چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

بررسی خواص فیزیکی سنگ‌آهک‌های غرب ایران

مجتبی رحیمی شهید[۱]، غلامرضا لشکری‌پور (نویسنده مسئول)[۲]، ناصر حافظی مقدس[۳]

[۱] دانشجوی دکتری زمین‌شناسی مهندسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

[۲] استاد زمین‌شناسی مهندسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. Lashkaripour@um.ac.ir.

[۳] استاد زمین‌شناسی مهندسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

یکی از راه‌های ساده و کاربردی جهت تعیین ویژگی‌های ذاتی سنگ در اجرای پروژه‌های مهندسی، تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ است. با تعیین این خواص فیزیکی، علاوه بر شناخت ویژگی‌های ذاتی سنگ، امکان بررسی و تعیین سایر خصوصیات پیچیده‌تر نظیر خصوصیات مکانیکی و دینامیکی نیز فراهم می‌شود. به‌همین منظور در این مطالعه به بررسی خصوصیات فیزیکی سنگ‌آهک‌های غرب ایران (زون ۳۸ در سیستم UTM) پرداخته شده است. خصوصیات مورد بررسی شامل تخلخل، وزن مخصوص (خشک و اشباع)، شاخص دوام - وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم و درصد جذب آب است که از بانک اطلاعات خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سنگ‌آهک‌های ایران استخراج شده‌اند. پس از تحلیل آماری و رده‌بندی سنگ بر اساس خصوصیات فیزیکی مختلف، با استفاده از روش رگرسیون رابطه‌ی بین این خصوصیات با یکدیگر بررسی شد. بررسی خواص فیزیکی مختلف نشان می‌دهد که سنگ‌آهک‌های مورد مطالعه از دیدگاه مهندسی در شرایط نسبتاً مطلوبی قرار دارند. روابط بین درصد جذب آب با تخلخل، وزن مخصوص اشباع با وزن مخصوص خشک، وزن مخصوص خشک با درصد جذب آب و شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول با چرخه‌ی دوم بیش‌ترین اعتبار را در بین روابط ارائه شده دارند.

واژه‌های کلیدی

بانک اطلاعات، تخلخل، رگرسیون، شاخص دوام - وارفتگی، وزن مخصوص.

