دانشکده شیلات و محیط‌زیست

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد در رشته
محیط‌زیست

مدل‌سازی آلودگی غیرنقطه‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای ارائه بهترین شیوه‌های مدیریت (BMP) در حوضه آبخیز گرگانرود

پژوهش و نگارش:
زهرا پسندیده‌فرد

اساتید راهنما:
دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی
دکتر سیدحامد میرکریمی

اساتید مشاور:
مهندس مهدی غلامعلی‌فرد
مهندس مرتضی اکبری

تابستان ۱۳۹۱

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **زهرا پسندیده‌فرد** دانشجوی رشته **محیط‌زیست** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم به

پدرم به استواری کوه

مادرم به زلالی چشمه

و همسرم به صمیمیت باران

تقدیم به

اساتید خوبم

و آنان که مرا در راه کسب علم، یاری نمودند

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌ام بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونم شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرم نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیم ساخت. جان ما را صفای خود ده و دل ما را هوای خود ده، و چشم ما را ضیای خود ده، و ما را از فضل و کرم خود آن ده که آن به.

نمی‌توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف استادان خویش آشکار نمایم، که هر چه گویم و سرایم، کم گفته‌ام.

بسی شایسته است از استادان فرهیخته و فرزانه جناب آقایان دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی و دکتر سید حامد میرکریمی که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کار ساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم. بر خود وظیفه می‌دانم از اساتید دلسوز و بزرگوار جناب آقایان مهندس مرتضی اکبری و مهندس مهدی غلامعلی‌فرد که قبول زحمت فرمودند و با مشاوره‌های ارزشمندشان راه‌گشایم بودند قدردانی نمایم.

از اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر حسین وارسته مرادی و دکتر علی نجفی‌نژاد که داوری این پژوهش را پذیرفته و با راهنمایی‌های ارزنده‌شان در ارائه هر چه بهتر این رساله یاریگرم بودند کمال تشکر را دارم. از همراهی و مساعدت نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر افرا که مدیریت جلسه دفاع این جانب را به عهده داشتند سپاسگزارم.

صمیمانه‌ترین سپاسم را نثار پدر و مادر دلسوز و مهربانم می‌کنم، به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برایم فراهم نمودند.

و در انتها بر خود واجب می‌دانم قدردان همسرعزیزی باشم که با واژه‌ی نجیب و مغرور تلاش، آشنایی دارد و تلاش راستین را می‌شناسد و عطر رویایی آن را استشمام می‌کند و مرا در راه رسیدن به اهداف متعالی یاری می‌رساند، همدلی که حس تعهد و مسئولیت را در زندگی‌مان تلالویی خدایی داده است.

زهرا پسندیده‌فرد

تابستان ۹۱

چکیده

در میان عناصر بی‌شمار سازنده طبیعت، آب نقش بسیار مهمی را، به سبب اختصاصات فیزیکی و شیمیایی خود ایفا می‌کند. با گسترش روزافزون جمعیت، از یک طرف نیاز به آب شیرین روز به روز افزایش و از طرفی ورود آلاینده‌ها به این اکوسیستم، سرعت یافته است. مهمترین آلاینده‌هایی که باعث ایجاد آلودگی آب می‌شوند، نیتروژن و فسفر موجود در رواناب کشاورزی هستند که به آلودگی غیرنقطه‌ای (NPS)، موسوم هستند. برای رفع این مشکل، شیوه‌های مدیریتی به کار می‌روند که به BMP ها یا بهترین شیوه‌های مدیریت معروفند. به وسیله این شیوه‌ها، آلودگی غیرنقطه‌ای حاصل از کشاورزی (آلودگی با منبع گسترده) کاهش و در مواردی حذف می‌شود. یکی از روش‌های متداول کنترل آلودگی غیرنقطه‌ای مدل‌سازی آن است. به وسیله مدل‌سازی می‌توان راندمان بسیاری از این شیوه‌ها را قبل از به کارگیری، آزمایش کرد. در این مطالعه، ابتدا آنالیز آماری پارامترهای کیفی آب و محاسبه نیاز آبی گیاهان انجام شد که نتایج اثر فعالیت کشاورزی را در فصول مختلف نشان داد. سپس، تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸٤ تا ۲۰۱۰ بررسی شد که نشان دهنده افزایش اراضی کشاورزی، توسعه شهری و جاده‌ها بود. با انجام مدل L-THIA برای هر دو کاربری میزان آلودگی و حجم رواناب محاسبه شد که رشد چشمگیری را نشان می‌داد. سپس، اثر چهار بافر اطراف رودخانه با عرض‌های متفاوت بر روی آلودگی غیرنقطه‌ای آزمایش شد. نتایج بیانگر اثر بسیار زیاد بافرها بود. با محاسبه آلودگی هر یک از زیرحوضه‌ها، زیرحوضه هفت به عنوان یک منطقه بحرانی شناخته شد. در انتها با استفاده از ارزیابی چند معیاره (MCE) به منظور مکان‌یابی اراضی کشاورزی، تغییر کاربری به عنوان یک BMP مدنظر قرار گرفت و نقشه بهینه کاربری ایجاد شد. پس از تهیه نقشه کاربری جدید مدل L-THIA مجددا انجام شد و نتیجه مدل با کاربری کنونی مقایسه شد تا اثر این BMP بررسی شود. نتیجه حاکی از کاهش قابل توجهی در میزان حجم رواناب و آلودگی آب بود. حجم رواناب از ۳٦۷/۵ به ۳۰۸/٦ مترمکعب در هکتار و میزان نیتروژن موجود در رواناب از ۳/۲٦ به ۱/۵۸ میلی‌گرم در لیتر و اکسیژن خواهی زیستی یا BOD آب نیز از ۳/٦۱ به ۲/۱۳ میلی‌گرم در لیتر رسید. سایر آلاینده‌ها نیز کاهش شدیدی را نشان دادند. به این ترتیب، تغییر کاربری به عنوان یک BMP موثر، جهت کاهش آلودگی غیرنقطه‌ای تایید شد.

