

# Qualitative Pathology Studies in the Rock-Cut Architecture of the Historic Village of Kandovan

Mahdi Razani<sup>\*1</sup>, Alireza Baghbanan <sup>2</sup>, Seyed Mohammad Amin Emami<sup>3</sup>

1. Associate Professor, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

## Abstract

This study aims to utilize qualitative assessments derived from environmental evaluations and field tests to document the current state of damage, determine strength, and measure hardness in the external surfaces of the rock-cut architecture of the historic village of Kandovan, identifying and ranking the most significant damage factors. Environmental assessment forms were used for documenting the pathology, while a Schmidt hammer (Type L) was employed for qualitative field tests. The entire village was surveyed at 143 points. The results indicate that human activities are the primary cause of deterioration in Kandovan, with the hardness of the rock-cut surfaces classified as weak to very weak. The severe erosion of the outer surfaces of the rock houses is notable. Based on the data, the village was zoned into areas of low, moderate, and severe weathering in terms of surface strength, reflecting the extent of deterioration. Areas with greater exposure to water flows exhibit severe erosion and weathering, while those with less exposure to watercourses are classified as less weathered.

**Keywords:** Historic Village of Kandovan, Rock-Cut Architecture, Environmental Assessment, Schmidt Hammer, Qualitative Pathology, Weathering.



Knowledge and  
Conservation Restoration

Special Issue. No.1  
September 2018  
Pages 1-9

<https://journal.richt.ir/kcr>

Corresponding Author

**Mahdi Razani**

m.razani@tabriziau.ac.ir

Copyright © 2020, Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

# مطالعات آسیب شناسی کیفی در معماری صخره کند روستای تاریخی کندوان

مهدی رازانی<sup>۱\*</sup>، علیرضا باغبانان<sup>۲</sup>، سید محمد امین امامی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی دانشگاه هنر اصفهان .
۲. دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

## چکیده

هدف از این مقاله استفاده از مطالعات کیفی منتج شده از ارزیابی‌های محیطی و آزمون‌های میدانی برای ثبت وضعیت آسیب کنونی، تعیین مقاومت و سختی سنجی در سطوح بیرونی معماری صخره‌کند روستای تاریخی کندوان برای شناخت و درجه‌بندی مهم‌ترین عوامل آسیب بوده است. در همین راستا برای بخش نخست یعنی ثبت و ضبط وضعیت آسیب‌شناسی از برگه‌های ارزیابی محیطی و برای آزمون‌های میدانی کیفی از چکش اشمیت نوع I استفاده گردید. در همین راستا سراسر روستا به صورت پیمایش میدانی در قالب ۱۴۳ نقطه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بررسی‌های فوق نشان داد عوامل انسانی مهم‌ترین عامل تخریب در کندوان است و میزان سختی سطوح معماری صخره‌کند در دستگاه‌های طبقه‌بندی سختی از ضعیف تا خیلی ضعیف درجه‌بندی می‌شوند. همچنین میزان این سختی با توجه به فرسایش شدید سطوح بیرونی خانه‌های سنگی بسیار محسوس است. بر اساس داده‌های این تحقیق منطقه روستا به نواحی کمتر هوازده، هوازده متوسط و هوازده شدید از منظر میزان مقاومت سطوح معماری صخره‌کند که خود گواهی بر شدت تخریب است، انجام گرفت. نتیجتاً می‌توان تأیید کرد که نواحی که بیشتر با آب‌های جاری سروکار داشته‌اند با فرسایش و هوازدهی شدید مواجه هستند و برعکس نواحی کم ارتباط با مسیل‌های آب در دسته‌بندی کمتر هوازده قرار می‌گیرند.

