کد رهگیری ثبت پروپوزال: ۱۰۳۳۸۴۰

کد رهگیری ثبت پایان نامه:

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی خاکشناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی گرایش خاکشناسی

عنوان:

مدل‌سازی پویایی کربن آلی خاک با استفاده از مدل APEX در حوضه زوجی گنبد

استاد راهنما:

دکتر محسن شکل آبادی

استاد مشاور:

دکتر سمیرا اخوان

پژوهشگر:

اکبر بهرامی

۱۳ اسفند ۱۳۹۱

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

مقالات خارجی

……..……, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات داخلی

.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

تقدیم به

پدر بزرگوار،

مادر مهربان

و

خواهران عزیزم

سپاس بیکران پروردگار بزرگ را که فرصت و توان دانش اندوزی عطا کرد تا گامی هر چند کوچک در مسیر علم، این میراث ارزشمند بشری بردارم. اکنون که در سایه الطاف الهی موفق به نگارش این پایان نامه شده ام، بر خود لازم می دانم از همه بزرگوارانی که مرا در این راه یاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر محسن شکل آبادی، استاد ارجمندم که شاگردی ایشان افتخاری بس بزرگ برای اینجانب بوده نهایت تشکر و قدردانی را کرده و به پاس همه خوبی ها و لطف های بی پایانشان از خداوند متعال سعادت و موفقیت روز افزونشان را خواهانم.

از استاد مشاور این پایان نامه سرکار خانم دکتر سمیرا اخوان، که با راهنمایی های ارزنده و دقت کامل کلیه مراحل این پایان نامه را کنترل و هدایت نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای پرفسور علی اکبر صفری سنجانی و جناب آقای دکتر محسن نائل که داوری این پایان نامه را به عهده گرفته و وقت ارزشمند خود را در اختیار اینجانب قرار دادند نهایت تشکر و امتنان را دارم.

از جناب آقای مهندس فلاحیان مسئول حوضه زوجی گنبد در سازمان منابع طبیعی استان همدان به دلیل همکاری فراوان صمیمانه تشکر قدردانی می نمایم.

از دوستان و همکلاسی های گرامی آقایان مهندس فردین منبری، میثم رحیمی، محسن یاری، امین چرخ آبی، عیسی ابراهیمی، هفتقرانی دودانگه، احمد اخوان، مرتضی فیضی و حسن گودرزی و همچنین خانم ها: فهیمه رجبی، سیانور محمدی، شیوا نصرتی پور، لیلا امرایی، جوانشیر و همه دوستانی که دوره دانشجویی را در جمع صمیمانه شان سپری کردم و بهترین خاطرات زندگی ام را در این سال ها رقم زدند، کمال تشکر را دارم.

اکبر بهرامی

فهرست مطالب صفحه

مقدمه ۱
۱- فصل اول: بررسی منابع ۶
۱-۱- مدل APEX ۶
۱-۱-۱- پیشینه ۶
۱-۱-۲- توصیف مدل APEX ۹
۱-۱-۳- دید کلی از مدل APEX ۹
۱-۱-۴- ورودی‌های اقلیم مدل APEX ۹
۱-۱-۵- توازن هیدرولوژیکی در مدل APEX ۱۰
۱-۱-۶- فرسایش آبی و بادی در مدل APEX ۱۱
۱-۱-۷- چرخه کربن در مدل APEX ۱۲
۱-۱-۸- چرخه نیتروژن و اتلاف آن در مدل APEX ۱۲
۱-۱-۹- چرخه فسفر و اتلاف آن در مدل APEX ۱۲
۱-۱-۱۰- چرای دام در مدل APEX ۱۳
۱-۱-۱۱- مدیریت کود دامی در مدل APEX ۱۳
۱-۱-۱۲- فرسایش کود در مدل APEX ۱۳
۱-۲- کاربرد مدل APEX ۱۳
۱-۲-۱- کاربردهای مطالعاتی مدل APEX ۱۴
۱-۳- مدل‌سازی کربن آلی با مدل‌های مختلف ۱۸
۱-۴- مدل SWAT ۲۱
۱-۵- پیامد چرا بر ویژگی‌های خاک ۲۳
۱-۵-۱- وزن مخصوص ظاهری ۲۳
۱-۵-۲- موادآلی خاک ۲۴
۱-۵-۳- راه‌هایی تاثیرگذاری چرا بر کربن آلی ۲۵
۱-۵-۴- نیتروژن ۲۸
۱-۵-۵- برخی از مطالعات پیامد چرا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک چراگاه‌ها ۲۹
۲- فصل دوم: مواد و روش‌ها ۳۱
۲-۱- ویژگی‌های جایگاه پژوهش ۳۱
۲-۱-۱- راه دسترسی حوضه و موقعیت ایستگاه‌های هیدرولوژی و هواشناسی ۳۲
۲-۱-۲- زمین‌شناسی حوضه معرف زوجی گنبد ۳۲
۲-۱-۳- ژئومورفولوژی حوضه معرف زوجی گنبد ۳۳
۲-۱-۴- اقلیم ۳۵
۲-۲- نمونه‌برداری ۳۵
۲-۲-۱- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۳۶
۲-۳- داده‌های موردنیاز مدل ۳۸
۲-۳-۱- اطلاعات هواشناسی ۳۸
۲-۳-۲- داده‌های جریان سطحی ۳۸
۲-۳-۳- داده‌های مکانی ۳۸
۲-۴- ورود اطلاعات و آماده‌سازی مدل برای اجرا ۴۱

