Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 13
No. 3 (51)

Received:
2023-08-15

Accepted:
2023-1-20

Pages: 59-72

Identification and Validation of Soil Security Assessment Indicators

Nasrin jalilian[1], Karim Naderi Mahdei[2]*, Yaser Mohammadi[3], Mohsen Nael[4]

1) Ph. D Candidate in agricultural development, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2) Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran .Email:
3) Assistant professor, Department of Agricultural Extension and Education, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
4) Assistant professor, Department of Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

* Corresponding author email: knadery@yahoo.com

Abstract:

Background and Objectives: The recently introduced concept of soil security stems from deep scientific concern about global soil degradation and its impact on sustainable development. Although land degradation is a physical process, its main drivers are rooted in the socio-economic and political environment. Soil security by integrating five dimensions, including soil condition and capabilities, soil biophysical aspects, as well as capital, covers the relationship and legislation of socio-economic and political factors affecting soil. Therefore, the aim of this study is to identify and validate soil security indicators with fuzzy Delphi technique.

Methods: The current research is applied in terms of its purpose and it is qualitative research in terms of the type of research. Also, the current research is a descriptive (non-laboratory) type of researches that was conducted with a survey method. The information needed for this research was mainly obtained through survey and library methods, and in this regard, secondary data such as scientific and gray documents and several reports of government documents that describe the studied area were used. The information required for this research has been collected according to the objectives determined by the questionnaire. In total, 30 experts in relevant departments and institutions were used to complete the study.

Results: The results of the study showed that from soil capability aspect soil erosion rate index and in terms of soil organic carbon index have the most validity in measuring soil security. In relation to soil security, the index of cultural values has a high priority to measure soil security. Also, in this dimension, indicators of active soil science graduates, soil management skills and access to statistics and information were removed. In terms of soil capital, the index of total production is a highly reliable index for measuring soil security. In this dimension, three indicators of wet or dry agricultural land, trading value of land and benefit from irrigation water were removed. In the dimension of soil security legislation, the index of soil protection projects is mentioned as the most valid indicator for measuring soil security.

Conclusion: This study is the first attempt to collect indicators of five dimensions of soil security to evaluate soil security in Iran. Identification of soil security assessment indicators has led to obtaining a list of important indicators approved by the country's soil experts, which can be made available to other researchers in the future to assess the soil security situation in different parts of the country. According to the study process, a total of 38 indicators were identified and validated for each dimension of soil security. Finally, eight indicators were removed from this total in the study process.

Keywords: soil security, Land evaluation, fuzzy Delphi, soil management

10.30495/WSRCJ.2023.73924.11387

مقاله پژوهشی

شناسایی و اعتبارسنجی شاخص‌های ارزیابی امنیت خاک[1]

نسرین جلیلیان[1]، کریم نادری مهدیی[2*]، یاسر محمدی[3] و محسن نائل[4]

۱) دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، دانشگاه بو علی سینا، همدان، ایران.
۲) استاد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه بو علی سینا، همدان، ایران.
۳) استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه بو علی سینا، همدان، ایران.
۴) استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه بو علی سینا، همدان، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: knadery@yahoo.com

چکیده:

سابقه و هدف: مفهوم امنیت خاک که اخیراً معرفی‌شده است ناشی از نگرانی عمیق علمی در مورد تخریب جهانی خاک و تأثیر آن بر توسعه پایدار است. اگرچه تخریب زمین یک فرآیند فیزیکی است، اما محرک‌های اصلی آن ریشه در محیط اجتماعی- اقتصادی و سیاسی دارد. امنیت خاک با ادغام پنج بعد از جمله وضعیت و قابلیت خاک، جنبه‌های بیوفیزیکی خاک و همچنین سرمایه، ارتباط و قانون‌گذاری عوامل فیزیکی و فنی خاک همچنین مسائل اجتماعی- اقتصادی و سیاسی مؤثر بر خاک را پوشش می‌دهد. بنابراین هدف این مطالعه شناسایی و اعتبارسنجی شاخص‌های ارزیابی امنیت خاک با تکنیک دلفی فازی می‌باشد.

روش پژوهش: پژوهش حاضر از لحاظ هدف آن کاربردی است و از نظر نوع تحقیق، جز تحقیقات کیفی قرار دارد. همچنین تحقیق حاضر از نوع تحقیقات توصیفی (غیر آزمایشگاهی) می‌باشد که با شیوه پیمایشی انجام‌شده است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق عمدتاً به شیوه پیمایش و کتابخانه به‌دست‌آمده است و در این راستا عمدتاً از داده‌های ثانویه نظیر اسناد علمی و خاکستری و چندین گزارش از اسناد دولتی که منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کند، استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق بنا به اهداف تعیین‌شده توسط پرسشنامه گردآوری شده است. درمجموع برای تکمیل مطالعه ازنظر سی نفر خبره در ادارات و مؤسسات ذی‌ربط استفاده شده است.

نتایج و بحث: نتایج مطالعه نشان داد که در بعد قابلیت خاک شاخص میزان فرسایش خاک و در بعد وضعیت شاخص کربن آلی خاک بیشترین اعتبار را در سنجش امنیت خاک دارا هستند. در بعد ارتباط امنیت خاک شاخص ارزش‌های فرهنگی دارای اولویت بالا برای سنجش امنیت خاک مطرح شده است. همچنین در این بعد شاخص‌های فارغ‌التحصیلان رشته خاک‌شناسی فعال مهارت مدیریت خاک و دسترسی به آمار و اطلاعات حذف شدند. در بعد سرمایه خاک شاخص میزان تولید کل به عنوان شاخص دارای اعتبار بالا برای سنجش امنیت خاک می‌باشد. در این بعد سه شاخص آبی یا دیم بودن زمین زراعی، ارزش معاملاتی زمین و بهره‌مندی از آب آبیاری حذف شدند. در بعد قانون‌گذاری امنیت خاک شاخص پروژه‌های حفاظت از خاک به عنوان شاخصی با دارای بیشترین اعتبار برای سنجش امنیت خاک عنوان شده است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه اولین تلاش برای جمع‌آوری شاخص‌های پنج بعد امنیت خاک برای ارزیابی امنیت خاک در ایران است. شناسایی شاخص‌های ارزیابی امنیت خاک منجر به دست‌یابی به لیستی از شاخص‌های مهم و مورد تأیید متخصصین حوزه خاک کشور شده که می‌تواند در آینده در دسترس سایر محققان برای ارزیابی وضعیت امنیت خاک در نقاط مختلف کشور قرار گیرد. با توجه به روند مطالعه در مجموع برای هر یک از ابعاد امنیت خاک سی و هشت شاخص شناسایی و اعتبار بخشی شد. در نهایت از این مجموع هشت شاخص در روند مطالعه به طور کلی حذف شد.

کلید واژه‌ها: امنیت خاک، ارزیابی زمین، دلفی فازی، مدیریت خاک

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال سیزدهم
شماره ۳ (۵۱)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۶/۲۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۹/۲۴

