Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

# Effective Physiological parameters and some physio-chemical parameters on soil organic carbon storage in Gonbad rangelands

**Behnoush Farokhzadeh[*1], Bahareh Ghasemi[2], Behnaz Ataeian[3], Davoud Akhzari[4]**

1. Corresponding author; Assistant Prof., Department of Natural Resource Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran. E-mail: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir
2. MSc. in Watershed Management, Department of Natural Resource Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
3. Assistant Prof., Department of Natural Resource Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
4. Asociate Prof., Department of Natural Resource Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

**Article Info**

**Article type:**
Research Full Paper

**Article history:**
Received: 24.10.2022
Revised: 25.01.2023
Accepted: 07.02.2023

**Keywords:**
Carbon sequestration, physiographic parameters, Geostatistics, Gonbad.

## Abstract

**Background:** Access to real information and data on the impact of watershed management projects and their technical and economic evaluation is possible through representative and paired catchments. Since management operations and topographic characteristics have a great impact on carbon retention in ecosystems, this study aimed to determine the amount of soil organic carbon due to changes in some topographic factors including altitude, direction, and different percentages of slope and measurement and zoning of soil organic carbon before biomechanical watershed management operation.

**Methodology:** For this purpose, 27 homogenous units in a part of the rangelands of sample sub-basin with an area of 25 hectares were selected as the study area. Soil samples were collected from plots with dimensions of 10 * 10 $m^2$ per unit. Composite samples consisting of 5 soil samples were collected from the center and four corners of the mentioned plots from a depth of 0-10, Soil samples were analyzed for some soil properties; including, organic carbon, organic matter, texture, bulk density, electrical conductivity, and pH.. SAS v9.1 software was used for statistical analysis. After performing normality tests, homogeneity of variance was obtained by ANOVA analysis test. Then, Pearson correlation coefficient and linear regression analysis were used to evaluate the correlation and determine the relationship between independent and dependent variables (organic carbon) then, the evaluation of spatial changes of soil organic carbon and zoning map were investigated using the geostatistical method after testing the normality of the data, interpolation methods were used and the effective parameters were optimized. Finally, using the statistical criteria of Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE) the amount of deviation of the actual data was measured with the estimated data and the best method for interpolation of soil organic carbon was determined.

**Results:** The results of the research showed that among the physiographic parameters including (slope direction and height), only the slope direction had a significant effect on the organic carbon content of the surface soil ($p \leq 0.05$). The maximum (8.46 and 55.87 t/ha) and minimum (0.9 and 22.77t/ha) organic carbon



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

and soil organic matter were observed in north-facing and south-facing slope, respectively. According to the study of the effects of the topographic features of this area, the poorest cover was observed in the direction of the southern slope, which is one of the important factors in reducing organic carbon storage in the southern slope. The results of optimization, geostatistical methods based on root mean square error (RMSE) and mean absolute error (MAE) statistics showed that simple cokriging method has less error than other methods. Carbon zoning map shows poor spatial distribution and low level of carbon sequestration in the region. **Conclusion:** The results of the statistical analyzes in this research indicate significant changes in soil organic carbon compared to the changes in the slope aspect Changes in the soil organic carbon in different aspects are affected by changes in vegetation and soil depth. Low plant cover on the south aspect means the reduced entry of organic carbon into the soil. Considering that the highest amount of organic carbon in the surface soil in the northern slope of the region is estimated to be around 8.46 tons/hectare, it can be said that the Gonbad watershed is generally poor in terms of organic carbon.

**Cite this article**: Farokhzadeh, B., B. Ghasemi, B. Ataeian, D. Akhzari, 2023. Effective Physiological parameters and some physio-chemical parameters on soil organic carbon storage in Gonbad rangelands. Journal of Rangeland, 16(4): 846-859.



© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1
Publisher: Iranian Society for Range Management

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

# تاثیر عوامل فیزیوگرافیک و برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ذخیره کربن آلی خاک در مراتع حوضه زوجی گنبد همدان

**بهنوش فرخزاده*[۱]، بهاره قاسمی[۲]، بهناز عطائیان[۳]، داود اخضری[۴]**

۱. نویسنده مسول، استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. رایان‌نامه: b.farokhzadeh@malayeru.ac.ir

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۳. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۴. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله کامل – پژوهشی

**تاریخ دریافت** ۱۴۰۱/۰۸/۰۲
**تاریخ ویرایش:** ۱۴۰۱/۱۱/۰۵
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۱/۱۴

**واژه‌های کلیدی:**
ترسیب کربن،
پارامترهای فیزیوگرافی،
زمین آمار،
گنبد.

**چکیده**

**سابقه و هدف:** دستیابی به اطلاعات و آمار واقعی از اثر بخشی پروژه‌های آبخیزداری و مرتعداری و ارزیابی فنی و اقتصادی آن‌ها از طریق حوضه‌های معرف و زوجی امکانپذیر است که شامل دو زیر حوضه شاهد (بدون عملیات و مدیریت) و نمونه (دارای عملیات و مدیریت) هستند. از آنجایی که عملیات مدیریتی و خصوصیات توپوگرافی تاثیر زیادی بر روی نگهداشت کربن در اکوسیستم‌ها دارد. هدف تحقیق حاضر تعیین میزان کربن آلی خاک با توجه به تغییرات برخی عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، جهت و درصدهای مختلف شیب در منطقه مورد مطالعه و اندازه‌گیری و پهنه‌بندی میزان کربن قبل از انجام اقدامات آبخیزداری (بایومکانیکی) در حوضه زوجی گنبد همدان است.

**مواد و روش‌ها:** به منظور دستیابی به هدف تحقیق، تعداد ۲۷ واحد همگن در بخشی از مراتع زیر حوضه نمونه به مساحت ۲۵ هکتار به عنوان منطقه نمونه‌برداری انتخاب شد. نمونه‌های مرکب مشتمل از ۵ نمونه خاک از مرکز و چهار گوشه پلات هایی به ابعاد۱۰در۱۰ مترمربع و از عمق ۰-۱۰ سانتی متر جمع‌آوری و پارامترهای میزان ماده آلی و کربن آلی، بافت، وزن مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمون‌های نرمالیتی و همگنی واریانس، تغییرات کربن آلی و اثر عوامل مورد نظر به روش آنالیز واریانس ANOVA بررسی شد. سپس جهت بررسی میزان همبستگی و تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته (کربن آلی) از ضریب همبستگی پیرسون و در ادامه از آنالیز رگرسیون خطی استفاده شد. به منظور ارزیابی تغییرات مکانی کربن آلی خاک و تهیه نقشه پهنه‌بندی پس از تست نرمال بودن داده‌ها، انواع روش‌های درون‌یابی به‌کار رفته و سپس پارامترهای مؤثر در آن‌ها بهینه شدند. در نهایت، با استفاده از معیارهای آماری میانگین مطلـق خطـا و ریشه دوم میانگین مربعات خطا مقدار انحراف داده‌های واقعی با داده‌های برآوردی سنجیده و بهترین روش میانیابی کربن آلی خاک مشخص گردید.