۲-۴-۱- طراحی زیرحوضه ۴۱
۲-۴-۲- تعریف واحدهای پاسخ هیدرلوژیک (HRUs) ۴۲
۲-۴-۳- شبیه‌سازی ۴۳
۲-۴-۴- معیارهای کارکرد مدل ۴۴
۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری ۴۵
۳- فصل سوم: نتایج و بحث ۴۶
۳-۱- ویژگی‌های خاک ۴۶
۳-۱-۱- رده‌بندی خاک ۴۶
۳-۱-۲- اسیدیته و هدایت الکتریکی ۵۲
۳-۱-۳- کلسیم و منیزیم ۵۵
۳-۱-۴- پتاسیم خاک ۵۹
۳-۱-۵- فسفر ۶۱
۳-۱-۶- وزن مخصوص ظاهری ۶۳
۳-۱-۷- کربن آلی خاک ۶۶
۳-۱-۸- موجودی کربن آلی خاک ۷۰
۳-۱-۹- نیتروژن معدنی (نیترات و آمونیم) ۷۳
۳-۱-۱۰- موجودی نیتروژن معدنی (نیترت و آمونیم) خاک ۷۶
۳-۲- نتایج شبیه‌سازی دبی توسط مدل SWAT ۷۸
۳-۲-۱- پارامترهای ورودی مدل ۷۸
۳-۲-۲- آنالیز حساسیت ۷۹
۳-۲-۳- واسنجی نتایج دبی ماهانه ۸۰
۳-۲-۴- اعتبارسنجی مدل ۸۴
۳-۳- نتایج مدل APEX ۸۷
۳-۳-۱- نتایج شبیه‌سازی دبی توسط مدلAPEX ۸۷
۳-۳-۲- نتایج شبیه‌سازی کربن آلی خاک توسط مدل APEX ۸۹
۳-۳-۳- رسم نقشه‌های توزیع برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای خاک حوضه با کمک مدل APEX ۹۶
۳-۴- نتیجه‌گیری ۱۰۳
۳-۵- پیشنهادها ۱۰۴
منابع ۱۰۶

جدول ۱-۱ نسخه‌های اصلی مدل و توضیحات هر نسخه..... ۱۴
جدول ۲-۱- پارامترهای ضروری نیمرخ خاک در مدل APEX..... ۴۰
جدول ۲-۲-پارامترهای ضروری هرافق از خاک در مدل APEX..... ۴۰
جدول ۳-۱- برخی از مشخصات مورفولوژیکی و فیزیکی نیمرخ‌های حوضه شاهد..... ۴۸
جدول ۳-۲- برخی از خصوصیات شیمیایی نیمرخ‌های حوضه شاهد..... ۴۹
جدول ۳-۳- برخی از مشخصات مورفولوژیکی و فیزیکی نیمرخ‌های حوضه نمونه..... ۵۰
جدول ۳-۴- برخی از خصوصیات شیمیایی نیمرخ‌های حوضه نمونه..... ۵۱
جدول ۳-۵- رده بندی نیمرخ‌های حوضه شاهد..... ۵۲
جدول ۳-۶-رده‌بندی نیمرخ‌های حوضه نمونه..... ۵۲
جدول ۳-۷- تجزیه واریانس مقادیر اسیدیته و هدایت الکتریکی..... ۵۳
جدول ۳-۸- تجزیه واریانس مقادیر کلسیم و منیزیم (تبادلی و محلول)..... ۵۶
جدول ۳-۹- تجزیه واریانس مقادیر پتاسیم (تبادلی و محلول)..... ۵۹
جدول ۳-۱۰- تجزیه واریانس مقادیر فسفر کل و السن..... ۶۲
جدول ۳-۱۱- تجزیه واریانس مقادیر وزن مخصوص ظاهری..... ۶۴
جدول ۳-۱۲- تجزیه واریانس مقادیر کربن آلی خاک..... ۶۷
جدول ۳-۱۳- تجزیه واریانس مقادیر نیترات و آمونیم..... ۷۴
جدول ۳-۱۴- حدود اولیه، نهایی و مقدار بهینه پارامترهای استفاده شده برای واسنجی مدل..... ۷۹
جدول ۳-۱۵- نتایج آنالیز حساسیت پارامترها نسبت به دبی ماهانه..... ۸۰
جدول ۳-۱۶- نتایج واسنجی شبیه‌سازی دبی ماهانه توسط مدل در خروجی حوضه طی دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۸..... ۸۱
جدول ۳-۱۷- نتایج اعتبار سنجی شبیه‌سازی دبی ماهانه توسط مدل در خروجی حوضه طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۰..... ۸۴
جدول ۳-۱۸- حدود اولیه و نهایی پارامترهای ورودی به مدل..... ۸۷
جدول ۳-۱۹- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی شبیه‌سازی دبی ماهانه توسط مدل در خروجی حوضه طی سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۸..... ۸۷
جدول ۳-۲۰- مقادیر کربن آلی (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل برای هریک از واحدهای پاسخ هیدرولوژیک در طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۷..... ۹۰