کلمات کلیدی: آلودگی غیرنقطه‌ای (NPS)، رواناب، بهترین شیوه‌های مدیریت (BMP)، مدل‌سازی، ارزیابی چند معیاره (MCE).

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- تعاریف مربوط به آلودگی ۳

۱-۲-۱- آلودگی ۳

۱-۲-۲- آلاینده ٤

۱-۳- بهترین شیوه‌های مدیریت (BMP) در رابطه با کنترل آلودگی غیر نقطه‌ای ۷

۱-۳-۱- طرح‌ریزی کاربری به عنوان یک BMP موثر ۸

۱-٤- مدل‌سازی آلودگی غیر نقطه‌ای ۹

۱-۵- سوال‌های تحقیق ۱۱

۱-٦- فرضیات تحقیق ۱۱

۱-۷- اهداف تحقیق ۱۱

فصل دوم: مروری بر منابع علمی

۲-۱- مقدمه ۱٤

۲-۲- کلیات ۱٤

۲-۲-۱- انواع مدل‌ها ۱٤

۲-۲-۲- SWAT ۱۵

۲-۲-۳- AGNPS ۱٦

۲-۲-٤- HSPF ۱۷

۲-۲-۵- L-THIA ۱۷

۲-۲-٦- GWLF ۱۸

۲-۲-۷- ANSWERS2000 ..... ۱۹

۲-۲-۸- MIKE SHE ۲۰

۲-۲-۹- مقایسه تعدادی از مدل‌های آلودگی غیرنقطه‌ای ۲۰

۲-۳- سابقه تحقیق ۲۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۳-۱- سابقه تحقیق در ایران ۲۳
۲-۳-۲- سابقه تحقیق در جهان ۲٤
۲-٤- جمع‌بندی ۳۰

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه ۳۲
۳-۲- مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳۲
۳-۲-۱- وضعیت توپوگرافی ۳۵
۳-۲-۲- ویژگی‌های اقلیمی ۳۵
۳-۲- ۳-کاربری و پوشش گیاهی حوضه ۳٦
۳-۲-٤-کاربری کشاورزی و دامپروری منطقه ۳٦
۳-۳- روش انجام پژوهش ۳۷
۳-۳-۱- شناخت منطقه ۳۸
۳-۳-۲- انتخاب مدل مناسب برای محاسبه میزان آلودگی غیرنقطه‌ای ٤٤
۳-۳-۳- آماده‌سازی نقشه‌های مورد نیاز مدل‌سازی ٤۵
۳-۳-٤- انجام فرآیند مدل‌سازی ٤٦
۳-٤- جمع‌بندی ۵۱

فصل چهارم: نتایج

٤-۱- مقدمه ۵٤
٤-۲- شناخت منطقه ۵٤
٤-۲-۱-آنالیزهای آماری پارامترهای کیفی آب ۵٤
٤-۲-۲- محاسبه نیاز آبی گیاهان ٦۸
٤-۳- مدل‌سازی در محیط GIS ۷۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٣-١- مرحله اول : مقایسه مساحت کاربری‌های منطقه در دو سال ١٩٨٤ و ٢٠١٠..... ٧٨
٤-٣-٢- مرحله دوم: محاسبه میزان آلودگی در سال‌های ١٩٨٤ و ٢٠١٠، پیدا کردن نواحی بحرانی..... ٨٢
٤-٣-٣- مرحله سوم: بررسی اثر تعدادی از BMP ها بر روی کاهش میزان آلودگی و ارائه مدل بهینه جهت مکان‌یابی کشاورزی..... ٩٨
٤-٤- جمع‌بندی..... ١٢٢