**نتایج:** نتایج تحقیق نشان داد که در بین پارامترهای فیزیوگرافی (شیب جهت و ارتفاع)، فقط جهت شیب اثر معنی داری بر میزان کربن آلی خاک سطحی داشته است ($p\leq ۰/۰۵$). به‌طوری‌که جهت شیب شمالی به‌ترتیب دارای بیشترین میزان کربن و ماده آلی (۸/۴۶ و ۵۵/۸۷ تن برهکتار) و جهت شیب جنوبی به‌ترتیب دارای کمترین میزان کربن و ماده آلی (۰/۹و ۲۲/۷۷ تن برهکتار) است. با توجه به مطالعه اثرات ویژگی‌های



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

توپوگرافیک این حوزه، فقیرترین پوشش در جهت شیب جنوبی مشاهده شد که خود از عوامل مهم کاهش ذخیره کربن آلی در شیب جنوبی است. نتایج بهینه‌سازی، روش‌های زمین آماری با استناد به آماره‌های خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و میانگین مطلـق خطـا (MAE) نشان داد روش کوکریجینگ ساده از بین سایر روش‌ها داری خطای کمتری است. و تهیه نقشه پهنه‌بندی کربن نشان از توزیع مکانی ضعیف و میزان پایین ترسیب کربن در منطقه است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از آنالیزهای آماری در این تحقیق بیانگر تغییرات معنی‌دار کربن آلی خاک نسبت به تغییرات جهت شیب بوده است. تغییرات کربن آلی منطقه در جهت شیب، تحت تاثیر تغییرات پوشش گیاهی و عمق خاک قرار گرفته است. کاهش پوشش گیاهی شیب جنوبی بمعنی کاهش ورودی کربن آلی به خاک است. با توجه به اینکه بیشترین مقدار کربن آلی خاک سطحی در شیب شمالی منطقه حدود ۸/۴۶ تن/هکتار برآورد شده است می‌توان عنوان کرد که حوضه آبخیز گنبد در مجموع از لحاظ کربن آلی فقیر است.

**استناد:** فرخزاده، ب.، ب. قاسمی، ب. عطائیان، د. اخضری، ۱۴۰۱. تاثیر عوامل فیزیوگرافیک و برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ذخیره کربن آلی خاک در مراتع حوضه زوجی گنبد همدان. مرتع، ۱۶(۴): ۸۴۶-۸۵۹.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1

**ناشر**: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

**مقدمه**

افزایش غلظت دی اکسیدکربن در جو زمین، به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تغییرات اقلیمی (۹)، منجر به تغییراتی در اکوسیستم‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی آن‌ها شده است (۱۰). کنترل و تعدیل غلظت اتمسفری این گاز می‌تواند تا ۷۰ درصد اثر گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد (۱۴). خطر تغییرات آب و هوایی مجامع جهانی را مجبور کرده تا جهت کنترل و کاهش گازهای گلخآن‌های راهکارهایی در نظر گیرند. کربن آلی خاک یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت خاک است. در این زمینه تحقیقاتی در مورد روش‌های افزایش ظرفیت کربن خاک به دلایل تاثیرات مثبت آن بر روی خصوصیات خاک مانند افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی، افزایش حاصلخیزی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفته است (۱ و ۲۴). در نظر گرفتن کاربری‌های نامناسب بدون توجه به قابلیت اراضی، مدیریت غیراصولی و تخریب زمین از فاکتورهای اصلی در کاهش ظرفیت ذخیره کربن خاک و پتانسیل ترسیب کربن هستند (۱۷). ترسیب کربن فرآیندی است که طی آن دی اکسیدکربن از اتمسفر جذب شده و در اراضی زراعی یا اکوسیستم‌های طبیعی به صورت طولانی مدت ذخیره شده و بلافاصله به اتمسفر بازنگرد (۱۱، ۱۵ و ۱۸). عملیات مدیریتی تأثیر زیادی بر روی نگهداشت کربن در اکوسیستم‌های خاکی دارد. به ویژه اینکه خاک جزء بنیادین چرخه کربن است و نسبت به زی‌توده گیاهی و اتمسفر پتانسیل بیشتری جهت ذخیره‌سازی کربن فراهم می‌کند (۲۶). اگر هدف برنامه‌های کنترل گازهای گلخآن‌های، افزایش ترسیب کربن باشد در این صورت بهتر است این پتانسیل در مقیاس حوزه‌های آبخیز اندازه‌گیری شود (۳۰). خاک، از مهم‌ترین اجزای این اکوسیستم‌ها، در مقیاس جهانی سومین منبع ذخیره کربن است و در توازن جهانی کربن و ترسیب مجدد آن نقش به‌سزایی دارد (۱۰). در یک حوزه آبخیز، عوامل بسیاری مانند توپوگرافی، کاربری اراضی، بافت خاک، مدیریت اراضی و پوشش گیاهی، تغییرات مکانی کربن آلی را در مقیاس مختلف کنترل می‌کنند. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های زیادی برای تعیین تغییرات مکانی کربن آلی خاک د انجام شده است و نتایج این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تنوع اقلیم و توپوگرافی دو عامل نخست کنترل‌کننده تغییرات کربن آلی در یک منطقه می‌باشند. توپوگرافی با تأثیر بر توزیع آب و میزان انرژی دریافتی از عوامل مهمی است که در فواصل کوتاه تأثیر زیادی بر تغییرپذیری ویژگی‌های خاک از جمله کربن آلی خاک دارد (۲۸). در این راستا روش‌های زمین آمار می‌تواند برای تولید و پیش بینی نقشه‌های کربن خاک با استفاده از نقاط مشاهده‌ای به کار رود (۲۹). هو و همکاران (۲۰۰۶) روند تغییرات کربن آلی خاک را با استفاده از روش کریجینگ معمولی در منطقه داگزینگ چین در طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که روند حجم کربن آلی خاک به‌ترتیب در طی این سال‌ها ۹/۶۴، ۱۲/۷۶ و ۱۲/۸۹ گرم در کیلوگرم است آن‌ها علت این افزایش کربن آلی خاک را استفاده از کود کشاورزی در این منطقه گزارش نمودند. ژانگ و همکاران (۲۰۰۴)، به منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی کربن آلی خاک در یک بازه زمانی ۳۰ ساله در مراتع جنوب شرقی ایرلند پس از برداشت نمونه‌های خاک از ترکیب روش های آماری و زمین آمار استفاده کردند و با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و پیش بینی کربن آلی خاک به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ در هر دو سال برآورد بهتری دارد علاوه بر این، ترکیب روش های آمار کلاسیک و زمین آمار ابزار مفیدی برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی نسبت به زمانی که صرفا از روش‌های آماری مرسوم به‌تنهایی استفاده شود، ارائه می‌دهد. ون و همکاران (۲۰۱۵)، با هدف مقایسه چهار روش زمین آماری اقدام به برداشت ۲۰۰ نمونه خاک از اراضی لسی چین نمودند در این مطالعه ۹ ویژگی در نظر گرفته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد مدل کریجینگ معمولی مناسب‌ترین مدل در پهنه‌بندی کربن خاک منطقه مذکور است و میزان کربن آلی خاک در جهت شمال حوضه دارای مقدار بیشتری است. با توجه به نتاج تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت، مناطق مختلف هریک نیازمند استفاده از روش‌های میانیابی مختص به خود هستند و روش انتخاب شده برای یک منطقه را نمی‌توان به سایر مناطق تعمیم داد. علاوه بر این شناخت تأثیر مدیریت اراضی و ویژگی‌های توپوگرافی بر شاخص‌های مهم کیفیت خاک، مانند مقدار کربن آلی خاک، از الزامات استفاده پایدار از اراضی طبیعی است. برآورد هر چه دقیق‌تر