صفحات: ۷۲-۵۹

[1] برگرفته از رساله دکتری

10.30495/WSRCJ.2023.73924.11387

مقدمه

جهان اکنون با یک بحران مدرن خاک مواجه است که بحران‌های گذشته را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد (Lal., 2021). تقاضا برای کالاها و خدمات توسط جمعیت رو به رشد جهان، سیستم اقتصادی- اجتماعی و سیاسی فعلی فشار انسانی بر خاک را افزایش داده و سرعت تغییر خاک را تسریع می‌کند (Berthe., 2019). با در نظر گرفتن پیش‌بینی‌های آتی رشد جمعیت و مصرف، کشورهای ثروتمند باید ردپای کشاورزی خود را تثبیت یا حتی کاهش دهند تا پتانسیل بهره‌وری اولیه موجود را با کشورهای فقیر به اشتراک بگذارند، تخریب زمین و ضایعات مواد غذایی کاهش یابد (Tilman et al., 2011). بنابراین باید تمرکز بر بهینه‌سازی تمام تصمیمات برنامه‌ریزی کاربری زمین باشد تا بتوان از تخریب جدید خاک اجتناب کرد (حفاظت) و خطر تخریب بیشتر را کاهش داد (مدیریت پایدار زمین) (Cavi et al., 2018). اما شیوه‌های حفاظت و مدیریت زمین، خاک را در وضعیت ناامنی قرار می‌دهد که منجر به پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت برای توسعه پایدار می‌شود. درنهایت ممکن است این شیوه‌ها منجر به تخریب خاک به حدی شود که هرگز به حالت و عملکرد اولیه خود بازنگردد (Koch et al., 2015). از دست دادن دائمی خاک توسعه پایدار را در بسیاری از اقتصادهای محلی محدود می‌کند (Pimentel et al., 2004) و می‌توانند منجر به تخریب زمین، ایجاد فقر، مهاجرت و درگیری شود. این امر به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، جایی که افزایش جمعیت فشار زیادی بر منابع خاک وارد می‌کند و سازمان اجتماعی در برابر تغییرات محیطی آسیب‌پذیرتر است، بسیار مهم است (Gomiero., 2016). زیرا سیستم‌های تولید غذای جهانی تقریباً به‌طور کامل به خاک متکی هستند (Dominati et al., 2010). بنابراین می‌توان گفت خاک رابط مرکزی است و وجود آن در پردازش انرژی، مواد غذایی و تنوع زیستی برای تأمین منابع حیاتی ضروری است (Banwart et al., 2019). بااین‌حال، فعل‌وانفعالات خاک با سایر اجزای سیستم زمین اغلب دست‌کم گرفته می‌شود (Bockheim and Gennadiyev., 2010)، به‌طوری‌که اثرات نامطلوب فرسایش خاک و تخریب خاک برای مدت طولانی شناخته شده و به‌خوبی مستند شده است اما این فرآیندها هنوز با سرعت هشداردهنده‌ای پیش می‌روند (Bouma., 2015). بنابراین نیاز شدیدی به تغییر پارادایم جهت تمرکز بر استراتژی‌های مبتنی بر خاک برای افزایش تولید غذا از یک طرف و احیای منابع طبیعی و بهبود محیط‌زیست برای پرداختن به مسائل جهانی قرن بیست و یکم از طرف دیگر وجود دارد (McBratney et al., 2019). مفهوم امنیت خاک که اخیراً معرفی‌شده است ناشی از نگرانی عمیق علمی در مورد تخریب جهانی خاک و تأثیر آن بر توسعه پایدار است (Koch et al., 2015)، که با دید گسترده‌تر و یکپارچه‌تری از منابع خاک معرفی می‌شود و دیدگاه‌های جدیدی را ارائه می‌دهد که برای حفاظت از خاک، دستیابی به توسعه پایدار و بهره‌وری بلندمدت کشاورزی ضروری است ((McBratney and Field. (2015)؛ McBratney et al. (2014)؛ Bouma et al. (2012)). همان‌طور که مردم کمبود منابع را درک می‌کنند، رقابت و استفاده از منابع موجود احتمالاً تشدید می‌شود. از این نظر، نیاز به امنیت خاک را می‌توان شبیه به چرخاندن یک پیچ در نظر گرفت. درک کمبود، استفاده شدید از رقابت را تقویت می‌کند که به‌نوبه خود باعث تسریع یا تشدید تخریب، کمبود، نابرابری، بی‌عدالتی و درنهایت تضادها می‌شود. برای مثال، الزامات توسعه اقتصادی و شهرنشینی، فشار زیادی را بر خاک‌های موجود برای کشاورزی و جنگل وارد می‌کند (Yawson et al., 2016). بنابراین تأمین امنیت خاک برای اطمینان از امنیت مواد غذایی و معیشت در مواجهه با تغییرات جهانی محیط‌زیست و اجتماعی ضروری است (Lal., 2009).

مفهوم امنیت خاک به‌جای یک رویکرد نظارتی حفاظت خاک از طریق قانون، چارچوبی برای توانمندسازی فراهم می‌کند که در آن کاربر نهایی مالک زمین، جامعه و دولت از اجرای محتاطانه آن سود می‌برند. با توجه به پیچیدگی‌های مدیریت زمین و گستردگی ذینفعان تحت تأثیر تصمیم‌های مدیریت زمین، نسل‌های فعلی و آینده به‌شدت به یک رویکرد توانمندسازی نیاز دارند (Bennett et al., 2019). برای پیشبرد این گفتمان و توانمندسازی درزمینه‌ی امنیت خاک، مجموعه‌ای از ابعاد موردنیاز است تا چارچوبی فراهم کند که ایده‌ها، گفتمان ها و کنش‌های هماهنگ و منسجم بتوانند حول آن بچرخند (Yawson et al., 2016). ابعاد امنیت خاک به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی خاک مفهوم‌سازی شده است که متشکل از ادغام پنج بعد است: این ابعاد شامل بعد قابلیت[1] و بعد وضعیت[2]، بعد سرمایه[3]، ارتباط[4] و قانون‌گذاری[5] می‌باشد (McBratney et al., 2014). پنج بعد امنیت خاک که ملاحظات بیوشیمی- فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاستی را پوشش می‌دهد شامل:

قابلیت بر عملکرد تأکید دارد و مبنایی را برای تعیین کمیت منابع در فضا و زمان فراهم می‌کند که می‌تواند برای نقشه-برداری، مدل‌سازی، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی استفاده شود (Field and Sanderson., 2017). در درجه اول، قابلیت مربوط به ویژگی‌های خاک است که در دوره‌های زمانی طولانی-تر تغییر می‌کنند و اغلب به‌راحتی یا ازنظر اقتصادی قابل مدیریت نیستند (McBratney et al., 2012). شاخص‌های بعد قابلیت خاک به‌عنوان ویژگی‌های بیوفیزیک شامل فرسایش خاک ((Bouma. (2002)؛ Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al.

(2017))، زهکشی خاک ((McBratney et al. (2014)؛ Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017))؛ بافت خاک (Field and Sanderson. (2017))؛ ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ((Arrouays et al. (2019))؛ Bünemann et al. (2018))، درصد سنگریزه خاک (Field and Sanderson. (2017))؛ عمق مؤثر منطقه ریشه (Field and Sanderson. (2017))؛ ظرفیت آب موجود (AWC) ((Arrouays et al. (2019))؛ McBratney et al. (2014))؛ Bünemann et al. (2018)؛ Yang et al، ۲۰۱۸؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017)) و هدایت الکتریکی خاک (EC) ((Bouma. (2002))؛ Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017)) می‌باشد.

وضعیت خاک مربوط به وضعیت فعلی خاک است و به تغییر قابلیت نسبت به حالت مرجع اشاره دارد. مفهوم وضعیت خاک در دهه ۱۹۹۰ تقویت شد و در زبان عامیانه فعلی، وضعیت خاک به عنوان سلامت خاک شناخته می‌شود (Karlen et al., 1997). وضعیت خاک با تغییر مدیریت تغییر خواهد کرد، اما برخلاف قابلیت، این تغییرات در محدوده زمانی انسانی رخ می‌دهد (Tugel et al., 2005). همانند کیفیت و سلامت خاک، وضعیت خاک را می‌توان با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های سریع، متغیر و اغلب قابل مدیریت ارزیابی کرد که با عملکرد خاک مرتبط است (Nortcliff., 2002). شاخص‌های بعد وضعیت خاک به عنوان شاخص‌های بیو فیزیکی خاک شامل pH خاک ((Arrouays et al. (2019)؛ Govaerts et al. (2016)؛ Koch et al. (2013)؛ Field and Sanderson. (2017) ؛ Dominati et al. (2019)؛ Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022) ؛ Ma et al. (2017))، کربن آلی خاک ((Bouma. (2002)؛ Arrouays et al. (2019)؛ McBratney et al. (2014)؛ Koch et al. (2013)؛ Field and Sanderson. (2017))، درصد نیتروژن کل ((Govaerts et al. (2016)؛ Bünemann et al. (2018)؛ Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017)) ، درصد پتاسیم کل (Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017)) درصد فسفر کل (Yang et al. (2018)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)؛ Ma et al. (2017)) تنفس میکروبی خاک ((Govaerts et al. (2016)؛ Field and Sanderson. (2017))، آلودگی خاک (Koch et al. (2013)؛ Field and Sanderson. (2017)) می‌باشد.

دو بعد وضعیت و قابلیت که به‌طور سنتی توسط دانشمندان خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد، ، نسبت به سه بعد باقی مانده بیشتر مورد توجه بوده است (Bagnall et al., 2018). تاکنون، تأکید عمده در تحقیقات خاک و در بسیاری از رشته‌های زیست‌محیطی بر جنبه‌های فنی خاک بوده است که در دو بعد اول تجسم یافته است (Pozza and Field., 2021). از جمله این تحقیقات می‌توان به چارچوبی برای ارزیابی وضعیت و قابلیت خاک (Dobarco et al., 2021)، بررسی پتانسیل‌های عملکردی خاک‌ها (Bennett et alet al., 2017)، کاربرد مفهوم امنیت خاک برای قابلیت خاک و مدیریت پایدار زمین (Murphy and Fogarty., 2019) و بررسی ابعاد قابلیت و وضعیت خاک (McBratney et al., 2019) اشاره کرد.