۱. مقدمه

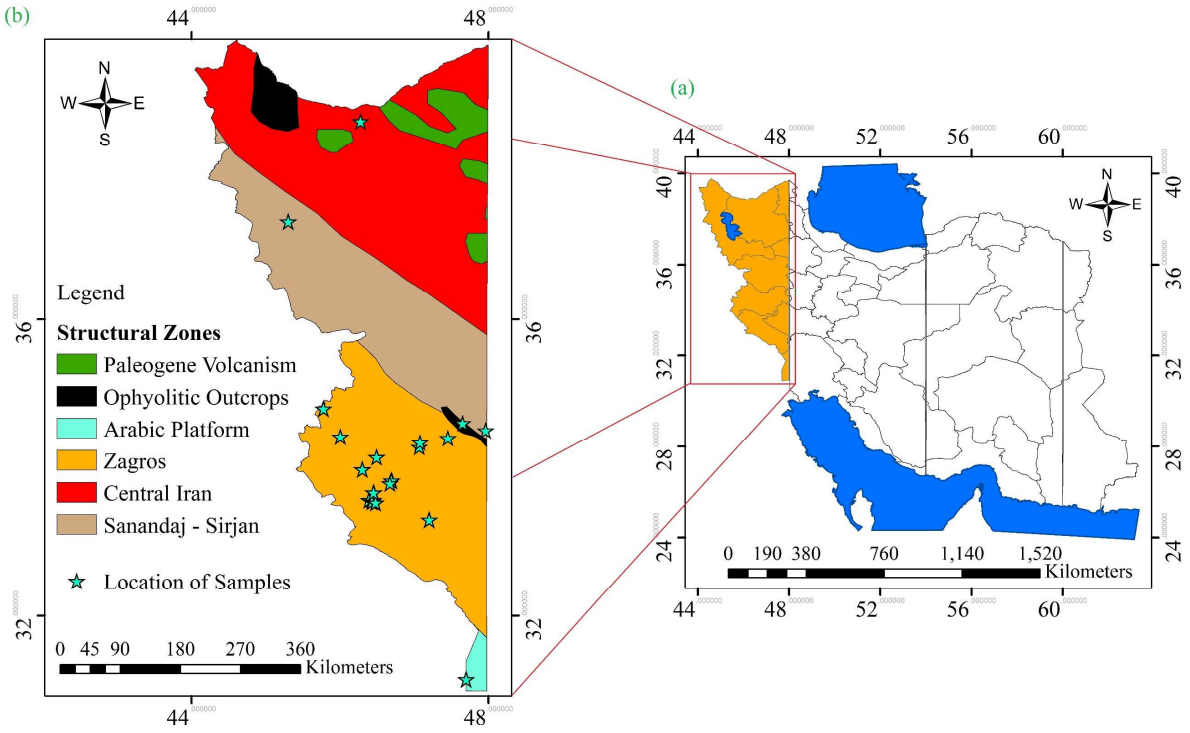
اجرای پروژه‌های عمرانی و مهندسی متعدد بر روی و درون سنگ‌آهک‌ها به دلیل گسترش سطحی وسیع آن‌ها، بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی آن‌ها را صدچندان کرده است. از طرفی چنین سنگ‌هایی ویژگی‌های خاصی دارند و در مطالعات مهندسی لازم است که به آن‌ها توجه ویژه شود. خصوصیات فیزیکی یکی از مهم‌ترین خصوصیات مهندسی سنگ محسوب می‌شوند که در تعیین خواص سنگ بکر، طبقه‌بندی توده‌سنگ، انجام طرح‌های اولیه و غیره نقش مهمی ایفا می‌کنند. خواصی که کاملاً وابسته به ذات سنگ هستند را خواص فیزیکی سنگ می‌گویند. ازجمله مهم‌ترین مزیت بررسی خصوصیات فیزیکی، سهولت در تعیین این‌گونه خواص است. در حقیقت این خصوصیات با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی ساده، قابل اندازه‌گیری هستند و جهت انجام آزمایش، نیاز به مغزه‌گیری و نمونه‌های با ابعاد خاص نیست (ISRM, 2007). همچنین خیلی از این خواص در صحرا و در محل پروژه (حفظ شرایط طبیعی حین آزمایش) قابل اندازه‌گیری هستند. از طرفی پس از تعیین این خصوصیات فیزیکی، می‌توان با استفاده از این خصوصیات، خصوصیات مهندسی پیچیده‌تر نظیر خصوصیات مکانیکی و دینامیکی را نیز پیش‌بینی و تعیین کرد و به این ترتیب در وقت و هزینه نیز صرفه‌جویی می‌شود. ازجمله خصوصیات فیزیکی مهم که در اکثر مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرند می‌توان وزن مخصوص جامد، تخلخل، وزن مخصوص (خشک، اشباع، غوطه‌وری)، شاخص - دوام وارفتگی، درصد جذب آب، سایش لس‌آنجلس و ارزش ضربه‌ای مصالح را نام برد. ازجمله مطالعات جدیدی که به روش‌های مختلف خصوصیات فیزیکی سنگ را مورد مطالعه قرار داده‌اند می‌توان به مطالعات (Agan & Cicek, 2020; Arman & Paramban, 2021, 2022; Camacho-Chab et al., 2022; Karami et al., 2021; Khalil et al., 2021; Khalil et al., 2022; Lashkaripour et al., 2018; Martino et al., 2023; Moradi et al., 2022; Rabat et al., 2020; Rahimi Shahid, 2022; Regnet et al., 2019; Safari Farrokhad et al., 2022; Sharifi et al., 2023; Yur'ev & Shafikova, 2022) اشاره کرد. در این مطالعه به‌منظور بررسی خواص فیزیکی سنگ‌آهک‌های غرب ایران، از بانک اطلاعات خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سنگ‌آهک‌های ایران، اطلاعات خواص فیزیکی مربوط به زون ۳۸ بر اساس سیستم UTM استخراج شد. سپس خواص استخراج شده (تخلخل، وزن مخصوص (خشک و اشباع)، شاخص دوام - وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم و درصد جذب آب) مورد بررسی قرار گرفتند.

۲. روش پژوهش

روش انجام پژوهش حاضر به‌طور کلی به دو بخش اصلی ۱) مطالعات مقدماتی و دفتری و ۲) مطالعات نرم‌افزاری و آماری تقسیم می‌شود. در مطالعات مقدماتی، با بررسی منابع مختلف، خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سنگ‌آهک‌های ایران جمع‌آوری شد. سپس در محیط نرم‌افزار اکسس (Access) یک بانک اطلاعات جامع از این خصوصیات تهیه شد. خواص فیزیکی سنگ‌آهک‌ها شامل تخلخل، وزن مخصوص (خشک و اشباع)، شاخص دوام - وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم، درصد جذب آب مربوط به زون ۳۸ (بر اساس سیستم UTM) واقع در غرب ایران از این بانک اطلاعات استخراج شد. برای هر یک از این خواص فیزیکی در محیط نرم‌افزار Statistica تحلیل‌های آماری صورت گرفت. به‌منظور بررسی روابط بین خصوصیات مختلف، از روش رگرسیون خطی در محیط نرم‌افزار Statistica استفاده شد. به‌منظور ارزیابی روابط ارائه شده از آماره‌های R^2، F و Sig استفاده شده است. جهت ارزیابی بیش‌تر و بهتر دقت روابط، برای روابط با $R^2 > 0.7$ تحلیل باقی‌مانده‌ها انجام شد.

