Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

بررسی ساختاری و کاربردی مدل روتامستد در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع کربن خاک

بیژن آزاد و سیدفخرالدین افضلی

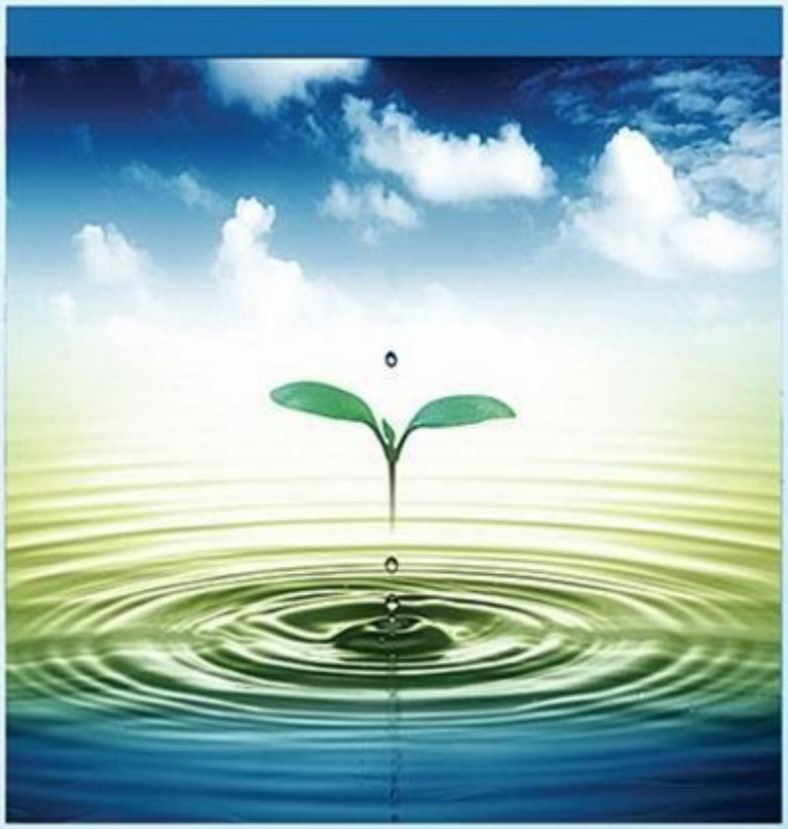
دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۹۰- ۸۳

Vol. 5(1), Spring 2019, 83 – 90

DOI: 10.22034/jewe.2019.155897.1291

The Structural and Practical Investigation of the Rothamsted Model in Assessing the Effect of Climate Change on Soil Carbon Sources

Azad B. and Afzali S.F.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: آزاد ب. و افضلی س.ف. (۱۳۹۸). بررسی ساختاری و کاربردی مدل روتامستد در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع کربن خاک. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۱، صفحات: ۹۰-۸۳.

Citing this paper: Azad B. and Afzali S. F. (2019). The structural and practical investigation of the rothamsted model in assessing the effect of climate change on soil carbon sources. J. Environ. Water Eng., 5(1), 83–90. DOI: 10.22034/jewe.2019.155897.1291

www.SID.ir

بررسی ساختاری و کاربردی مدل روتامستد در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع کربن خاک

بیژن آزاد[۱] و سید فخرالدین افضلی[*۲]

[۱] کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

[۲]استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

***نویسنده مسئول**: afzalif@shirazu.ac.ir

یادداشت فنی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۸/۲۱] **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۸/۲۰]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۱۱/۳۰]**