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

ذخیره کربن آلی خاک در اکوسیستم‌های طبیعی با توجه به اهمیت آن در کاهش انتشار کربن، گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی، امری مهم و ضروری تلقی می‌گردد در این راستا هدف تحقیق حاضر، تعیین میزان کربن آلی خاک با توجه به تغییرات برخی عوامل توپوگرافی شامل ارتفاع، جهت و درصدهای مختلف شیب در مراتع حوضه زوجی گنبد در شهرستان همدان و اندازه‌گیری و پهنه‌بندی میزان کربن آلی خاک قبل از انجام اقدامات آبخیزداری (بایومکانیکی) است که تا کنون در این منطقه انجام نگرفته است.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

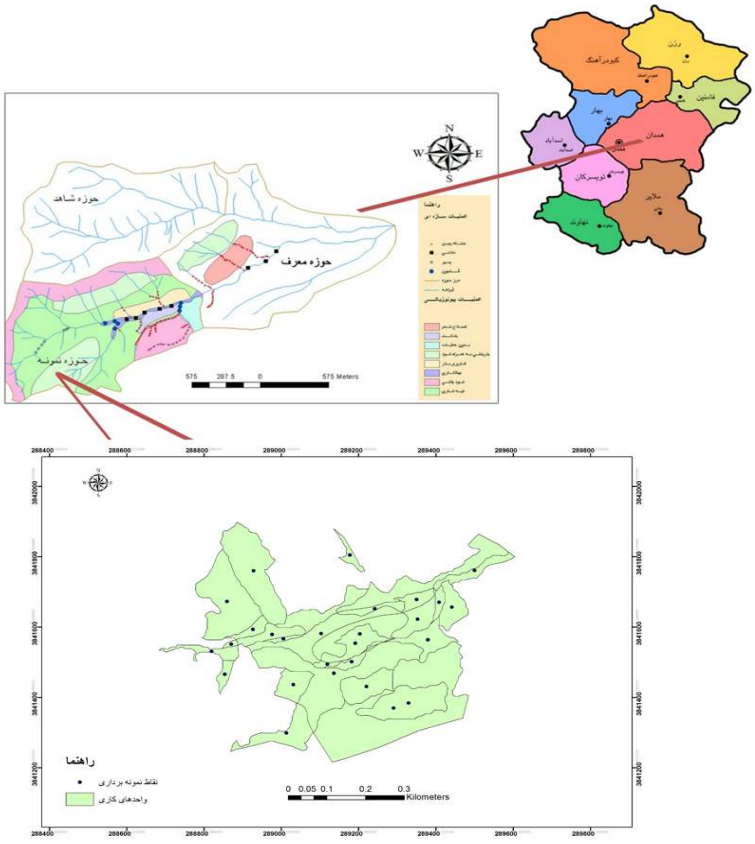
حوضه آبخیز مطالعاتی زوجی گنبد با مجموع مساحتی نزدیک به ۲۹۰ هکتار در طول جغرافیایی ″۵ '۴۱ °۴۸ تا ″۱۷ '۴۲ °۴۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ″۱۶ '۴۱ °۳۴ تا ″۳۱ '۴۲ °۳۴ در ۲۸ کیلومتری جنوب شرقی همدان و در زون زمین شناسی در ناحیه دگرگونی سنندج-سیرجان واقع شده است. عمده کاربری اراضی حوضه مرتعی است. فرم رویشی غالب منطقه بوته‌زار-گراسلند است و گونه‌های غالب منطقه *Astargalus parrowianus*، *Bromus tomentelluus* و *Stipa parviflora* هستند. حوضه آبخیز زوجی گنبد شامل دو زیر حوضه شاهد (مساحت ۱۴۰ هکتار) و نمونه (مساحت ۱۵۰ هکتار) است. در زیر حوضه شاهد هیچ گونه تیمار، عملیات احیا، اصلاح و یا اقدام مدیریتی صورت نمی‌گیرد و مانند سایر مراتع مناطق مجاور تحت چرای آزاد، مفرط و بدون برنامه قرار دارد؛ به همین دلیل وضعیت مراتع آن متوسط به پایین و گرایش پسرونده یا گاهی ساکن و فرسایش خاک بالایی دارد. در حالیکه حوضه نمونه تحت قرق و محافظت قرار دارد، معمولا چرا در آن انجام نمی‌شود یا چرای تاخیری اعمال می‌گردد و برخی اقدامات بایومکانیکی نیز در مقیاس دامنه یا آبراهه در آن انجام شده است. وضعیت مراتع آن خوب متمایل به عالی و گرایش پیش‌رونده دارد.

متوسط بارش بلند مدت سالانه (دوره آماری ۱۴۰۰-۱۳۸۰) منطقه ۳۰۴/۲۲ و حداکثر و حداقل دمای روزانه به‌ترتیب ۱۹/۶۸ و ۴/۲۲ درجه سانتی گراد است. در تحقیق حاضر با توجه به هدف مطالعه، تعداد ۲۷ واحد همگن (براساس تلفیق نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع) به مساحت ۲۵ هکتار در بخشی از مراتع زیر حوضه نمونه که تمرکز عملیات آتی آبخیزداری در این ناحیه پیشنهاد شده است، به عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد (شکل ۱). لازم به‌ذکر است درصد شیب در ۳ سطح شامل (۱۲-۵٪، ۳۰-۱۲٪، ۶۰-۳۰) و جهت‌های شیب در ۶ سطح (شرق، شمال، شمال شرقی، شمال غربی، جنوب و جنوب شرقی) و ارتفاع در ۲ سطح (۲۲۰۰-۲۱۰۰ و ۲۳۰۰-۲۲۰۰) است.



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]




**شکل ۱: موقعیت حوضه زوجی گنبد به همراه واحدهای کاری و نقاط نمونه‌برداری**

**روش اجرای تحقیق**

روند اجرای این مطالعه به ۴ مرحله تفکیک می‌شود که شامل پیمایش صحرایی و نمونه‌برداری، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، تحلیل‌های آماری و روش‌های زمین آماری است.

