کارآیی فازی ممدانی در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از بعد فرکتال

یاسر استواری [۱]، مرتضی بهمنی [۱]، کامران عسگری [۱] و میثم شیخی [۲]
۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد ،۲-دانشجوی کارشناسی علوم خاکدانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

چکیده
براورد خصوصیات دیریافت خاک با استفاده از خصوصیات زودیافت خاک موجب صرف جویی در هزینه و زمان می‌گردد. در این پژوهش به ارزیابی روش فازی ممدانی در برآورد CEC خاک‌های UNSODAبا استفاده از خوصیات زودیافت پرداخته میگردد. در این مقاله از اطلاعات ۱۰۰ نمونه خاک UNSODA استفاده گردید. جهت ایجاد توابع عضویت فازی از بعد فرکتال و ماده‌آلی به عنوان متغیرهای ورودی استفاده گردید. نتایج نشان داد که ماده آلی و بعد فرکتال اجزای بافت خاک متغیرهای مناسب ورودی خوبی در روش فازی ممدانی هستند. بر اساس خطوط ۱ به ۱ روش فازی ممدانی کارآیی مناسبی در براورد CEC از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: خصوصیات دیریافت، بعد فرکتال، فازی ممدانی، UNSODA

مقدمه
ظرفیت تبادلی کاتیونی (CEC) از مهترین خصوصیات خاک در ارتباط با توانایی خاک در نگهداری آب و مواد غذایی و همچنین شاخص خوبی برای کیفیت و بهرهوری و مدیریت آلودگی خاک است که به عنوان ورودی در مدل‌های خاک و زیست محیطی مورد استفاده می‌باشد (استواری و همکاران ، ۱۳۹۴؛ و کشاورزی و همکاران، ۲۰۱۱). اندازه‌گیری CEC بسیار وقت‌گیر، زمان بر و پر هزینه است، لذا برآورد آن با استفاده از خصوصیات زودیافت و به کمک توابع انتقالی و روش‌های داده کاوی از اهمیت بسزایی برخوردار است (استواری و بیگی، ۱۳۹۲؛ استواری و همکاران، ۲۰۱۵). منطق فازی از روش‌های مرسوم داده کاوی در توسعه توابع انتقالی است (استواری و همکاران،۲۰۱۴). استفاده از داده‌های اجزای بافت خاک در برآورد خصوصیات دیریافت خاک بسیار مورد توجه قرار گرفته است (بیگی و استواری ، ۱۳۹۱). از جمله خصوصیات مربوط به اجزای بافت خاک که در برآورد خصوصیات دیر یافت استفاده می گردد بعد فرکتال اجزای بافت خاک است (استواری و بیگی، ۱۳۹۲).
روش فازی مبتی بر قوانین فازی و توابع عضویت فازی است. در این روش بر خلاف روش اقلیدسی که مبتنی بر صفر و ۱ می باشد ، مقادیر بین صفر و ۱ را در نظر خواهد گرفت (استواری و همکاران، ۲۰۱۵). کشاورزی و همکاران (۲۰۱۱) به مدلسازی برآورد CEC با استفاده از روش‌های فازی و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. در هر دو روش فازی و شبکه عصبی مصنوعی از خصوصیات زودیافت خاک (درصد رس و ماده آلی) به عنوان متغیر ورودی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان دادکه روش فازی کارآیی بالاتری نسبت به روش شبکه عصبی در برآورد CEC داشت. استواری و همکاران (۲۰۱۵) به مقایسه روش‌های فازی ممدانی و رگرسیون درختی در برآورد FC پرداختند. پارامترهای DG ،BD و CLAY به عنوان متغیرهای ورودی در هر دو روش انتخاب شد. نتایج آنها نشان داد که روش رگرسیون درختی نسبت به روش فازی ممدانی در برآورد FC از کارایی بالاتری برخوردار بود. استواری و همکاران (۲۰۱۵) با ارزیابی روش فازی ممدانی و روش ویلکوکس در تعیین کیفیت آب زیرزمینی دشت مرودشت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش فازی ممدانی در تعیین کلاس‌های آب بخوص در حاشیه مرزهای کلاس‌ها کارآییبالاتری دارد. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های UNSODA به ارزیابی روش فازی ممدانی در برآورد CEC پرداخته می‌شود.