**واژگان کلیدی:** روستای تاریخی کندوان؛ معماری صخره‌کند، ارزیابی محیطی، چکش اشمیت، آسیب‌شناسی کیفی، هوازدهی.



فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

ویژه‌نامه: شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷  
صفحات ۱-۹

<https://journal.richt.ir/kcr>

نویسنده مسئول  
مهدی رازانی

رایانامه  
m.razani@tabriziau.ac.ir

مقاله منتخب دهمین همایش دوسالانه حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی و تزیینات وابسته به معماری دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

## ۱. مقدمه

انسان نخستین زیستگاه خود را بر سنگ‌ها، در سنگ‌ها و از سنگ‌ها ساخت و نخستین اثراتش را با سنگ، بر سنگ و در سنگ نگارش و حک نمود. (Falamaki, 2008, p. 289) سنگ فرهنگی یا میراث سنگی را می‌توان به پنج دسته کلی تقسیم کرد: الف) ابنیه و سازه‌های سنگی (سنگ به‌عنوان مصالح ساختمانی)، ب) تزئینات و آرایه‌های معماری سنگی (سنگ به‌مثابه بخشی غیرمنقول و متصل به معماری)، ج) ابزار، اشیا و مجسمه‌های سنگی (اشیا منقول سنگی)، د) سنگ‌نگارها (نقش برجسته‌ها و نقوش روی سنگ شامل نقاشی و کنده‌کاری)، و ه) معماری صخره‌ای. (Razani et al., 2013) برخلاف معماری سنگی مرسوم که با استفاده از بلوک‌ها و تخته‌سنگ‌های شکل‌دهی شده و قلوه‌سنگ‌ها ساخته می‌شد، معماری صخره‌ای به روشی ابتدایی در بسترهای طبیعی و عموماً بدون استفاده از مصالح ساختمانی مرسوم، تنها با کندن و حفر صخره‌ها و کوه‌ها ایجاد شده و از نظر قدمت کهن‌تر از معماری سنگی مرسوم است. این نوع معماری با عناوین مختلفی مانند معماری صخره‌ای (Qarai, 1993, 1994; Shekari Niri, 1993, 1994; Homayoun, 1977; Mojtahedzadeh, 1974; Moghaddam, 1999)، معماری دست‌کند (Ashrafi, 2011) و معماری صخره‌کند (Ulusay et al., 2006; Asrat, 2002) شناخته شده و در فهرست آثار ملی و میراث جهانی ثبت شده است. روستای تاریخی کندوان در آذربایجان شرقی یکی از منحصربه‌فردترین نمونه‌های معماری صخره‌ای ایران است. تحقیقات متعدد، کندوان را به‌عنوان یکی از قابلیت‌های مهم گردشگری شمال غرب کشور معرفی کرده‌اند. (Khodaverdizadeh et al., 1999; Pourmohammadi & Nasrollahzadeh, 2013) با این حال، این روستا با تخریب شدید در معماری صخره‌کند مواجه است که به دلیل خواص ذاتی سنگ توف آتشفشانی، عوامل محیطی، و کاربری‌های کنونی، منجر به ویرانی کلی یا غیرمسکونی شدن برخی کران‌ها و سکونت فصلی روستاییان شده است. (Razani et al., 2014; Amini Birami et al., 2013) این مطالعه باهدف ثبت و مستندسازی شرایط واقعی سنگ‌ها به‌صورت کیفی و انجام آزمون‌های غیر مخرب میدانی برای درک وضعیت تخریب و هوازگی سطحی معماری صخره‌کند کندوان از کار برگ‌های ارزیابی محیطی و آزمون چکش اشمیت استفاده کرده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. ارزیابی محیطی

مستندنگاری همواره گام اولیه در مطالعات حفاظتی است. پیش از بررسی فرآیندهای فرسودگی سنگ، ثبت وضعیت حفاظتی با استفاده از مدارک تصویری کلی و بخش‌های آسیب‌دیده اهمیت دارد (آموروسو و فاسینا، ۱۳۷۰، ص ۲۵۲). برای مستندسازی معماری صخره‌کند کندوان، برگه‌های ارزیابی محیطی (شکل ۱) طراحی شد تا اطلاعات مربوط به الف) ویژگی‌های مسکونی خانه‌های صخره‌ای، ب) موقعیت و وضعیت حفاظتی خانه‌ها، ج) گونه‌شناسی آسیب‌ها و پایداری سطوح بیرونی، و د) ثبت نتایج آزمون‌های میدانی را ثبت کند. این برگه‌ها از طریق مشاهده، جمع‌آوری داده و مصاحبه با ساکنان (آبان ۱۳۹۳) تکمیل شدند.