**نمونه‌برداری و آنالیز خاک**

بعد از انتخاب ۲۷ واحد کاری همگن، نمونه‌های مرکب از پلاتهایی به ابعاد ۱۰در۱۰ مترمربع شامل ۵ نمونه خاک از مرکز و چهار گوشه پلات‌های مذکور از عمق ۰-۱۰ سانتی متر جمع‌آوری و جهت انجام آنالیزهای مربوطه به آزمایشگاه دانشگاه ملایر منتقل شدند. ابتدا نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شده و سپس از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک به روش عصاره گل اشباع و بافت خاک به روش هیدرومتری (۳ و ۵) وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه (۲۳)، کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر والکی بلک (۱۹) و ماده آلی خاک به روش سوزاندن (LOI) در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به‌مدت ۴ ساعت اندازه گیری شدند (۳). بمنظور تبدیل درصد کربن به مقدار مشخص وزنی در واحد سطح از رابطه زیر استفاده شد (۱۹).

$$OC\ gr/cm2 = OC\% \times \rho b\ gr/cm3 \times depth\ cm$$

OC کربن آلی، ρb وزن مخصوص ظاهری، depth عمق نمونه گیری

**تحلیل‌های آماری**

به منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم افزار SAS استفاده شد. پس از انجام آزمون‌های نرمالیتی (آزمون شپیرو -ویلک) و همگنی واریانس (آزمون لون) از روش آنالیز واریانس ANOVA جهت بررسی تغییرات کربن تحت تاثیر عوامل مختلف استفاده شد. سپس جهت بررسی میزان



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

همبستگی و تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته (کربن آلی) از ضریب همبستگی پیرسون و آنالیز رگرسیون خطی استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون شاپیرو-ویلک نرمال بودن داده‌های ماده آلی، کربن آلی، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، درصد رس، سیلت و شن خاک تائید شدند و صرفا مقادیر هدایت الکتریکی خاک بعلت عدم تطبیق با توزیع نرمال، با استفاده از فرمول معکوس 1/x نرمال شدند.

**روش‌های زمین آمار**

ارزیابی تغییرات مکانی و ذخایر کربن آلی خاک و تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از روش زمین آمار در سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی شد. پس از تست نرمال بودن داده‌ها که مهم‌ترین شرط در تجزیه و تحلیل و پهنه‌بندی داده‌ها به روش‌های زمین آمار است، روش‌های درون‌یابی شامل روش‌های کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging)، کریجینگ ساده (Simple Kriging)، کریجینگ جهانی (Universal Kriging)، کوکریجینگ (Cocriging) و روش‌های قطعی شامل معکوس عکس فاصله (IDW)، روش توابع شعاعی (RBF)، تخمینگر موضعی (LPI) و تخمینگر عام (GPI) بکار رفته و سپس پارامترهای مؤثر در آن‌ها بهینه شدند (۷). در نهایت، با استفاده از معیارهای آماری میانگین مطلق خطا (MAE) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) مقدار انحراف داده‌های واقعی با داده‌های برآوردی سنجیده (۲ و ۳) و بهترین روش میانیابی کربن آلی خاک مشخص گردید. در بررسی صحت مدل با معیار MAE مقادیر صفر نشان دهنده صحت ۱۰۰ درصدی است و هر چه مقدار آن از صفر فاصله داشته باشد، حاکی از کم شدن صحت مدل است. RMSE مهم‌ترین کمیت آماری است که به اندازه داده‌های پرت حساس بوده و برای مشخص کردن اندازه خطاهای بزرگ استفاده می‌شود. به طور معمول، هر چه مقدار این دو معیار کمتر باشد، صحت روش بیشتر است. بهترین برآورد باید کمترین RMSE را داشته باشد (۲۰).

## نتایج

### اثر پارامترهای فیزیوگرافی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج آنالیز واریانس بیانگر این بود که ارتفاع و درصد شیب تأثیر معنی‌دار بر کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه ندارند. اثرات متقابل بین پارامترهای ذکر شده نیز اثر معنی‌داری بر میزان کربن آلی نداشتند، اما تغییرات میزان کربن آلی خاک نسبت به پارامتر جهت شیب معنی‌دار بود .در این منطقه اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک تغییرات معنی‌داری نسبت به پارامترهای فیزیوگرافی جهت، ارتفاع و شیب نداشتند. (جدول ۱).

طبق نتایج آزمون دانکن تنها تغییرات معنی‌دار بین شیب‌های شمالی و جنوبی مشاهده شد و میزان کربن مشاهده شده در مابقی شیب‌ها با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین و کمترین میزان کربن آلی خاک منطقه در جهت شمالی و جنوبی به‌ترتیب ۸/۴۶ و ۰/۹ تن برهکتار است. میانگین ماده آلی در واحدهای کاری در جهات شمال، شمال شرقی، شمال غربی، شرق، جنوب شرقی و جنوب به‌ترتیب ۵۵/۸۷، ۵۴/۹۹، ۴۶/۰۷، ۴۳/۹۵، ۴۲/۴۰ و ۲۲/۷۷ تن برهکتار به‌دست آمد (شکل ۲- a و b).

**جدول ۱: خلاصه نتایج آنالیز واریانس اثر پارامترهای فیزیوگرافی برخصوصیات شیمیایی منطقه مورد مطالعه**

| منابع | کربن آلی | | ماده آلی | | اسیدیته | | هدایت الکتریکی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | df | Pr>F | df | Pr>F | df | Pr>F | df | Pr>F |
| جهت شیب | ۵ | ۰/۰۳* | ۵ | ۰/۰۱* | ۵ | ۰/۹ | ۵ | ۰/۸ |
| ارتفاع | ۱ | ۰/۸ | ۱ | ۰/۷۸ | ۱ | ۰/۴ | ۱ | ۰/۷ |
| درصد شیب | ۲ | ۰/۵ | ۲ | ۰/۳۶ | ۲ | ۰/۸ | ۲ | ۰/۸ |