شکل ۱-۱- رابطه بین عدم قطعیت در پارامترهای ورودی و عدم قطعیت در خروجی مدل (عباس‌پور و همکارن، ۲۰۰۷) ۲۲
شکل ۱-۲- مسیرهای اصلی تاثیرگذاری چرا بر موجودی کربن آلی خاک در چراگاه‌ها ۲۶
شکل ۲-۱- موقعیت حوضه زوجی گنبد در کشور و استان همدان ۳۱
شکل ۲-۲- راه دسترسی حوضه زوجی و موقعیت ایستگاه های هیدرومتری و هواشناسی ۳۲
شکل ۲-۳- زمین‌شناسی حوضه زوجی گنبد (Jsh : شیست دوره ژوراسیک، QAL : رسوبات دوره کوارترنری) ۳۳
شکل ۲-۴- نقشه ژئومورفولوژی حوضه زوجی گنبد ۳۴
شکل ۲-۵- نقشه جهت شیب و جایگاه کندن نیمرخ‌ها ۳۶
شکل ۲-۶- نقشه خاک حوضه زوجی گنبد (نام هر پلی‌گون به صورت کد چند حرفی مشخص می‌شود) ۳۹
شکل ۲-۷- نقشه پوشش گیاهی حوضه زوجی گنبد (نام هر پلی‌گون به صورت کد چهار حرفی مشخص می‌شود) .. ۴۱
شکل ۲-۸- طراحی حوضه و شبکه جریان توسط مدل APEX و SWAT ۴۲
شکل ۲-۹- طراحی واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRUs) در مدل APEX و SWAT ۴۳
شکل ۳-۱- آزمون میانگین اسیدیته (الف) و هدایت الکتریکی (ب) در مدیریت‌ها و جهت‌های شیب مختلف ۵۳
شکل ۳-۲- توزیع میانگین اسیدیته (الف) و هدایت الکتریکی (ب) در عمق خاک ۵۵
شکل ۳-۳- آزمون میانگین پیامد مدیریت چرا و جهت شیب بر کلسیم و منیزیم (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد). ۵۶
شکل ۳-۴- آزمون میانگین پیامد عمق نمونه‌برداری بر کلسیم (الف) و منیزیم (ب) (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۵۷
شکل ۳-۵- نسبت کلسیم به منیزیم در حوضه‌های نمونه وشاهد ۵۸
شکل ۳-۶- نسبت کلسیم به منیزیم در عمق خاک ۵۸
شکل ۳-۷- آزمون میانگین پیامد مدیریت و جهت شیب بر پتاسیم (تبادلی و محلول) خاک ۵۹
شکل ۳-۸- آزمون میانگین پیامد عمق نمونه‌برداری بر پتاسیم (تبادلی و محلول) خاک (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۶۰
شکل ۳-۹-آزمون میانگین پیامد مدیریت و جهت شیب بر فسفر السن (الف) و کل (ب) (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۶۲
شکل ۳-۱۰-آزمون میانگین پیامد عمق نمونه‌برداری بر فسفر کل والسن (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۶۳
شکل ۳-۱۱- آزمون میانگین پیامد مدیریت و جهت شیب بر وزن مخصوص ظاهری ۶۴
شکل ۳-۱۲- آزمون میانگین پیامد عمق نمونه‌برداری بر وزن مخصوص ظاهری (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۶۶
شکل ۳-۱۳- آزمون میانگین پیامد مدیریت، زمان و جهت شیب بر کربن آلی ۶۸
شکل ۳-۱۴- آزمون میانگین پیامد عمق خاک بر کربن آلی (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در پایه آماری ۵ درصد می‌باشد) ۷۰
شکل ۳-۱۵-نقشه موجودی کربن آلی خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب در فصل بهار (الف) و فصل پاییز (ب) ۷۱
شکل ۳-۱۶- میانگین کربن آلی (kg/m2) در جهت‌های شمالی و جنوبی در فصول بهار و پاییز ۷۳
شکل ۳-۱۷- آزمون میانگین پیامد مدیریت، زمان و جهت شیب بر نیترات (الف) و آمونیم (ب) ۷۴
شکل ۳-۱۸-آزمون میانگین پیامد عمق نمونه‌برداری بر نیترات و آمونیم (حروف یکسان نشان دهنده نبود ناهمانندی در

پایه آماری ۵ درصد می‌باشد)..... ۷۶
شکل ۳-۱۹- موجودی نیتروژن معدنی (kg/ha) برای حوضه نمونه درجهت‌ها و فصول مختلف..... ۷۷
شکل ۳-۲۰- موجودی نیتروژن معدنی (kg/ha) برای حوضه شاهد درجهت‌ها و فصول مختلف..... ۷۷
شکل ۳-۲۱- موجودی نیتروژن معدنی (kg/ha) در حوضه نمونه و شاهد در فصول بهار و پاییز..... ۷۸
شکل ۳-۲۲- نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره واسنجی برای حوضه شاهد..... ۸۲
شکل ۳-۲۳-نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره واسنجی برای حوضه نمونه..... ۸۲
شکل ۳-۲۴-باند عدم قطعیت دوره واسنجی و میزان قرارگیری داده‌های مشاهداتی ماهانه در باند عدم قطعیت در حوضه شاهد..... ۸۳
شکل ۳-۲۵-باند عدم قطعیت دوره واسنجی و میزان قرارگیری داده‌های مشاهداتی ماهانه در باند عدم قطعیت در حوضه نمونه..... ۸۳
شکل ۳-۲۶-نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره اعتبارسنجی برای حوضه شاهد..... ۸۵
شکل ۳-۲۷- نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره اعتبارسنجی برای حوضه نمونه..... ۸۵
شکل ۳-۲۸- باند عدم قطعیت دوره اعتبارسنجی و میزان قرارگیری دادههای مشاهداتی ماهانه در باند عدم قطعیت در حوضه شاهد..... ۸۶
شکل ۳-۲۹-باند عدم قطعیت دوره اعتبارسنجی و میزان قرارگیری داده‌های مشاهداتی ماهانه در باند عدم قطعیت در حوضه نمونه..... ۸۶
شکل ۳-۳۰- نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره واسنجی (۲۰۱۱) ودوره اعتبارسنجی (۲۰۰۸) برای حوضه شاهد..... ۸۸
شکل ۳-۳۱- نتایج رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل و رواناب مشاهداتی برای دوره واسنجی (۲۰۱۱) ودوره اعتبارسنجی (۲۰۰۸) برای حوضه نمونه..... ۸۸
شکل ۳-۳۲- مقادیر کربن آلی شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۷ (نمونه+شاهد)..... ۹۳
شکل ۳-۳۳- مقادیر کربن آلی شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای حوضه نمونه و شاهد دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۷.... ۹۳
شکل ۳-۳۴- نقشه پویایی کربن آلی خاک (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای سال ۲۰۰۷..... ۹۴
شکل ۳-۳۵- نقشه پویایی کربن آلی خاک (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای سال ۲۰۰۸..... ۹۴
شکل ۳-۳۶- نقشه پویایی کربن آلی خاک (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای سال ۲۰۰۹..... ۹۵
شکل ۳-۳۷- نقشه پویایی کربن آلی خاک (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای سال ۲۰۱۰..... ۹۵
شکل ۳-۳۸- نقشه پویایی کربن آلی خاک (kg/ha) شبیه‌سازی شده توسط مدل APEX برای سال ۲۰۱۱..... ۹۶
شکل ۳-۳۹- نقشه توزیع نیتروژن معدنی (فصل بهار) در حوضه شاهد و نمونه..... ۹۷
شکل ۳-۴۰- نقشه توزیع نیتروژن معدنی (فصل پاییز) در حوضه شاهد و نمونه..... ۹۸
شکل ۳-۴۱- نقشه توزیع فسفر السن در حوضه شاهد ونمونه..... ۹۸
شکل ۳-۴۲- نقشه توزیع پتاسیم در حوضه شاهد و نمونه..... ۹۹
شکل ۳-۴۳- نقشه اسیدیته در حوضه شاهد و نمونه..... ۹۹
شکل ۳-۴۴- نقشه توزیع هدایت الکتریکی در حوضه شاهد و نمونه..... ۱۰۰
شکل ۳-۴۵- نقشه توزیع آهک (٪) در حوضه شاهد ونمونه..... ۱۰۰