۳. منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در غرب کشور ایران و در زون مختصاتی ۳۸ (سیستم UTM) با طول جغرافیایی ۴۴ تا ۴۸ درجه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی بین ۳۱ تا ۴۰ درجه‌ی شمالی قرار دارد. در شکل ۱، موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و محدوده‌های گردآوری نمونه‌ها نمایش داده شده است. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی (Stoecklin, 1968) بخشی از زون‌های ساختاری ولکانیسم پالئوژن، کمپلکس افیولیتی، دشت خوزستان (پلتفرم عربی)، زاگرس، ایران مرکزی و سنندج - سیرجان را شامل می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیش‌ترین محل نمونه‌های استخراج شده، از زون ساختاری زاگرس است.

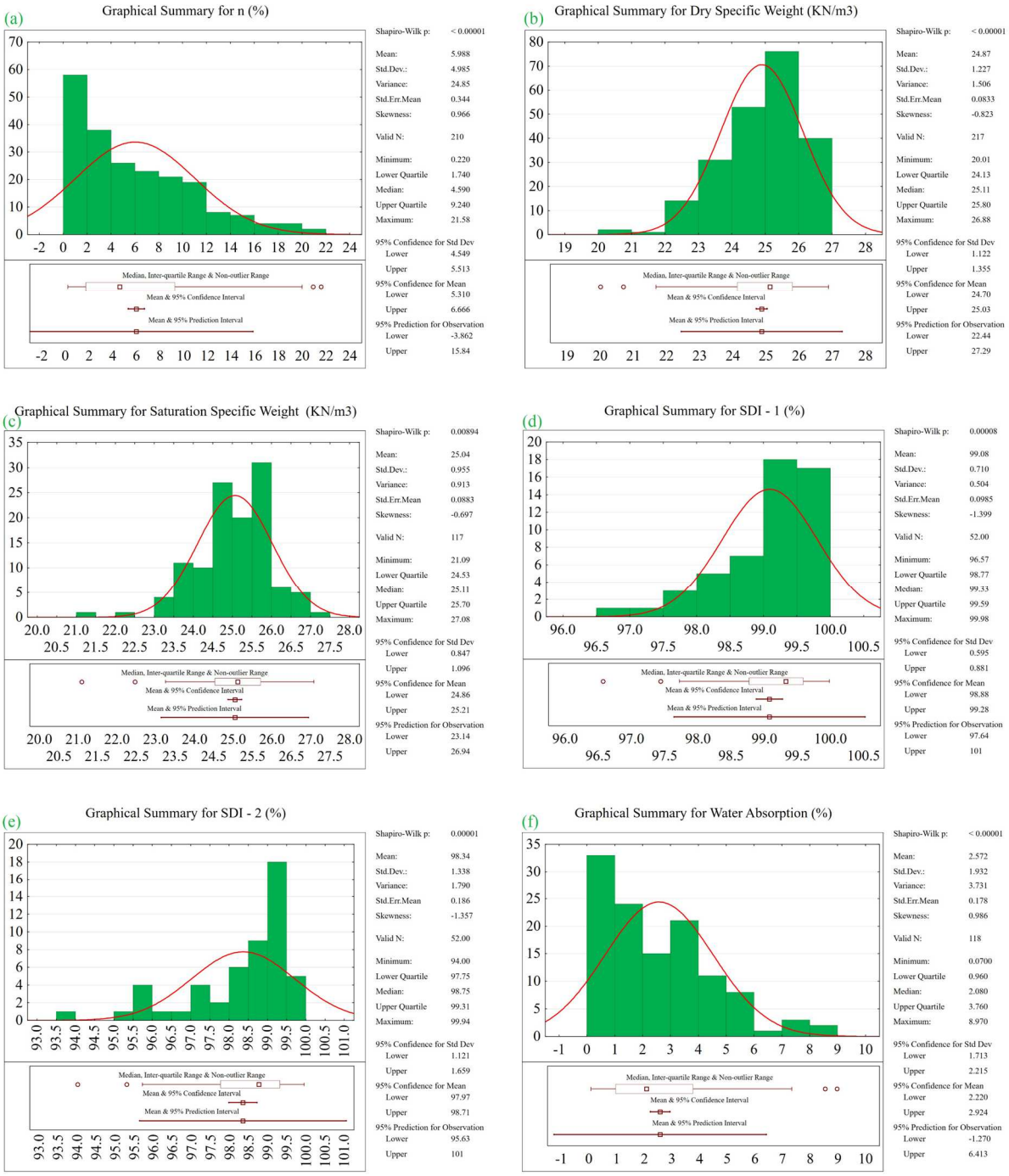


شکل ۱. (a) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در ایران و (b) محدوده‌های نمونه‌برداری در منطقه‌ی مورد مطالعه (زون ۳۸)

