقبایی، ۱۳۷۵).

#### ۲-۲ آلودگی آب

با توجه به اهمیت آب می‌توان به این نکته اشاره کرد که آلودگی آب مشکل جهانی بوده و پیشگیری از آلودگی آب‌های دارای کیفیت مناسب امری ضروری و شاید مهمترین مسأله‌ای باشد که باید در رأس امور دولت‌ها قرار گیرد. معمولاً در مورد رودخانه‌ها و جویبارها به این صورت تصور می‌شود که یک رشته یا سلسله از منبع تا مقصد که دریا است، وجود دارد و تا مقصد نهایی که معمولاً دریا می‌باشد مقدار زیادی مواد آلی، آلاینده‌ها و میکروارگانیسم‌ها وارد آب اولیه می‌شود (کاظم نژاد و همکاران، ۱۳۸۹).

منظور از آلودگی آب، آلودگی شیمیایی، میکروبی و آلودگی با مواد زاید آب دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، اقیانوس‌ها و آب‌های زیرزمینی است. هنگامی که آلودگی‌ها به طور مستقیم یا غیر مستقیم بدون تصفیه از مواد ترکیبی مضر در آب‌ها تخلیه می‌شوند، آب‌ها آلوده می‌شوند. آلودگی آب‌ها بر گیاهان و ارگانیسم‌های زنده‌ی درون آن‌ها اثر می‌گذارد. تقریباً در همه موارد، این اثرات علاوه بر گونه‌های منفرد و جمعی، گروه‌های زیستی طبیعی را نیز تخریب می‌کند (صفوی و همکاران، ۱۳۸۹).

آلودگی آب یک مشکل بزرگ جهانی است که به ارزیابی مداوم و تجدیدنظر در سیاست منابع آبی در همه سطوح احتیاج دارد (از آب‌های بین‌المللی تا آب‌های درون مرزی و چاه‌ها). همواره اشاره شده است که آلودگی آب علت مرگ و میر در سراسر جهان است، و اینکه روزانه بیش از ۱۴۰۰۰ نفر در اثر آلودگی آب می‌میرند. برآوردی نشان می‌دهد که ۷۰۰ میلیون هندی به توالی مناسب دسترسی ندارند و روزانه ۱۰۰۰ کودک هندی از اسهال و استفراغ می‌میرد. تقریباً ۹۰ درصد از شهرهای چین از آب آلوده رنج می‌برند و نزدیک به ۵۰۰ میلیون نفر به آب آشامیدنی دسترسی ندارند. همزمان با مسئله بحران آلودگی آب در کشورهای در حال توسعه، کشورهای صنعتی شده بخوبی با مشکلات آب مبارزه می‌کنند. طبق مطالعات صورت گرفته عدم وجود آب کافی و بهداشتی سالانه منجر به بروز ۸۰۰ میلیون مورد اسهال و ۴۵ میلیون مرگ در کشورهای در حال توسعه می‌شود که این امر خود پیامدهای اقتصادی و اجتماعی جبران‌ناپذیری بر پیکره جامعه وارد می‌کند. اگر آب بهداشتی و کافی در اختیار این جوامع قرار گیرد، ۵۰٪ مرگ و میر کودکان و ۲۵-۳۵٪ اسهال کاهش می‌یابد (مومبا و کالنی، ۲۰۰۲).

آلاینده‌های خاصی که سبب آلودگی آب می‌شوند شامل طیف وسیعی از مواد شیمیایی بیماریزا هستند که موجب تغییرات حسی و فیزیکی از قبیل افزایش دما و تغییر رنگ هستند. با اینکه غلظت بسیاری از مواد شیمیایی در آب تنظیم می‌شوند نظیر کلسیم، سدیم، آهن و منیزیم اما غلظت آن‌هاست که تعیین می‌کند که کدام ماده جزء طبیعی آب است و کدام آلاینده می‌باشد. غلظت‌های بالای یک جزء طبیعی آب می‌تواند اثرات نامطلوبی بر زندگی گیاهان و جانوران ساکن در آب داشته باشد. موادی که اکسیژن آب را مصرف می‌کنند ممکن است طبیعی از قبیل گیاهان (برگ‌ها یا علف‌ها) بوده یا شیمیایی ساخته دست بشر باشند. بعضی مواد طبیعی یا ساخته بشر ممکن است سبب ایجاد کدروت در آب شده و با جلوگیری از نفوذ نور رشد گیاهان را مختل کنند و یا در آبشش بعضی از گونه‌های ماهی‌ها رسوب کند (کاظمیان، ۱۳۸۷).