شکل ۳-۴۶- نقشه توزیع سنگریزه (٪) در حوضه شاهد و نمونه..... ۱۰۱
شکل ۳-۴۷- نقشه توزیع وزن مخصوص ظاهری در حوضه شاهد و نمونه ۱۰۱
شکل ۳-۴۸- نقشه فرسایش‌پذیری خاک در حوضه شاهد ونمونه..... ۱۰۲

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

مدلسازی پویایی کربن آلی خاک با استفاده از مدل APEX در حوضه زوجی گنبد

نویسنده: اکبر بهرامی

استاد راهنما: دکتر محسن شکل آبادی

استاد مشاور: دکتر سمیرا اخوان

دانشکده: کشاورزی	**گروه آموزشی: مهندسی خاکشناسی**	
رشته‌تحصیلی:مهندسی کشاورزی	**گرایش تحصیلی: پیدایش و رده بندی و ارزیابی خاک**	**مقطع‌تحصیلی:کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۹۰/۸/۲۹	**تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۲/۱۳**	**تعداد صفحات: ۱۲۴**

چکیده:

افزایش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر سبب ایجاد نگرانی‌های جدی درباره گرمایش زمین شده است. در این پژوهش اثر مدیریت، جهت شیب، عمق خاک و زمان نمونه‌برداری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حوضه زوجی گنبد مورد بررسی قرار گرفته و پویایی کربن آلی خاک با مدل APEX شبیه‌سازی گردید. مجموعاً ۱۳ نیمرخ در دو حوضه چرای آزاد و مدیریت شده در جهت‌های شیب مختلف حفر و از هر افق نمونه خاک جمعاً ۳۷ نمونه برداشت شد. مدیریت تأخیری اعمال شده سبب افزایش معنی‌دار مقادیر کربن آلی، نیتروژن معدنی (نیترات+آمونیم) و کاهش وزن مخصوص ظاهری شده است. جهت‌های شمالی مقادیر بیشتر کربن آلی و نیتروژن معدنی را نسبت به جهت‌های جنوبی به خود اختصاص داده‌اند در حالیکه وزن مخصوص ظاهری در جهت‌های جنوبی بیش از جهت‌های شمالی است. نیتروژن معدنی و کربن آلی خاک تفاوت معنی‌داری با عمق خاک داشتند. اما عمق نمونه‌برداری بر وزن مخصوص ظاهری پیامد معنی‌داری نداشت. نیتروژن معدنی و کربن آلی خاک در فصل بهار بیش از فصل پاییز بود. موجودی کربن آلی خاک در حوضه مدیریت شده، جهت شیب شمالی و فصل بهار بیشتر از حوضه چرای آزاد، جهت شیب جنوبی و فصل پاییز بود. سهم کربن در شیب‌های شمالی و جنوبی به ترتیب شیب شمالی-بهار > شیب شمالی-پاییز > شیب جنوبی بهار > شیب جنوبی پاییز می‌باشد. موجودی نیتروژن معدنی در حوضه مدیریت شده، فصل بهار و شیب شمالی بیشتر از حوضه چرای آزاد، فصل پاییز و شیب جنوبی است. پویایی کربن آلی خاک در دوره ۵ ساله (۲۰۱۱-۲۰۰۷) توسط مدل APEX به خوبی شبیه‌سازی شد. نتایج شبیه‌سازی مدل، افزایش کربن آلی خاک در دوره ۵ ساله را نشان می‌دهد. میزان افزایش کربن در سال‌های مختلف متفاوت بوده و در سال ۲۰۱۰ میزان افزایش کربن در حوضه مدیریت شده کمتر از سال‌های دیگر می‌باشد و در حوضه چرای آزاد در همین سال مقادیر کربن آلی خاک کاهش یافته است. نتایج مدل‌سازی پویایی کربن آلی نشان می دهد که مدیریت تأخیری بر جهت‌های جنوبی تأثیرگذار نبوده است و باید مدیریت متفاوتی برای جهت‌های جنوبی اعمال شود. در نهایت نقشه‌های توزیع مکانی نیتروژن معدنی در فصل بهار و پاییز، فسفر السن، پتاسیم (تبادلی و محلول)، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد آهک و سنگریزه، وزن مخصوص ظاهری و فرسایش‌پذیری خاک ترسیم شد. این نقشه‌ها می‌توانند در اعمال مدیریت مناسب و بهینه برای هر دو حوضه مفید باشند.