۴. نتایج و بحث

۱.۴. خواص فیزیکی

نتایج تحلیل آماری خواص فیزیکی سنگ‌آهک‌های زون ۳۸ (بر اساس سیستم UTM) شامل تخلخل (n)، وزن مخصوص خشک (γ_{dry})، وزن مخصوص اشباع (γ_{sat})، شاخص دوام - وارفتگی چرخه‌ی اول (SDI-1) و چرخه‌ی دوم (SDI-2) و درصد جذب آب (WA%) در شکل ۲ آورده شده است. مقدار میانگین تخلخل سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۵/۹۹ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Rider, 2002) در رده‌ی پایین قرار می‌گیرد. تخلخل اکثر نمونه‌ها تقریباً از ۲۰ درصد کم‌تر است و می‌توان گفت که نمونه‌ای با تخلخل بالا و خیلی بالا در منطقه، وجود ندارد. مقدار میانگین وزن مخصوص خشک سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲۴/۸۷ کیلو نیوتن بر مترمکعب است و بر اساس رده‌بندی (Anon, 1979) در رده‌ی متوسط قرار می‌گیرد. وزن مخصوص خشک نمونه‌ها تقریباً دارای توزیع نرمال هستند و نمونه‌های با وزن مخصوص خشک بین ۲۴ تا ۲۶ کیلو نیوتن بر مترمکعب بیش‌ترین فراوانی را دارند. مقدار میانگین وزن مخصوص اشباع سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲۵/۰۴ کیلو نیوتن بر مترمکعب است و دارای توزیع نرمال هستند. به‌طور کلی با اشباع شدن نمونه‌ها، وزن مخصوص ۰/۶۸ درصد افزایش یافته است. مقدار میانگین شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه به‌ترتیب برابر ۹۹/۰۸ و ۹۸/۳۴ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Franklin & Chandra, 1972) و (Gamble, 1971) در رده‌ی شدیداً مقاوم و خیلی مقاوم قرار می‌گیرد. به‌طور کلی در چرخه‌ی دوم، شاخص دوام – وارفتگی به میزان ۰/۷۵ درصد نسبت به چرخه‌ی اول، کاهش یافته است. مقدار میانگین درصد جذب آب سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲/۵۷ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Ünal & Altunok, 2019) در رده‌ی پایین قرار می‌گیرد؛ بنابراین بررسی خواص فیزیکی مختلف نشان می‌دهد که سنگ‌آهک‌های مورد مطالعه از دیدگاه مهندسی در شرایط نسبتاً مطلوبی قرار دارند.

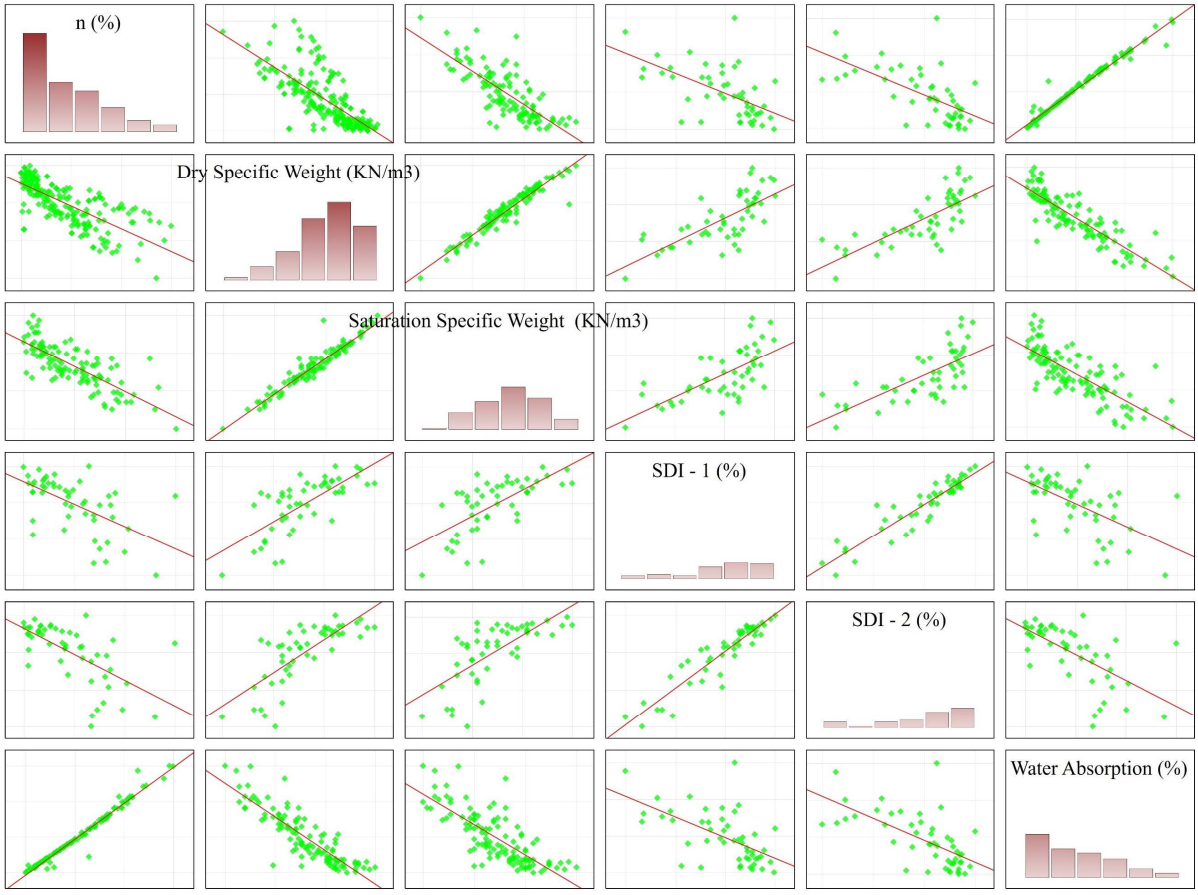


شکل ۲. تحلیل آماری خصوصیات فیزیکی: (a) تخلخل (n)، (b) وزن مخصوص خشک (γ_{dry})، (c) وزن مخصوص اشباع (γ_{sat})، (d) شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول (SDI-1)، (e) شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی دوم (SDI-2)، (f) درصد جذب آب (WA%).