ارتباط، بعد اجتماعی را توصیف می‌کند، اینکه چگونه مردم نه‌فقط در جامعه علوم خاک، بلکه در سطح جهانی، منابع حیاتی را می‌بینند و ارزش قائل می‌شوند (McBratney et al., 2019). ارتباط یک بعد اجتماعی است که به ارتباط تک‌تک مدیران زمین، کشاورزان و ارتباط گسترده‌تر خاک با جامعه و جامعه با خاک اشاره دارد و هدف آن ارتقای دانش و آگاهی خاک از طریق ارتباط و آموزش است (Moscatelli et al., 2018). علی‌رغم اهمیت این بعد، ارتباط یکی از ابعاد امنیت خاک است که کمتر مورد بررسی قرارگرفته است و در تعریف ارتباط، ارزیابی آن و درک آنچه مردم را به آن اهمیت می‌دهد، به کاوش بیشتری نیاز است (McBratney et al., 2014). شاخص‌های بعد ارتباط امنیت خاک شامل دانش علمی خاک ((Singh et al. (2019)؛ Hermann. (2006)؛ Moscatelli et al. (2018)؛ McBratney et al. (2014))، نگرش به اهمیت خاک ((Moscatelli et al. (2018))، مالکیت زمین (Fraser. (2004)؛ Bugri. (2008)؛ Katz. (2000)؛ Brevik et al. (2022))، آموزش‌های مرتبط با خاکشناسی (Hermann. (2006)؛ McBratney et al. (2014, 2017))، دسترسی به منابع مناسب تولید ((Singh et al. (2019)؛ McBratney et al. (2014))، مهارت مدیریت خاک ((Bennett et al. (2019))، دسترسی به فناوری مناسب ((Bennett et al. (2019)؛ Salvia et al. (2018))، تعامل کشاورز با محققین (Salvia et al. (2018))، دسترسی به آمار و اطلاعات (Arrouays et al. (2019))، فارغ‌التحصیلان رشته خاکشناسی فعال در عرصه کشاورزی ((Moscatelli et al. 2022))، پلتفرم‌ها و شبکه‌های اجتماعی ((Brevik et al. (2022)) و ارزش‌های فرهنگی ((Hermann. (2006)؛ (Kahan. (2010)) می‌باشد.

خاک در بازارها به عنوان یک ماده خام در نظر گرفته شده است. بعد سرمایه امنیت خاک به دنبال ارزش‌گذاری خاک بر اساس این درک است که چیزهایی که ارزش‌گذاری نمی‌شوند، حفظ نمی‌شوند (Robinson et al., 2009). بعد سرمایه امنیت خاک بر ارزش‌گذاری خدماتی که خاک به مردم ارائه می‌دهد و انتقال آن ارزش به تصمیم‌گیرندگان متمرکز است (Bagnall et

al., 2018). بعد سرمایه بر چارچوب اقتصادی خاک تأکید می‌کند، اشاره به خاک به عنوان یک دارایی یا یک سهام به معنای درک اجتماعی از مالکیت و دارایی است؛ بنابراین، بعد سرمایه، پیوندهای روشنی با استعاره امنیتی مالکیت و نیاز به محافظت ازآنچه در مالکیت است، دارد (McBratney et al., 2014). شاخص‌های بعد سرمایه خاک به عنوان یک پارامتر اقتصادی شامل ذخیره کربن آلی خاک ((Yang et al. (2018؛ Ma et al. (2017)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022))، میزان تولید کل ((Bagnall et al. (2018؛ Yang et al. (2018))؛ Ma et al. (2017)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022))، ارزش معاملاتی زمین (McBratney et al. (2014)؛ Costanza et al. (1997))، میزان بارندگی دیم ((Yang et al. (2018)؛ Ma et al. (2017)؛ Widyatmanti Umarhad. (2022)) و بهره‌مندی از آب آبیاری ((Yang et al. (2018)؛ Ma et al. (2017)؛ Widyatmanti and Umarhadi. (2022)) می‌باشد.

بعد قانون‌گذاری به سیاست‌ها، مقررات و ترتیبات حاکمیتی در هر دو بخش عمومی و خصوصی اشاره دارد که امنیت خاک را ممکن می‌سازد (Morgan et al., 2015). قانون‌گذاری به تمام ابتکارات و سیاست‌هایی مربوط می‌شود که مدیریت دقیق زمین و حفاظت صحیح از خاک را تشکیل می‌دهند (McBratney et al., 2014). قانون‌گذاری نیاز به سیاست و مقررات دولتی برای اطمینان از ایجاد و حفظ کیفیت محیطی را تأیید می‌کند، چنین سیاست‌هایی همیشه مدیریت خاک را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bouma., 2020). قانون-گذاری نیاز و نقش سیاست و مقررات دولتی در حصول اطمینان از مراقبت از خاک را تائید می‌کند (McBratney et al., 2017). شاخص‌های بعد قانون‌گذاری امنیت خاک شامل مشارکت ذینفعان (McBratney et al., 2017)، سیاست حفاظت از خاک (Montanarella et al., 2016)، مقررات حفاظت از خاک (Montanarella et al., 2016)، برقراری مشوق-های حفاظت از خاک (Bennett et al., 2019) و برقراری جریمه-های تخریب خاک (Bennett et al., 2019) می‌باشد.

برای استفاده مؤثر از مفهوم امنیت خاک باید کمّی کردن هر یک از ابعاد امنیت خاک در مزرعه، حوضه، منطقه، کشور و مقیاس جهانی مورد توجه قرار گیرد. این روش نشان می‌دهد که کدام جنبه از امنیت خاک بیشتر مورد تهدید است و مسیری برای توسعه فعالیت‌های عملی و پایدار ارائه می‌دهد ((McBratney et al. (2019)؛Mugandani et al. (2021)). بنابراین شناسایی شاخص‌های قابل دسترس، مرتبط و معنی‌دار از مراحل اصلی در فرآیند ارزیابی است (Abdullah Zadeh et al., 2015). در تحقیقات علمی تأکید بر انتخاب شاخص‌هایی است که مناسب و مطلوب باشند. یک شاخص مطلوب دارای ویژگی‌های مشخص بودن، قابلیت اندازه‌گیری، قابلیت کاربرد، حساسیت، قابلیت دسترسی آسان به داده‌های مورد نیاز و اثربخشی هزینه است (Karami et al., 2018). شاخص‌ها راهنمای مهمی برای سیاست‌گذاری هستند و می‌توانند وضعیت موجود اجتماعی و فیزیکی را به واحدهای اطلاعاتی قابل‌اندازه‌گیری تبدیل کنند و تصمیم‌گیری را برای مدیران آسان نمایند (Karami et al., 2018). طراحی یک مجموعه‌ی مناسب از شاخص‌ها، مسئله‌ای پیچیده است چراکه شاخص‌ها در نهایت باید تصویری از میزان امنیت خاک را ارائه کنند. از طرفی با توجه به اینکه مطالعات در خصوص امنیت خاک در ایران به‌صورت کاملاً محدود و صرفاً در حد مطالعات مروری صورت گرفت است، لزوم اجرای تحقیقی در این راستا سر آغازی برای سایر مطالعات کاربردی می‌باشد، بنابراین هدف از این مطالعه شناسایی و اعتباربخشی به شاخص‌های امنیت خاک می‌باشد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر ازلحاظ هدف کاربردی است و ازنظر نوع تحقیق، جز تحقیقات کیفی قرار دارد. همچنین تحقیق حاضر از نوع تحقیقات توصیفی (غیر آزمایشگاهی) می‌باشد که با شیوه پیمایشی انجام‌شده است و به دلیل اینکه در یک محدوده زمانی معین به انجام می‌رسد، پیمایشی تک مقطعی به‌حساب می‌آید. در این تحقیق بنا به اقتضای هدف تعیین‌شده از تکنیک دلفی فازی بهره برده شد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق عمدتاً به شیوه پیمایش و کتابخانه به‌دست‌آمده است و در این راستا عمدتاً از داده‌های ثانویه نظیر اسناد علمی و خاکستری و چندین گزارش از اسناد دولتی نظیر مطالعات خاکشناسی نیمه تفضیلی، ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای محصولات عمده زراعی، پایان‌نامه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی علمی در بازه زمانی ده سال اخیر که منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کند، استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق بنا به اهداف تعیین‌شده توسط پرسشنامه و بر اساس اینکه آیا شاخص‌های تدوین‌شده اعتبار لازم برای سنجش امنیت خاک را دارند، گرداوری شده است.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه تحقیق در این مطالعه متخصصان، کارشناسان، مسئولین آگاه در زمینه خاکشناسی بودند. به‌منظور شناسایی کارشناسان و متخصصان مشارکت‌کننده نیز سعی شد که با توجه به جامع بودن موضوع و بین‌رشته‌ای بودن آن تا حد ممکن از تمام ظرفیت‌های افراد کارآمد بهره گرفته شود. برخی ویژگی‌های اصلی برای انتخاب خبرگان به این شرح است: با

مسئله مورد بحث درگیر باشند، اطلاعات لازم را داشته باشند، دارای انگیزه برای شرکت در فرایند دلفی باشند و احساس کنند که اطلاعات حاصل از یک توافق گروهی برای خود آن‌ها نیز ارزشمند خواهد بود (Rezai et al. (2018)؛ Asgharpor et al. (2018)). در این تکنیک تعـداد پانلیست‌ها به‌صورت هدفمند انتخاب می‌شوند و معمولاً کمتر از ۵۰ نفـر و اکثـراً ۱۵ تـا ۲۰ نفـر بوده است امـا در گروه‌های همگن معمولاً ۱۵-۱۰ نفر کافی است (Goodarzi *et al.*, 2017). برای تحقق هدف مطالعه در مجموع نظر سی خبره از ارگان‌های سازمان جهاد کشاورزی استان همدان و کرمانشاه، دانشگاه بوعلی سینا و دانشگاه رازی و مرکز تحقیقات آب و خاک استان همدان در قالب پرسش‌نامه جمع‌آوری شد.