کلمات کلیدی: دی اکسید کربن ، مدیریت، جهت شیب، کربن آلی خاک، مدل APEX.

مقدمه

کربن یکی از عناصر اصلی در زندگی ما انسان‌هاست چراکه این عنصر بخش چشم‌گیری از مواد آلی (نصف توده خشک گیاهان زمین در صورت خشک شدن) و معدنی دنیای ما را در بر می‌گیرد (پرنتیس[1]، ۲۰۰۰). در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی جهت بهبود فهم چرخه کربن صورت گرفته است. افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفر اهمیت چرخه کربن را دو چندان کرده است. غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر از (ppm) ۲۸۰ در سال ۱۸۰۰ به (ppm) ۳۶۷ در سال ۱۹۹۹ رسیده است. افزایش غلظت دی اکسید کربن در ابتدا به صورت آهسته بوده است ولی با رشد روز افزون و سریع صنعت و کشاورزی این افزایش سرعت بیشتری پیدا کرده است. اندازه-گیری‌های غلظت دی اکسید کربن اتمسفر نشان دهنده روند رو به افزایش گاز دی اکسید کربن در دهه‌های اخیر می‌باشد (استرلینگ[2]، ۲۰۰۰).

دخالت‌های انسانی در محیط به ویژه پخش دی اکسید کربن از راه سوخت‌های فسیلی عامل اصلی در افزایش غلظت دی اکسید کربن به شمار می‌رود. میزان افزایش دی اکسید کربن اتمسفر نزدیک نصف مقدار انتشار شده دی اکسید کربن توسط سوخت‌های فسیلی است چرا که مقادیری از دی اکسید کربن انتشار یافته توسط آب دریاها حل و به اعماق اقیانوس‌ها برده می‌شود. مقادیر دیگری از آن نیز توسط اکوسیستم‌های زمینی جذب و نگهداری می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت که چرخه کربن بین ۳ منبع اتمسفر، زمین و اقیانوس‌ها در حال تبادل می‌باشد. جذب به‌وسیله اکوسیستم‌های زمینی بیشتر به صورت تولیدات اولیه (فتوسنتز)، تنفس و سایر فرآیندهای اکسیداسیونی (تجزیه یا سوختن مواد آلی) است. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که در اکوسیستم‌های زمینی در اثر تغییرات کاربری اراضی (به ویژه جنگل‌زدایی) مقادیری از دی اکسید کربن می‌تواند وارد اتمسفر شود و خود این اکوسیستم نیز، در مواردی به عنوان منبع دی اکسید کربن آزاد شده عمل می‌کند. تفاوت بین دی اکسید کربن جذب شده توسط اقیانوس‌ها و اکوسیستم‌های زمینی در این است که در اکوسیستم‌های زمینی جذب دی اکسید کربن توسط گیاهان با آزادسازی اکسیژن همراه است که خود اکسیژن آزاد شده بر غلظت دی اکسید کربن اتمسفر تاثیر می‌گذارد. ولی در اقیانوس‌ها فقط جذب دی اکسید کربن به مقدار بسیار زیاد مشاهده می‌گردد (فیشر[3] و همکاران، ۱۹۹۴) .

فاکتورهای موثر در جذب و آزادسازی دی اکسید کربن از زمین و اقیانوس عبارتند از: غلظت

---

[1]- Prentice
[2]- Easterling
[3]- Fisher

خود دی اکسید کربن در اتمسفر، تغییرات جریان و بیولوژی اقیانوس‌ها، اثر کودهی بر روی دی اکسید کربن و نیتروژن خاک، اثرات فعالیت‌های مستقیم انسانی مانند دگرگونی زمین‌ها (از پوشش‌های طبیعی گیاهی به کشاورزی) و مدیریت‌های گوناگون برای ذخیره و نگهداشت کربن آلی در خاک می‌باشند (IPCC ، ۲۰۰۰a).

نگهداشت کربن فرآیندی است که در آن دی اکسید کربن از اتمسفر جذب شده و در منابع کربن با ریخت‌های گوناگون ذخیره می‌شود. اگرچه فرآیند نگهداشت کربن در سطح مولکولی تنظیم می‌شود اما همانگونه که گفته شد عملیات مدیریتی، اقلیم و غلظت دی اکسید کربن اتمسفر تاثیر زیادی بر روی نگهداشت کربن در اکوسیستم‌های زمینی می‌تواند داشته باشد. پیشرفت چند دهه اخیر علم منابع طبیعی نقش اصلی خاک‌ها در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی را مشخص کرده است. به ویژه اینکه خاک جز بنیادی در چرخه کربن و نیز حاوی کربن بیشتری نسبت به زیتوده گیاهی و اتمسفر می‌باشد (کارلوس[1] و همکاران، ۲۰۰۹). مهم‌ترین و بزرگ‌ترین جایگاه نگه‌داشت کربن در اکوسیستم‌های خشکی کربن آلی خاک بوده و همانند پتانسیلی برای اندوختن کربن برای زمان نسبتاً درازی مورد توجه می‌باشند (گیفورد[2] و همکاران، ۱۹۹۴). اهمیت استفاده از خاک‌ها به عنوان مکان‌هایی برای کاهش دی اکسید کربن اتمسفر از راه نگهداشت کربن خاک، افزایش یافته است (آلن[3] و همکاران، ۲۰۰۴). اگر چه ذخیره کردن کربن اضافی در خاک نمی-تواند راه حل دائمی برای مشکل گرمای زمین باشد اما خاک‌ها انبارهای بزرگی از کربن زمینی هستند.