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

٥- بحث..... ١٢٣
٥-١- مقدمه..... ١٢٤
٥-٢- بررسی آلاینده‌های شاخص و ارتباط آنها با بارندگی و فعالیت‌های کشاورزی..... ١٢٤
٥-٣- بررسی اثر تغییرات کاربری در سال‌های ١٩٨٤ تا ٢٠١٠ بر روی میزان آلودگی غیرنقطه‌ای..... ١٢٧
٥-٤- بررسی زیرحوضه‌های منطقه از نظر پتانسیل ایجاد آلودگی..... ١٢٨
٥-٥- بررسی اثر بافر حاشیه رودخانه به عنوان یک BMP..... ١٢٨
٥-٦- ارائه مدل جهت مکان‌یابی اراضی کشاورزی به عنوان یک BMP موثر..... ١٢٩
٥-٧- جمع‌بندی..... ١٣١
٥-٨- پیشنهادها..... ١٣٢
٥-٨-١- پیشنهادهای پژوهشی..... ١٣٢
٥-٨-٢- پیشنهادهای اجرایی..... ١٣٢

فهرست منابع..... ١٣٤

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- مقایسه نقاط ضعف و قوت تعدادی از مدل‌ها ۲۱
جدول ۲-۲- بررسی تعدادی از مدل‌ها، خصوصیات و ویژگی آنها ۲۲
جدول ۳-۱- ارتفاعات و میانگین شیب زیر حوضه‌ها ۳۵
جدول ۳-۲- مقایسه زیر حوضه‌ها بر اساس پوشش کشاورزی، درختی و مناطق مسکونی ۳۶
جدول ۳-۳- موقعیت ایستگاه‌های کیفیت‌سنجی آب در حوضه آبخیز گرگانرود ۳۹
جدول ۳-٤- کابری‌ها و کدهای قراردادی مدل L-THIA ٤۷
جدول ۳-۵- تبدیل کاربری‌های بانک اطلاعاتی نقشه به کاربری‌های قراردادی ٤۷
جدول ۳-٦- گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کد قراردادی آنها در L-THIA ٤۸
جدول ٤-۱- آمار توصیفی پارامترهای کیفی آب برای چهار فصل ۵۵
جدول ٤-۲- آنالیز فاکتور با استفاده از سه فاکتور و چرخش Varimax در چهار فصل ٦٤
جدول ٤-۳- میزان بارندگی و بارندگی موثر به تفکیک ماه‌های سال ٦۸
جدول ٤-٤- محاسبه نیاز آبی محصول پنبه ۷۰
جدول ٤-۵- محاسبه نیاز آبی گیاه سویا ۷۲
جدول ٤-٦- محاسبه نیاز آبی محصول برنج ۷٤
جدول ٤-۷- محاسبه نیاز آبی محصول گندم و جو ۷٦
جدول ٤-۸- مقایسه مساحت کاربری‌ها در دو سال ۱۹۸٤ و ۲۰۱۰ ..... ۷۸
جدول ٤-۹- مقایسه حجم رواناب در مساحت کل هر کاربری در سال ۱۹۸٤ و ۲۰۱۰ ..... ۸۲
جدول ٤-۱۰- مقایسه میزان آلودگی نیتروژن در سطح هر کاربری در سال ۱۹۸٤ و ۲۰۱۰ ..... ۸۳
جدول ٤-۱۱- مقایسه سایر آلاینده‌ها در سال‌های ۱۹۸٤ و ۲۰۱۰ ..... ۸٤
جدول ٤-۱۲- مقایسه حجم رواناب ناشی از بارندگی در هفت زیرحوضه منطقه مطالعاتی ۸۹
جدول ٤-۱۳- مقایسه آلودگی نیتروژن زیرحوضه‌های حوضه آبخیز گرگانرود ۹۰
جدول ٤-۱٤- مقایسه اثر بافرها با اندازه‌های مختلف بر روی میزان آلودگی غیرنقطه‌ای ۹۸
جدول ٤-۱۵- وزن‌های محاسبه شده به وسیله نرم‌افزار برای فاکتورها ۱۱۳
جدول ٤-۱٦- مقایسه حجم رواناب در کاربری کنونی و در کاربری پیشنهادی ۱۱٦
جدول ٤-۱۷- مقایسه میزان آلودگی نیتروژن در سطح هر کاربری در حال حاضر و در کاربری پیشنهادی ۱۱۷
جدول ٤-۱۸- مقایسه سایر آلاینده‌ها بین کاربری کنونی و کاربری پیشنهادی ۱۱۸