چکیده

مطالعات زیادی افزایش درجه حرارت همراه با کاهش میزان بارش‌ها را برای دهه‌های آتی در مناطق مختلف ایران پیش‌بینی نموده‌اند. اما تاکنون مطالعات اندکی به بررسی اثر تغییر اقلیم بر دینامیک منابع کربن آلی خاک پرداخته‌اند. یکی از موانع موجود عدم شناخت مدل‌های کربن و نبود اطلاعات کافی در ارتباط با داده‌های موردنیاز و نحوه تأمین داده‌ها می‌باشد. هدف مطالعه حاضر بررسی ساختاری و کاربردی مدل روتامستد (Rothamsted) در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع کربن خاک بود. بدن منظور نحوه کارکرد مدل برای محاسبه کربن خاک و همچنین عوامل مؤثر در تجزیه کربن آلی خاک شامل ضریب تصحیح دما، ضریب تصحیح رطوبت و ضریب تصحیح پوشش گیاهی بررسی شد. سپس در بخش کاربردی مدل به داده‌های مورد نیاز و نحوه تأمین آنها در شرایط ایران و نهایتاً اعتبارسنجی و نحوه اجرای مدل برای شرایط اقلیمی آینده پرداخته شد. نتایج نشان داد که مدل روتامستد به‌دلیل سادگی و در دسترس بودن داده‌های مورد نیاز برای اجرای آن در حال حاضر بهترین مدل کربن برای شرایط ایران می‌باشد. مطالعه حاضر اطلاعات مفیدی که در اجرا و اعتبارسنجی مدل روتامستد برای ایجاد شبیه‌سازی و پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر دینامیک منابع کربن خاک مورد نیاز است، را فراهم نمود.

واژه‌های کلیدی: کربن آلی خاک؛ گرمایش جهانی؛ مدل‌سازی؛ مدل روتامستد.

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر به‌ویژه کربن دی‌اکسید، در دهه‌های اخیر از عوامل مهم وقوع تغییر اقلیم جهانی و گرم شدن کره زمین بیان شده است. به‌همین دلیل کشورهای جهان در پیمانی موسوم به پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ موظف به کاهش گازهای گلخانه‌ای شدند (Jebari et al. 2018). در این میان ترسیب کربن در خاک‌ها که بزرگترین ذخیره‌گاه کربن زمینی هستند و نقش مهمی در چرخه جهانی کربن بازی می‌کنند، به‌عنوان یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکارها برای کاهش کربن دی‌اکسید جوّ و کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم مطرح شده است (Muñoz-Rojas et al. 2015). با افزایش دما و تغییر اقلیم، رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک و متعاقب آن ترکیب گونه‌های گیاهی بوم‌سازگان و زیست‌توده گیاهی شامل بقایای گیاهی برگشت یافته به خاک تغییر کرده و در نتیجه ذخیره کربنی خاک دچار تغییر شده (Francaviglia et al. 2017) است. این موضوع آزادسازی کربن دی‌اکسید از خاک به جوّ را افزایش داده و منجر به تشدید گرمایش جهانی می‌شود (Martins et al. 2016).

به‌دلیل پیچیدگی زیاد بوم‌سازگان از جمله تنوع خاک، شرایط اقلیمی و توپوگرافی و روابط متقابل پیچیده بین گیاه- خاک- اتمسفر، مطالعه دینامیک کربن آلی خاک از طریق استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی به‌عنوان سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی تغییرات کربن آلی خاک و انتشار کربن دی‌اکسید خاک به جوّ تحت سناریوهای حال و آینده تغییر اقلیم گزینه مفید و مناسبی است (Bleuler et al. 2017). در میان مدل‌های شبیه‌سازی، مدل روتامستد (Coleman and Jenkinson 1996) به‌دلیل سادگی و در دسترس بودن داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل، به‌طور گسترده تحت شرایط محیطی و مدیریتی مختلف در مطالعات مربوط به ترسیب کربن خاک مورد استفاده قرار گرفته است (Francaviglia et al. 2012; Soleimani et al. 2017). از آن‌جایی‌که مدل در منطقه روتامستد انگلستان ساخته شد، به مدل روتامستد معروف و تاکنون در بوم‌سازگان مختلف با شرایط خاکی و اقلیمی متنوع آزمایش شده است. مدل روتامستد کربن آلی خاک را به چهار مخزن فعال و یک مخزن غیرفعال تقسیم‌بندی می‌نماید و در یک گام زمانی ماهانه میزان کل کربن آلی خاک، میزان کربن آلی خاک در مخازن مختلف و میزان انتشار کربن دی‌اکسید از خاک به جوّ را برآورد می‌کند. این مدل برای اجرا در دو حالت طراحی شده است؛ حالت *Forward* که با دانستن میزان ورود کربن از گیاه به خاک، تغییرات کربن آلی خاک محاسبه می‌شود. حالت *Inverse* هنگامی که میزان کربن ورودی از گیاه به خاک مشخص نیست و مدل بر مبنای ذخیره کربن آلی خاک منطقه، داده‌های هواشناسی و نوع پوشش گیاهی میزان ورود کربن از گیاه به خاک را محاسبه می‌کند. Soltani et al. (2016) افزایش دمای هوا و کاهش میزان اکثر شاخص‌های بارش را در مناطق مختلف کشور گزارش دادند. تاکنون مطالعات اندکی به بررسی دینامیک منابع کربن خاک در بوم‌سازگان مختلف تحت تأثیر تغییر اقلیم در مفهوم مدل‌سازی در داخل ایران انجام شده است. یکی از موانع موجود عدم شناخت مدل‌های کربن و نبود اطلاعات کافی در ارتباط با نوع داده‌های ورودی به مدل و نحوه تأمین داده‌ها بوده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی نحوه محاسبه کربن آلی خاک به‌وسیله مدل کربن روتامستد و همچنین داده‌های مورد نیاز و نحوه تأمین آن‌ها برای اعتبارسنجی و اجرای مدل در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دینامیک کربن خاک بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مدل روتامستد