اندوخته کربن آلی خاک بستگی به عوامل گوناگون محیطی و مدیریت خاک دارد. اقلیم و پستی و بلندی و نوع پوشش گیاهی از عامل‌های محیطی پیامددار بر نگه‌داشت کربن آلی می‌باشند (تان[4] و همکاران، ۲۰۰۵؛ هویوس و کومرفورد[5]، ۲۰۰۵). تغییر پذیری کربن آلی خاک وابسته به عوامل فیزیکی (اقلیم و خاک) و عوامل مدیریتی است (وانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۶). عوامل مدیریتی مهم‌تر می‌باشند زیرا پاسخ خاک به این عوامل در زمان کوتاه‌تری انجام می‌شود و قابل کنترل نیز می‌باشند (مایا[7] و همکاران، ۲۰۱۰).

---

[1]- Carlos
[2]- Gifford
[3]- Alan
[4]- Tan
[5]- Hoyos and Comerford
[6]- Wang
[7]- Maia

گنجایش اکوسیستم‌های زمینی در کاهش دی اکسید کربن اتمسفر دارای اهمیت فراوانی است. در این میان یکی از مناطق مورد توجه در پژوهش‌ها، مواد آلی خاک چراگاه‌ها می‌باشند. این کار به دلیل گسترش زیاد و توانایی بالای چراگاه‌ها در اندوختن کربن می‌باشد. چراگاه‌ها نزدیک ۵۰ درصد از زمین‌ها را می‌سازند و بیش از یک سوم کربن رو و زیرزمینی را به خود اختصاص داده‌اند (آلن-دیاز[1]، ۱۹۹۶) و تامین کننده بخش عمده علوفه مصرفی دام‌های جهان می‌باشند (مرادی، ۱۳۸۷).

در اکوسیستم‌های چراگاهی بیش از ۹۸ درصد از کل کربن اندوخته شده در زیر زمین یافت می‌شود (هانگیت[2] و همکاران، ۱۹۹۷). اکوسیستم‌های چراگاهی دارای تولیدات ریشه‌ای و ذخیره کربن زیاد در خاک هستند. دوره بازگشت در چراگاه‌ها آهسته است به همین دلیل می‌توان با مدیریت چراگاه، کربن بیشتری را ذخیره کرد (فیشر و همکاران، ۱۹۹۴). چراگاه‌ها در برابر تغییرات مدیریتی و محیطی آسیب پذیر بوده و در صورت بهبود مدیریت می‌تواند سبب بهبود استقرار پوشش گیاهی شوند (هوس و هال[3]، ۲۰۰۱). عدم مدیریت شایسته می‌تواند سبب از بین رفتن پوشش گیاهی و در پی‌آن از دست رفت خاک، فرسایش، کاهش تولید علوفه و کاهش توانایی اکوسیستم در اندوختن کربن شود (تیلر[4]، ۱۹۹۲).

اندوخته کربن درچراگاه‌ها، mg/ha.y ۰/۰۸-۰/۰۲ برای سرزمین‌های خشک، mg/ha.y ۰/۱۲-۰/۰۳ برای سرزمین‌های نیمه خشک، mg/ha.y ۰/۲-۰/۰۸برای سرزمین‌های نیمه مرطوب تا مرطوب برآورد شده است. علفزارهای مدیریت شده پتانسیل بالایی برای نگهداشت مقادیر زیادی از کربن در زیتوده گیاهی و مواد آلی خاک دارند (لال[5]، ۲۰۰۲).

کنانت[6] و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که بهبود مدیریت، کربن آلی خاک را ۵۱ درصد افزایش داده است. برآورد شده است که تغییرات جهانی در عملیات مدیریتی می‌تواند ۲۰۰ میلیون تن کربن را سالانه ترسیب دهد (لال و همکاران، ۱۹۹۸). شومن[7] در سال ۱۹۹۹ گزارش کرده است که بهبود شیوه بهره‌گیری ۱۱۳ میلیون هکتار از چراگاه‌های با مدیریت ناکار آمد در آمریکا سالیانه ۱۱ ترا گرم کربن را بیشتر از روش‌های پیشین در خاک نگهداری می‌کند.