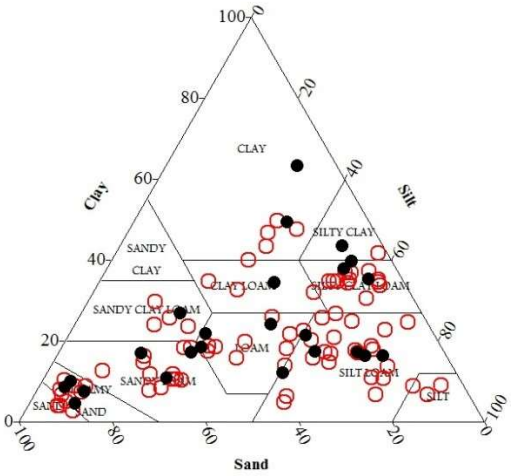
مواد و روش‌ها
در این مطالعهاز دادههای ۱۰۰ نمونه خاک بانک اطلاعاتی UNSODA استفاده شد. داده‌ها به دو دسته ۷۵ تایی (مجموعه صحت سنجی) و ۲۵ تایی (اعتبار سنجی) تقسیم شدند. مجموعه داده‌های صحت سنجی برای ایجاد توابع عضویت فازی مورد استفاده قرارگرفت. از مجموعه داده‌های اعتبار سنجی برای سنجش اعتبار منطق فازی استفاده شد. داده‌های دسته دوم طوری انتخاب شدند که دارای توزیع بافتی یکسانی با دادههای دستهی اول باشند.
در این پژوهش جهت محاسبه بعد فرکتال از رابطه‌ی ارائه شده توسط سپاسخواه و تفته (۲۰۱۳) استفاده گردید:

$$D = 3 - 0.118\left[-Ln\left(\frac{P_{cl}}{100}\right)+\left(\frac{P_{si}+P_{sa}}{100}\right)\right] \quad (۱)$$

که در این معادلات Psi، Psa و Pcl به ترتیب درصدشن، سیلت و رس هستند. جهت بررسی کارآیی روش فازی ممدانی از خطوط ۱ به ۱ (مقادیر اندازه گیری شده در برابر برآورد شده) استفاده گردید. در این پژوهش جهت ایجاد توابع عضویت فازی از نرم افزار مطلب (MathWorks. ۲۰۰۹) استفاده گردید.

نتایج و بحث

شکل ۱ توزیع بافت خاک‌های به کار رفته شده را نشان می‌دهد. گروه‌های خاک استفاده شده در ۱۱ کلاس از ۱۲ بافت کلاس USDA قرار دارند (شکل ۱). خلاصه آماری بافت، میانگین هندسی قطر ذرات (dg)، بعد فرکتال (D)، ماده‌آلی، چگالی ظاهری و CEC نمونه‌های خاک در جدول ۱ آمده است.



شکل ۲- توزیع بافت نمونه‌های مورد استفاده خاك. دایره‌های توخالی داده‌های صحت‌سنجی و دایره‌های توپر داده‌های اعتبارسنجی

جدول ۱- خلاصه آماری CEC و برخی از خصوصیات دیگر خاک در داده‌های صحت‌سنجی (A) و اعتبار سنجی (B) خاک UNSODA

ویژگی	واحد	میانگین		میانه		کمینه		بیشینه		انحراف معیار	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
D	-	۷۱۳/۲	۷۲۴/۲	۷۱۰/۲	۷۰۵/۲	۵۱۶/۲	۵۲۴/۲	۸۵۸/۲	۹۰۱/۲	۰۸۲/۰	۰۹۲/۰
OM	%	[a]۷۰/۰	[a]۸۱/۰	۷۵/۰	۷۸/۰	۰۸/۰	۰۸/۰	۷۰/۷	۵۰/۷	۵/۱	۱/۲
CEC	meq/۱۰۰g	[a]۵/۱۶	[a]۴/۲۰	۶/۱۶	۳/۲۳	۷/۰	۷/۰	۳/۴۰	۶/۳۷	۴/۹	۹/۹

میانگین ماده‌آلی و CEC در دو مجموعه داده‌های صحت و اعتبار سنجی تفاوت معنیداری باهم ندارند (p>۰۵/۰). مقدار میانگین و میانه متغیرها نزدیک به هم بوده حاکی از نرمال بودن توزیع داده‌ها است (جدول ۱).