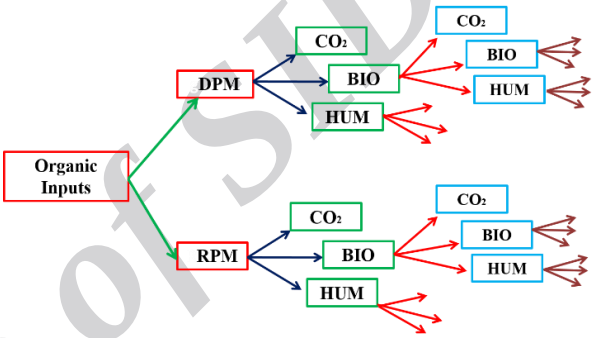
مدل روتامستد انتقال کربن آلی در خاک‌های هوازی را با توجه به نوع خاک، پوشش‌گیاهی، مقدار دما و رطوبت شبیه‌سازی می‌کند. این مدل از یک پایه زمانی ماهانه برای محاسبه کل کربن خاک و بیومس میکروبی در مقیاس زمانی y ۱-۱۰۰ استفاده می‌کند (Coleman and Jenkinson 2008). مدل روتامستد ابتدا به‌منظور بررسی گردش کربن آلی خاک در روتامستد انگلستان (بوم‌سازگان معتدل) ساخته شد و سپس در خاک‌ها و شرایط اقلیمی غرب و مرکز اروپا و در نهایت در بوم‌سازگان متنوعی در مقیاس منطقه‌ای و ملی در بسیاری از نقاط دنیا مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- بررسی ساختاری مدل

مدل روتامستد، کربن آلی خاک را به چهار جزء فعال و یک جزء غیر فعال تقسیم‌بندی می‌کند. اجزای فعال ماده آلی

www.SID.ir
Archive of SID

خاک شامل مواد گیاهی تجزیه‌پذیر[1] (DPM)، مواد گیاهی مقاوم[2] (RPM)، زیست‌توده میکروبی[3] (BIO) و مواد آلی هوموسی شده[4] (HUM) می‌باشد. در این مدل جزء غیرفعال، نسبتی از مواد آلی است که از نظر بیولوژیکی فعال نبوده و سن رادیوکربنی[5] آن بیش از ۵۰/۰۰۰ y می‌باشد و بنابراین در چرخه کربن شرکت ندارد (Coleman and Jenkinson 2008). به‌جز مواد آلی غیرفعال، سایر مخازن کربن قابل تجزیه بوده و هر یک دارای یک سرعت تجزیه مخصوص هستند. کربن گیاه بسته به کیفیت مواد گیاهی (نسبت DPM/RPM بقایای گیاهی)، به دو جزء DPM و RPM تقسیم می‌شود. این دو جزء به‌صورت نمایی تجزیه شده و تولید CO_2 و BIO+HUM می‌کنند (شکل ۱).



