

تخمین پایداری خاکدانه با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

کامران عزیزی^{۱*}، کمال نبی‌اللهی^۲ و مسعود داوری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، ۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

پایداری خاکدانه یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که اندازه‌گیری مستقیم آن دشوار و زمان‌بر می‌باشد. هدف از این پژوهش تخمین پایداری خاکدانه با استفاده از داده‌های زود یافت و مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. بدین منظور، در ۱۰۰ نقطه در منطقه قروه استان کردستان بافت خاک، کربن آلی، هدایت الکتریکی، pH، کربنات کلسیم، SAR و پایداری خاکدانه اندازه‌گیری شدند. پس از انجام تست آنالیز حساسیت پارامترهای کربن آلی، کربنات کلسیم و SAR به عنوان ورودی‌های مدل انتخاب شدند. داده‌ها به دو سری آموزشی (۷۰ درصد داده‌ها) و آزمون (۳۰ درصد داده‌ها) تقسیم شدند. نتایج ارزیابی مدل بر اساس شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین نشان داد که الگوریتم‌های آموزشی Momentum دارای بالاترین دقت در تخمین پایداری خاکدانه در مقایسه با الگوریتم‌های Quick prop، Levenberg Marguan، Conjugat Gradient و Delta Bar Delta می‌باشد و شبکه عصبی می‌تواند در تخمین پایداری خاکدانه به کار برده شود و نتایج مطلوبی بدست آورده شود.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه، قروه، کردستان، شبکه‌های عصبی مصنوعی