فهرست اشکال و تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- نقشه موقعیت حوضه آبخیز گرگانرود در ایران..... ۳۳
شکل ۳-۲- نقشه زیر حوضه های حوضه آبخیز گرگانرود..... ۳٤
شکل ۳-۳- نقشه موقعیت ایستگاه‌های کیفیت سنجی آب در حوضه گرگانرود..... ٤۱
شکل ۳-٤- نگاره مراحل تحلیل آنالیزهای آماری..... ٤۲
شکل ۳-۵- نگاره کلی مرحله شناخت منطقه..... ٤۳
شکل ۳-٦- نگاره مراحل محاسبات مدل L-THIA..... ٤٤
شکل ۳-۷- نگاره کامل مراحل مدل‌سازی آلودگی غیر نقطه‌ای در حوضه مطالعاتی..... ۵۲
شکل ٤-۱- نتیجه محاسبه MANOVA در نرم‌افزار SPSS..... ۵۷
شکل ٤-۲- ماتریس طبقه‌بندی آنالیز تفکیکی..... ۵۸
شکل ٤-۳- نتیجه آنالیز تفکیک خطی برای فصول..... ۵۹
شکل ٤-٤- نمودار جعبه‌ای پارامترهای تفکیک کننده فصول..... ٦۰
شکل ٤-۵- خروجی نرم‌افزار برای PCA فصل بهار..... ٦۱
شکل ٤-٦- نمودار Scree Plot برای دوازده جز در PCA برای فصل بهار..... ٦۲
شکل ٤-۷- خروجی نرم‌افزار برای PCA فصل تابستان..... ٦۳
شکل ٤-۸- خروجی نرم‌افزار برای PCA فصل پاییز..... ٦۳
شکل ٤-۹- خروجی نرم‌افزار برای PCA فصل زمستان..... ٦۳
شکل ٤-۱۰- نمودار بارگذاری آنالیز فاکتور پارامترهای کیفی آب، با استفاده از دو فاکتور نخستین در فصل بهار ٦۵
شکل ٤-۱۱- نمودار بارگذاری آنالیز فاکتور پارامترهای کیفی آب، با استفاده از دو فاکتور نخستین در فصل تابستان..... ٦٦
شکل ٤-۱۲- نمودار بارگذاری آنالیز فاکتور پارامترهای کیفی آب، با استفاده از دو فاکتور نخستین در فصل پاییز ٦٦
شکل ٤-۱۳- نمودار بارگذاری آنالیز فاکتور پارامترهای کیفی آب، با استفاده از دو فاکتور نخستین در فصل زمستان..... ٦۷
شکل ٤-۱٤- نمودار میله‌ای بارندگی و بارندگی موثر منطقه به تفکیک ماه‌ها..... ٦۹
شکل ٤-۱۵- نیاز آبی پنبه در ماه‌های مختلف سال..... ۷۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ٤-١٦- نمودار میله‌ای نیاز آبی گیاه سویا از فروردین تا آخر مرداد..... ٧٣
شکل ٤-١٧- نمودار میله‌ای نیاز آبی محصول برنج از فروردین تا اوایل مهر ماه..... ٧٥
شکل ٤-١٨- نمودار میله‌ای نیاز آبی محصولات جو و گندم..... ٧٧
شکل ٤-١٩- نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز گرگانرود سال ١٩٨٤..... ٧٩
شکل ٤-٢٠- نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز گرگانرود سال ٢٠١٠..... ٨٠
شکل ٤-٢١- نقشه گروهای هیدرولوژیکی خاک حوضه آبخیز گرگانرود..... ٨١
شکل ٤-٢٢- نقشه رواناب حاصل از بارندگی حوضه آبخیز گرگانرود در سال ١٩٨٤..... ٨٥
شکل ٤-٢٣- نقشه رواناب حاصل از بارندگی حوضه آبخیز گرگانرود در سال ٢٠١٠..... ٨٦
شکل ٤-٢٤- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای حوضه آبخیز گرگانرود در سال ١٩٨٤..... ٨٧
شکل ٤-٢٥- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای حوضه آبخیز گرگانرود در سال ٢٠١٠..... ٨٨
شکل ٤-٢٦- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه یک، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩١
شکل ٤-٢٧- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه دو، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٢
شکل ٤-٢٨- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه سه، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٣
شکل ٤-٢٩- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه چهار، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٤
شکل ٤-٣٠- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه پنج، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٥
شکل ٤-٣١- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه شش، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٦
شکل ٤-٣٢- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای زیرحوضه هفت، حوضه آبخیز گرگانرود..... ٩٧
شکل ٤-٣٣- مراحل ایجاد لایه بولین بافر جاده در محیط ماکرومدلر در ایدریسی..... ١٠١
شکل ٤-٣٤- نقشه بولین بافر جاده..... ١٠٢
شکل ٤-٣٥- نقشه بولین بافر مناطق مسکونی..... ١٠٣
شکل ٤-٣٦- نقشه بولین بافر رودخانه‌ها..... ١٠٤
شکل ٤-٣٧- مراحل ایجاد نقشه بولین جنگل_مرتع به عنوان یک محدودیت..... ١٠٥
شکل ٤-٣٨- نقشه بولین از مناطق جنگلی و مراتع حوضه آبخیز گرگانرود..... ١٠٦