۲.۴. رابطه‌ی بین خواص فیزیکی با یکدیگر

در این بخش روابط بین خصوصیات فیزیکی مختلف در محیط نرم‌افزار Statistica بررسی شده است. بدین منظور از روش رگرسیون خطی در سطح معناداری ۹۵ درصد استفاده شده که نتایج آن در شکل ۳ و جدول ۱ ارائه شده است. بررسی روابط غیر خطی نشان داد که نتایج

مشابهی با رگرسیون خطی دارند و به دلیل اعتبار بالاتر رگرسیون خطی، از این روش جهت تعیین روابط بین خواص مختلف استفاده شد. در شکل ۳ نمودار روابط رگرسیون خطی بین خصوصیات مختلف نمایش داده شده است. در جدول ۱ نیز معادلات رگرسیون‌های شکل ۳ به همراه آماره‌های ارزیابی (R^2، F و Sig) آن‌ها ارائه شده‌اند. مطابق انتظار رابطه‌ی بین وزن مخصوص (خشک و اشباع) و شاخص دوام – وارفتگی (چرخه‌ی اول و دوم) با تخلخل از نوع معکوس و رابطه‌ی بین درصد جذب آب با تخلخل از نوع مستقیم است. همچنین رابطه‌ی بین وزن مخصوص اشباع و شاخص‌های دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم با وزن مخصوص خشک از نوع مستقیم و رابطه‌ی بین وزن مخصوص خشک و درصد جذب آب از نوع معکوس است. رابطه‌ی بین شاخص‌های دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم با وزن مخصوص اشباع از نوع مستقیم و رابطه‌ی بین وزن مخصوص اشباع و درصد جذب آب از نوع معکوس است. رابطه‌ی بین شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول با شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی دوم از نوع مستقیم و با درصد جذب آب از نوع معکوس است و همچنین رابطه‌ی بین شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی دوم با درصد جذب آب از نوع معکوس است؛ بنابراین تحلیل آماری نشان می‌دهد که بین تمامی خصوصیات فیزیکی روابطی منطقی و منطبق با اصول زمین‌شناسی مهندسی و علم مکانیک سنگ برقرار است. در سطح معناداری ۵ درصد تمامی روابط ارائه شده معنادار هستند ($Sig<0.05$) ولی روابط بین درصد جذب آب با تخلخل، وزن مخصوص اشباع با وزن مخصوص خشک، وزن مخصوص خشک با درصد جذب آب و شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول با چرخه‌ی دوم بیش‌ترین R^2 و F را داشته و از سایر روابط معتبرتر هستند.