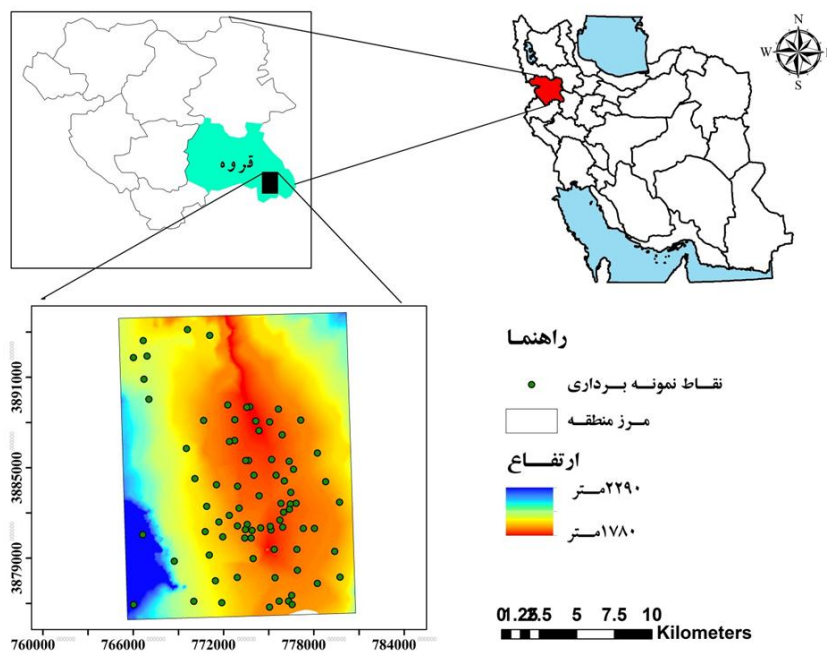
مقدمه

از اتصال ذرات اولیه کنار هم در قالب خاکدانه، ساختمان خاک ایجاد می‌شود (Duiker et al., 2003). ساختمان خاک بر بسیاری از ویژگی‌های خاک از جمله انتشار دی اکسید کربن، مقدار و چگونگی حرکت آب و املاح در خاک، انتشار عناصر غذایی و اندازه منافذ، آلودگی آب‌های زیر زمینی، گرما و تهویه اثر دارد. پایداری ساختمان خاک با پایداری خاکدانه‌های خاک همسان است. تخریب خاک به عنوان شاخص کلیدی برای ارزیابی ساختمان، کیفیت و سلامت خاک در نظر گرفته می‌شود (Herrick et al., 2001). پایداری ساختمان عبارت است از توانایی مقاومت خاکدانه‌ها در برابر نیروهای فرساینده و مخرب آن (Tongway and Hindley, 2004). برای بهبود شرایط کشت و کار باید درک درستی از فرایندهای تخریب‌کننده ساختمان خاک داشت. از عوامل موثر بر ساختمان خاک می‌توان به مواد آلی، مقدار رس، میزان سدیم، کربنات کلسیم، نوع کاتیون تبدالی و میزان اسیدیته خاک اشاره کرد (Canasveras et al., 2010). با توجه به وابستگی پایداری خاک به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توان از پارامترهای زود یافت مقدار پایداری خاک را تخمین زد. با انجام این کار محدودیت‌های روش تجربی و تئوری متداول در اندازه‌گیری پایداری خاک مرتفع گردیده، همچنین لزوم انجام آزمایشات زمان‌بر و دشوار به حداقل می‌رسد. شبکه عصبی مصنوعی یکی از روش‌های هوشمند پردازش داده‌ها می‌باشد که به دلیل شیوه تحلیل اطلاعات مشابه با مغز انسان، داشتن قدرت تعمیم، عدم نیاز به یک مدل ریاضی از پیش تعیین شده، عدم نیاز به هم راستایی و نرمال بودن داده‌ها و توانایی آموزش و یادگیری می‌تواند در تخمین پارامترهای دیر یافت خاک مورد استفاده قرار گیرد. ارتباط بین خصوصیات خاک و دیگر متغیرهای بیوفیزیکی به ندرت در طبیعت خطی می‌باشند. شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند برای غلبه بر مسائل غیرخطی مورد استفاده قرار گرفته و بین متغیرهای ورودی و خروجی ارتباط برقرار کند. شعبانی و همکاران (۱۳۹۵) به منظور تخمین پایداری خاک از طریق خصوصیات مختلف خاک در کاربری‌های متفاوت از مدل شبکه

عصبی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد نزدیک به ۹۰ درصد تغییرات شاخص پایداری در مجموعه‌ی آزمون را می‌توانت با این مدل‌ها پیش بینی کرد. نامدار خجسته و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی رطوبت حجمی خاک را تخمین زدند. نتایج بررسی این محققین نشان داد استفاده از شبکه‌های عصبی و عامل‌های زود یافت فیزیکی، می‌تواند مقدار رطوبت خاک را با دقت بالایی شبیه‌سازی کند.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه در محدوده شهرستان قروه انتخاب گردید. تعداد ۱۰۰ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری سطح خاک به روش تصادفی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن برای انجام آزمایش‌ها و حذف خورده سنگ‌ها و بقایای گیاهی از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. در شکل ۱ منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه برداری

در این پژوهش بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، هدایت الکتریکی و اسیدیته در عصاره گل اشباع به ترتیب با دستگاه‌های هدایت‌سنج و pH متر (Sparks, 1996)، کربنات کلسیم به روش حجم سنجی (Nelson, 1982)، درصد ماده آلی به روش والکلی-بلاک (Nelson and Sommer, 1986)، میزان سدیم محلول با استفاده از دستگاه فلیم-فتومتر اندازه گیری شد. کلسیم و منیزیم با استفاده از عصاره گل اشباع و به روش تیتراسیون برگشتی اندازه‌گیری شد. SAR با استفاده از نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم محلول خاک بدست آمد. برای بررسی پایداری خاکدانه از اختلاف توزیع اندازه‌ی ذرات از دو روش الک خشک و تر استفاده شد. برای اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات در حالت خشک از دستگاه شیکر الک با سری الک ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ استفاده شد. بدین ترتیب که مقدار ۵۰ گرم خاک روی بزرگ‌ترین الک ریخته و به مدت ۲ دقیقه شیک شد. در پایان وزن خاک روی هر الک یادداشت شد و بدین ترتیب توزیع اندازه ذرات در حالت خشک بدست آمد سپس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک (Hillel, 2004) از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$MWD_{Dry} = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (1)$$

در این معادله X_i میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک، i (میانگین قطر سوراخ‌های الک بالایی و پایینی)، n تعداد الک‌ها و W_i نسبت وزن خاکدانه‌های پایدار روی هر الک i به وزن کل خاک به کار برده شده است.

برای تعیین توزیع اندازه ی ذرات ثانویه در حالت تر نیز از روش تک الکی استفاده شد. در این روش خاکدانه‌های باقی مانده در روی هر الک از زیر اشباع و به مدت ۱۰ دقیقه در آب بالا و پایین برده شدند. پس از پایان الک کردن، الک‌ها به آرامی از آب خارج شده، خاکدانه‌های باقی مانده روی هر الک شسته شده سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک و وزن شدند. خاکدانه‌های باقی مانده موبوط به هر الک خرد شده و ذرات شن و سنگ ریزه آن جدا شده و جرم واقعی خاکدانه‌ها بر روی هر الک محاسبه گردید سپس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$MWD_{Wet} = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (2)$$

