

نظریه فراکتال: ابزاری جهت توصیف تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای محیطی

جهانگرد محمدی

دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاوری دانشگاه شهرکرد

مقدمه

تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات و ویژگیهای اجزا زیست محیطی مانند خاک و گیاه صرفنظر از اهمیت آن، نیازمند بکارگیری مفاهیم و روشهای آماری خاص است. در علوم زیست محیطی تصور اینکه چنین نوسانات و تغییرات فاقد ساختار قابل توصیفی هستند، مشکل و با واقعیت انطباق ندارد. بطور مثال با افزایش مقیاس مشاهداتی می توان اقدام به استخراج ساختاری نظامدار از درون نوسانات تصادفی نموده که در مقیاس های مکانی مختلف تکرارپذیر است. بدین ترتیب ماهیت سلسله مراتبی بودن تغییرات و نوسانات مکانی یک متغیر ناحیه ای را می توان با بکارگیری مفهوم فراکتال، که بیان کننده نسبتی بودن تغییرات است، بصورت کمی توصیف کرد. در سال ۱۹۶۷ ریاضیدان انگلیسی بنام مندلبروت پرسش قدیمی را طرح نمود که مدتها پاسخ مناسبی برای آن یافت نمی شد. این پرسش ظاهراً ساده عبارت بود از اینکه طول ساحل کشور انگلستان چقدر است؟ او با تغییر مقیاس اندازه گیری نشان داد که طول ساحل نیز تغییر می کند. بطوریکه با کوچکتر شدن طول واحد اندازه گیری، طول ساحل اندازه گیری شده بزرگتر می نمود. بدین ترتیب با توجه به نامحدود بودن مقیاس اندازه گیری، در نهایت طول ساحل نامحدود جلوه گر خواهد شد. چنین نظریه ای منجر به تحولی فراگیر در درک تصویری که تاکنون از بعد وجود داشت گردیده و علمی بنام هندسه فراکتال پایه گذاری شد. هندسه فراکتال عبارت از هندسه پدیده ها و سیستم های ناهموار با مرز ناصاف و شکل ناقلیدسی است. یکی از ویژگی های اساسی فراکتال ها، که پایه و اساس تجزیه و تحلیل های فراکتالی است، خود تشابهی آماری بوده که بیانگر تشابه ظاهری در یک و با تمامی جهات و مقیاس ها است. به دیگر سخن، خودتشابهی آماری بیان کننده حالتی است که الگوی تغییرات مورد نظر در یک مقیاس معین در دیگر مقیاسها نیز تکرار می شود. بمنظور توصیف خودتشابهی و تعیین ویژگیهای آن در یک پدیده فیزیکی و یا شیمیایی، از پارامتری بنام بعد فراکتالی (D) اسفاده می شود. اگرچه اشکال معمول هندسی دارای عدد بعد صحیح و غیراعشاری هستند، مانند بعد ۱ برای خط و یا عدد بعد ۲ برای مربع، لیکن اشکال فراکتالی دارای ابعاد ناصحیح می باشند. از آنجایی مقدار عددی D انعکاسی از نوسانات کوتاه دامنه و بلند دامنه در فضای مورد مطالعه است. لذا مقادیر بزرگتر D نشانگر اهمیت و غالب بودن تغییرات کوتاه دامنه و بالعکس می باشد

هدف از مقاله حاضر آشنایی با نظریه فراکتال و کاربردهای آن در توصیف الگوی تغییرات مکانی و مکانی پارامترهای مختلف از طریق دو مطالعه موردی می باشد.

نتایج و بحث

مطالعه موردی ۱: توصیف فراکتالی تغییرات مکانی تعدادی از خصوصیات شیمیایی خاک تحت تاثیر مدیریت های مختلف مرتع بمنظور مطالعه اثرات قرق درازمدت بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک مانند مواد آلی، ازت کل و مطالعه ای در منطقه سبزکوه استان چهارمحال بختیاری از طریق نمونه برداری خطی خاک سطحی در دو ناحیه قرق و چرای مفرط انجام و ساختار مکانی پارامترهای مختلف از طریق محاسبه تابع تغییرنا و سپس محاسبه ابعاد فراکتالی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوی تغییرات مکانی متغیرهای خاک کاملاً وابسته به تاریخچه مدیریت مرتع می باشد. تغییرنا های محاسبه شده در منطقه چرای مفرط دارای ساختاری خطی و فاقد واریانس آستانه با توجه به مقیاس مطالعاتی بوده است. از سوی دیگر الگوی تغییرات مکانی خصوصیات شیمیایی خاک در ناحیه قرق از ساختاری قوی و دارای واریانس آستانه مشخص تبعیت می کند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل فراکتالی نشان می دهد که خصوصیات خاک دارای خصیصه های فراکتالی بوده بدین ترتیب که آزمون تغییرات مکانی آنها با افزایش مقیاس مطالعاتی اطلاعات با جزئیات بیشتری را آشکار می سازد. بعد

فراکتالی محاسبه شده در جدول ۱ شاخص مناسبی جهت بیان حضور و اهمیت مقیاس های بطن در بطن تغییرات مکانی متغیرهای مورد مطالعه در طول خط نمونه برداری می باشد.