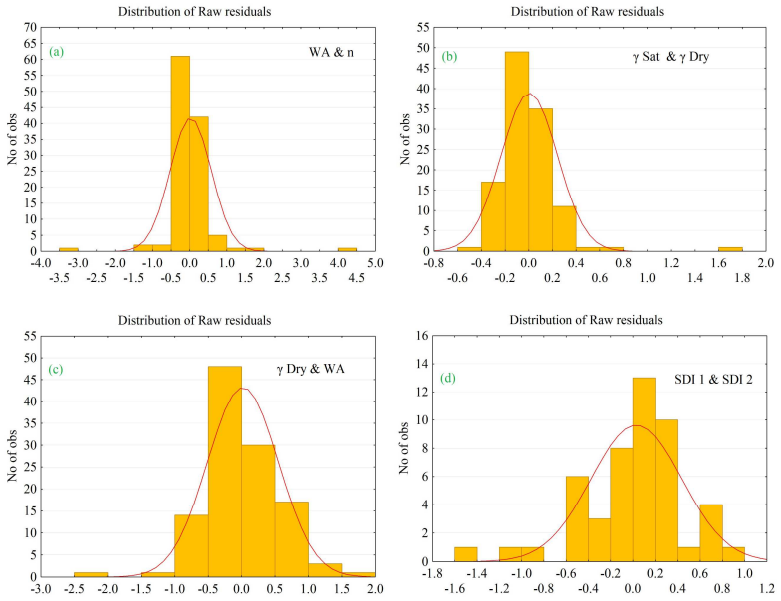


شکل ۳. روابط خطی بین خصوصیات فیزیکی مختلف

جدول ۱. روابط رگرسیونی بین خصوصیات فیزیکی و آماره‌های ارزیابی آن‌ها

Regression equation	R^2	Result of ANOVA test	
		F	Sig
$\gamma_{dry} = -0.181\,n + 25.929$	0.542	244.569	0.000
$\gamma_{sat} = -0.165\,n + 26.06$	0.598	168.356	0.000
$SDI-1 = -0.103\,n + 99.66$	0.335	24.144	0.000
$SDI-2 = -0.219\,n + 99.58$	0.400	32.001	0.000
$WA = 0.445\,n - 0.210$	0.974	4333.360	0.000
$\gamma_{sat} = 0.707\,\gamma_{dry} + 7.792$	0.926	1422.942	0.000
$SDI-1 = 0.483\,\gamma_{dry} + 87.169$	0.524	52.9	0.000
$SDI-2 = 0.978\,\gamma_{dry} + 74.20$	0.580	66.266	0.000
$\gamma_{dry} = -0.578\,WA + 25.898$	0.761	359.096	0.000
$SDI-1 = 0.617\,\gamma_{sat} + 83.498$	0.453	38.962	0.000
$SDI-2 = 1.241\,\gamma_{sat} + 67$	0.496	46.296	0.000
$\gamma_{sat} = -0.37\,WA + 25.982$	0.6	167.734	0.000
$SDI-2 = 1.824\,(SDI-1) - 82.346$	0.862	293.338	0.000
$SDI-1 = -0.247\,WA + 99.65$	0.349	25.622	0.000
$SDI-2 = -0.525\,WA + 99.544$	0.416	34.181	0.000

یکی از کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی نتایج معادلات رگرسیونی که توسط مهندسین مکانیک سنگ و ژئوتکنیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحلیل باقی‌مانده‌ها است (Ghasvareh et al., 2024; Ghobadi et al., 2023; Mojtaba Rahimi Shahid et al., 2022; Rahimi Shahid & Hashemian, 2021; M. Rahimi Shahid et al., 2022; Rahimi Shahid & Kargaranbafghi, 2021; Rahimi Shahid et al., 2023; Sharifi et al., 2024). تحلیل باقی‌مانده‌ها در حقیقت اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده با معادلات رگرسیونی است و طبیعی است که هر چه مقدار میانگین باقی‌مانده‌ها به صفر میل کند درنتیجه معادلات رگرسیونی اعتبار بالاتری دارند. برای روابط با $R^2 > 0.7$ تحلیل باقی‌مانده‌ها به‌منظور ارزیابی بیش‌تر میزان دقت نتایج روابط ارائه شده، انجام شد. تحلیل باقی‌مانده‌ها نشان می‌دهد که در تمام موارد میانگین باقی‌مانده‌ها برابر صفر است و در تمام موارد باقی‌مانده‌ی صفر حداکثر فراوانی را دارد و هیستوگرام فراوانی تمام باقی‌مانده‌ها نیز از توزیع نرمال پیروی می‌کند (شکل ۴). بنابراین تحلیل باقی‌مانده‌های روابط بین درصد جذب آب با تخلخل، وزن مخصوص اشباع با وزن مخصوص خشک، وزن مخصوص خشک با درصد جذب آب و شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول با چرخه‌ی دوم، اعتبار بالای آن‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۴. هیستوگرام فراوانی باقی‌مانده‌های رابطه‌ی (a) n با WA%، (b) γ_{sat} با γ_{dry}، (c) γ_{dry} با WA%، (d) SDI-2 با SDI-1.

۵. نتیجه‌گیری

بر پایه‌ی مطالعات صورت گرفته نتایج زیر حاصل شد:

- مقدار میانگین تخلخل سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۵/۹۹ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Rider, 2002) در رده‌ی پایین قرار می‌گیرد. مقدار میانگین وزن مخصوص خشک سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲۴/۸۷ کیلو نیوتن بر مترمکعب است و بر اساس رده‌بندی (Anon, 1979) در رده‌ی متوسط قرار می‌گیرد. مقدار میانگین وزن مخصوص اشباع سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲۵/۰۴ کیلو نیوتن بر مترمکعب است. مقدار میانگین شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول و دوم سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه به‌ترتیب برابر ۹۹/۰۸ و ۹۸/۳۴ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Franklin & Chandra, 1972) و (Gamble, 1971) به‌ترتیب در رده‌ی شدیداً مقاوم و خیلی مقاوم قرار می‌گیرند. مقدار میانگین درصد جذب آب سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۲/۵۷ درصد است و بر اساس رده‌بندی (Ünal & Altunok, 2019) در رده‌ی پایین قرار می‌گیرد؛ بنابراین بررسی خواص فیزیکی مختلف نشان می‌دهد که سنگ‌آهک‌های مورد مطالعه از دیدگاه مهندسی در شرایط نسبتاً مطلوبی قرار دارند.
- تحلیل آماری نشان می‌دهد که بین تمامی خصوصیات فیزیکی روابطی منطقی و منطبق با اصول زمین‌شناسی مهندسی و علم مکانیک سنگ برقرار است. روابط بین درصد جذب آب با تخلخل، وزن مخصوص اشباع با وزن مخصوص خشک، وزن مخصوص خشک با درصد جذب آب و شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی اول با شاخص دوام – وارفتگی چرخه‌ی دوم بیش‌ترین اعتبار را در بین روابط ارائه شده دارند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه فردوسی مشهد بخاطر حمایت مالی تحت عنوان طرح پژوهشی شماره ۳/۵۶۹۴۳ قدردانی نمایند.