شیوه گرداوری و تحلیل داده‌ها

مراحل اجرای روش دلفی فازی در واقع ترکیبی از اجرای روش دلفی و انجام تحلیل‌ها بر روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است (Shokohi and Afraza.(2014)؛ Rezai et al. (2018)). پس از تشکیل گروه تحقیق، خبرگان در خصوص مسئله توجیه شدند. شاخص‌ها در قالب حداقل مقدار، ممکن‌ترین مقدار و حداکثر مقدار (اعداد فازی مثلثی) در پرسش‌نامه فازی ارائه شد، سپس میانگین نظر پانلیست‌ها (اعداد ارائه‌شده) و میزان اختلاف‌نظر هر فرد خبره از میانگین محاسبه شد. آنگاه این اطلاعات برای اخذ نظریات جدید به خبرگان ارسال شد. در مرحله بعد، هر خبره بر اساس اطلاعات به دست‌آمده از مرحله قبل نظر جدیدی را ارائه داد یا نظر قبلی خود را اصلاح نمود. این فرایند تا زمانی ادامه داشت که میانگین اعداد فازی به‌اندازه کافی باثبات شوند. امتیازدهی به شاخص‌ها، از طریق متغیرهای کلامی صورت گرفت.

به منظور فازی سازی نظرات خبرگان از اعداد فازی استفاده می‌شود. اعداد فازی، مجموعه‌های فازی هستند که در مواجهه با عدم قطعیت در مورد یک پدیده به همراه داده‌های عددی تعریف می‌شوند. در این مطالعه از عدد فازی مثلثی استفاده شده است. عدد فازی مثلثی با سه عدد حقیقی به‌صورت m = α, m, β نمایش داده می‌شود (جدول ۱).

لازم به ذکر است اعداد فازی قطعی شده در جدول ۱، با استفاده از رابطه مینکووسکی و از رابطه (۱) محاسبه‌شده است (Arefnezahd., 2017).

$$\chi = m + \frac{\beta - \alpha}{4} \qquad (۱)$$

میانگین فازی محاسبه‌شده در مطالعه بر اساس فرمول ۲ محاسبه‌شده است.

رابطه ۲:

$$A_i = (a_1^{(i)}, (a_2^{(i)}, a_3^{(t)}), i = 1,2,3, \dots, n$$

$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3) = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^{(i)}\right)$$

در این رابطه Ai نشان‌دهنده خبره i ام و A ave نشان‌دهنده میانگین دیدگاه خبرگان است. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، تعداد پاسخ‌های داده شده به هر راهبرد شمارش و تحلیل شد و پس از مشخص شدن تعداد پاسخ‌های داده‌شده و محاسبه میانگین فازی مثلثی برای راهبردها از فرمول مینکوفسکی برای محاسبه اعداد فازی قطعی شده، استفاده شد. گفتنی است، اگر میانگین فازی زدایی راهبردها کمتر از ۰/۲۵ باشد از لیست پرسش‌نامه دور دوم حذف خواهد شد.

نتایج و بحث

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، با استفاده از رابطه ۲ میانگین فازی مثلثی، مقدار فازی زدایی هر یک از شاخص‌های ابعاد امنیت خاک در دو مرحله به دست آمد. میانگین قطعی به‌دست‌آمده نشان‌دهنده شدت موافقت خبرگان با هر یک از شاخص‌های شناسایی‌شده است. پس از انجام مرحله اول نظرسنجی، راهبردهایی که نتیجه میانگین فازی زدایی آن‌ها از ۰/۲۵ کمتر شده، حذف گردیده، در ادامه بعد از اتمام نظرسنجی در گام اول، لازم است تا مرحله دوم نیز انجام شود تا مشخص شود که آیا لازم است مجدداً مرحله بعدی صورت گیرد و یا نظرسنجی باید متوقف گردد. درصورتی‌که در مرحله دوم نظرسنجی متوقف گردد نتایج هر دو مرحله باهم مقایسه و نتیجه مشخص شود.

جدول ۱. اعداد فازی و اعداد فازی مثلثی شده

متغیرهای کلامی (اهمیت شاخص‌های بیان‌شده)	عدد فازی مثلثی	عدد فازی قطعی شده
ضرورت خیلی کم	(۰-۰-۰/۲۵)	۰/۰۶۲
ضرورت کم	(۰ -۰/۲۵ -۰/۵)	۰/۰۶۲
متوسط	(۰/۲۵ -۰/۵ -۰/۷۵)	۰/۳۱۲
ضرورت زیاد	(۰/۵ -۰/۷۵ -۱)	۰/۵۶۲
ضرورت خیلی زیاد	(۰/۷۵ -۱-۱)	۰/۷۵

جدول۲. فازی زدایی مرحله اول و دوم بعد قابلیت خاک

شاخص	بتا راند اول	میانگین راند اول	آلفا راند اول	فازی زدایی راند اول
	بتا راند دوم	میانگین راند دوم	آلفا راند دوم	فازی زدایی راند دوم
میزان فرسایش خاک	۰/۷۹۷	۰/۷۰۹	۰/۵۰۶	۰/۵۲۸
	۰/۹۷۵	۰/۸۵۶	۰/۵۵۶	۱/۰۹۳
هدایت الکتریکی	۰/۷۹۰	۰/۶۸۹	۰/۴۸۶	۰/۵۱۱
	۰/۹۵۶	۰/۸۰۸	۰/۵۵۸	۰/۹۰۶
بافت خاک	۰/۷۹۳	۰/۶۵۵	۰/۴۵۲	۰/۴۷۹
	۰/۹۱۶	۰/۷۹۱	۰/۵۴۱	۰/۸۸۵
ظرفیت تبادل کاتیونی	۰/۷۷۷	۰/۶۴۱	۰/۴۳۹	۰/۴۷۲
	۰/۹۵۸	۰/۸۷۸	۰/۵۵۶	۰/۹۱۳
زهکشی خاک	۰/۷۳۶	۰/۶۱۴	۰/۴۱۲	۰/۴۴۲
	۰/۸۵۶	۰/۶۸۳	۰/۴۴۱	۰/۷۸۵
ظرفیت آب موجود	۰/۷۲۲	۰/۵۷۴	۰/۳۷۱	۰/۴۰۸
	۰/۹۱۶	۰/۷۹۱	۰/۵۴۱	۰/۸۸۵
درصد سنگریزه خاک	۰/۳۳۷	۰/۱۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۸۴
	-	-	-	-
عمق مؤثر منطقه ریشه	۰/۳۷۱	۰/۱۶۸	۰/۰۳۳	۰/۰۸۴
	-	-	-	-

در بعد قابلیت خاک نتایج فازی زدایی راند اول نشان داد که دو مؤلفه میزان سنگی بودن و عمق مؤثر منطقه ریشه دارای مقدار کمتر از ۰/۲۵ و مورد تائید و اجماع از نظر کارشناسان واقع نگردیدند، بنابراین از لیست شاخص‌های بعد قابلیت امنیت خاک باید حذف شوند. نتایج مرحله دوم فازی زدایی نشان داد که تمام شاخص‌ها داری میانگین قطعی بالاتر از ۰/۲۵ هستند، بنابراین شاخص‌های معتبر و مناسب برای سنجش امنیت خاک می‌باشند (جدول ۲).

در ادامه فازی زدایی مرحله اول و دوم شاخص‌های بعد وضعیت، نتایج مرحله اول و دوم نشان داد که با توجه به میانگین قطعی به‌دست‌آمده تمامی شاخص‌ها دارای اعتبار و مناسب برای سنجش وضعیت خاک هستند (جدول ۳).

جدول ۳. فازی زدایی مرحله اول و دوم بعد وضعیت امنیت خاک

شاخص	بتا راند اول	میانگین راند اول	آلفا راند اول	فازی زدایی راند اول
	بتا راند دوم	میانگین راند دوم	آلفا راند دوم	فازی زدایی راند دوم
درصد نیتروژن کل	۰/۸۱۰	۰/۸۱۰	۰/۶۰۸	۰/۶۰۸
	۱	۰/۹۸۳	۰/۷۳۳	۱/۰۵
کربن آلی خاک	۰/۸۱	۰/۷۹۰	۰/۵۸۷	۰/۵۹۲
	۱	۰/۹۸۳	۰/۷۳۳	۱/۰۵
درصد فسفر کل	۰/۸۱۰	۰/۷۱۶	۰/۵۱۳	۰/۵۳۷۱
	۱	۰/۹۰۸	۰/۶۵۸	۰/۹۹۳
PH خاک	۰/۸۱۰	۰/۷۰۹	۰/۵۰۶	۰/۵۳۲
	۰/۹۹۱	۰/۸۸۳	۰/۶۳۳	۰/۹۷۲
درصد پتاسیم کل	۰/۸۱۰	۰/۷۰۲	۰/۵۰۵	۰/۵۲۷
	۰/۹۹۱	۰/۸۸۳	۰/۶۳۳	۰/۹۷۲
آلودگی خاک	۰/۷۸۳	۰/۶۸۲	۰/۴۷۹	۰/۵۰۵
	۰/۸۸۳	۰/۷۸۹	۰/۴۵۶	۰/۸۰۸
تنوع زیستی خاک	۰/۷۱۶	۰/۵۶۷	۰/۳۶۴	۰/۴۰۲
	۰/۸۰۳	۰/۵۹۱	۰/۳۵۶	۰/۷۰۶
وزن مخصوص ظاهری	۰/۷۲۹	۰/۵۶۰	۰/۳۵۸	۰/۴۰۰
	۰/۸۵۶	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	۰/۷۴۴