شیوه‌های مدرن کشاورزی روند آلوده‌سازی منابع آب را تسریع کرده است. مثلاً شخم عمیق و متوالی خاک‌های درشت بافت باعث افزایش شست و شوی خاک و انتقال سریع آلاینده‌ها به زه آب‌ها و آب‌های زیرزمینی می‌شود و یا تناوب زراعی و آیش که فرسایش خاک را تشدید کرده و بسیاری از آلاینده‌ها را همراه با ذرات خاک به منابع آب منتقل می‌کند. همچنین مصرف زیاد مواد حاصلخیز کننده‌ی شیمیایی و آلی و آفت‌کش‌ها در زمان نامناسب آلودگی زه‌آب‌ها و رواناب‌ها را به همراه دارد. از سوی دیگر کودهای شیمیایی باعث کاهش مقدار هوموس خاک می‌شوند که این به نوبه‌ی خود تثبیت فلزات و آلاینده‌ها را در خاک کاهش می‌دهد (کاستانی، ۱۳۶۴).

توصیف تغییرات مکانی و تعیین منبع تغییرات کیفیت آب می‌تواند دانسته‌های ما را در مورد شرایط محیطی بهبود بخشد و محقق را برای اولویت بندی در مدیریت پایدار آب راهنمایی کند (کولوس و همکاران، ۲۰۰۲؛ وانگ، ۲۰۰۲). در همین راستا منابع آلاینده را به دو گروه نقطه‌ای (Point) و غیرنقطه‌ای (Non Point)

تقسیم‌بندی می‌کنند که منبع آلاینده نقطه‌ای، منبع آلاینده‌ای است که از یک محل مشخص و قابل شناسایی وارد محیط پذیرنده می‌شود، مانند فاضلاب خروجی صنایع، نیروگاه‌ها یا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و منبع آلاینده غیرنقطه‌ای به منبع آلاینده‌ای که محل ورود مشخص و قابل شناسایی به محیط پذیرنده ندارد اطلاق می‌شود، به طور معمول این منابع شامل زه‌آب‌ها و رواناب‌ها می‌باشند که از زمین‌های کشاورزی، معادن، کارگاه‌های ساختمانی، جاده‌ها و مناطق شهری ناشی می‌شوند. آلودگی هوا که بر روی منابع آب فرو می‌نشیند نیز یک منبع آلاینده غیر نقطه‌ای است (شکل ۲-۱). اغلب به دلیل دشواری شناسایی یا تعیین محل ورود این منابع و کنترل آن‌ها آسان نمی‌باشد (جباری ۱۳۸۸).

تکنولوژی‌هایی برای مبارزه با منبع آلودگی وجود دارد که آلودگی را می‌تواند کنترل کرده و آن‌ها را مورد پایش دقیق قرار داده و تنظیم کننده آن است. البته این کار از نظر سیاسی گاهی ممکن است بفرنج باشد. آلودگی با منبع نامشخص بسیار سخت‌تر کنترل می‌شود. آلودگی با منبع نامشخص از منابع نامشخص در محیط زیست حاصل می‌شود که مسبب آلودگی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاهاست. بنابراین منابع آلودگی غیرنقطه‌ای موضوع مهمی برای محیط‌های آبی شده است و باعث افزایش توجه در دهه اخیر شده است (ادوارد و همکاران، ۲۰۰۸). ورود آلودگی‌های غیرنقطه‌ای مخصوصاً زمین‌های کشاورزی باعث افزایش فسفر و نیتروژن وارده به محیط‌های آبی شده است که باعث مشکلات زیادی از جمله رشد سریع جلبک‌های سمی، کاهش اکسیژن و از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود. به علاوه، غنی شدن به وسیله عناصر غذایی باعث از بین رفتن اکوسیستم‌های آبی شده و کاهش کیفیت آب مورد استفاده برای آشامیدن، صنعت، کشاورزی و دیگر اهداف را در پی دارد (فارنگا و دانیل، ۲۰۰۷). شکل زیر نمونه‌هایی از آلودگی‌های غیر نقطه‌ای که می‌تواند وارد رودخانه شود را به تصویر کشیده است همانطور که می‌بینیم اراضی کشاورزی، کارخانجات، مناطق مسکونی و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، نیروگاه و غیره می‌تواند در کاهش کیفیت آب موثر باشد.