در معادله ذکر شده X_i میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک i (میانگین قطر سوراخ‌های الک بالایی و پایینی)، n تعداد الک‌ها و W_i نسبت وزن خاکدانه‌های پایدار روی هر الک i به وزن کل خاک به کار برده شده پس از کسر ذرات شن و سنگریزه بوده که از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$W_i = \frac{W_i - W_{i(s)}}{W_t - \sum_{i=1}^n W_{i(s)}} \quad (3)$$

که در آن W_i وزن ذرات باقی مانده در دامنه ی i ، $W_{i(s)}$ وزن ذرات شن و سنگریزه در دامنه ی i و W_t وزن آون-خشک خاک می باشد. اختلاف الک خشک با الک تر به عنوان شاخصی از پایداری خاکدانه وارد مدل شبکه عصبی شد. به منظور مقایسه عملکرد الگوریتم‌های مختلف آموزشی مدل شبکه عصبی مصنوعی از پارامتر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_0 - Z_p)^2} \quad (4)$$

که در این معادله Z_0 مقادیر پیش‌بینی شده، Z_p مقادیر اندازه گیری شده و n تعداد داده‌ها است. از نرم افزار Neural Solution 5 و مدل شبکه عصبی مصنوعی Multiple layer perceptron که پر کاربردترین شبکه در حل مسائل غیر خطی است، جهت تخمین پایداری خاکدانه استفاده شد. برای مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی از کربنات کلسیم، کربن آلی و SAR به عنوان ورودی مدل استفاده شد که مدل‌های مورد استفاده آن دارای تابع فعال‌سازی تانژانت هایپربولیک در هر سه لایه ورودی، پنهان و خروجی و تعداد لایه‌های پنهان آن از ۱ تا ۶ متغیر بود. از الگوریتم‌های Quick prop، Momentum، Levenberg Marguan، Conjugat Gradient و Delta Bar Delta برای پردازش داده‌ها استفاده شد.

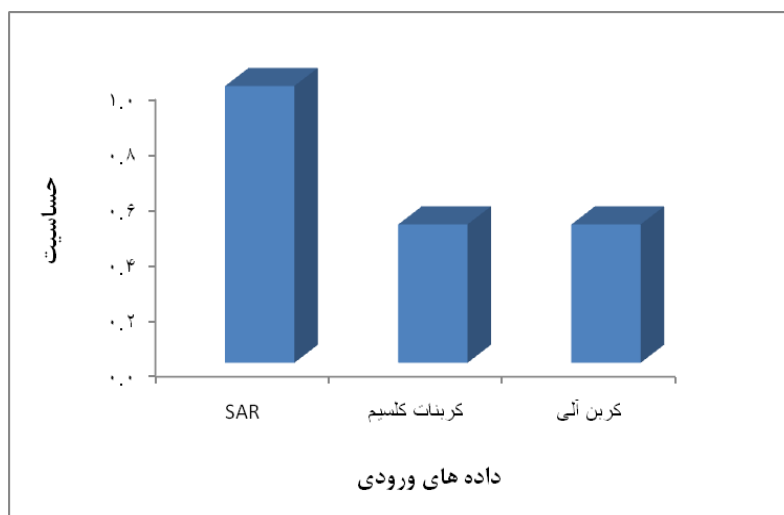
نتایج و بحث

جدول ۱ ویژگی‌های آماری خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های آماری خصوصیات خاک

انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	خصوصیات خاک
۰/۵۵	۷/۶۳	۹/۷۷	۶/۴۴	pH
۲/۲۹	۱/۴۳	۱۴/۸۳	۰/۲۳	(dS/m) EC
۱۶/۲۲	۲۴/۳۶	۶۹/۷۵	۳	درصد کربنات کلسیم
۰/۴۹	۰/۹۵	۲/۵۷	۰/۲۱	درصد کربن آلی
۲۵/۱۸	۸/۵۰	۲۰۴/۳۷	۰/۱۶	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰/۱۵	۰/۲۹	۰/۸۸	۰/۵۰	اختلاف الک خشک و الک تر

مقدار میانگین pH بیانگر قلیایی و بازی بودن خاک‌های منطقه می‌باشد. هدایت الکتریکی خاک و SAR در برخی مناطق به ترتیب بیش از ۴ (dS/m) و بیش از ۱۳ بود که نشان دهنده شور و سدیمی بودن برخی مناطق مورد مطالعه است. با توجه به میانگین درصد کربن آلی، مقدار کربن آلی در منطقه کم می‌باشد. پس از انجام آزمون اولیه آنالیز حساسیت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بر روی داده‌ها بیشترین حساسیت را پارامترهای کربن آلی، کربنات کلسیم و SAR داشتند که به عنوان پارامترهای ورودی نهایتاً وارد مدل شدند. شکل ۲ حساسیت مدل Momentum شبکه عصبی به پارامترهای ورودی را نشان می‌دهد.