جدول ۴. فازی زدایی مرحله اول و دوم بعد ارتباط

شاخص	بتا راند اول	میانگین راند اول	آلفا راند اول	فازی زدایی راند اول
	بتا راند دوم	میانگین راند دوم	آلفا راند دوم	فازی زدایی راند دوم
آموزش‌های مرتبط با خاکشناسی	۰/۸۱۰	۰/۷۱۶	۰/۵۱۳	۰/۵۳۷
	۰/۹۳۳	۰/۷۵۸	۰/۵۰۸	۰/۸۶۴
تعامل کشاورز با محققین خاکشناسی	۰/۸۰۴	۰/۷۰۲	۰/۵۸۲	۰/۵۲۵
	۰/۹۱۶	۰/۷۷۵	۰/۵۲۵	۰/۸۷۲
نگرش به اهمیت خاک	۰/۷۹۷	۰/۶۹۵	۰/۴۹۳	۰/۵۱۸
	۰/۹۵۸	۰/۸۳۳	۰/۵۸۳	۰/۹۲۷
نوع مالکیت زمین	۰/۷۹۰	۰/۶۸۹	۰/۴۸۶	۰/۵۱۱
	۱	۰/۸۹۱	۰/۶۴۱	۰/۹۸۱
دانش علمی خاکشناسی	۰/۷۹۰	۰/۶۶۸	۰/۴۶۶	۰/۴۹۶
	۰/۹۰۸	۰/۷۸۵	۰/۵۰۸	۰/۸۵۸
دانش بومی خاکشناسی	۰/۷۲۹	۰/۶۲۸	۰/۴۲۵	۰/۴۵۱
	۰/۹۱۴	۰/۷۴۱	۰/۴۹۱	۰/۸۴۳
ارزش‌های فرهنگی	۰/۷۱۶۲	۰/۵۹۴۵	۰/۳۹۱۸	۰/۴۲۲۲
	۱	۰/۹۸۶	۰/۶۵۶	۰/۹۷۸
مشارکت کشاورزان	۰/۷۱۶	۰/۵۸۱	۰/۳۷۸	۰/۴۱۲
	۰/۸۳۳	۰/۶۵۶	۰/۴۸۹	۰/۷۵۸
دسترسی به منابع مناسب تولید	۰/۷۰۹	۰/۵۸۱	۰/۳۷۱	۰/۴۱۰
	۰/۶۵۸	۰/۴۱۶	۰/۲۳۳	۰/۵۲۲
دسترسی به فناوری مناسب	۰/۷۱۶	۰/۵۷۴	۰/۳۷۱	۰/۴۰۷
	۰/۶۵۸	۰/۴۱۶	۰/۲۳۳	۰/۵۲۲
دسترسی به آمار و اطلاعات	۰/۶۸۹	۰/۵۴۷	۰/۳۴۴	۰/۳۸۰
	۰/۸۱۱	۰/۶۲۵	/۳۸۳	۰/۳۸۰
وجود پلت فرم‌ها و شبکه‌های اجتماعی	۰/۶۵۵	۰/۵۲۲	۰/۲۹۷	۰/۳۳۶
	۰/۶۵۸	۰/۴۱۶	۰/۲۳۳	۰/۵۲۲
فارغ‌التحصیلان رشته خاک‌شناسی	۰/۹۳۳	۰/۷۵۸	۰/۵۰۸	۰/۳۲۹
	۰/۵۸۱	۰/۴۱۲	۰/۲۵۵	۰/۲۹۲
مهارت مدیریت خاک	۰/۹۱۶	۰/۷۷۵	۰/۵۲۵	۰/۸۹۲

در ادامه فازی زدایی مرحله اول و دوم شاخص‌های بعد ارتباط، نتایج مرحله اول و دوم نشان داد که با توجه به میانگین قطعی به‌دست‌آمده تمامی شاخص‌ها دارای اعتبار و مناسب برای سنجش ارتباط خاک هستند (جدول ۴).

فازی زدایی مرحله اول و دوم شاخص‌های بعد سرمایه، نتایج مرحله اول و دوم نشان داد که با توجه به میانگین قطعی به‌دست‌آمده تمامی شاخص‌ها دارای اعتبار و مناسب برای سنجش سرمایه خاک هستند (جدول ۵).

جدول ۵. فازی زدایی مرحله اول و دوم بعد سرمایه

شاخص	بتا راند اول	میانگین راند اول	آلفا راند اول	فازی زدایی راند اول
	بتا راند دوم	میانگین راند دوم	آلفا راند دوم	فازی زدایی راند دوم
ذخیره کربن آلی خاک	۰/۷۹۷	۰/۷۰۲	۰/۵۲۲	۰/۵۲۳
	۰/۹۶۶	۰/۸۵۴	۰/۶۸۶	۰/۹۴۱
میزان تولید کل	۰/۷۷۷	۰/۶۷۵	۰/۴۷۲	۰/۴۹۸
	۰/۶۶۶	۰/۴۱۶	۰/۲۰۸	۰/۵۳۱
بهره‌مندی از آب آبیاری	۰/۷۲۹۷	۰/۵۸۷۸	۰/۳۸۵۱	۰/۴۲۰۶
	۰/۵۵۸	۰/۳۰۸	۰/۱۱۹	۰/۴۲۲
ارزش معاملاتی زمین	۰/۷۴۳	۰/۵۷۴	۰/۳۷۱	۰/۴۱۳
	۰/۶۲۵	۰/۳۹۱	۰/۱۸۳	۰/۵۰۲
بهره‌مندی از بارندگی دیم	۰/۵۹۴	۰/۴۲۵	۰/۲۵۵	۰/۲۹۲
	۰/۹۶۶	۰/۸۰۸	۰/۵۵۸	۰/۹۱۰
آبی یا دیم بودن زمین زراعی	۰/۵۷۴	۰/۴۰۵	۰/۲۲۲	۰/۲۶۵
	۰/۹۱۶	۰/۷۴۱	۰/۹۴۱	۰/۸۴۷
موقعیت جغرافیایی زمین	۰/۹۰۸	۰/۷۵۸	۰/۵۸۶	۰/۸۵۲
	۰/۵۲۰	۰/۳۳۱	۰/۱۵۵	۰/۲۰۲

جدول ۶. فازی زدایی مرحله اول و دوم بعد قانون‌گذاری

شاخص	بتا راند اول	میانگین راند اول	آلفا راند اول	فازی زدایی راند اول
	بتا راند دوم	میانگین راند دوم	آلفا راند دوم	فازی زدایی راند دوم
سیاست حفاظت از خاک	۰/۸۱۰۸	۰/۷۱۶۲	۰/۵۱۳۵	۰/۵۳۷۱
	۰/۹۷۵	۰/۸۳۳	۰/۵۸۳	۰/۹۳۱
دستورالعمل پایش خاک	۰/۸۱۰۸	۰/۷۰۹۴	۰/۵۰۶۷	۰/۵۳۲۰
	۰/۸۵۸	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	۰/۷۴۵
مقررات حفاظت از خاک	۱	۰/۸۵۶	۰/۶۵۴	۰/۹۵۸
	۰/۵۵۸	۰/۳۰۸	۰/۱۱۹	۰/۴۲۲
پروژه‌های حفاظت از خاک	۰/۸۱۰۸	۰/۷۰۲۷	۰/۵۰۵۸	۰/۵۲۷۰
	۰/۹۳۳	۰/۷۷۵	۰/۵۲۵	۰/۸۷۷
برقراری جریمه‌های تخریب خاک	۰/۷۷۷۰	۰/۶۴۱۸	۰/۴۳۹۱	۰/۴۷۲۹
	۱	۰/۸۹۱	۰/۶۴۱	۰/۹۸۱
برقراری مشوق‌های حفاظت از خاک	۰/۷۵۸۰	۰/۶۲۱۵	۰/۴۱۸۹	۰/۴۵۱۰
	۱	۰/۹۸۶	۰/۶۵۰	۰/۹۸۷
اعمال استانداردهای کنترل تخریب	۰/۷۰۹۴	۰/۵۴۰۵	۰/۳۳۷۸	۰/۳۸۰
	۱	۰/۹۸۰	۰/۶۵۸	۰/۹۹۳

درنهایت فازی زدایی مرحله اول و دوم شاخص‌های بعد قانون‌گذاری، نتایج مرحله اول و دوم نشان داد که با توجه به میانگین قطعی به‌دست‌آمده تمامی شاخص‌ها دارای اعتبار و مناسب برای سنجش قانون‌گذاری خاک هستند (جدول ۶).