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ٤-٣٩- مراحل تهیه نقشه فاصله از مناطق مسکونی ١٠٧
شکل ٤-٤٠- نقشه فاصله از مناطق مسکونی ١٠٨
شکل ٤-٤١- تعیین نقشه‌های محدودیت با استفاده از Decision wizard ١٠٩
شکل ٤-٤٢- تعیین لایه‌های فاکتور جهت استاندارد کردن این لایه‌ها ١١٠
شکل ٤-٤٣- تعیین نقاط کنترل و استاندارد کردن نقشه فاصله جاده با استفاده از شیوه فازی کردن کاهشی خطی ١١١
شکل ٤-٤٤- ایجاد فایل ماتریس مقایسه جفتی برای وزن‌دهی به فاکتورها ١١٢
شکل ٤-٤٥- ماتریس مقایسه جفتی برای وزن‌دهی فاکتورهای استاندارد شده به روش AHP ١١٢
شکل ٤-٤٦- نقشه حاصل از MCE برای کاربری کشاورزی ١١٤
شکل ٤-٤٧- نقشه بولین حاصل از ارزش‌گذاری نقشه MCE کشاورزی ١١٥
شکل ٤-٤٨- نقشه کاربری پیشنهادی حوضه آبخیز گرگانرود ١١٩
شکل ٤-٤٩- نقشه رواناب ناشی از بارندگی حوضه آبخیز گرگانرود برای کاربری پیشنهادی ١٢٠
شکل ٤-٥٠- نقشه آلودگی غیرنقطه‌ای حوضه آبخیز گرگانرود برای کاربری پیشنهادی ١٢١

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

در میان اکوسیستم‌های متنوع موجود بر روی خشکی‌های زمین، اکوسیستم‌های آبی به عنوان زیستگاه مجموعه گسترده و متنوعی از موجودات آبزی همچنین به واسطه کارکردهای بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی و تامین آب آشامیدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از آب‌های موجود در کره زمین (۱٤۰۰ میلیون کیلومتر مکعب) ۹۷ درصد آن را آب‌های شور اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهد و تنها سه درصد باقی‌مانده (٤۲ میلیون کیلومتر مکعب) آب شیرین است. از این مقدار آب شیرین ۷۷/۲ تا ۷۷/۸ درصد آن در قلل برفی ذخیره شده‌اند، ۲۱/۸ تا ۲۲/٤ درصد آن به صورت آب زیرزمینی، ۳۵ درصدآن به صورت تالاب‌ها و دریاچه‌ها، ٤ درصد در هواسپهر و ۱ درصد آن یعنی معادل ٤۰ تا ٤۵ هزار کیلومتر مکعب به صورت آب جاری در رودخانه‌ها روان هستند. در واقع بخش عمده آب در دسترس انسان که می‌توان بر روی آن حساب کرد به همان میزان ٤۰ تا ٤۵ هزار کیلومتر مکعب ختم می‌شود (مخدوم، ۱۳۸۱). مسئله آب و کمبود فزاینده آن یکی از مهمترین مسائل دنیای امروز به شمار می رود. آب به عنوان اصلی‌ترین عامل توسعه پایدار و مهمترین عنصر تأمین نیاز بشری شناخته شده و انسان از دیر باز تا کنون به اهمیت این مابع حیاتی پی برده است. رودخانه‌ها همواره در معرض ورود آلودگی‌های شهری و روستایی و به خصوص پساب کارخانجات و رواناب مزارع کشاورزی می‌باشند (محمدی و همکاران، ۱۳۷۸). کشاورزی یک مولفه بنیادی اقتصادی برای بسیاری از کشورها در سراسر دنیاست. به هر حال در بسیاری موارد زمین‌های کشاورزی با میزان آلودگی غیر نقطه‌ای همبستگی دارد که با حمل رواناب سطحی و ته‌نشین شدن مواد در جریان‌های پایین دست همراه است (لی یو[1] و همکاران، ۲۰۰٦). دو عنصر مهمی که از طریق کشاورزی وارد آب‌های جاری می‌شود فسفر و نیتروژن هستند.