* معنی-دار بودن در سطح ۰/۰۵

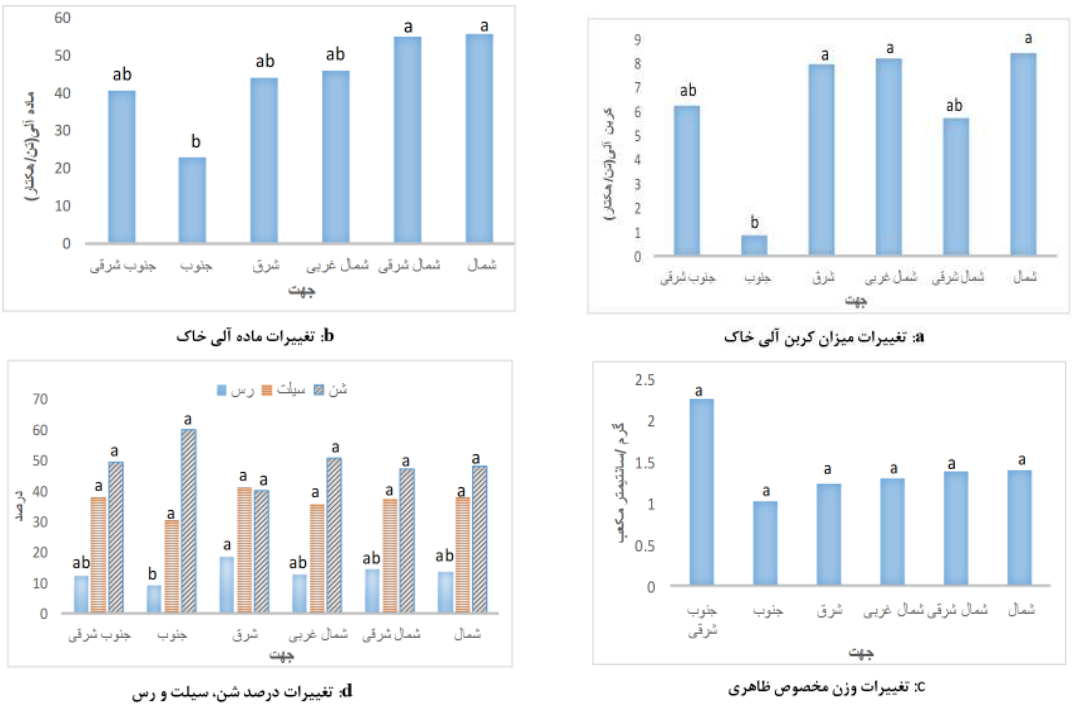
**ادامه جدول ۱. آنالیز واریانس اثر پارامترهای فیزیوگرافی بر خصوصیات فیزیکی خاک**



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

| منابع | وزن مخصوص ظاهری | | | درصد سیلت+رس | | | درصد رس | | | درصد سیلت | | | درصد شن | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | DF | PR>F | F | DF | PR>F | F | DF | PR>F | F | DF | PR>F | F | DF | PR>F |
| جهت شیب | ۰/۹ | ۵ | ۰/۴ | ۱/۷ | ۵ | ۱/۷ | ۲/۲ | ۵ | ۰/۰۹ | ۰/۶ | ۵ | ۰/۶ | ۱/۳ | ۵ | ۰/۱ |
| ارتفاع | ۰/۲ | ۱ | ۰/۶ | ۰/۳ | ۱ | ۰/۵ | ۱/۲ | ۱ | ۰/۲ | ۰/۴ | ۱ | ۰/۸ | ۰/۳ | ۱ | ۰/۵ |
| درصد شیب | ۰/۱ | ۲ | ۰/۹ | ۰/۱ | ۲ | ۰/۳ | ۰/۸ | ۲ | ۰/۴ | ۰/۴ | ۲ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۲ | ۰/۳ |




**شکل ۲: میزان تغییرات پارامترهای مختلف اندازه گیری شده بر حسب جهت شیب در حوضه گنبد**

در منطقه مورد مطالعه خصوصیات فیزیکی خاک مورد بررسی که شامل وزن مخصوص ظاهری و بافت خاک است، تحت تاثیر عوامل فیزیوگرافی تغییرات معنی‌داری نداشتند. وزن مخصوص ظاهری خاک بین ۰/۹۸ تا ۱/۶۰ با میانگین ۱/۲۹ گرم بر سانتی متر مکعب است. همچنین نتایج نشان داد در محدوده مطالعاتی تغییرات معنی‌داری در وزن مخصوص ظاهری نسبت به خصوصیات فیزیوگرافی وجود ندارد (جدول ۱ و شکل ۲-c)، نتایج این تحقیق نشان داد بافت خاک منطقه در همه موقعیت‌ها و جهات شیب، لوم و لومی شنی است. به طورکلی، شن جزء بافت غالب خاک منطقه مورد مطالعه بوده است.). حداقل میزان شن، سیلت، رس و مجموع رس و سیلت به‌ترتیب ۳۷/۵، ۲۷/۵، ۹ و ۳۶/۵ درصد و بیشترین میزان این پارامترها به‌ترتیب ۶۱، ۵۰/۷۵، ۱۹ و ۶۹/۷۵ درصد و مقدار میانگین به‌ترتیب ۴۹/۰۵، ۳۶/۹۸، ۱۳/۹۶ و ۵۰/۹۴ درصد به‌دست آمد. روند تغییرات سیلت و رس از میان کلاس‌های ارتفاع، شیب و جهت بسیار شبیه بود (شکل ۲- d). این در حالی است که بیشترین حجم شن در جهت جنوبی و کمترین میزان آن در جهت شمالی و بیشترین میزان رس و سیلت در جهت شمالی و کمترین آن در جهت جنوبی مشاهده شد.

**بررسی همبستگی کربن آلی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی**

به‌منظور انجام آنالیز همبستگی، کربن آلی خاک به عنوان متغییر وابسته و پارامترهای ماده آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، چگالی، درصد شن، درصد رس و درصد سیلت و مجموع درصد رس و سیلت به عنوان پارامترهای مستقل در نظر گرفته شدند. ماده آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، چگالی، درصد شن، درصد رس و درصد سیلت و



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

مجموع درصد رس و سیلت به عنوان پارامترهای مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج آزمون همبستگی نشان داد کربن آلی خاک فقط با پارامترهای ماده آلی و اسیدیته خاک دارای رابطه معنی دار است و با سایر پارامترها دارای رابطه معنی‌دار است (جدول ۲).

**جدول ۲: خلاصه نتایج آنالیزهای همبستگی و رگرسیون خطی کربن آلی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک**

| متغییر | r(همبستگی) | $R^2$(رگرسیون) | معادله | P>F |
|---|---|---|---|---|
| **ماده آلی** | ۰/۶۴ | ۰/۴۱ | OC= 1.64+0.82OM | ۰/۰۰۰۳* |
| **اسیدیته** | -۰/۱۷ | ۰/۵۳ | OC= 1.64-0.27pH | ۰/۰۲* |

**نتایج کاربرد روش‌های زمین آماری**

به‌منظور انجام درون یابی کربن آلی خاک ابتدا پارامترهای موجود در همه روش‌های مورد مقایسه، بهینه سازی شدند.