پس‌ازاینکه نظرسنجی هر دو مرحله انجام شد و شاخص‌های ابعاد پنج‌گانه امنیت خاک مورد تائید کارشناسان قرار گرفت، لازم است که اختلاف بین میانگین فازی زدایی شده در دو مرحله برای شاخص‌های هر بعد مورد تحلیل قرار گیرد. در اینجا برای محاسبه اختلاف میانگین از اعداد گرد شده استفاده‌شد. بررسی اختلاف میانگین فازی زدایی شده شاخص‌های ابعاد امنیت خاک در مرحله اول و دوم در انتهای این فرایند تحلیل و نتایج میانگین فازی زدایی دو مرحله نیز قابل‌مشاهده هست. نتایج این قسمت نشان داد که شش شاخص باید در فرایند کلی حذف گردد که با رنگ قرمز نشان داده‌شده است (جدول ۷). این شاخص‌ها شامل فارغ‌التحصیلان رشته خاک‌شناسی فعال در فعالیت‌های کشاورزی، مهارت مدیریت خاک و دسترسی به آمار و اطلاعات در بعد ارتباط؛ همچنین سه شاخص آبی یا دیم بودن زمین زراعی، ارزش معاملاتی زمین و بهره‌مندی از آب آبیاری در بعد سرمایه امنیت خاک بود.

جدول ۷. اختلاف میانگین فازی زدایی شاخص‌های پنج بعد امنیت خاک

	شاخص	فازی زدایی دور اول	فازی زدایی دور دوم	اختلاف میانگین فازی زدایی
بعد قابلیت امنیت خاک	میزان فرسایش خاک	۰/۵۲۸	۱/۰۹	۰/۵۶۵
	ظرفیت تبادل کاتیونی	۰/۵۱۱	۰/۹۰۴	۰/۳۸۱
	هدایت الکتریکی	۰/۴۷۹	۰/۹۰۶	۰/۴۲۶
	ظرفیت آب موجود	۰/۴۷۲	۰/۸۸۵	۰/۴۱۲
	بافت خاک	۰/۴۴۲	۰/۸۸۵	۰/۴۴۲
	زهکشی خاک	۰/۴۰۸	۰/۷۸۵	۰/۳۷۶
بعد وضعیت امنیت خاک	درصد نیتروژن کل	۰/۶۰۸	۱/۰۵	۰/۴۴۱
	کربن آلی خاک	۰/۵۹۲	۱/۰۵	۰/۵۱۲
	درصد فسفر کل	۰/۵۳۲	۰/۹۹۳	۰/۴۶۱
	درصد پتاسیم کل	۰/۵۲۷	۰/۹۷۲	۰/۴۴۵
	PH خاک	۰/۵۰۵	۰/۹۷۲	۰/۴۶۷
	آلودگی خاک	۰/۴۰۰۳	۰/۸۰۸	۰/۴۰۸
	وزن مخصوص ظاهری	۰/۴۰۲	۰/۷۴۳	۰/۳۴۱
	تنوع زیستی	۰/۳۳۴	۰/۷۰۶	۰/۳۷۱

بعد ارتباط امنیت خاک	نوع مالکیت زمین	۰/۵۳۷	۰/۷۸۵	۰/۲۴۸
	دانش علمی خاکشناسی	۰/۵۲۵	۰/۸۵۸	۰/۳۳۳
	ارزش‌های فرهنگی	۰/۵۱۸	۰/۹۸۷	۰/۴۶۹
	نگرش به اهمیت خاک	۰/۵۱۱	۰/۹۷۵	۰/۴۶۳
	نگرش به اهمیت خاک	۰/۴۹۶	۰/۹۲۷	۰/۴۳۰
	آموزش‌های مرتبط با خاکشناسی	۰/۴۵۱	۰/۸۶۴	۰/۴۱۳
	تعامل کشاورز با محققین خاکشناسی	۰/۴۲۲	۰/۸۷۲	۰/۴۵۰
	فارغ‌التحصیلان رشته خاک‌شناسی فعال	۰/۴۱۰	۰/۳۲۹	-۰/۰۸
	مهارت مدیریت خاک	۰/۴۱۲	۰/۲۹۲	-۰/۱۱۹
	دانش بومی خاکشناسی	۰/۴۰۷	۰/۸۴۳	۰/۴۳۶
	مشارکت کشاورزان	۰/۳۳۶	۰/۷۵۸	۰/۴۲۲
	دسترسی به آمار و اطلاعات	۰/۳۸۰	۰/۳۸۰	۰
	وجود پلت فرم‌ها و شبکه‌های اجتماعی	۰/۳۲۹	۰/۷۰۲	۰/۳۷۲
	دسترسی به فناوری مناسب	۰/۲۹۲	۰/۶۷۹	۰/۳۸۶
بعد سرمایه امنیت خاک	ذخیره کربن آلی خاک	۰/۵۲۳	۰/۹۴۱	۰/۴۱۸
	بهره‌مندی از بارندگی دیم	۰/۴۹۸	۰/۹۱۰	۰/۴۱۲
	موقعیت جغرافیایی زمین	۰/۴۲۰	۰/۸۵۲	۰/۴۳۱
	میزان تولید کل	۰/۴۱۳	۰/۸۴۷	۰/۴۳۴
	آبی یا دیم بودن زمین زراعی	۰/۲۹۲	۰/۵۳۱	۰/۲۳۹
	ارزش معاملاتی زمین	۰/۲۶۵	۰/۵۰۲	۰/۲۳۶
	بهره‌مندی از آب آبیاری	۰/۴۲۰	۰/۴۲۲	۰/۰۰۲
بعد قانون‌گذاری امنیت خاک	اعمال استانداردهای کنترل تخریب خاک	۰/۵۳۷	۰/۹۹۳	۰/۴۵۶
	برقراری مشوق‌های حفاظت از خاک	۰/۵۳۲	۰/۹۸۷	۰/۴۵۵
	برقراری جریمه‌های تخریب خاک	۰/۵۲۷	۰/۹۸۱	۰/۴۵۴
	مقررات حفاظت از خاک	۰/۵۳۲	۰/۹۵۸	۰/۴۱۸
	سیاست حفاظت از خاک	۰/۴۷۲	۰/۹۳۱	۰/۴۵۸
	پروژه‌های حفاظت از خاک	۰/۳۸۰	۰/۸۷۷	۰/۴۹۷
	دستورالعمل پایش خاک	۰/۴۵۱	۰/۷۵۴	۰/۲۹۴

در کشاورزی، فرسایش خاک به طور گسترده به عنوان یک تهدید جدی در کاهش پتانسیل تولید زمین کشاورزی شناخته شده است که در کشور ایران و مخصوصا استان همدان مشکلات آشکاری در خصوص فرسایش خاک گزارش شده است. این شاخص در بعد قابلیت خاک با اختلاف میانگین ۰/۵۶۵ بیشترین اعتبار را در سنجش امنیت خاک دارا است، گواه تایید این شاخص مطالعات ما و همکاران، ۲۰۱۸؛ ویدیتمانتی و عمرهادی، ۲۰۲۲؛ یانگ و همکاران ۲۰۱۸ می‌باشد. ذخایر کربن آلی خاک نشان دهنده سطح بالایی از حاصلخیزی خاک است. این شاخص در بعد وضعیت خاک با اختلاف میانگین با اختلاف میانگین ۰/۵۱۲ بیشترین اعتبار را برای سنجش امنیت خاک دارا است، گواه تایید این شاخص مطالعات آریوس و همکاران، ۲۰۱۹؛ فیلد و ساندرسون، ۲۰۱۷ می‌باشد. به کمیت دراوردن بعد ارتباط امنیت خاک چالش‌برانگیز است زیرا به جنبه‌های اجتماعی خاک مانند تمایل یا آگاهی به مدیریت خاک،آموزش و آموزش مرتبط با خاک اشاره دارد. اما با توجه به سطح گسترده ادبیات تحقیق و اجماع نظر متخصصان شاخص ارزش‌های فرهنگی با اختلاف میانگین ۰/۴۶۹ به عنوان شاخص دارای اولویت بالا برای سنجش امنیت خاک مطرح شده است، گواه تایید این شاخص مطالعات هرمان، ۲۰۰۶ و کاهان، ۲۰۱۰ می‌باشد. همچنین در این بعد شاخص‌های فارغ‌التحصیلان رشته خاک‌شناسی فعال، مهارت مدیریت خاک و دسترسی به آمار و اطلاعات با اختلاف میانگین ۰/۰۸-، ۰/۱۱۹- و ۰ حذف شدند. میانگین تولید کشاورزی به عنوان نماینده‌ای برای بهره‌وری بالقوه برای ارزیابی سرمایه اقتصادی امنیت خاک به کار می‌رود. این شاخص با اختلاف میانگین ۰/۴۳۴ به عنوان شاخص دارای اعتبار بالا برای سنجش امنیت خاک در بعد سرمایه خاک می‌باشد، گواه تایید این شاخص مطالعات بنگال، ۲۰۱۸؛ یانگ، ۲۰۱۸می‌باشد. در این بعد سه شاخص آبی یا دیم بودن زمین زراعی، ارزش معاملاتی زمین و بهره‌مندی از آب آبیاری با اختلاف میانگین ۰/۲۳۹، ۰/۲۳۶، ۰/۰۰۲ حذف شدند. شاخص‌های بعد قانون‌گذاری امنیت خاک به نفع دولت برای شکل‌دهی به سیاست‌ها یا مقررات عمومی در مورد کاربری زمین است. در این بعد شاخص پروژه‌های حفاظت از خاک با اختلاف میانگین ۰/۴۹۷ به عنوان شاخصی که دارای

بیشترین اعتبار برای سنجش امنیت خاک عنوان شده است، گواه تایید این شاخص مطالعه مونترال و همکاران، ۲۰۱۸ می‌باشد.