منابع

Agan, C., & Cicek, F. (2020). Some rock mass, chemical, physical, thermal, and mechanical properties of Mardin limestone, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, *13*(4), 188-198. https://doi.org/10.1007/s12517-020-5146-x

Anon, O. (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping part I: Rock and soil materials. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, *19*(1), 364-371. https://doi.org/10.1007/bf02600503

Arman, H., & Paramban, S. (2021). Dimensional Effects on Dynamic Properties and the Relationships between Ultrasonic Pulse Velocity and Physical Properties of Rock Under Various Environmental Conditions. *Geotechnical and Geological Engineering*, *39*(5), 3947-3957. https://doi.org/10.1007/s10706-021-01738-7

Arman, H., & Paramban, S. (2022). Investigating the effects of specimen diameter on the relationships between mechanical and physical properties of limestone. *Journal of King Saud University - Science*, *34*(2). https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101809

Camacho-Chab, J. C., Pereanez-Sacarias, J. E., Camacho-Chab, P. A., Gaylarde, C., Arena-Ortiz, M. L., Ortiz-Alcantara, J. M., Chan-Bacab, M. J., Quintana-Owen, P., & Ortega-Morales, B. O. (2022). Influence of bacterial biopolymers on physical properties of experimental limestone blocks. *World J Microbiol Biotechnol*, *38*(12), 254. https://doi.org/10.1007/s11274-022-03438-7

Franklin, J. A., & Chandra, R. (1972). The slake-durability test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, *9*(3), 325-328. https://doi.org/10.1016/0148-9062(72)90001-0

Gamble, J. C. (1971). *Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks* University of Illinois .[

Ghasvareh, M., Shahabi, M., Rahimi Shahid, M., & Ghavi Panjeh, M. (2024). Investigating the geomechanical properties and permeability of the rocks of the Kurit dam site using geostatistical methods. *Soils and Rocks*, *47*(1), 1-15. https://doi.org/10.28927/sr.2024.014622

Ghobadi, M. H., Amiri, M., & Rahimi Shahid, M. (2023). The estimation of Brittleness indexes of Qom Formation sandstones in northern Hamedan using the ratio between point load index and porosity. *New Findings in Applied Geology*, *17*(33), 49-68. https://doi.org/10.22084/nfag.2022.25272.1493

ISRM. (2007). *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics*. Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group Ankara .

Karami, M., Rahimi Shahid, M., & Lashkaripour, G. R. (2021). Prediction of brittleness index and determination of experimental correlation between physical and mechanical properties of limestone of TaleZang Formation in Hawasan dam basement. *New Findings in Applied Geology*, *15*(30), 125-145. https://doi.org/10.22084/nfag.2021.22903.1436

Khalil, Rusli, R. K., & Andri. (2021). The Effects of Calcination on Mineral Composition and Physical Properties of Limestones and Oyster Shells Derived from Different Sources. *World's Veterinary Journal*, *11*(4), 578-586. https://doi.org/10.54203/scil.2021.wvj73

Khalil, K., Andri, A., & Rusli, R. K. (2022). *Mineral Composition, Physical Properties, and Nutritive Values of Calcined Limestone and Bivalve Shell for Muscovy Duck Starter* Proceedings of the 6th International Seminar of Animal Nutrition and Feed Science (ISANFS 2021) ,

Lashkaripour, G. R., Rastegarnia, A., & Ghafoori, M. (2018). Assessment of brittleness and empirical correlations between physical and mechanical parameters of the Asmari limestone in Khersan 2 dam site, in southwest of Iran. *Journal of African Earth Sciences*, *138*, 124-132 .

Martino, S., Di Luzio, E., Discenza, M. E., Esposito, C., Kundu, J., & Minnillo, M. (2023). Dataset on physical properties and mechanical parameters of limestone rocks from Central Apennines (Italy) by laboratory test on intact rock specimens. *Data Brief*, *46*, 108886. https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.108886

Moradi, S., Amiri, M., Rahimi Shahid, M & ,.Karrari, S. (2022). The presentation of simple and multiple regression relationships to the evaluation of uniaxial compressive strength sedimentary and pyroclastic rocks with usage experimental of the Schmidt hammer. *New Findings in Applied Geology*, *16*-۹۲ ,(۳۲) .۱۰۸https://doi.org/10.22084/nfag.2021.24761.1480

Rabat, Á., Cano, M., & Tomás, R. (2020). Effect of water saturation on strength and deformability of building calcarenite stones: Correlations with their physical properties. *Construction and Building Materials*, *232*, 117259-117274. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117259

Rahimi Shahid, M. (2022). Evaluation of multivariable regression in predicting rock slake durability index. *SRPH Journal of Fundamental Sciences and Technology*, *4* .۲۰-۱ ,(۱)https://doi.org/10.47176/sjfst.4.1.1

Rahimi Shahid, M., Amiri, M., Lashkaripour, G. R., & Moradi, S. (2022). The estimation of Hamedan limestone brittleness index using point load index and porosity test. *Geopersia*, *12*(2), 331-352. https://doi.org/۱۰,۲۲۰۵۹/GEOPE.2022.341721.648656

Rahimi Shahid, M., & Hashemian, N. S. (2021). *Evaluation of Kriging method on estimation of Lugeon data* 39th National Congress and 4th International Congress of Earth Sciences, Tehran, Iran .