1- Allen-Diaz
2- Hungate
3- House and Hall
4- Taylor
5- Lal
6- Conant
7- Schuman

بنابراین شناخت اثر مدیریت بر میزان چگونگی اندوختن کربن در خاک برای آینده امری لازم و ضروری است (جانس و دونلی[۱]، ۲۰۰۴). در این راستا نیاز به کمی کردن ورودی و خروجی کربن آلی و فهم بهتری از پویایی و توزیع کربن آلی خاک در سطح منطقه‌ای و جهانی است (پوستین[۲] و همکاران، ۱۹۹۷). پویایی کربن آلی در خاک را می‌توان از دو راه مستقیم و غیر مستقیم اندازه‌گیری کرد. هریک از روش‌ها دارای خوبی‌ها و بدی‌های است. بهره‌گیری از روش-های اندازه‌گیری مستقیم نیاز به صرف هزینه و زمان زیادی است. روش‌های غیر مستقیم شامل کاربرد مدل‌ها و شبیه‌سازی است. با مدل‌سازی پویایی کربن آلی خاک می‌توان هزینه‌ها و زمان را کاهش و مناطقی با مقیاس بزرگ را پوشش داد. با استفاده از مدل‌سازی ما می‌توانیم شناخت جامع‌تری از وضعیت کربن آلی و پیش‌بینی‌های برای آینده داشته باشیم و به کمک این پیش‌بینی-ها می‌توان برای آینده در سطح کلان سیاست‌گذارای کنیم. با توجه به اینکه چراگاه‌ها در کشور ما بخش بزرگی از کشور را فراگرفته و مدیریت ناشایست در این چراگاه‌ها اعمال می‌شود. مدل-سازی پویایی کربن آلی در چراگاه‌ها می‌تواند راهکارهای مدیریتی شایسته‌ای در اختیار سازمان-های مرتبط قرار دهد. در ایران مدل‌سازی کربن آلی خاک بسیار اندک و یا وجود ندارد. این بررسی می‌تواند همانند پایه‌ای برای کارهای آینده مدل‌سازی کربن آلی خاک باشد.

مدل‌ها جانشینی برای اندازه‌گیری‌های مستقیم نیستند بلکه کامل کننده روش‌های مستقیم هستند. مدل‌ها اجازه می‌دهند تا فاکتورهای گوناگون کنترل کننده پویایی کربن آلی خاک، در کنار یکدیگر قرار گیرند. مدل‌ها ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی ماده آلی خاک را ساده سازی می‌کنند. مدل‌سازی می‌تواند به شناخت مناطقی با پتانسیل بالا برای افزایش نگهداشت کربن آلی خاک و پیش‌بینی و فهمیدن تغییرات آینده در اثر تغییر اقلیم، تغییر کاربری زمین‌ها و کارهای مدیریتی کمک کند (آردو و السن[۳]، ۲۰۰۳). مدل‌های شبیه‌سازی در مقیاس‌های مزرعه‌ای (جنکینسون[۴] و همکاران، ۱۹۸۷)، منطقه‌ای (پارتن[۵] و همکاران، ۱۹۹۳) و جهانی (کینگ[۶] و همکاران، ۱۹۹۶ ، کائو و ودوارد[۷]، ۱۹۹۸) بکار برده شده‌اند.

در پژوهش‌های مدل‌سازی کربن از مدل‌های گوناگونی مانند RothC، CENTURY و EPIC[۸]

---

[1]- Jones and Donnelly
[2]- Paustian
[3]- Ardo¨ and Olsson
[4]- Jenkinson
[5]- Parton
[6]- King
[7]- Cao and Woodward
[8]- Environmental Policy Impact Climate

بهره‌گیری شده است. در این پژوهش از مدل APEX[1] به دلیل ویژگی‌های منحصربه فرد و شرایط محیطی خاص منطقه استفاده شد.

مدل APEX به دلیل وجود خلاءهای موجود در دو مدل EPIC و SWAT[2] که قادر به شبیه سازی فرآیندهای مختلف در حوضه‌های کوچک نبودند توسط مرکز توسعه و تحقیقات بلک لند[3] توسعه داده شد. مدل APEX ابزاری پویا، منعطف و توانمند در شبیه‌سازی فرآیندهای گوناگون در حوضه‌های کوچک می‌باشد. کارکرد APEX به‌گونه روزانه بوده و قادر به شبیه‌سازی پیوسته برای دراز مدت (از ۱ تا ۴۰۰۰ سال) می‌باشد. از مدل APEX می‌توان برای شبیه‌سازی کارهای مدیریتی گوناگون مانند مواد مغذی، کارهای شخم، کارهای حفاظتی، رواناب و رسوب، مدیریت دام و چرا و چرخه کربن بهره‌گیری کرد (گاسمن[4] و همکاران، ۲۰۱۰).

فرضیه‌های پژوهش عبارت بود از:

- کاربرد مدیریت تأخیری چرا در حوضه‌های زوجی گنبد مایه افزایش نگهداشت کربن آلی در خاک گردیده است.

- به کمک مدل APEX می‌توان مقدار کربن آلی پدید آمده، هدر رفته و در پایان مقدار نگهداشت کربن در حوضه‌های زوجی گنبد را شبیه‌سازی نمود.

هدف‌های پژوهش عبارت بود از:

- بررسی پیامد مدیریت چرای آزاد و تأخیری بر نگهداشت کربن آلی خاک.

- شبیه‌سازی پویایی و مقدار نگهداشت کربن آلی خاک در دو حوضه با چرای آزاد و تأخیری با بکارگیری مدل APEX.

---

[1]- Agricultural Policy Environmental Extender
[2]- Soil and Water Assessment Tool
[3]- Blacklands Research and Extension Center
[4]- Gassman

۱- فصل اول: بررسی منابع

در این فصل ابتدا به توصیف و شرح مدل APEX به فراخور نیاز پرداخته می‌شود. هم‌چنین به دلیل بهره‌گیری از مدل SWAT و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیاز به ارائه مختصری از مطالب مرتبط با مدل SWAT و سه ویژگی اصلی (وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن و کربن آلی) خاک می‌باشد.