توابع عضویت فازی

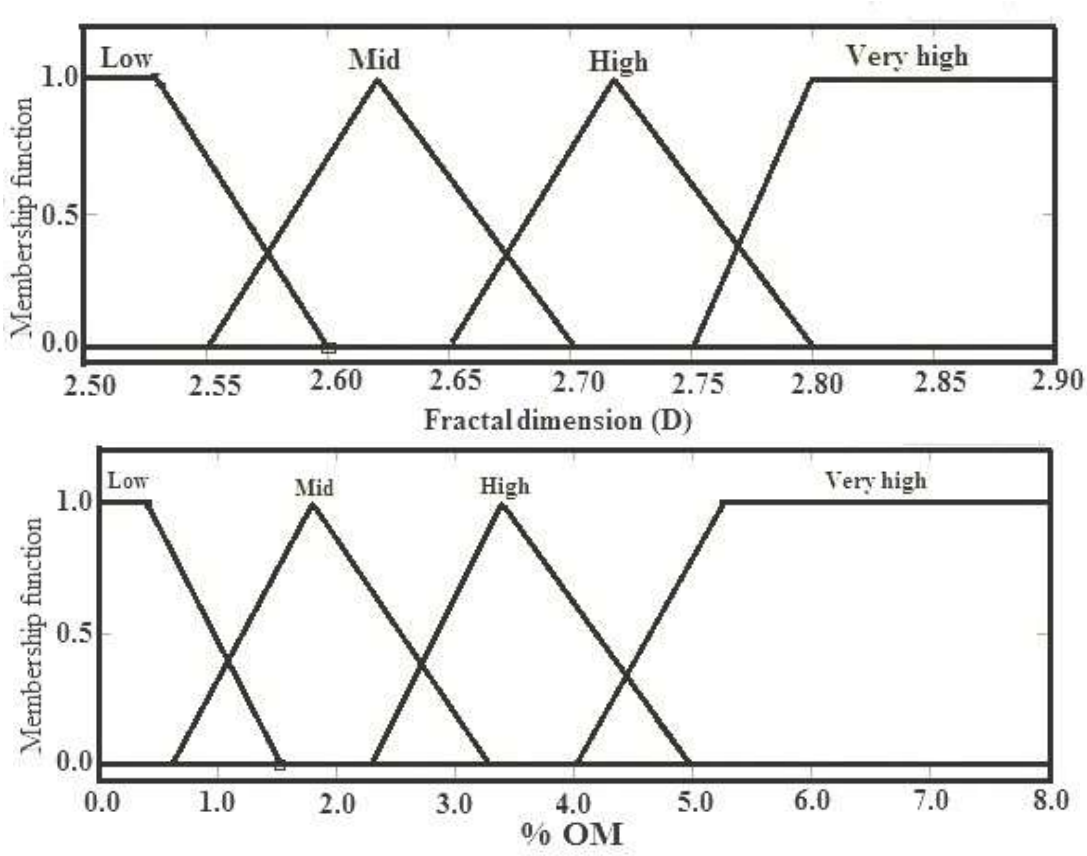
جهت برآورد CEC با استفاده از منطق فازی، اولین قدم ایجاد توابع عضویت فازی است. با توجه به همبستگی بالای درصد ماده‌آلی (r =۶۸/۰) و بعد فرکتال (r = -۵۲/۰) با CEC نسبت به دیگر متغیرهای مستقل، لذا از این دو متغیر در برآورد CEC با استفاده از روش فازی ممدانی استفاده شد. بعلاوه در صورت استفاده از متغیرهای ورودی دیگر که اهمیت کمتری نسبت به درصد ماده آلی و بعد فرکتال دارند، تعداد قوانین فازی افزایش یافته که در نتیجه استفاده از روش فازی ممدانی با مشکل همراه خواهد شد. کشاورزی و همکاران (۲۰۱۱) از ماده آلی و درصد رس به عنوان متغیرهای ورودی منطق فازی در براورد CEC استفاده کردند.