کربن نیتروژن و فسفر اجزا اصلی مواد آلی و غیرآلی هستند، چرخه‌های بیوشیمیایی آن‌ها برای نگهداری منابع ضروری در جهت فراهم کردن خدمات اکوسیستم از یکدیگر جدایی ناپذیر هستند. به هرحال آشفتگی انسانی در چرخه‌های زمینی کربن، نیتروژن و فسفر منجر به عدم تعادل می‌شود که این عناصر زمانی که در کمیت‌های غیر نرمال در اتمسفر، زمین یا آب‌های سطحی حمل می‌شوند، می‌توانند به عنوان آلاینده‌های منتشره عمل کنند (داوسون[2] و همکاران، ۲۰۱۰). از میان تمامی منابع

1. Luo
1. Dawson

آلاینده که باعث افزایش نیتروژن و فسفر می‌شوند، رواناب کشاورزی به دلیل مشخص نبودن موقعیت ورود آلودگی به صورت غیر نقطه‌ای بوده و لذا مدل‌سازی و کنترل آن همواره یکی از زمان‌برترین و پیچیده‌ترین انواع مطالعات می باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۷۸).

۱-۲- تعاریف مربوط به آلودگی

۱-۲-۱- آلودگی

بر اساس نظر میلر هر گونه تغییر در ویژگی‌های هوا، خاک، آب و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت محیط زیست، فعالیت‌های بشر و سایر جانداران داشته باشد آلودگی نامیده می‌شود (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱). برمبنای تعریفی دیگر آلودگی عبارت است از هر گونه تغییر در ویژگی‌های اجزا متشکل محیط به طوری که استفاده پیشین از آنها ناممکن گردد و بطور مستقیم یا غیر مستقیم منافع یا حیات موجودات زنده را به مخاطره اندازد (دبیری، ۱۳۷۹).

۱-۲-۱-۱- آلودگی آب

آلودگی آب این‌طور تعریف می‌شود: وجود ناخالصی‌ها در آب به حدی و حالتی که از استفاده از آن برای منظور مشخصی جلوگیری کند (ترکیان، ۱۳۷٤). بنا به تعریفی دیگر هرگونه تغییر فیزیکی و بیولوژیکی در محیط آب که به گونه‌ای زیانبار بر سلامت بقا و فعالیت‌های انسان، حیوان، گیاه و سایر موجودات تاثیر گذارد آلودگی آب خوانده می‌شود (کشاورزشکری و همکاران، ۱۳۷۷). به هر گونه ناخالصی آب‌های سطحی و زیر زمینی که برای حیات موجودات زنده مضر باشد، آلودگی آب اطلاق می‌گردد.

هر ماده و جسمی که مانع استفاده طبیعی از آب شود به عنوان آلوده‌کننده آب تلقی می‌گردد. استفاده‌های طبیعی عبارتند از: ۱- زیبایی و تفریحی ۲- ذخیره آب مصرفی عموم مردم ۳- محیط زیست آبی جانوران ٤- کشاورزی ٥- صنعتی (دبیری، ۱۳۷۹).

۱-۲-۲- آلاینده

ماده آلوده کننده ماده‌ای است که در جایی قرار گیرد که در حالت طبیعی نمی‌بایست در آنجا قرار گیرد و یا دارای غلظتی بیش از غلظت طبیعی باشد به نحوی که بر روی موجودات زنده اثر نامطلوب داشته باشد. بر اساس این تعریف آفت‌کش‌هایی که در اراضی کشاورزی استفاده می‌شوند به شرط آن‌که به زیر منطقه توسعه ریشه گیاه نفوذ نکنند و یا به همراه رواناب سطحی جابجا نشوند جز مواد آلوده کننده به حساب نمی‌آیند، لیکن در صورتی که این مواد در خارج از محل مورد نیاز و یا با غلظتی بیش از حد سلامتی موجودات زنده مصرف شوند جز مواد آلوده کننده به شمار می‌روند. بر اساس این تعریف اتفاقات طبیعی همانند آتشفشان و فرسایش کانسارهای حاوی فلزات سنگین در زمره پدیده‌ها و یا منابع آلاینده به شمار می‌آیند زیرا موادی را وارد محیط زیست می‌کنند که در حالت طبیعی نمی‌بایست آنجا قرار می‌گرفت از طرف دیگر غلظت این مواد بیش از حد مجاز آن‌ها است و بر موجودات زنده اثر نامطلوب دارد (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱).