**الف) بهینه سازی روش‌های مختلف زمین آمار**

در روش وزن‌دهی معکوس فاصله پارامترهای توان، تعداد همسایگی و نحوه انتخاب همسایگی بهینه شدند. نتایج نشان داد بهینه‌سازی این پارامتر با انتخاب توان ۲ و نحوه همسایگی یک قطاع صورت می‌گیرد. در روش توابع شعاعی پارامترهای که بهینه شدند عبارتند از: تعداد همسایه‌ها و انتخاب شکل همسایگی. بر اساس نتایج به‌دست آمده، نحوه همسایگی ۴ و ۸ قطاع دارای میزان خطای یکسانی هستند. در روش چند جمله‌ای جامع انتخاب توان ۲ منجر بهینه سازی گردید. در روش چند جمله‌ای محلی نیز نتایج بهینه سازی نشان داد انتخاب توان ۱ منجر به کمترین میزان خطا می‌شود و با افزایش توان، میزان خطا افزایش می‌یابد (جدول ۳). از جمله کمیت‌هایی که دراجرای روش کریجینگ در این تحقیق بهینه شدند نوع برازش شونده به واریوگرام، تعداد همسایگی و نوع انتخاب همسایگی است. نتایج نشان داد در روش کریجینگ معمولی تعداد نقاط همسایگی ۵ و نحوه همسایگی یک قطاع و مدل واریوگرام منطقی مناسب است. در روش کریجینگ ساده مناسب‌ترین مدل J-Bessel و مناسب‌ترین تعداد نقاط ۵ نقطه به همراه نحوه همسایگی ۸ قطاع است. روش کوکریجینگ نیز به‌وسیله پارامترهای تعداد نقاط همسایگی، مدل برازش داده شده به واریوگرام و نوع همسایگی بهینه شدند (جدول ۳). در تحقیق انجام شده ۱۱ مدل واریوگرام به همراه چهار نوع قطاع برای روش‌های کریجینگ (ساده- معمولی- جامع) و کوکریجینگ (ساده- معمولی- جامع) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج مدل واریوگرام اثر چاله‌ای (Hole effect) به‌عنوان مدل مناسب شناخته شد. در نهایت مقایسه روش‌های قطعی و زمین آمار نشان داد در بین روش‌های قطعی روش وزن دهی معکوس فاصله، مناسب‌ترین مدل برای کربن آلی خاک است اما در مجموع مدل زمین آماری دارای میزان خطای کمتری نسبت به روش‌های قطعی هستند جدول (۳) نتایج حاصل از بهینه سازی و مقایسه روش‌های مختلف آماری با کمترین میزان خطا را نشان می‌دهد.

**جدول ۳: مقایسه روش‌های زمین آمار پارامتر کربن آلی خاک**

| روش درون‌یابی | توان | مدل واریوگرام | نحوه همسایگی | تعداد نقاط همسایگی | RMSE | MIE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کرجینگ معمولی | - | منطقی | ۱ | ۵ | ۰/۲۲۳۷ | ۰/۰۷ |
| کریجینگ ساده | - | J-Bessel | ۸ | ۵ | ۰/۲۳۵۱ | ۰/۱۲ |
| کوکریجینگ ساده | - | اثرچاله ای | ۴ | ۱۱ | ۰/۸ *۲۰۸. | ۰/۰۳ |
| وزن‌دهی‌معکوس فاصله | ۲ | - | ۸ | ۸ | ۰ /۲۳۱۴ | ۰ /۱۴ |
| توابع‌پایه‌شعاعی | - | - | ۸ | ۸ | ۰ /۲۳۱۵ | ۰ /۰۵ |
| چندجمله‌ای جامع | ۲ | - | - | - | ۰ /۲۴۱۵ | ۰ /۰۶ |
| چندجمله‌ای محلی | ۱ | - | - | - | ۰ /۲۶۲۳ | ۰ /۵۵ |

*: کمترین میزان خطا

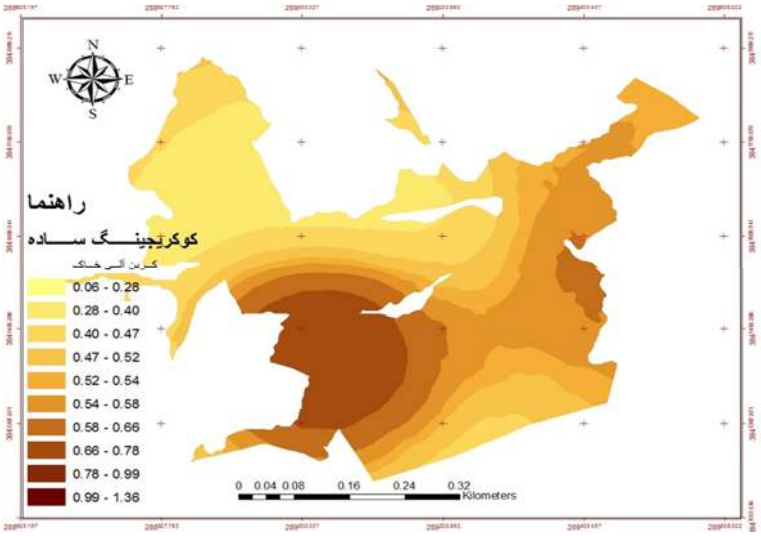


[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

**ب) نقشه پهنه‌بندی کربن آلی خاک به روش کوکریجینگ ساده**

از آنجایی که روش کوکریجینگ ساده در مقایسه با سایر روش‌ها مناسبترین روش جهت درون‌یابی کربن آلی خاک شناخته شد لذا نقشه پهنه‌بندی کربن آلی خاک با این روش در نرم‌افزار ARC GIS. رسم شد (شکل ۷).




**شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی کربن آلی خاک براساس روش کوکریجینگ ساده**

با توجه به نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه، تغییرات ارتفاع در محدوده کمی از قسمت‌های شمال غربی بیشتر است. آنالیزهای آماری نیز نشان داد ارتفاع تأثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی خاک ندارد. این در صورتی است که نقشه پهنه‌بندی کربن تغییرات یکنواختی نداشته و در بعضی قسمت‌ها تجمع کربن بیشتر است. از آنجا که پوشش گیاهی این منطقه به‌طور کلی یکنواخت است و تغییرات تیپ گیاهی در منطقه معنی دار نیست، عدم تأثیر ارتفاع بر ذخیره کربن آلی می‌تواند ناشی از همین مسئله باشد. همچنین آنالیزهای آماری تأثیر معنی‌داری بین تأثیر درصد شیب بر میزان کربن آلی خاک نشان نداد اما تفسیر نقشه پهنه‌بندی کربن آلی خاک با توجه به نقشه شیب نشان می‌دهد بخش‌هایی که دارای شیب ۶۰-۳۰ درصد هستند و جهت آن‌ها دارای جهت جنوب و جنوب شرقی است دارای کمترین میزان تجمع کربن آلی خاک است. همچنین محدوده‌ای که تجمع کربن آلی خاک بیشتر است دارای شیب ۶۰-۳۰ درصد است اما جهت شیب در این ناحیه به صورت شمالی و شمال شرقی است. لذا می‌توان این گونه استنباط کرد که تأثیر جهت شیب بر میزان کربن آلی خاک بیشتر از درصد شیب است. سایر مناطق که اکثراً دارای میزان شیب ۳۰-۱۲ درصد و جهت شمال و شمال شرقی می‌باشند از تجمع متوسط کربن آلی خاک برخوردار هستند. به‌طور کلی محدوده مطالعاتی از تجمع نسبی کربن آلی خاک برخوردار است و تجمع کربن آلی خاک در جهت شمال و شمال شرقی بیشتر است.