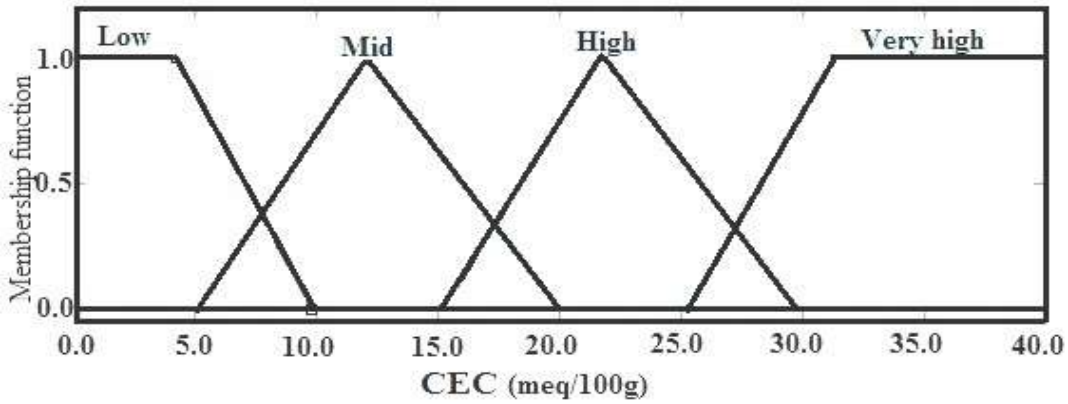
شکل ۲ توابع عضویت متغیرهای ورودی (فازی ماده آلی و بعد فرکتال) و متغیر خروجی (CEC) را نشان می‌دهد. تابع عضویت بعد فرکتال (D) در ۴ کلاس کم (۶۰/۲-۵۰/۲)، متوسط (۷۰/۲- ۵۵/۲)، زیاد (۸۰/۲- ۶۵/۲) و خیلی زیاد (۹۰/۲- ۷۵/۲)کلاس‌بندی شد. تابع عضویت ماده آلی به ۴ کلاس کم (۵/۱ -۰ %)، متوسط (۵/۳-۵/۰ %)، زیاد (۰/۵-۵/۲ %) و خیلی

زیاد (۰/۸ % - ۰/۴) کلاس بندی شد. تابع عضویت متغیر خروجی (CEC) نیز به ۴ کلاس کم (۱۰-۰)، متوسط (۲۰-۵)، زیاد (۳۰-۱۵) و خیلی زیاد (۴۰-۲۵) کلاس بندی شد (شکل ۲).

قوانین فازی

در این مطالعه ۱۶ قانون بر اساس دو متغیر ورودی ماده‌آلی (۴ کلاس) و بعد فرکتال (۴ کلاس) برای پیش‌بینی CEC نوشته شد. جدول ۳ تعدادی از قوانین را نشان می‌دهد (به دلیل کمبود فضا از آوردن همه قوانین خودداری می‌گردد). شکل ۳ نمودار ۱ به ۱ مقادیر اندازه گیری شده در برابر برآورد شده CEC را نشان می‌دهد.

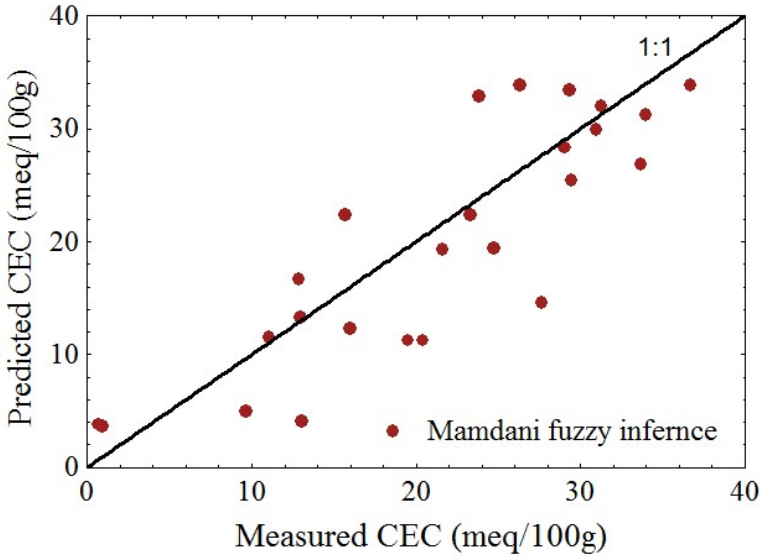




شکل ۲- توابع عضویت متغیرهای ورودی (ماده‌آلی و بعد فرکتال) و متغیر خروجی (CEC)

جدول ۲- برخی از قوانین فازی برآورد CEC با استفاده از بعد فراکتال و ماده آلی

.Num	Description	Result
۱	If D=Low and %OM=Low	Then CEC= Low
۲	If D= Medium and %OM=Very high	Then CEC= High
۳	If D= High and % OM= Very High	Then CEC= Very high



شکل ۳- نمودار ۱ به ۱ مقادیر اندازه گیری شده در برابر برآورد شده CEC

چنانچه از شکل ۳ مشخص است روش فازی ممدانی در برآورد CEC از کارآیی مطلوبی برخوردار است زیراکه نقاط به صورت مناسب و قابل قبولی حول خط ۱ به ۱ پراکنده شده‌اند.