۱-۲-۲-۱- انواع طبقه‌بندی آلاینده‌های آب

به طور کلی آلوده کننده‌های آب به نه دسته تقسیم شده‌اند:

۱- زباله‌های متقاضی اکسیژن ۲- عوامل بیماری‌زا
۳- مواد غذایی گیاهی ٤- ترکیبات آلی سنتز شده یا مصنوعی
۵- مواد نفتی ٦- رسوبات
۷- مواد شیمیایی معدنی ۸- مواد رادیواکتیو
۹- آلودگی گرمایی (فرشید نژاد، ۱۳۸۳).

بر طبق تقسیم‌بندی دیگر با توجه به منبع آلودگی مسئله آلودگی را به سه گروه اصلی می‌توان تقسیم کرد:

۱- زباله‌های شهری ۲- زباله‌های صنعتی ۳- زباله‌های کشاورزی (غیاثوند، ۱۳۸۵).

به طورکلی آلودگی‌ها را بر مبنای منبع تولیدکننده آن‌ها به دو گروه تقسیم‌بندی می‌کنند: ۱- آلودگی با منبع متمرکز[1] (آلودگی نقطه‌ای) ۲- آلودگی با منبع گسترده[2] (آلودگی غیرنقطه‌ای). برای مثال خروجی یک تصفیه‌خانه فاضلاب یا دودکش یک کارخانه از منابع متمرکز آلودگی هستند. در صورتی که رواناب سطحی یک چمنزار که در آن از علف‌کش استفاده شده است در زمره منابع گسترده آلودگی به شمار می‌آید (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱). مطالعات نشان می‌دهند که سهم آلودگی غیرنقطه‌ای نسبت به آلودگی نقطه‌ای در نواحی کشاورزی بیشتر است (تائو و همکاران، ۲۰۰۸) و یکی از عوامل مهم انتقال آلاینده‌های مذکور از مناطق آلوده به آب‌های زیرزمینی فرآیند آبشویی است (حق‌نیا و رضوی‌طوسی، ۱۳۷۸).

آلودگی غیر نقطه‌ای به عنوان آلاینده‌های خاک سطحی و زیر سطحی، هوا و آب‌های سطحی و زیر زمینی در طبیعت تعریف می‌شود که نمی‌توان موقعیت مرکزی آن را ردیابی کرد (لوآگیو[3] و همکاران، ۲۰۰۵).

آلودگی غیرنقطه‌ای شامل: آلودگی ناشی از کشاورزی، رواناب خیابان، رسوب آلاینده‌های اتمسفری، معدن‌ها، گذرگاه‌های حمل و نقل به عنوان مثال: جاده، راه‌آهن و غیره است. به طور کلی دو نوع آلودگی غیرنقطه‌ای بیشتر مورد توجه هستند: آلودگی غیرنقطه‌ای کشاورزی- روستایی و آلودگی غیرنقطه‌ای شهری (آنگلی[4] و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۲-۲-۲- منابع انتشار آلاینده‌ها و مشکلات ناشی از آن

انتقال آلاینده‌های منتشره از اکوسیستم‌های خشکی در اتمسفر و آب‌های دریافت‌کننده وابسته به نوع آلاینده، فاز فیزیکی آن (یعنی شکل جامد، محلول یا گازی)، فرآیندهای تبدیل، تغییرپذیری هیدرولوژیکی فضایی زمانی خاک‌ها و ارتباطشان با آب‌های دریافت‌کننده و ویژگی‌های هر یک از کاربری‌ها است (داوسون و همکاران، ۲۰۱۰).

آلاینده‌های آب از بسیاری از فعالیت های بشری در زمینه های مختلف ناشی می شوند. آلودگی صنعتی ممکن است از یک لوله فاضلاب صنعتی مستقیماً وارد محیط آبی گشته و یا بر اثر نشت از

1. Source Pollution
2. Non-Point Source Pollution
3. Loague
4. Ongley

خط لوله‌ها و مخازن ذخیره‌ای زیرزمینی پدید آید. همچنین آب آلوده ممکن است از معادن به سمت طبیعت جاری گردد. شهرها و دیگر مناطق مسکونی نیز در آلودگی آب مشارکت فعال دارند. این مناطق با وارد کردن فاضلاب های آلوده به مواد شیمیایی به کار رفته در امور منزل باعث آلودگی آب‌های سالم می‌گردند. گاهی اوقات کارخانجات هم پساب‌های صنعتی خود را وارد سیستم فاضلاب شهری می‌کنند که این به تنوع آلاینده‌ها در مناطق شهری می‌افزاید. آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی نیز که از مزارع، چراگاه‌ها، دامپروری‌ها و مراتع نشات می‌گیرند شامل مواد دفعی حیوانات، مواد شیمیایی مزارع و رسوبات ناشی از فرسایش می‌گردند. رواناب کشاورزی اغلب شامل مجموعه‌ای از اجزای کیفی آب است همچون: مواد مغذی، آفت‌کش‌ها، عوامل بیماری‌زا، رسوبات، نمک‌ها، فلزات سنگین (اوجین[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