### ۲-۲. چکش اشمیت و سختی‌سنجی

چکش اشمیت روشی میدانی برای تعیین مقاومت و سختی سطحی مصالح ساختمانی است که به دلیل سبکی، سادگی و سرعت بالا به‌عنوان آزمونی غیر مخرب مورد توجه است. در این روش، نوک چکش روی سطح صاف سنگ قرار گرفته و ضربه اعمال می‌شود. مقدار واچش چکش به‌عنوان معیاری برای سختی ثبت می‌شود. سختی اشمیت برای طبقه‌بندی سنگ‌ها و تعیین خواص مهندسی آن‌ها کاربرد دارد. در این مطالعه، برای تخمین هوازگی و تخریب سطوح بیرونی و مقاومت فشاری تک‌محوری، آزمون سختی‌سنجی با چکش اشمیت نوع L (ساخت Proceq Manufactures) در ۱۴۳ نقطه از معماری صخره‌کند کندوان انجام شد (شکل ۲). آزمون‌ها روی سطوح هوازده بدون پوشش گلسنگی انجام گرفت تا نتایج دقیقی از سختی سطحی به دست آید (Brand & Philipson, 1984).

### ۳. نتایج مستندسازی ارزیابی محیطی

پدیده‌های تخریب و هوازگی، ناشی از عوامل فیزیکی-مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، از مسائل کلیدی در حفاظت از آثار سنگی در معرض آب، هوا و شرایط محیطی هستند. تحلیل ۱۴۳ فرم ارزیابی محیطی نشان داد که مهم‌ترین عوامل تخریب کران‌های سنگی کندوان به ترتیب اثرگذاری شامل: ۱) عوامل انسانی، ۲) شرایط اقلیمی، ۳) موقعیت زمین‌شناسی، ۴) خواص ذاتی سنگ، و ۵) تجمع زیستی است که در دهه‌های اخیر شدت یافته‌اند (شکل ۳). اطلسی از آسیب‌ها برای شناسایی اولویت‌های حفاظتی و شدت و گستره انواع تخریب تهیه شد. الگوهای تخریب سطوح بیرونی معماری صخره‌کند کندوان بر اساس ریسک‌پذیری در پنج دسته شامل: ۱) ترک‌ها و شکاف‌ها، ۲) جدایش، ۳) از دست دادن مواد، ۴) تجمع زیستی، و ۵) تغییر رنگ و رسوب طبقه‌بندی شدند (ICOMOS, 2008) (شکل ۴).

نمونه فرم ارزیابی محیطی مورد استفاده در اطلاعات میدانی کندوان	
اطلاعات مسکونی خانه های صخره ای	ویژگی‌های مسکونی
	محل: مسکونی □ سکونت دائم □ فصلی □ طویل: دارد □ ندارد □ شماره کتان: غیر مسکونی □ تخریب شده □ تخریب نشده □ فعال □ غیر فعال □ ماتک: حمام داخلی دارد □ ندارد □ مرمت شده □ مرمت نشده □ سرویس بهداشتی: داخلی □ خارجی □ مرمت سستی □ تعمیرات با سیمان □ معماری قله و سنگی □ معماری جدید □ ترکیبی □ ندارد □
	تعداد طبقات با طویل: قابلیت نمونه برداری □ ندارد □ قابلیت نمونه برداری: طول لنگه بین طبقات: شماره نمونه:
توزیع کربناتی و پودریس کربناتی	ویژگی‌های توپوگرافی و جغرافیایی
	طول- عرض ارتفاع تقریبی: فاصله تا بهترین مسیر: شیب محل فرارگیری: میان لایه □ ندارد □ میزان ارتفاع رطوبت صمودی: موقعیت تخریب سازه ای □ ندارد □
معماری آسب بر اساس فرهنگ سبزه آسبهای تخریب سنگ صخره	ویژگی‌های هوازدگی
	لایه‌های شدن □ تورم □ رسوب □ تجمیع سنگی □ توضیحات: نمان شکستگی □ شکستگی □ درزه □ ترک سازهای □ رطوبت دارد □ صمودی □ نزولی □ داخلی □ رطوبت ندارد □ فرسایش نامنظم □ از دست دادن اجزا □ از دست دادن ماتریکس □ پودر شدگی سطحی □ شدید □ ضعیف □ واریزه در محل □ شدید □ ضعیف □ تجمیع زینتی □ گلسنگ □ چلنگ □ عزه □ قارچ □ گیاه □ تالونی □ گزاقینی □ برداشت کننده و تاریخ تکمیل فرم:
	عدد چکش اشمیت: زاویه چکش اشمیت:

\*ICOMOS: International council on monuments and sites

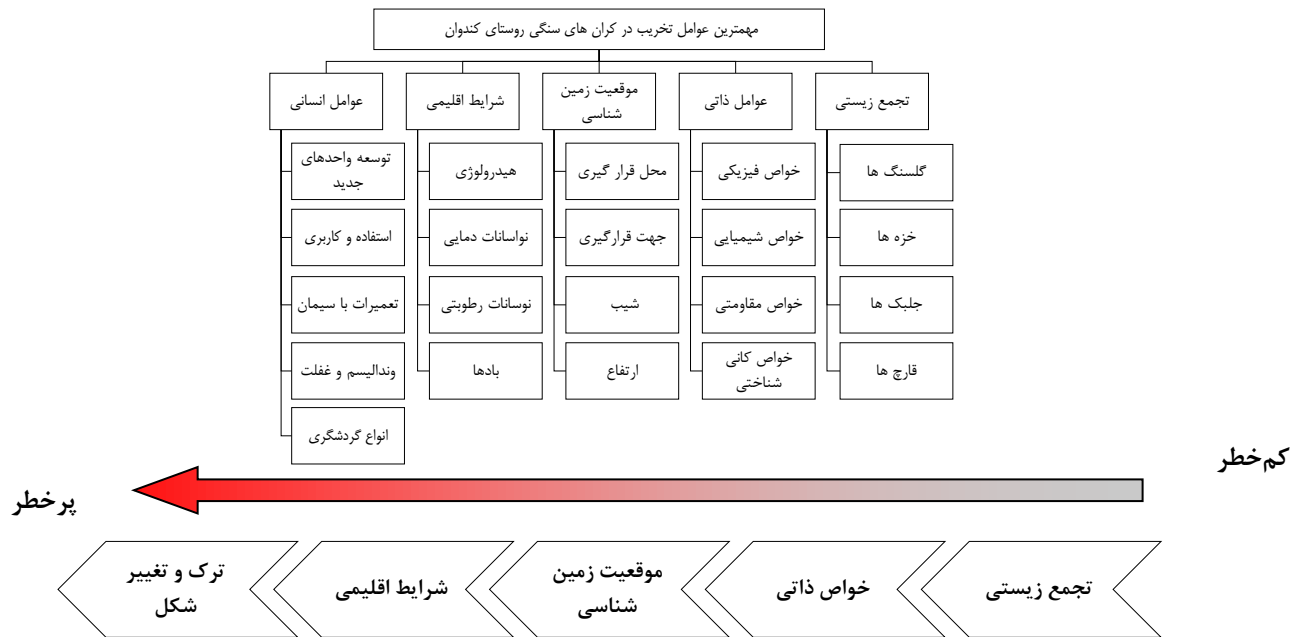
شکل ۱. نمونه فرم ارزیابی محیطی استفاده شده در بررسی‌های میدانی کندوان.