Rahimi Shahid, M., Karami, M & ,.Lashkaripour, G. R. (2022). Use of multivariate regression for assessing rock mass permeability in Khersan 2 dam site using discontinuity system parameters. *New Findings in Applied Geology*, *16*(31), 32-51. https://doi.org/10.22084/nfag.2021.23832.1456

Rahimi Shahid, M., & Kargaranbafghi, F. (2021). Determining the Rock Brittle Index (BI) using multivariate regression (a case study). *Italian journal of engineering geology and environment*(2), 29-39 .

Rahimi Shahid, M., Kargaranbafghi, F., Ebadati, N & ,.Rahnamarad, J. (2023). Evaluation of groundwater quality at Shahid dam site using statistical and geostatistical methods (south of Semirom city, Iran). *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(8), 8457-8476. https://doi.org/10.1/۰۰۷s13762-023-05017-1

Regnet, J. B., David, C., Robion, P., & Menéndez, B. (2019). Microstructures and physical properties in carbonate rocks: A comprehensive review. *Marine and Petroleum Geology*, *103*, 366-376. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.0 ۲,۰۲۲

Rider, M. H. (2002). *The Geological Interpretation of Well Logs*. Rider-French Consulting. https://books.google.com/books?id=nN2UAAAACAAJ

Safari Farrokhad, S., Lashkaripour, G. R., Hafezi Moghaddas, N., Aligholi, S., & Sabri, M. M. S. (2022). The Effect of the Petrography, Mineralogy, and Physical Properties of Limestone on Mode I Fracture Toughness under Dry and Saturated Conditions. *Applied Sciences*, *12*(18). https://doi.org/10.3390/app12189237

Sharifi, Z., Lashkaripour, G., Khanehbad, M., & Rahimi Shahid, M. (2024). Estimating the uniaxial compressive strength of Esfandiar limestone strata based on their physical characteristics (Case study: North of Tabas City, Iran) *Geopersia*, -. https://doi.org/10.22059/geope.2023.360469.648718

Sharifi, Z ,.Lashkaripour, G. R., Khanehbad, M., & Rahimi Shahid, M. (2023). *Prediction of the slake durability index using the physical properties of Esfandiar Formation limestones in the north of Tabas city* The 41th National Geosciences Congress, Tehran .

Stoecklin ,J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG bulletin*, *52*(7), 1229-1258 .

Ünal, M., & Altunok, E. (2019). Determination of Water Absorption Properties of Natural Building Stones and Their Relation to Porosity. *E-journal of New World Sciences Academy*, *14*(1), 39-45. https://doi.org/10.12739/nwsa.2019.14.1.1a0429

Yur'ev, B. P., & Shafikova, E. G. (2022). Determination of Properties of Limestone and Lime during Annealing in Shaft Furnace. *Steel in Translation*, *51*(12), 886-892. https//:doi.org/10.3103/s0967091221120159

چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir

Investigating the physical characteristics of limestones in western Iran

Mojtaba Rahimi Shahid[1], Gholam Reza Lashkaripour*[2], Naser Hafezi Moghaddas[3]

[1] Ph.D. candidate in Engineering Geology, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
[2] Professor in Engineering Geology, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Lashkaripour@um.ac.ir
[3] Professor in Engineering Geology, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Abstract
One of the simple and practical ways to determine the inherent characteristics of rock in the implementation of engineering projects is to determine the physical characteristics of rock. By determining these physical characteristics, in addition to knowing the inherent characteristics of the rock, it is possible to check and determine other more complex characteristics such as mechanical and dynamic characteristics. For this purpose, in this study, the physical characteristics of limestones in western Iran (Zone 38 in the UTM system) have been investigated. The examined characteristics include porosity, specific weight (dry and saturated), slake durability index of the first and second cycles, and water absorption percentage, which were extracted from the database of engineering geological characteristics of Iranian limestones. After statistical analysis and classification of rock based on different physical characteristics, the relationship between these characteristics was checked using the regression method. Examining different physical characteristics shows that the studied limestones are in relatively favorable conditions from an engineering point of view. The relationships between water absorption percentage with porosity, saturated specific weight with dry specific weight, dry specific weight with water absorption percentage, and the slake durability index of the first cycle with the second cycle have the most validity among the relationships presented.

Keywords
Database, Porosity, Regression, Slake durability index, Specific weight.