شکل ۱- ساختار مدل کربن روتامستد

Fig. 1 Structure of the Rothamsted carbon model

در این مدل سرعت تجزیه برای هر مکان بر اساس رطوبت خاک، دما و پوشش گیاهی اصلاح می‌گردد. اگر یک جزء فعال، دارای Y کربن (Ton/ha) باشد، در پایان ماه مقدار آن به Ye^{-abckt} کاهش می‌یابد. در اینجا a ضریب تصحیح برای دما، b ضریب تصحیح برای رطوبت، c ضریب تصحیح برای پوشش خاک و k ثابت سرعت تجزیه برای جزء فعال

(۲)

(۳)

۲-۲-۳- ضریب تصحیح پوشش خاک

مدل روتامستد مقدار ضریب تصحیح پوشش خاک (c) را در خاک دارای پوشش گیاهی ۰/۶ و در خاک لخت ۱ در نظر می‌گیرد (Coleman and Jenkinson 2008). زمانی‌که سطح خاک فاقد پوشش گیاهی باشد، میزان مد نظر بوده و از آنجا که k بر اساس سرعت تجزیه سالانه است، از این‌رو، t نیز بیانگر زمانی معادل یک ماه می‌باشد (Coleman and Jenkinson 2008). بنابراین $Y(1-e^{-abckt})$ مقدار موادی است که در یک جزء کربنی در طی یک ماه مشخص تجزیه می‌شود.

۲-۲-۱- ضریب تصحیح دما

مدل ضریب تصحیح دما (a) را بر مبنای رابطه (۱) برای هر ماه برآورد می‌کند و با افزایش یا کاهش متوسط دمای هوای منطقه مطالعاتی، مقدار این ضریب به ترتیب افزایش یا کاهش می‌یابد. در این رابطه T متوسط ماهیانه دمای هوا (°C) می‌باشد (Coleman and Jenkinson 2008).

$$a = \frac{47.9}{1+e^{(\frac{106}{T+18.3})}} \qquad (۱)$$

۲-۲-۲- ضریب تصحیح رطوبت

مدل روتامستد برای برآورد ضریب تصحیح رطوبت (b) در هر ماه ابتدا حداکثر مقدار کمبود رطوبت لایه سطحی خاک[6] (TSMD) را طبق رابطه (۲) محاسبه می‌کند. اگر acc.TSMD[7] < 0.444 max.TSMD باشد، مدل b=1 را در نظر می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار b را بر مبنای رابطه (۳) برآورد می‌کند. از آنجایی که این معادلات برای عمق خاک (۲۳ cm) در منطقه روتامستد طراحی شده‌اند، مدل به‌طور خودکار در هر منطقه حداکثر مقدار محاسبه شده TSMD را بر ۲۳ تقسیم و در ضخامت واقعی لایه خاک آن منطقه (بر حسب cm) ضرب می‌نماید (Coleman and Jenkinson 2008) و در نهایت ضریب تصحیح رطوبت (b) را برای هر ماه محاسبه می‌کند.

$$TSMD = -[20 + 1.3\,(\%Clay) - 0.01(\%Clay)^2]$$

$$b = 0.2 + (1-0.2) \times \frac{(\max.TSMD - acc.TSMD)}{(\max.TSMD - 0.444\ \max.TSMD)}$$

تجزیه بیشتر از زمانی است که سطح خاک دارای پوشش گیاهی است.

۲-۳- بررسی کاربردی مدل روتامستد

نرم‌افزارهایی که برای این مدل توسعه یافته‌اند همگی تحت عنوان Rothamsted Carbon Model یا به اختصار

[1] Decomposable Plant Material
[2] Resistant Plant Material
[3] Microbial Biomass
[4] Humified Organic Matter
[5] Radiocarbon age
[6] Topsoil moisture deficit (TSMD)
[7] Accumulated topsoil moisture deficit (acc. TSMD)

Archive of SID
www.SID.ir

RothC هستند. دو نرم‌افزار RothC-26.3 و RothC-26.4 تحت ویندوز هستند. و یک نرم‌افزار دیگر تحت عنوان RothC-26.3 برای سیستم DOS توسعه یافته است. نسخه RothC-26.3 تحت ویندوز را می‌توان به‌صورت رایگان از وب‌سایت مؤسسه تحقیقاتی روتامستد انگلستان دانلود کرد. در این مطالعه نسخه پرکاربرد مدل روتامستد (نسخه RothC-26.3) که در حال حاضر برای کل مناطق کشور استرالیا و انگلستان و بسیاری از دیگر کشورهای اروپائی به‌طور کامل واسنجی شده؛ مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۳-۱- ورودی‌های مدل روتامستد