## بحث و نتیجه‌گیری

هرچند عمدتا ماده آلی خاک به عنوان شاخص کربن آلی خاک در نظر گرفته میشود اما بایستی در نظر داشت که حدود ۵۸ درصد ماده آلی خاک از کربن آلی تشکیل شده است و اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن مابقی ماده آلی خاک را تشکیل می دهند. این اجزا می‌توانند رفتارهای متفاوتی نسبت به شرایط محیطی و غیرمحیطی مرتع نشان دهند که در شرایط ایده‌آل اندازه گیری تک تک پارامترها پیشنهاد میشود خصوصا نیتروژن که با توجه به کمبود آن در اکوسیستم‌های مرتعی کشور عوامل موثر بر آن حائز



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

اهمیت اکولوژیکی هستند. در این مطالعه با توجه به امکان اثرپذیری ماده آلی از عوامل محیطی این پارامتر به صورت کلی با استفاده از روش کوره الکتریکی اندازه‌گیری شد و سپس کربن آلی به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده ماده آلی به روش والکی بلک بررسی شد تا بتوان در صورت بروز رفتار متفاوت کربن آلی به تنهایی و در کنار سایر اجزا ماده آلی آن را ارزیابی کرد.

برآورد کربن آلی خاک در تحقیق حاضر نشان داد متوسط پتانسیل ترسیب کربن خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری منطقه مورد مطالعه برابر ۶/۴ تن بر هکتار است. میزان کربن آلی در اکوسیستم‌های خاکی ایران به ۴ گروه عمده تقسیم می‌شود که شامل ۰/۶>، ۰/۶ تا ۱/۲، ۱/۲ تا ۱/۷۵ و ۱/۷۵< درصد است (۲۰) که با توجه به میزان متوسط جرم مخصوص خاک ۱/۲ – ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، در اکثر مطالعات داخلی (۱۲ و ۲۲) حداقل میزان کربن آلی در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک حدود کمتر از ۹/۶ تن برهکتار است. پس می‌توان نتیجه گرفت میزان کربن منطقه مورد مطالعه در سطح کیفی خیلی‌کم یا فقیر است که با توجه به فقر ماده آلی در اکوسیستم‌های مرتعی قابل تائید است. نتایج حاصل از آنالیزهای آماری در تحقیق حاضر نشان می‌دهد از بین عوامل فیزیوگرافی تنها عامل جهت اثر معنی‌داری بر تغییرات مقدار کربن آلی و ماده آلی خاک داشته است. به‌طوری‌که جهت شمال دارای بیشترین و جهت جنوب دارای کمترین میزان کربن آلی و ماده آلی خاک است. تفسیر نقشه پهنه‌بندی کربن آلی خاک نیز با نتایج فوق سازگار است. تغییرات کربن آلی منطقه در جهات شیب، تحت تأثیر تغییرات پوشش گیاهی و عمق خاک قرار گرفته است. شیب جنوبی منطقه به علت کم بودن عمق خاک و درصد پوشش گیاهی مرتعی، با فرسایش خاک بیشتری مواجه شده است. کاهش پوشش گیاهی شیب جنوبی به معنی کاهش ورودی کربن آلی به خاک از طریق لاشبرگ، تجزیه ریشه و همچنین ترشحات ریشه در عمق ریشه دوانی است. همچنین با توجه به رطوبت بیشتر و دمای پائین تر در شیب‌های شمالی، تولید ماده آلی بیشتر و سرعت تجزیه آن در این شیبها کندتر است که منجر به افزایش کربن آلی خاک در مقایسه با شیبهای جنوبی می‌شود (۱۴). از آنجا که ذوب برف، درجه حرارت، رطوبت، فرسایش و نوع پوشش گیاهی در اکثر شیب‌های شمالی کشور با شیبهای جنوبی و جنوب غربی متفاوت است تفاوت مشاهده شده در حوضه گنبد، همدان با دیگر مطالعات همخوانی دارد. هرچند که بالاترین میزان کربن آلی خاک سطحی در شیب شمالی منطقه نیز به‌میزان ۸/۴۶ تن بر هکتار برآورد شده است که می‌توان گفت حوضه گنبد در مجموع از لحاظ کربن آلی فقیر است. فقر کربن آلی منطقه می‌تواند ناشی از چرای زودرس در مناطق چرای آزاد باشد که باعث از بین رفتن پایه‌های جوان شده که امکان استقرار در مرتع را پیدا نمی‌کنند. از طرفی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان چندساله نیز مختل شده و منجر به کاهش تولید در طول فصل چرایی و متعاقباً کاهش کربن ورودی به سیستم می‌گردد. هر چند برخی مطالعات اثر مثبت چرا را گزارش کرده‌اند اما بنظر می‌رسد این اثر مثبت در چرای در حد ظرفیت مرتع باشد (۶) و چرای زودرس و چرای مفرط منجر به کاهش ماده‌آلی خاک می‌گردند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که در حوضه گنبد در ابتدای دوره رویشی، دامنه‌هایی با پوشش گیاهی گرامینه یکساله و گونه‌های زودرس و بهاره مورد چرا قرار گیرند و در مرحله بعد از اصل چرای دام براساس طبقات ارتفاعی استفاده نمود به عبارتی چرای دام از مراتع پایین دست آغاز شده و به بالادست منتقل گردد. چرا که با توجه به کاهش دما با افزایش ارتفاع در مناطق کوهستانی، پوشش گیاهی در اراضی پایین دست سریع‌تر از گیاهان در اراضی بالا دست، مراحل فنولوژیکی خود را طی می‌کنند و سریع‌تر آمادگی لازم جهت چرای دام را به دست می‌آورند؛ بنابراین تصمیمات مدیریتی و اجرایی ترسیب کربن در حوضه مورد مطالعه می‌بایست با توجه به تغییرات جهت شیب اتخاذ شود. در مطالعه حاضر برای روش‌های درونیابی هر پارامتری که امکان متعادل‌سازی آن‌ها وجود داشت بهینه شدند تا از این طریق بتوان به مناسب‌ترین روش که کمترین خطا را دارا باشد دست یافت. در این راستا بررسی خصوصیات واریوگرام پارامتر کربن آلی نشان داد این پارامتر دارای همبستگی مکانی ضعیفی هستند. دلیل این همبستگی مکانی ضعیف می‌تواند تعداد نمونه‌های کم در محدوده مطالعاتی است. عوامل مؤثر بر تغییرات کربن آلی در یک دوره کوتاه زمانی می‌تواند آن اندازه زیاد باشد که حتی بررسی تغییرات مکانی آن با محدودیت‌های زیادی



[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

مواجه شود (۲۵). علاوه بر این با توجه به تعدد فاکتور های موثر بر ذخیره کربن آلی، به منظور ارزیابی دقیق، تر علاوه بر خصوصیات خاک پیشنهاد می‌شود عوامل بیولوژیک و اقلیمی نیز در مطالعات در نظر گرفته شوند (۲۶). درنهایت پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های آتی تأثیر پارامترهای فیزیوگرافی در این محدوده بعد از اجرای عملیات آبخیزداری نیز بررسی شود. تا از این طریق تأثیر عملیات آبخیزداری بر ویژگی‌های خاک و پتانسیل ترسیب کربن مشخص گردد.