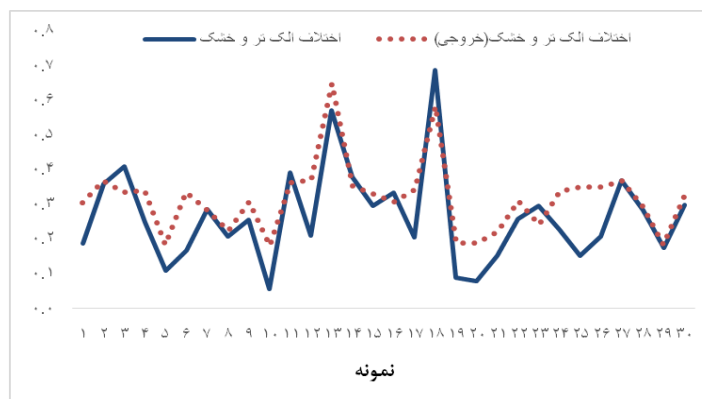
شکل (۲) حساسیت مدل Momentum شبکه عصبی به پارامترهای ورودی

مواد آلی با ایجاد یک پوشش آب گریز در اطراف خاکدانه‌ها و کاهش سرعت خیس شدن آن‌ها سبب کاهش حساسیت و تخریب ساختمان خاک در برابر آب می‌شوند (Caron et al., 1996). سدیم یک کاتیون تک ظرفیتی و پراکنش دهنده رس‌ها است. سدیم به تنهایی قادر به خنثی کردن بار منفی سطوح رس‌ها نبوده و در اثر وجود بارهای منفی نیروی دافعه بین آن‌ها افزایش و سبب پراکنش ذرات رس می‌شود (Bronick and Lal, 2005). تاجیک (۱۳۸۳) گزارش کرد که افزایش SAR از جمله عوامل مهم و موثر بر ناپایداری خاکدانه است. کربنات کلسیم منجر به ایجاد پیوند بین ذرات رس با یکدیگر یا با مواد آلی خواهند شد. با متصل شدن به مواد آلی سبب پوشش دادن مواد آلی شده و آن‌ها را در برابر عوامل تجزیه کننده محافظت کرده و این عمل پایداری خاکدانه‌ها را نیز به دنبال دارند (Bronick and Lal, 2005). پس از انتخاب ورودی مدل‌ها داده‌ها به صورت تصادفی به دو دسته آزمون (۳۰ درصد) و آموزش (۷۰ درصد) تقسیم شدند (منهاج، ۱۳۸۴، کاشی و همکاران، ۱۳۹۲). در جدول ۲ مقادیر RMSE و r بدست آمده برای الگوریتم‌ها ولایه‌های پنهان مختلف آورده شده است.

جدول ۲- مقادیر RMSE و r داده‌های ارزیابی الگوریتم‌های مختلف مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین پایداری خاکدانه

الگوریتم	Conjugat Gradi	Momentum	LevenbergMargan	Delta Bar Delta	Quick prop	تعداد لایه
	r	r	r	r	r	
۱	۰/۵۱	۰/۱۸۰	۰/۱۳۳	۰/۱۳۸	۰/۴۴	۰/۱۵۱
۲	۰/۶۶	۰/۱۴۵	۰/۱۰۲	۰/۱۶۹	۰/۶۷	۰/۱۱۰
۳	۰/۶۰	۰/۱۰۴	۰/۰۹۱	۰/۲۳۸	۰/۶۳	۰/۰۹۶
۴	۰/۶۱	۰/۱۰۱	۰/۰۹۳	۰/۲۵۲	۰/۵۴	۰/۱۱۴
۵	۰/۳۷	۰/۲۰۴	۰/۱۷۵	۰/۳۳۶	۰/۶۷	۰/۱۱۰
۶	۰/۷۰	۰/۱۲۸	۰/۱۸۸	۰/۱۲۵	۰/۶۴	۰/۱۰۱

بهترین نتیجه را الگوریتم Momentum در اپوک ۱۰۰۰ با سه لایه پنهان و چهار نرون با کمترین مجذور میانگین مربعات خطا و بیشترین مقدار $r=0.83$ داشت که داری کمترین خطا جهت تخمین پایداری خاکدانه بود. شکل ۳ نمودار روند پایداری خاکدانه پیش‌بینی شده در مقابل پایداری خاکدانه مشاهداتی نشان داده شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد با استفاده از شبکه‌های عصبی و داده‌های زود یافت فیزیکی و شیمیایی، می‌توان مقدار پایداری خاکدانه را با دقت زیادی در منطقه مورد مطالعه تخمین زد.