ورودی‌های مدل روتامستد دربرگیرنده دو دسته مهم داده‌های اقلیمی و داده‌های خاک و مدیریت زمین می‌باشند. داده‌های اقلیمی شامل بارندگی ماهیانه، میانگین ماهیانه دمای متوسط هوا و تبخیر ماهیانه است که از طریق فایل هواشناسی به مدل وارد می‌شوند (جدول ۱). داده‌های خاک و مدیریت زمین شامل محتوای رس خاک، ذخیره کربن آلی ابتدایی خاک[1]، عمق خاک مورد بررسی، وضعیت پوشش خاک در هر ماه، مقدار بقایای گیاهی[2] وارد شده به خاک در هر ماه، مقدار کود استفاده شده در هر ماه، ماده آلی پایدار (IOM)[3]، فاکتور کیفیت بقایای گیاهی (نسبت DPM/RPM) و میزان کربن آلی در مخزن‌های DPM، RPM، BIO و HUM می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- داده‌های ورودی به مدل برای اجرای مدل روتامستد

Table 1 Input data to the model for running the Rothamsted model

Data type	Parameter	Unit	Reference
Meteorology data	Monthly precipitation*	mm	Long-term weather stations statistics
	Monthly temperature*	C°	
	Monthly evaporation*	mm	
Soil data	Soil clay content*	%	Field study
	Soil bulk density*	gr/cm^3	"
	Soil depth*	cm	"
	Inert Organic Matter (IOM) *	Ton/ha	"
	Initial total SOC*	Ton/ha	Previous studies
Management data	Input carbon from plant residues to the soil*a	Ton/ha	Field study
	Input carbon through fertilizer to the soil	Ton/ha	"
	Condition of the soil cover*	–	"
	DPM/RPM*	–	"

The variables marked with * are the essential parameters of the Rothamsted model. a: Model run in *inverse mode*.

میزان رس خاک و عمق خاک نیز در فایل هواشناسی مدل وارد می‌گردند. وضعیت پوشش خاک در هر ماه، مقدار بقایای گیاهی وارد شده به خاک در هر ماه و مقدار کود استفاده شده در هرماه در فایل مدیریت زمین وارد می‌شوند. میزان IOM، نسبت DPM/RPM پوشش گیاهی و میزان کربن آلی در مخازن مختلف نیز در فایل سناریو وارد می‌شوند.

روش چند جمله‌ای محلی (LPI) حداقل مجذورات متناسب را بین گره‌های شناسایی شده در محدوده بیضوی شکل، به‌عنوان وزن گره تخصیص می‌دهد. در این روش ضرایب تخصیص داده شده، با به‌دست آوردن رابطه درجه اول، دوم و سوم بین مقادیر x، y و z و حداقل‌سازی اطلاعات محاسبه‌شده، درون‌یابی صورت می‌گیرد (رابطه ۴) (Maarofi et al. 2009).

$$\sum_{i=1}^{n} W_i [F(x_i \times y_i) - z_i]^2 = \text{minimize} \qquad (۴)$$

۲-۵- تعیین مناسب ترین روش میانیابی

پس از رسم واریوگرام و برازش مناسب و میان‌یابی به روش‌های مذکور، برای تعیین روش مناسب میان‌یابی سه معیار

[1] Initial Soil Organic Carbon
[2] Plant Residues
[3] Inert Organic Matter

Archive of SID
www.SID.ir

مختلف متوسط خطا (ME) (رابطه ۵)، متوسط قدرمطلق خطا (MAE) (رابطه ۶)، و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) (رابطه ۷) مورد استفاده قرار گرفت.