ارزیابی امنیت خاک یک موضوع چند بعدی است که در آن امتیازدهی به شاخص‌ها باید دقیق اعمال شود. اگر شاخص‌ها به درستی امتیازدهی نشوند، شاخص نهایی امنیت خاک ممکن است اطلاعات گمراه کننده یا غیر قابل اعتمادی را ارائه دهد. علاوه بر این، امنیت خاک در مجموعه‌ای متقابل از ابعاد قابلیت، وضعیت، سرمایه، ارتباط و قانون‌گذاری وجود دارد و تعاملات بالقوه‌ای بین پنج بعد وجود دارد. برای مثال، قابلیت ارتباط نزدیکی با وضعیت خاک دارد که به عملکرد خاک مربوط می‌شوند. ارتباط به قانون-گذاری نزدیکتر است زیرا برنامه‌ریزی بهسازی زمین یک ابتکار دولتی که توسط مردم اجرا می‌شود.

بطور قطع و یقین، لزوم برنامه‌ریزی جهت حفظ و تقویت وضعیت خاک کشور در آینده، نیازمند ارزیابی دقیق از وضعیت موجود و کنونی خاک کشور است و این ارزیابی به نوبه خود مستلزم تعریف دقیق ابعاد امنیت خاک و مشخص بودن شاخص-های ارزیابی امنیت خاک است که نتایج این پژوهش کمک می‌کند تا با شناخت این ابعاد و شاخص‌ها، زمینه و بستر لازم برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر خاک مهیا شود.

ابعاد و شاخص‌های امنیت خاک بیانگر نگرش جامع به حوزه پایداری خاک است چرا که هم ابعاد مرتبط با کیفیت فنی و فیزیکی خاک را در برمیگیرد و هم حوزه‌های اجتماعی که تعامل انسان با خاک و نحوه رفتار انسان‌ها با خاک را نشان می‌دهد که بسیار نیز حیاتی است زیرا با توجه به این واقعیت که کشور ایران رتبه اول فرسایش خاک در دنیا را دارد، لذا نحوه رفتار و تعامل کشاورزان کشورمان با اراضی کشاورزی مناسب نبوده و نیازمند توجه بیشتر است. هم‌چنین جنبه های قانونگذاری نیز مورد توجه بوده است که همانند چتری کمک می کند سایر ابعاد امنیت خاک به درستی اجرا شده و پایداری خاک را تضمین نمایند.

نتیجه‌گیری

بررسی مطالعات مختلف امنیت خاک نشان می‌دهد که چندگانگی در استفاده از شاخص‌های با ماهیت متفاوت برای ارزیابی امنیت خاک وجود دارد؛ بنابراین در این مطالعه مجموعه-ای از شاخص‌های امنیت خاک را ارائه کردیم که با استفاده از یک رویکرد فرا رشته‌ای با مشارکت خبرگان توسعه‌یافته است. این نوع مجموعه شاخص‌ها می‌تواند ابزار مفیدی برای کمک به تصمیم-گیری در مورد مدیریت خاک باشد؛ زیرا مجموعه شاخص‌های به‌دست‌آمده برای امنیت خاک نشان‌دهنده چیزی است که همه خبرگان در مورد آن به عنوان مرتبط‌ترین ابزار با امنیت خاک توافق دارند. استفاده از یک شاخص تنظیم‌شده در تصمیم‌گیری، صرف‌نظر از مناسب بودن آن، هرگز تضمین نمی‌شود. ما ادعا می-کنیم که فرآیند به کار گرفته شده در این مطالعه برای توسعه شاخص‌ها و نقش ابزارهای مبتنی بر نظرسنجی و مشارکت گسترده خبرگان درگیر در فرآیند در کمک به انتخاب شاخص-های امنیت خاک به مجموعه اصلی انتخاب‌شده اعتبار می‌بخشد و علاوه بر این، احتمال پذیرش آن در آینده را افزایش می‌دهد. با توجه به اینکه گروه‌های خبره باید متغیرها و تأثیرات زیادی را بر خاک در نظر بگیرند و ممکن است اهداف تمرکز و مدیریت متفاوتی را در ذهن داشته باشند، فرآیندی مانند این می‌تواند به عنوان نقطه شروعی برای بحث بین گروه‌های خبره در سطوح مختلف مدیریت پایدار خاک باشد.

بنابراین با توجه به ادعای محقق و روند مطالعه در مجموع برای هر یک از ابعاد امنیت خاک سی و هشت شاخص شناسایی و اعتبار بخشی شد. در نهایت از این مجموع هشت شاخص در روند مطالعه به طور کلی حذف شد. از مجموع شاخص‌های باقی مانده سی شاخص به ترتیب بعد وضعیت شش شاخص با اولویت شاخص میزان فرسایش خاک، بعد قابلیت هشت شاخص با اولویت شاخص کربن آلی خاک، بعد ارتباط یازده شاخص با اولویت ارزش‌های فرهنگی مرتبط با خاک، در بعد سرمایه پنج شاخص با اولویت شاخص تولید کل و در بعد قانون‌گذاری هفت شاخص با اولویت شاخص پروژه‌های حفاظت از خاک برای ارزیابی امنیت خاک از دید متخصصان خاک مورد تایید واقع شد.

این مطالعه اولین تلاش برای جمع‌آوری شاخص‌های پنج بعد امنیت خاک برای ارزیابی امنیت خاک در ایران است. شناسایی شاخص‌های ارزیابی امنیت خاک منجر به دست‌یابی به لیستی از شاخص‌های مهم و مورد تأیید متخصصین حوزه خاک کشور شده که می‌تواند در آینده در دسترس سایر محققان برای ارزیابی وضعیت امنیت خاک در نقاط مختلف کشور قرار گیرد. هم‌چنین نتایج این طرح می‌تواند در سازمان‌های مختلف تحقیقات آب و خاک و همچنین در سازمان‌های متولی کشاورزی کشور جهت ارزیابی و برنامه‌ریزی جهت حفظ امنیت خاک مورد استفاده قرار بگیرد.

علیرغم تلاش برای واسنجی شاخص‌های امنیت خاک، ایجاد یک شاخص جهانی برای استفاده عمومی در حال حاضر به دلیل گستره وسیع خاک، شرایط و شیوه‌های مدیریتی دشوار به نظر می‌رسد. اگرچه امنیت خاک با رفاه و امنیت غذایی مرتبط است، اما شاخص‌های امنیت خاک، نسبت به سایر کاربری‌های خاک کمتر مورد مطالعه قرارگرفته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات گسترده‌تر و متمرکزتری در سطوح مختلف امنیت خاک برای ارائه تصویری جامع‌تر صورت بگیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد تا امنیت خاک در قوانین و مقررات ملی کشور به رسمیت شناخته شده و ابعاد شاخص‌های آن نیز در برنامه‌های مختلف توسعه کشور مورد تأکید قرار گیرد.

Reference:

Arrouays, D., Mulder, V. L., & Richer-de-Forges, A. C. (2021). Soil mapping, digital soil mapping and soil monitoring over large areas and the dimensions of soil security–A review. Soil Security, 100018.

Arrouays, D., Richer-de-Forges, A., McBratney, A. B., Minasny, B., Grundy, M., McKenzie, N.,& Hempel, J. (2019). Global Soil Map and the dimensions of Global Soil Security. *London, ISBN 978-1-138-09305-8.*

Arefnezahd, M. (2017). Identifying and prioritizing elements of principals competencies with an emphasis on Islamic management. Journal of School Administration, 5(1), 151-172.

Abdullahzadeh, G., Azderpour, A., & Sharifzadeh, M. (2016). Investigating the perceptions of villagers towards climate change and adaptation strategies in Zabul city. Geography and Environmental Planning, 28(4), 85-106. doi: 10.22108/gep.2018.103703.1041. (in Persian)

Asgharpour, M. (2003).Group decision making and game theory with an operations research perspective, University of Tehran, Publishing and Printing Institute. (in Persian)

Banwart, S. A., Nikolaidis, N. P., Zhu, Y. G., Peacock, C. L., & Sparks, D. L. (2019). Soil functions: connecting earth's critical zone. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 47, 333-359.

Bennett, J. M., McBratney, A., Field, D., Kidd, D., Stockmann, U., Liddicoat, C., & Grover, S. (2019). Soil security for Australia. Sustainability, 11(12), 3416.

Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., ... & Brussaard, L. (2018). Soil quality–A critical review. Soil Biology and Biochemistry, 120, 105-125.

Brevik, E. C., Hannam, J., Krzic, M., Muggler, C., & Uchida, Y. (2022). The importance of soil education to connectivity as a dimension of soil security. Soil Security, 100066.