با این حال آبشویی خاک دلیل اصلی زیان‌های این آلاینده‌ها است (بوکزکو[2]، ۲۰۱۰). مقادیر بیش از حد فسفر و نیتروژن قابل حل باعث پدیده یوتریفیکاسیون در آب‌های سطحی می‌شود. یوتریفیکاسیون به عنوان رشد انفجاری جلبک‌ها، افزایش تیرگی، کاهش سطوح اکسیژن، ایجاد مشکلات طعم و بو و کاهش ارزش زیبایی‌شناختی آب تعریف می‌شود (مستقیمی و همکاران، ۱۹۹۷). به عبارتی ساده‌تر یوتریفیکاسیون عبارت است از غنی شدن آب‌های سطحی توسط مواد مغذی گیاهان (شریعتی، ۱۳۸۱). نیتروژن اضافی موجود در آب می‌تواند با ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون سبب افزایش هزینه‌های تصفیه آب آشامیدنی شود (سایه[3] و همکاران، ۲۰۰۷).

از طرفی افزایش غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی می‌تواند اثرات سمی داشته باشد مخصوصا زمانی که به عنوان آب آشامیدنی استفاده شود (بوکزکو و همکاران، ۲۰۱۰).

علاوه بر نیتروژن و فسفر، رواناب شهری و کشاورزی ممکن است میزان زیادی از فلزات سمی، آفت‌کش‌ها و مواد آلی و شیمیایی دیگر را حمل کند که در نهایت به ایجاد مشکلات کیفی آب در ذخایر و کاهش تنوع‌زیستی اکوسیستم‌های آبی بیانجامد (مستقیمی و همکاران، ۱۹۹۷).

1. O'Geen
2. Buczko
3. Hsieh

۱-۳- بهترین شیوه‌های مدیریت (BMP)[1] در رابطه با کنترل آلودگی غیرنقطه‌ای

ارزیابی دقیق آلودگی غیرنقطه‌ای مدیریتی را برای آبخیز فراهم می‌کند که سرانجام منجر به بهبود کیفیت آب رودخانه می‌شود که به این شیوه‌های مدیریتی بهترین شیوه‌های مدیریت یا BMP گویند. BMPهای اجرایی می‌تواند بدون هیچ آشفتگی کیفی محیط‌زیستی، آلودگی غیرنقطه‌ای را کاهش دهد ویا حتی حذف کند (لی[2] و همکاران، ۲۰۱۰). در واقع BMPها ترکیبی از شیوه‌های رفع آلودگی، شیوه‌های تولید و تکنولوژی‌ها هستند (سندی[3] و همکاران، ۲۰۰۶).

اجرای BMP به عنوان مثال کشت حفاظتی، مدیریت فضولات حیوانی و کودهای آلی در زمینهای کشاورزی اثرات منفی محیط‌زیستی فعالیت‌های کاربری را کم می‌کنند در حالی که تولیدات کشاورزی را بالا نگه می‌دارند (مستقیمی و همکاران، ۱۹۹۷).

انتخاب یک سیستم BMP مناسب برای یک شرایط ویژه، سخت است به این دلیل که دامنه گسترش آلودگی به وقایع اقلیمی کنترل نشده همچنین شرایط خاص مکان به عنوان مثال، خاک، توپوگرافی و کاربری بستگی دارد. بنابراین اطلاعات دقیق کاربری می‌تواند به ارزیابی بارگذاری آلودگی غیرنقطه‌ای و به کارگیری BMPها برای یک آبخیز کمک کند. به عنوان مثال، یک نوار فیلتر پوشش گیاهی (VFS)[4]، یا به عبارتی بافر گیاهی، یک BMP رایج برای حذف رسوب و باکتری‌های مدفوعی برای کاهش بارگذاری آلاینده‌ها از زمین‌های کوددهی‌شده و چراگاه‌ها است (لی و همکاران، ۲۰۱۰).

به منظور حداقل کردن آلودگی غیرنقطه‌ای آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)[5] تعدادی از BMPها را به صورت لیست زیر تهیه کرده است:

- کشت حفاظتی: به این معنی که بقایای گیاهی (مواد گیاهی از برداشت‌های قبلی) در سطح خاک زمین کشاورزی رها شود. به این ترتیب رواناب و فرسایش خاک کاهش یافته و رطوبت خاک افزایش پیدا می‌کند که این مسئله به نوبه خود به نگهداری مواد مغذی و سموم آفت‌کش کمک کرده در نتیجه کیفیت بیشتری در آب و خاک ایجاد می‌نماید.

1. Best Management Practices
2. Lee
3. Santhi
4. Vegetative Filter Strip
5. Environmental Protection Agency