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Z^*(x_i) - Z(x_i)\right) \quad (۵)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|Z^*(x_i) - Z(x_i)\right| \quad (۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(Z^*(X_i)-Z(X_i))^2}{n}} \quad (۷)$$

در رابطه‌های فوق، n: عبارت از تعداد داده‌های مورد استفاده است. این سه معیار اطلاعات مختلفی راجع به درجه اعتبار نتایج تخمین فراهم می‌کنند. ME: متوسط انحراف روش، MAE: مقدار خطای روش بدون در نظر گرفتن علامت و RMSE: هم مقدار انحراف میانگین و هم انحراف واریانس را نشان می‌دهد. به‌طورکلی بهترین روش، روشی است که کمترین مقدار متوسط انحراف روش (بدون در نظر گرفتن علامت)، مقدار خطای روش و مقدار انحراف میانگین را داشته باشد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- تعیین وضعیت پوشش خاک

برای تعیین وضعیت پوشش خاک در هر ماه دو گزینه دارای پوشش (Covered) و بدون پوشش یا آیش (Fallow) در مدل روتامستد تعبیه شده است. تعیین وضعیت پوشش خاک از طریق فایل مدیریت زمین انجام می‌گیرد.

۳-۲- تعیین مقدار بقایای گیاهی

مقدار بقایای گیاهی عبارت است از مقدار کربنی که در هر ماه بر حسب Ton/ha به خاک افزوده می‌شود (جدول ۱). چون میزان این ورودی مشخص نیست لذا اغلب مدل به‌صورت معکوس[1] با توجه به اطلاعات خاکی، گیاهی و اقلیمی موجود اجرا می‌شود و مقدار این پارامتر در هر ماه تعیین می‌شود. در این روش با استفاده از وارد کردن داده‌های هواشناسی، مدیریت زمین، مقدار کربن خاک، نسبت DPM/RPM و سال نمونه‌برداری در مدل از طریق فایل اجرای معکوس مدل میزان کربنی که ماهیانه از طریق بقایای گیاهی به خاک برگشت داده شده محاسبه می‌شود. سپس با مشخص شدن مقدار کربنی که در هر ماه از طریق بقایای گیاهی به خاک افزوده می‌شود، این مقادیر از طریق فایل مدیریت زمین به مدل وارد می‌شوند. رویکرد ذکر شده در این مطالعه برای تعیین میزان کربن اضافه‌شده از بقایای گیاهی به خاک بر مبنای مطالعات پیشین اتخاذ شده است (Francaviglia et al. 2012; Bleuler et al. 2017; Soleimani et al. 2017; Jebari et al. 2018).

۳-۳- تعیین مقدار ماده آلی پایدار خاک

مقدار ماده آلی پایدار (IOM) برای عمق مشخصی از خاک سطحی با استفاده از رابطه (۸) محاسبه می‌شود. در این رابطه IOM و TOC به ترتیب ماده آلی پایدار خاک و کل کربن آلی خاک و برحسب Ton/ha می‌باشند.

$$IOM = 0.049\, TOC^{1.139} \quad (۸)$$

۳-۴- تعیین فاکتور کیفیت بقایای گیاهی

فاکتور کیفیت بقایای گیاهی (نسبت DPM/RPM) بیانگر سرعت تجزیه مواد گیاهی است که با استفاده از راهنمای مدل برای پوشش‌های گیاهی مختلف تعیین می‌گردد. پیش فرض مدل برای این پارامتر در مراتع بهبود یافته و محصولات کشاورزی، مراتع طبیعی و خارستان‌ها و درختچه‌زارهای حاره‌ای و درختان خزان‌کننده به ترتیب ۱/۴۴، ۰/۶۷ و ۰/۲۵ می‌باشد که از طریق فایل سناریو برای پوشش گیاهی مورد نظر تعیین می‌شود. برای تعیین فاکتور بقایای گیاهی در آزمایشگاه از روش دو مرحله‌ای هیدرولیز اسید با H_2SO_4 استفاده می‌کنند (Shirato and Yokozawa 2006). هرچند که به‌طور معمول از پیش فرض مدل برای تعیین این پارامتر استفاده می شود (Francaviglia et al. 2012; Soleimani et al. 2017). در مدل روتامستد داده‌های مخازن کربن خاک نیز از شبیه‌سازی یک دوره تعادل y ۱۰۰۰۰ تحت پوشش گیاهی بومی به‌دست می‌آیند (Bleuler et al. 2017; Jebari et al. 2018).