**References**


1. Andriuzzi, W.S. & D.H. Wall., 2017. Responses of belowground communities to large aboveground herbivores: Meta-analysis reveals biome-dependent patterns and critical research gaps. Global Change Biology, 23(9): 3857-3868.
2. Bakhshande, L.S., H. Kazemi A. Soltani & B. Kamkar, 2020. Zoning and Evaluation of Carbon Sequestration Potential, Primary Net Production and Carbon Allocation Coefficients of Soybean (*Glycine max* L.) in Gorgan Township. Journal of Agroecology, 12(3): 541-559 (in Persian)
3. Bauycos, G.J., 1962. Hydrometer methods improved for making particle size of soils. Agronomy Journal, 56: 464-465.
4. Bettiol, W., R. Ghini, J.A.H. Galvão, M.A.V. Ligo & J.L.D.C. Mineiro, 2002. Soil organisms in organic and conventional cropping systems. Scientia Agricola, 59: 565-572.
5. Gee, G.W. & D. Or., 2002. 2.4 Particle-size analysis. Methods of soil analysis: Part 4 physical methods, 5: 255-293.
6. Hill, M.J., 2003. Generating generic response signals for scenario calculation of management effects on carbon sequestration in agriculture: approximation of main effects using CENTURY. Environmental Modelling & Software, 18(10): 899-913.
7. Hoshangi, N., A.A. Alle Sheikh & H. Helali, 2015. Regional assessment of solar radiation potential by evaluation and optimization of interpolation methods in Iran. Journal of regional planning, 16(4): 1-16. (In Persian).
8. Hu, K.L., Y. Yu, F.R. Zhang & R. Wang, 2006. The spatial-temporal variability of soil organic matter and its influencing factors in suburban area of Beijing. Scientia Agricultura Sinica, 39(4): 764-771.
9. IPCC, I., 2018. Summary for Policymakers" in Global warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. The context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty:32p
10. Javadi Tabalvendani, M.R., Gh.R. Zehtabiyan, Sh. Ayobi, M. Jafari & M. Alizadeh, 2011. The role of different land use on the soil carbon sequestration (case study: noumeh roud watershed, nour province), Natural ecosystems of Iran, 1(2): 146-154. (In persian)
11. Jose, S. & S. Bardhan., 2012. Agroforestry for biomass production and carbon sequestration: an overview. Agroforestry Systems, 86(2): 105-111.
12. Khoshyar, F., G. Dianati Tilaki & M. Abedi, 2020.The effect of land management on soil fertility characteristics (Case study: Rangelands of Kohneh Lashak, Kojur, Mazandaran). Journal of rangeland, 14(1): 25-36. (In Persian)
13. Lakzaeianpoor, Gh., O. Mohammadrezapoor & M. Malmir., 2016. Assessment effects of climate change on runoff in Nazloo Chai River. Gegraphic and Development, 42: 183-198. (In Persian)
14. Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123(1-2): 1-22.
15. Luedling, E., R. Kindt, N. Hunth & K. Koenig, 2014. Agroforestry systems in a changing climate – challenges in projecting future performance. Current Opinion in Environmental Sustainability 6: 1-7.
16. McGrath, D. & C. Zhang., 2003. Spatial distribution of soil organic carbon concentrations in grassland of Ireland. Applied Geochemistry, 18(10):1629-1639.
17. Mchunu, C. & V. Chaplot., 2012. Land degradation impact on soil carbon losses through water erosion and CO2 emissions. Geoderma, 177:72-79.
18. Nair, P.R., V.D. Nair, B.M. Kumar & J.M. Showalter, 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. Advances in agronomy, 108: 237-307.
19. Page, A.L., R.H. Miller & D.R. Keeney, 1982. Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbiological properties. Mdison WI: American Society of Agronomy. In Soil Science Society of America: 595-624




[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]

20. Parvizi, Y. & M. Gorji., 2013. The effect of dry land management factors on soil organic carbon in the Merck basin of Kermanshah. Land Management Journal, 1(1): 81-89.
21. Price D.T., D.W. McKenney, I.A. Nalder, M.F. Hutchinson & J.L. Kesteven, 2000. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. Agricultural and Forest Meteorology, 101: 81-94.
22. Rabiee, M., M. Majedian & M. Kavoosi, 2021. Effects of Tillage Systems, Planting Method and Nitrogen Amounts on the Yield of Rapeseed (Brassica napus L.) and Some Properties of Soil in Paddy Field Conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(1), 221-237. (in Persian)
23. Rossi. A.M., D.R Hirmas, R.C. Graham & P.D. Sternberg, 2008. Bulk Density Determination by Automated Three-Dimensional Laser Scanning. Soil Science Society of America Journal,72(6): 1591-1593.
24. Sanderman, J. & J.A. Baldock., 2010. Accounting for soil carbon sequestration in national inventories: a soil scientist's perspective. Environmental Research Letters, 5(3): 034003.
25. Schoning, I., K.V. Totsche & I. Kogel-Knabner, 2006. Small Scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested luvisol. Geoderma, 136: 631-642.
26. Sheidai Karkaj, E., A. Sepehry, H. Barani, J. Motamedi, 2017. Soil organic carbon reserve relationship with some soil properties in East Azerbaijan rangelands. Journal of Rangeland, 11(2): 125-138. (In Persian)
27. Tornquist, C.G., J. Mielniczuk, & C.E.P. Cerri, 2009. Modeling soil organic carbon dynamics in Oxisols of Ibirubá (Brazil) with the Century Model. Soil and Tillage Research, 105(1):33-43.
28. Wang, S., X. Wang & Z. Ouyang, 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China. Journal of Environmental Sciences, 24(3): 387-395.
29. Wen, W., Y. Wang, L. Yang, D. Liang, L. Chen, J. Liu & A.X. Zhu, 2015. Mapping soil organic carbon using auxiliary environmental covariates in a typical watershed in the Loess Plateau of China: a comparative study based on three kriging methods and a soil land inference model (SoLIM). Environmental Earth Sciences, 73(1): 239-251.
30. Yadav, V., G.P. Malanson, E. Bekele & C. Lant, 2009. Modeling watershed-scale sequestration of soil organic carbon for carbon credit programs. Applied Geography, 29(4): 488-500.
31. Zhang, C. & D. McGrath., 2004. Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods. Geoderma, 119(3-4): 261-275.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.13.1 ]