نتیجه گیری

در این مقاله باتوجه به اهمیت CEC به عنوان پارامتر شیمیایی مهم در خاک سعی شد به بررسی کارآیی روش فازی ممدانی در برآورد این پارامتر پرداخته شود. نتایج نشان داد که ماده‌آلی و بعد فرکتال اجزای بافت خاک در برآورد به عنوان متغیرهای مناسبی خواهند بود. بعد فرکتال به دلیل دربرداشتن تأثیر اجزای بافت خاک (رس، شن و سیلت) توانایی زیادی را به عنوان متغیر ورودی در روش فازی دارد. بر اساس خطوط ۱ به ۱ ، روش فازی ممدانی در برآورد CEC از کارآیی بالایی برخوردار است.

منابع

استواری، ی. و بیگی، ح . ۱۳۹۲. پیشنهادتوابعانتقالیتخمینرطوبتخاکبراساسبعدفرکتالبافتخاك. نشریه آب و خاک مشهد. ۲۷ (۳): ۶۳۰-۶۴۱.

استواری، ی. عسگری، ک. و متقیان، ح ر. ۱۳۹۴. ارزیابی روش‌های رگرسیون درختی و خطی چندگانه در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی. نشریه آب و خاک مشهد. پذیرش نهایی و در نوبت چاپ.

بیگی، ح. و استواری، ی. ۱۳۹۱. ارزیابی و مقایسه دو مدل گری GM(۱,۱) و اسکگز در برآورد توزیع اندازه ذرات خاک‌هایدشت شهرکرد. نشریه آب و خاک مشهد. ۲۶ (۶): ۱۳۱۸-۱۳۲۸.

Keshavarzi A., Sarmadian F., and Labbafi R. ۲۰۱۱. Modeling of Soil Cation Exchange Capacity Based on Fuzzy TableLook-up Scheme and Artificial Neural Network Approach. Modern Applied Science. ۵(۱):۱۵۳-۱۶۵.

MathWorks. ۲۰۰۹. MATLAB۱ ۷.۰; Packaged software for technical computing, Release ۱۴.Natick (MA): The Math Works.

Ostovari Y,.Asgari K. and Cornelis W. ۲۰۱۵. Performance evaluation of pedotransfer functions to predict field capacity and permanent wilting point using UNSODA and HYPRES datasets. Arid land research and management. Accepted and waiting for publication.

Ostovari Y,.Beigi-Harchegani H. and Asgari K. ۲۰۱۵. A fuzzy logic approach for assessment and mapping of groundwater irrigation quality: a case study of Marvdasht aquifer, Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. ۶۱ (۵): ۷۱۱-۷۲۳.

Ostovari Y., Asgari K., Cornelis W. and Beigi-Harchegani H. ۲۰۱۵. Simple methods for estimating field capacity using Mamdani inference system and regression tree. Archives of Agronomy and Soil Science. ۶۱ (۶): ۸۵۱-۸۶۴.

Sepaskhah A.R., and Tafteh A.۲۰۱۳. Pedotransfer function for estimation of soil-specific surface area using soil fractal dimension of improved particle-size distribution. Archives of Agronomy and Soil Science ۵۹(۱): ۹۳-۱۰۳.

Abstract

Estimating of unavailable soil properties using soil easily properties can save time and cost. In this study,Mamdani fuzzy inference system is evaluated using UNSODA date set for estimating of CEC using soil easily properties. In this article, ۱۰۰ UNSODA soil samples were used. OM and fractal dimension as inputs parameters were used to create the fuzzy membership function. Results showed that fractal dimension and OM were good input parameters in, Mamdani fuzzy inference system. Based on ۱:۱ linear, Mamdani fuzzy inference system had good performance to predict CEC.