جدول ۱- ابعاد فراکتالی محاسبه شده برای خصوصیات مختلف شیمیایی خاک در دو مکان مطالعه شده

بعد فراکتالی (D)	مدیریت (مکان مورد مطالعه)	خصوصیات شیمیایی خاک
۱/۱۸۶۶	چرای مفرط	ازت کل
۱/۱۸۶۲	فرق	
۱/۹۳۰	چرای مفرط	فسفر قابل دسترس
۱/۷۳۰	فرق	
۱/۸۱۲	چرای مفرط	پتاسیم قابل دسترس
۱/۶۲۷	فرق	
۱/۴۹۳	چرای مفرط	کربن آلی
۱/۷۸۵	فرق	

مطالعه موردی ۲: تجزیه و تحلیل فراکتالی تغییرات زمانی میزان تولید پنج محصول استراتژیک کشور بمنظور مطالعه و بررسی تغییرات زمانی میزان تولید پنج محصول استراتژیک کشور در طی دوره طولانی مدت ۳۸ ساله از نظریه فراکتال استفاده شد. بدین منظور ابتدا تغییرنا های محصولات مختلف با در نظر گرفتن فواصل زمانی مختلف محاسبه گردید. سپس با ترسیم لگاریتم نیم واریانس بعنوان تابعی از لگاریتم فواصل زمانی بهترین خط برازش و شیب خط جهت محاسبه بعد فراکتالی بعنوان شاخص الگوی تغییرات زمانی میزان تولید محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب که کوچکتر بودن بعد فراکتالی (نزدیکتر به عدد یک) نشانگر اهمیت و غالب بودن تغییرات زمانی بلند دامنه بوده و از سوی دیگر هر چقدر بعد فراکتالی به عدد ۲ نزدیکتر باشد بیانگر غلبه و اهمیت تغییرات زمانی و نوسانات کوتاه دامنه در میزان تولید محصولات مختلف خواهد بود.

مقایسه میزان تولید پنج محصول استراتژیک کشور در خلال سالهای ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۸ نشان داد که میزان تولید گندم در طی دوره ۳۸ ساله مزبور بطور متوسط حدود سه برابر افزایش یافته است. این افزایش تولید برای جو، شلتوک، چغندر قند و پنبه پرتیب عبارت از ۲/۱۵، ۵/۹، ۶/۸ و ۱/۲ برابر است. حداقل افزایش تولید مربوط به پنبه بوده که احتمالاً متاثر از آلوده شدن بسیاری از اراضی تحت کشت پنبه به آفت کرم غوزه و همچنین عدم سیاست های حمایتی مناسب از کشت پنبه در کشور می باشد. از سوی دیگر حداکثر افزایش تولید مربوط به محصول چغندر قند بوده که میتواند نشان دهنده سرمایه گذاری های مناسب در این بخش از طریق احداث صنایع تبدیلی و جانبی و همچنین استفاده از ژرم پلاسما های نوین باشد. بمنظور مطالعه و مقایسه الگوی تغییرات زمانی میزان تولید محصولات مختلف در طی پریود ۳۸ ساله اقدام به محاسبه بعد فراکتالی بعنوان شاخص نوع تغییرات زمانی (کوتاه دامنه یا بلند دامنه) برای محصولات مورد مطالعه شد. نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

از سوی دیگر همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می شود پنبه و سپس چغندر قند در مقایسه با محصولات دیگر دارای حداکثر تغییرات زمانی کوتاه دامنه می باشند. این امر حاکی از وجود ریسک های مختلف تولید بوده که گریبانگیر چنین محصولاتی است. علاوه بر آن در رابطه با کشت و کار چغندر قند بنظر می رسد وجود رقابت با محصولی همچون نیشکر و عدم ثبات سیاست های بهینه تخصیص منابع در عرصه رقابتی فوق الذکر باعث تشدید نوسانات تولید چغندر قند در کشور شده است. در رابطه با محصول پنبه وجود ریسک های طبیعی و محیطی می تواند عامل اصلی نوسانات و تغییرات شدید سالیانه تولید محصول قلمداد شود.

جدول ۲- شیب خط برگشت برازش داده شده به لگاریتم سمی واریانس در مقابل لگاریتم فواصل زمانی (سال) و بعد فراکتالی میزان تولید محصولات مختلف

محصول	شیب	بعد فراکتالی (D)
گندم	۱/۳۶	۱/۳۲
جو	۱/۴۳	۱/۲۹
شلتوک	۱/۲۳	۱/۳۹
چغندر قند	۰/۷۷	۱/۶۳
پنبه	۰/۶۹	۱/۷۰

بطور خلاصه نتایج نشان می دهد که اگرچه بطور متوسط میزان تولید محصولات عمده و استراتژیک در طی دوره زمانی مورد مطالعه افزایش یافته است لیکن تجزیه و تحلیل فراکتالی حاکی از الگوی مختلف تغییرات زمانی میزان تولید محصولات مورد مطالعه می باشد. چنین اطلاعاتی می تواند محققان را در یافتن دلایل وجود الگوهای مختلف تغییرات و نوسانات زمانی و ارائه راهکارهای مناسب یاری دهد. بایستی خاطر نشان کرد که علاوه بر اطلاع داشتن از تغییرات زمانی میزان تولید محصول، تجزیه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی میزان تولید محصول در سطح کشور نیز ضروری و حائز اهمیت می باشد.

منابع مورد استفاده

- 1- Burrough, P.A. 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil: 1. The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *J. Soil Sci.* 34:577-597.
- 2- Eghbal, B. and J.F. Power. 1995. Fractal description of temporal yield variability of 10 crops in the United States. *Agron. J.* 87: 152-156.
- 3- Mandelbrot, B.B. 1982. *The fractal geometry of nature.* W.H. Freeman, San Francisco.
- 4- West, C.P., A.P. Mallarino, W. P. Wedin and D.B. Marx. 1989. Spatial variability of soil chemical properties in grazed pastures. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 35: 784-789.