۱-۱- مدل APEX

۱-۱-۱- پیشینه

مدل‌های هیدرولوژیکی در چهار دهه گذشته به ترتیب توسط بخش کشاورزی آمریکا، سرویس تحقیقات کشاورزری و دانشگاه A&M تگزاس، AgriLIFE [۱] تگزاس، GSWRL [۲] و مرکز توسعه و تحقیقات بلک لند، توسعه داده شده‌اند (ویلیامز[۳] و همکاران، ۲۰۰۸). مدل‌های پژوهشی اخیر که بر روی واحدهای هیدرولوژیکی، برآورد سیلاب، عملکرد ته‌نشینی و تک رخدادهای طوفانی تمرکز دارند، از مدل‌های رشد گیاهان زراعی، چرخه مواد مغذی، مدل‌های تک رخداد ته‌نشینی و مواد مغذی معمول، سازنده‌های[۴] آب و هوایی توسعه داده شده و مدل پیوسته روزانه شبیه‌سازی آب پیروی می‌کنند. بسیاری از مفاهیم توسعه داده شده در مدل‌های اخیر در دو مدل EPIC (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۴؛ ویلیامز، ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵؛ گاسمن و همکاران، ۲۰۰۵؛ ایزارالد[۵] و همکاران، ۲۰۰۶) و مدل SWRRB[۶] (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۵؛ آرنولد[۷] و ویلیامز، ۱۹۸۷) جمع شده است. مدل‌های EPIC و SWRRB جهت ارزیابی کیفیت آب و دیگر دشواری-ها کشاورزی و محیطی به ترتیب در مقیاس مزرعه و حوضه طراحی شده‌اند. از مدل SWRRB و ROTO[۸] (آرنولد و همکاران، ۱۹۹۵)، مدل جدیدی به نام SWAT (ویلیامز و آرنولد، ۱۹۹۷؛ آرنولد و همکاران، ۱۹۹۸؛ آرنولد و فورر[۹]، ۲۰۰۵؛ گاسمن و همکاران، ۲۰۰۷؛ ویلیامز و همکاران، ۲۰۰۸) پدید آمد. مدل SWAT جایگزین مدل SWRRB برای آنالیزهای حوضه‌ای شد و قابلیت مدل‌سازی سیستم‌های حوضه‌ای بزرگ در آن توسعه داده شد.

---

[1]- Formerly Texas Agriculture Experiment Station
[2]- Grassland Soil and Water Research Laboratory
[3]- Williams
[4]- Generator
[5]- Izaurralde
[6]- Simulator for Water Resources in Rural Basins
[7]- Arnold
[8]- Routing Outputs To the Outlet
[9]- Fohrer

هر دو مدل EPIC و SWAT با گذشت زمان دگرگون شده و بهبود یافتند. بنابراین از هر دو مدل برای آنالیز دشواری‌های زیست محیطی در سرتاسر دنیا استفاده شده است (گاسمن و همکاران، ۲۰۰۵؛ گاسمن و همکاران، ۲۰۰۷). نمونه‌هایی از کاربرد EPIC شامل: ارزیابی‌هایی در سطح مزرعه از ته‌نشست‌ها، مواد مغذی، علفکش‌ها و عملکردهای سیستم‌های مدیریتی گوناگون (جکسون[۱] و همکاران، ۱۹۹۴؛ چانگ[۲] و همکاران، ۲۰۰۲؛ لو[۳] و همکاران، ۲۰۰۳؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۶)، محصول زراعی در سطح مزرعه، چرخه نیتروژن و ارزیابی کربن‌اندوزی خاک (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۹؛ کابلگان[۴] و همکاران، ۱۹۹۰؛ کاورو[۵] و همکاران، ۱۹۹۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ ایزارالد، ۲۰۰۶) ارزیابی در سطح منطقه‌ای، آبشویی نیترات، کربن‌اندوزی خاک و دیگر شناساگرهای محیطی (وو و بابکوک[۶]، ۱۹۹۹؛ سپادر و شاکلا[۷]، ۲۰۰۲؛ گایسر[۸] و همکاران، ۲۰۰۸) و ارزیابی در سطح جهانی از محصولات کشاورزی به عنوان عملکری از تغییر اقلیم، تغییر کاربری زمین‌ها و یا مدیریت آب (تن و شیبسکی[۹]، ۲۰۰۳؛ وو و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیو[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشند.

کاربرد SWAT دامنه‌ای بین پژوهش‌های از دست رفت آلاینده‌ها و پژوهش‌های هیدرولوژیکی را در بر می‌گیرد (آرنولد و همکاران، ۲۰۰۰؛ صالح[۱۱] وهمکاران، ۲۰۰۰؛ جا[۱۲] و همکاران، ۲۰۰۷؛ رونگسانگ[۱۳] و همکاران، ۲۰۰۷؛ گرین و وان گرینسون[۱۴]، ۲۰۰۸؛ استهر[۱۵] و همکاران، ۲۰۰۸). ارزیابی‌های هیدرولوژیکی از تغییر اقلیم، منابع، باتلاق، اثرات زهکشی یا تغییر کاربری زمین‌ها (جا و همکاران، ۲۰۰۶؛ گوساین[۱۶] و همکاران، ۲۰۰۶؛ گرین و همکاران، ۲۰۰۶؛ وو و جانستون[۱۷]، ۲۰۰۷؛ جانس[۱۸] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کائو[۱۹] و همکاران، ۲۰۰۹)، کاربرد مدیریت

---

[1]- Jackson
[2]- Chung
[3]- Lu
[4]- Cabelguenne
[5]- Cavero
[6]- Wu and Babcock
[7]- Cepuder and Shukla
[8]- Gaiser
[9]- Tan and Shibaski
[10]- Liu
[11]- Saleh
[12]- Jha
[13]- Reungsang
[14]- Green and van Griensven
[15]- Stehr
[16]- Gosain
[17]- Johnston
[18]- Jones
[19]- Cao