۳-۵- تعیین میزان کربن آلی در مخازن مختلف

در مدل روتامستد داده‌های مخازن کربن خاک از شبیه‌سازی یک دوره تعادل y ۱۰۰۰۰ه تحت پوشش گیاهی بومی به‌دست می‌آیند. در فایل سناریو با انتخاب

[1] Inverse

Archive of SID
www.SID.ir

گزینه *Equilibrium* میزان کربن آلی در مخازن مختلف تعیین می‌شود. رویکرد ذکر شده در این مطالعه برای تعیین میزان کربن آلی خاک در مخازن مختلف کربن مطابق با مطالعات قبلی است (Bleuler et al. 2017; Jebari et al. 2018; Azad and Afzali 2018).

۳-۶- اجرای مدل روتامستد

با وارد کردن داده‌های ذکر شده در مراحل قبل در فایل‌های هواشناسی و مدیریت زمین و انتخاب نوع پوشش گیاهی (نسبت DPM/RPM) و وارد کردن میزان کربن مخازن مختلف در فایل سناریو و سپس معرفی فایل‌های هواشناسی و مدیریت زمین در فایل سناریو می‌توان مدل را اجرا کرد.

۳-۷- اعتبارسنجی مدل روتامستد

برای اعتبارسنجی مدل روتامستد به‌طور معمول میزان ذخیره کربن آلی خاک شبیه‌سازی شده توسط مدل با داده‌های اندازه‌گیری شده براساس ضریب تبیین (R^2) ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و همچنین شاخص کارایی اجرای مدل (PE[1]) (رابطه ۹) مقایسه می‌شود. در رابطه زیر O_i، S_i، $\bar{O}$، و n به ترتیب مقادیر مشاهده شده، مقادیر شبیه سازی شده، میانگین مقادیر مشاهده شده و تعداد مشاهدات می‌باشد. Soleimani et al. (2017) بیان نمودند که مدل روتامستد به توانسته تغییرات ذخیره کربن آلی خاک را در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران با دقت بالایی شبیه‌سازی نماید.

$$PE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad (۹)$$

۳-۶- اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر منابع کربن

با معرفی سناریوهای اقلیمی آینده به فایل هواشناسی، که معمولاً از مدل‌های هواشناسی به دست می‌آیند و طی مراحلی که در بخش اجرای مدل روتامستد ذکر شد می‌توان اثر سناریوهای مختلف اقلیمی را بر منابع مختلف کربن خاک شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمود. Jebari et al. (2018) با استفاده از مدل روتامستد کاهش محتوای کربن آلی خاک را در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نسبت به سناریو بدون تغییر اقلیم برای دهه‌های آینده در سراسر اسپانیا پیش‌بینی نمودند.

۴- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر در موارد زیر به به شرح مدل روتامستد و نحوه و دلیل کاربرد آن پرداخته است:

۱- بیان توانایی برآورد کربن آلی خاک به‌وسیلهٔ مدل روتامستد.

۲- داده‌های مورد نیاز مدل و نحوه تأمین آن‌ها برای اجرا و پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر منابع کربن خاک.

۳- با توجه به عدم وجود داده کافی در کشور و تعداد داده کم مورد نیاز برای اجرای مدل روتامستد، در حال حاضر بهترین مدل برای شرایط ایران مدل روتامستد می‌باشد.

Referances

Azad B., Afzali S. F. (2018). Modelling the impacts of climate change on the soil CO2 emissions in arid rangelands (Southern Iran). Desert Ecosyst. Eng. J., 7(20), 71-87.

Bleuler M., Farina R., Francaviglia R., Napoli R. and Marchetti, A. (2017). Modelling the impacts of different carbon sources on the soil organic carbon stock and CO_2 emissions in the Foggia province (southern Italy). Agri. Sys., 157, 258–268.

Coleman K. and Jenkinson D. S. (1996). RothC-26.3: A model for the turnover of carbon in soil. In Powlson D.S, Smith P, Smith J.U, editors. Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. NATO ASI Ser. I. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.