شکل ۳- روند پایداری خاکدانه پیش‌بینی شده

فهرست منابع

- تاجیک، ف. ۱۳۸۳. ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در برخی مناطق ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۸، شماره ۱، صفحات ۱۰۷ تا ۱۲۲.
- شعبانی، ا.، غلامعلیزاده آهنگر، ا. و گلشاهی، ص. ۱۳۹۵. تخمین پایداری خاکدانه با استفاده از خصوصیات خاک در کاربری‌های مختلف اراضی، مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۹، شماره ۲، صفحات ۱۱۸ تا ۱۳۱
- کاشی، ح.، امامقلی‌زاده، ص.، قربانی، ه.، و هاشمی، س.ع.ا. ۱۳۹۲. برآورد نفوذپذیری خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی در اراضی کشاورزی و بکر. فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۹، صفحات ۴۲ تا ۵۶.



نامدار خجسته، د. شرفا، م. و امید، م. ۱۳۹۰. برآورد رطوبت حجمی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مجله علمی پژوهشی منابع و آبخیزداری ایران، شماره ۱۴، صفحات ۵۳ تا ۶۰

منهاج، م.ب. ۱۳۸۴، مبانی شبکه های عصبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ سوم، صفحات ۲۴۵ تا ۲۴۹.

Bronick C. J. and Lal R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2): 3-22.

Caron J. Espindol C. R. and Angers D. A. 1996. Soil stability during rapid wetting: influence of land use on some aggregate properties. *Soil Science Society of America Journal*, 60(3): 901-908

Canasveras, J.C., Barron, V., Del Campillo, M.C., Torrent, J., and Gomez, J.A. 2010. Estimation of aggregate stability indices in Mediterranean soils by diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*, 158: 78-84.

Duiker S. W. Rhoton F. E. Torrent J. Smeck N. E. and Lal R. 2003. Iron (hydro) oxide crystallinity effects on soil aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 67(2): 606-611

Gee, G. W., & Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. In: A. Klute. (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 1. A. Soc. Ag. Madison, WI*, 383-411.

Herrick, J.E., W.G. Whitford, A.G. de Soyza, J.W. van Zee, K.M. Havstad, C.A. Seybold and M. Walton. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *Catena* 44: 27-35

Hillel, D. *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier, Amsterdam, 494 p. 2004

Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. In: A.L. Page R.H. Miller and R. Keeny. (ed). *Methods of soil analysis. Part 2-chemical and microbiological properties, Madison, WI*, 181-196.

Nelson, P.N., Baldock, J.A., Clarke, P., Oades, J.M., and Charchman, G.J. 1999. Dispered clay and organic matter in soil: their nature and association. *Australian Journal of Soil Research*, 37: 289-315.

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P.A., Leoppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, G.T., & Summer, M.E. 1996. *Methods of Soil Analysis. Soil. Sci. Soc. Am. J, Madison, Wisconsin*.

Tongway, D.J. and N.L. Hindley. 2004. *Landscape Function Analysis: procedures for monitoring and assessing landscapes with special reference to mine sites and rangelands, Version 3.1. 2004. Canberra Australia: CSIRO Sustainable Ecosystems*

Estimation of aggregate stability using artificial neural network model

K. Azizi^{1*}, K. Nabiollahy² and M. Davari²

1. M. Sc. student, Soil Science Department, University of Kurdistan

2. Assis. Prof. of Soil Science, Soil Science Department, University of Kurdistan

Abstract

Soil aggregate stability is one of the most important physical characteristics of soil which its direct measurement is difficult and time consuming. The purpose of this study was to estimate the stability if soil aggregate stability using early data and artificial neural network model. In this regard, soil texture, organic carbon, electrical conductivity, pH, calcium carbonate, SAR and soil aggregate stability were measured at 100 points in Ghorveh district located in Kurdistan province. After conducting sensitivity analysis test, organic carbon, calcium carbonate and SAR were selected as model inputs. Data were divided into two series, the educational one (70 % of data) and the test one (30 % of data). The results of the model evaluation based on root mean square error and determination coefficient showed that Momentum algorithm had the highest accuracy to estimate the aggregate stability compared with Quick prop, Levenberg Marguan, Conjugat Gradient and Delta Bar Delta algorithms and neural network can be used to estimate soil aggregate stability.

Keyword: Soil aggregate stability, Ghorveh, Kurdistan, Artificial neural network