Berthe, A.A.. (2019). Chapter 3 - drivers of soil change. Global Change and Forest Soils. Developments in Soil Science (36). Elsevier, pp. 27–42.

Bouma, J. (2015). Reaching out from the soil-box in pursuit of soil security. Soil science and plant nutrition, 61(4), 556-565.

Bouma, J., Stoorvogel, J. J., & Sonneveld, M. P. W. (2012). Land evaluation for landscape units. In Handbook of Soil Sciences: Properties and Processes, 2nd ed. (pp. Chapter-34). CRC Press/Taylor & Francis.

Bagnall, D. K., Morgan, C. L., Woodward, R. T., & McIntosh, W. A. (2018, September). Approach to valuing soil ecosystem services with linking indicators. In Global Soil Security: Towards More Science-Society Interfaces: Proceedings of the Global Soil Security 2016 Conference, December 5-6, 2016, Paris, France (p. 19). CRC Press.

Bockheim, J. G., & Gennadiyev, A. N. (2010). Soil-factorial models and earth-system science: A review. Geoderma, 159(3-4), 243-251.

Bugri, J. T. (2008). The dynamics of tenure security, agricultural production and environmental degradation in Africa: Evidence from stakeholders in north-east Ghana. Land use policy, 25(2), 271-285.

Boardman, J., Evans, R., & Ford, J. (2003). Muddy floods on the South Downs, southern England: problem and responses. Environmental Science & Policy, 6(1), 69-83.

Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C., ... & Dou, Z. (2018). Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. Nature, 555(7696), 363-366.

Costanza, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., ... & Van Den Belt, M. (1998). The value of the world# s ecosystem services and natural capital. Ecological economics, 25(1), 3-15.

Dominati, E. J., Maseyk, F. J., Mackay, A. D., & Rendel, J. M. (2019). Farming in a changing environment: Increasing biodiversity on farm for the supply of multiple ecosystem services. Science of the total environment, 662, 703-713.

Dobarco, M. R., McBratney, A., Minasny, B., & Malone, B. (2021). A framework to assess changes in soil condition and capability over large areas. Soil Security, 4, 100011.

Field, D. J., & Sanderson, T. (2017). Distinguishing between capability and condition. In Global soil security (pp. 45-52). Springer, Cham.

Fayaz, Houra, Yaghmaian, Nafiseh, Sabouri, Atefeh, & Shirin Fekar, Ahmed. (2021). Evaluation of soil fertility index using Fuzzy-AHP and parametric methods in tea gardens with different performance. Agricultural Engineering, 44(3), 275-294. doi: 10.22055/agen.2021.38284.1613. (in Persian)

Fraser, J.; McCartney, D.; Najda, H.; Mir, Z.(2004). Yield potential and forage quality of annual forage legumes in southern Alberta and northeast Saskatchewan. Can. J. Plant Sci., 84 (1): 143-155.

Goodarzi, Z., Abbasi, E., Farhadian, H (2018). Achieving consensus Deal with Methodological Issues in the Delphi technique.International Journal of Agricul

Govaerts, B., Sayre, K. D., & Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. Soil and tillage research, 87(2), 163-174.

Gomiero, T. (2016). Soil degradation, land scarcity and food security: Reviewing a complex challenge. Sustainability, 8(3), 281.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. science, 327(5967), 812-818.

Hermann, L. (2006). Soil education: a public need. Developments in Germany since the mid 1990s. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 169: 464–471

Imani Makhdoom, F., Akef, M., Yaghmaian Mahabadi, N., Shokhalabadi, M. (2013).Qualitative evaluation of land suitability for major crops in Bahar region of Hamadan province with simple and parametric constraint methods (second root). The second national congress of organic and conventional agriculture, Ardabil. (in Persian)

Kiup, E. (2017). Maximizing nutrient utilisation and soil fertility in smallholder coffee and food garden systems in Papua New Guinea by managing nutrient stocks and movement (Doctoral dissertation, James Cook University).

Krasilnikov, P., Sorokin, A., Mirzabaev, A., Makarov, O., Strokov, A., & Kiselev, S. (2017). Economics of Land Degradation to Estimate Capital Value of Soil in Eurasia. In Global Soil Security (pp. 237-246). Springer, Cham.

Karami, A., Mohamadi, Z., Rastegari, H,. & Sorkh Savadkouhi, A. (2018).[Evaluation of the sustainability of rural areas and application of the Delphi fuzzy technique and the artificial neural network: A case study of rural areas of northern Savadkouh County (Persian)]. Journal of Rural Research, 9(3),496-511, http://dx.doi.org/ 10.22059/jrur.2018.246325.1187. (in Persian)

Katz, E. G. (2000). Social capital and natural capital: a comparative analysis of land tenure and natural resource management in Guatemala. Land economics, 114-132.

Koch, A., McBratney, A., & Lal, R. (2015). Global soil week: Put soil security on the global agenda. Nature, 492(7428), 186.

Kahan, D. (2010). Fixing the communications failure. Nature, 463, 296–297.

Lal, A., Erondu, N. A., Heymann, D. L., Gitahi, G., & Yates, R. (2021). Fragmented health systems in COVID-19: rectifying the misalignment between global health security and universal health coverage. The Lancet, 397(10268), 61-6.

Lal, R. (2009). Soils and world food security.

Mugandani, R., Mwadzingeni, L., & Mafongoya, P. (2021). Contribution of conservation agriculture to soil security. Sustainability, 13(17), 9857.

McBratney, A. B., Moyce, M., Field, D. R., & Bryce, A. (2019). The concept of soil security. Global Soil Security: Towards More Science-Society Interfaces; Richer-de-Forges, AC, Carré, F., McBratney, A., Bouma, J., Arrouays, D., Eds, 11-17.

McBratney, A., & Field, D. (2015). Securing our soil. Soil Science and Plant Nutrition, 61(4), 587-591.

McBratney, A., Field, D. J., & Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. Geoderma, 213, 203-213.

McBratney, A. B., Minasny, B., Wheeler, I., Malone, B. P., & Van Der Linden, D. (2012). Frameworks for digital soil assessment. Digit. Soil Assessments Beyond, 9-14.

Moscatelli, M. C., Marinari, S., & Franco, S. (2018, September). Soil awareness in Italian high schools: A survey to understand soil knowledge and perception among students. In Global Soil Security: Towards More Science-Society Interfaces: Proceedings of the Global Soil Security 2016 Conference, December 5-6, 2016, Paris, France (p. 107). CRC Press.

Montanarella, L., Pennock, D. J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., ... & Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. Soil, 2(1), 79-82.

Murphy, B., & Fogarty, P. (2019). Application of the Soil Security Concept to Two Contrasting Soil Landscape Systems Implications for Soil Capability and Sustainable Land Management. Sustainability, 11(20), 5706.

Ma, R. J., MacEwan, A. S., & Toland, A. R. (2017). Engendering connectivity to soil through aesthetics. In Global soil security (pp. 351-363). Springer, Cham.

Pozza, L. E., & Field, D. J. (2020). The science of soil security and food security. Soil Security, 1, 100002

Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., ... & Nandagopal, S. (2004). Water resources: agricultural and environmental issues. BioScience, 54(10), 909-918.

Robinson, D. A., Hockley, N., Dominati, E., Lebron, I., Scow, K. M., Reynolds, B., ... & Tuller, M. (2016). Natural capital, ecosystem services, and soil change: Why soil science must embrace an ecosystems approach. Vadose Zone Journal, 11(1), vzj2011-0051.

Rezaei, Amir, Poursadeq, Nasser, & Zulfiqari Zafarani, Rashid. (2017). Investigating and prioritizing the dimensions of political-social behavior of managers using the fuzzy hierarchical analysis process (FAHP) technique. Social Sciences, 12(42), 203-232. (in Persian)

Singh, K., Sanderson, T., Field, D., Fidelis, C., & Yinil, D. (2019). Soil security for developing and sustaining cocoa production in Papua New Guinea. Geoderma Regional, 17, e00212.

Salvia, R., Simone, R., Salvati, L., & Quaranta, G. (2018). Soil conservation practices and stakeholder's participation in research projects—empirical evidence from southern Italy. Agriculture, 8(6), 85.

Shokohi, S., Afraza, A. (2013). Designing a nano technology and knowledge transfer model in Iran using fuzzy Delphi method. Technology Growth, 11(41), 2-13. SID. (in Persian)

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the national academy of sciences, 108(50), 20260-20264.

Widyatmanti, W., & Umarhadi, D. A. (2022). Spatial modeling of soil security in agricultural land of Central Java, Indonesia: A preliminary study on capability, condition, and capital dimensions. Soil Security, 8, 100070.

Yawson, D. O., Adu, M. O., Ason, B., Armah, F. A., & Yengoh, G. T. (2016). Putting Soil Security on the Policy Agenda: Need for a Familiar Framework. Challenges, 7(2), 15.

Yang, R. M., Minasny, B., Ma, Y. X., Field, D., McBratney, A., & Wu, C. F. (2018). A preliminary soil security assessment of agricultural land in middle-eastern China. Soil Use and Management, 34(4), 584-596.

یادداشت‌ها

[1] Capability
[2] Capacity
[3] Capital
[4] Connectivity
[5] Codification