Coleman K. and Jenkinson, D.S. (2008). RothC-26.3: A model for the turnover of carbon in soil, Model description and users guide (Windows version). Available online at: https://www.rothamsted.ac.uk/, Accessed 11, December 2018.

Francaviglia R., Coleman K., Whitmore A. P., Doro L., Urracci G., Rubino M. and Ledda L. (2012). Changes in soil organic carbon and climate change–Application of the RothC model in agro-silvo-pastoral

[1] Performance efficiency

Archive of SID
www.SID.ir

Mediterranean systems. Agri. Sys., 112, 48-54.

Francaviglia R., Di Bene C., Farina R. and Salvati L. (2017). Soil organic carbon sequestration and tillage systems in the Mediterranean Basin: a data mining approach. Nutr. Cycl. Agroecosys., 107, 125–137.

Jebari A., Del Prado A., Pardo G., Rodríguez Martín J. A. and Álvaro-Fuentes J. (2018). Modeling regional effects of climate change on soil organic carbon in Spain. J. Environ. Qual., 47(4), 644-653.

Martins C. S. C., Macdonald C. A., Anderson L. C. and Singh B. K. (2016). Feedback responses of soil greenhouse gas emission to climate change are modulated by soil characteristics in dryland ecosystems. Soil Bio. Biochem., 100, 21–32.

Muñoz-Rojas M., Doro L., Ledda L. and Francaviglia R. (2015). Application of CarboSOIL model to predict the effects of climate change on soil organic carbon stocks in agro-silvo-pastoral Mediterranean management systems. Agric. Ecosys. Environ., 202, 8-16.

Shirato Y. and Yokozawa M. (2006). Acid hydrolysis to partition plant material into decomposable and resistant fractions for use in the Rothamsted carbon model. Soil Bio. Biochem., 38, 812–816.

Soleimani A., Hosseini S.M., Massah Bavani A., Jafari M. and Francaviglia R. (2017). Simulating soil organic carbon stock as affected by land cover change and climate change, Hyrcanian forests (northern Iran). Sci. Total Environ., 599–600, 1646–1657.

Soltani M., Laux P., Kunstmann H., Stan K., Sohrabi M. M., Molanejad M., Sabziparvar A. A., Ranjbar Saadat Abadi A., Ranjbar F., Rousta I., Zawar-Reza P., Khoshakhlagh F., Soltanzadeh I., Babu C. A., Azizi G. H. and Martin M.V. (2016). Assessment of climate variations in temperature and precipitation extreme events over Iran. Theor. Appl. Climatol., 126, 775-795.

Archive of SID

www.SID.ir

The Structural and practical Investigation of the Rothamsted Model in Assessing the Effect of Climate Change on Soil Carbon sources

Bijan Azad[1] and Sayed Fakhreddin Afzali[2*]

[1]M.Sc. of Desert Regions Management, Department of Natural Resources and Environment Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran
[2]Assist. Professor, Deptartment of Natural Resources and Environment Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

*Corresponding author: afzalif@shirazu.ac.ir

Technical Note
Received: November 12, 2018 **Revised:** December 11, 2018 **Accepted:** February 19, 2019

Abstract
Many studies have projected increasing the temperature with decreasing precipitation for future decades in different regions of Iran. But, few studies have evaluated the effect of climate change on the dynamics of soil organic carbon (SOC) sources. One of the obstacles is the lack of recognition of carbon models and the lack of sufficient information on the required data and how to supply the data. The purpose of present study was to investigate the structural and practical application of the RothC model as the most widely used model worldwide for assessing the effects of climate change on soil carbon sources. In this study, the model's function for calculating SOC and the factors affecting SOC decomposition, including temperature correction coefficient, moisture correction coefficient, and vegetation correction coefficient were completely investigated. Then, in the application section of the model, the required data and how to provide them in the conditions of Iran, and finally validation and implementation of the model for future climate conditions were discussed. Results showed that the RothC model is now the best carbon model for Iran conditions due to the simplicity and availability of the required data to its implementation. Generally, the present study provides useful information needed in implementation and validating the RothC model to simulate and predict the effects of climate change on the dynamics of soil carbon sources.

Keywords: Global Warming; Modeling; Rothamsted Model; Soil Organic Carbon.

Archive of SID

www.SID.ir