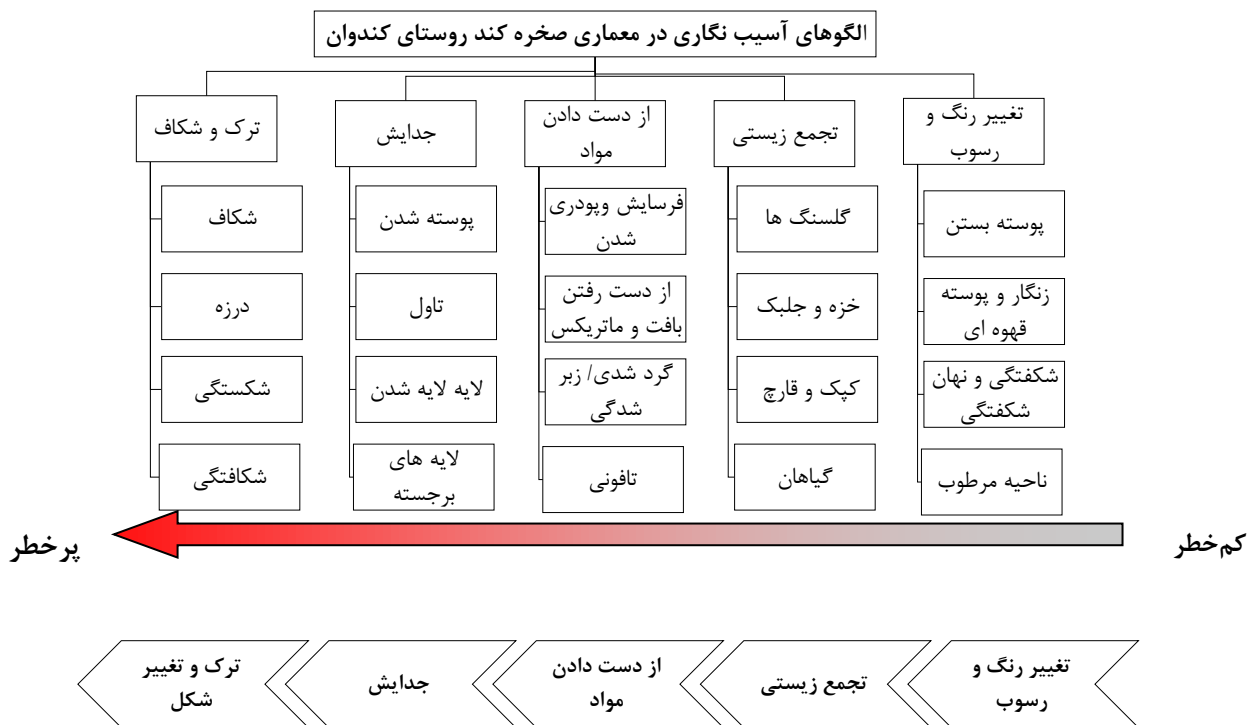
شکل ۲. چکش اشمیت نوع L استفاده شده؛ (ب) اندازه‌گیری سختی واجهشی با چکش اشمیت روی سطوح هوازده کندوان.

جدول ۱. سختی‌سنجی با چکش اشمیت

چکش اشمیت	نمونه‌ها
چکش اشمیت نوع L	۱۴۳ نقطه در کل روستا
میانگین قرائت‌ها × ضریب تصحیح = سختی اشمیت	عدد استاندارد سندان
	میانگین ده قرائت دوم روی سندان = ضریب تصحیح



شکل ۳. مهم ترین عوامل تخریب کران های سنگی کندوان بر اساس بررسی های میدانی.



شکل ۴. مهم ترین الگوهای اصلی تخریب سطوح بیرونی معماری صخره کند کندوان بر اساس نتایج برگه های ارزیابی محیطی.

#### ۴. نتایج آزمون سختی سنجی چکش اشمیت

عوامل ذاتی مانند نوع کانی ها، اندازه دانه ها، چسبندگی کانی ها و رفتار الاستیک و پلاستیک سنگ بر سختی آن تأثیر می گذارند. بر اساس واجهش چکش اشمیت، سنگ ها به شش گروه هوازگی تقسیم بندی می شوند (Brand & Philipson, 1984) (جدول ۲). آزمون سختی سنجی در ۱۴۳ نقطه با زاویه افقی ۹۰ درجه انجام شد و سطوح بیرونی خانه های کله قندی کندوان در دسته های ضعیف (بسیار هوازده، گروه ۴) تا بسیار ضعیف (کاملاً هوازده، گروه ۵) قرار گرفتند. جبهه شرقی با نور کمتر و آفات بیولوژیکی بیشتر، کمترین فرسایش و

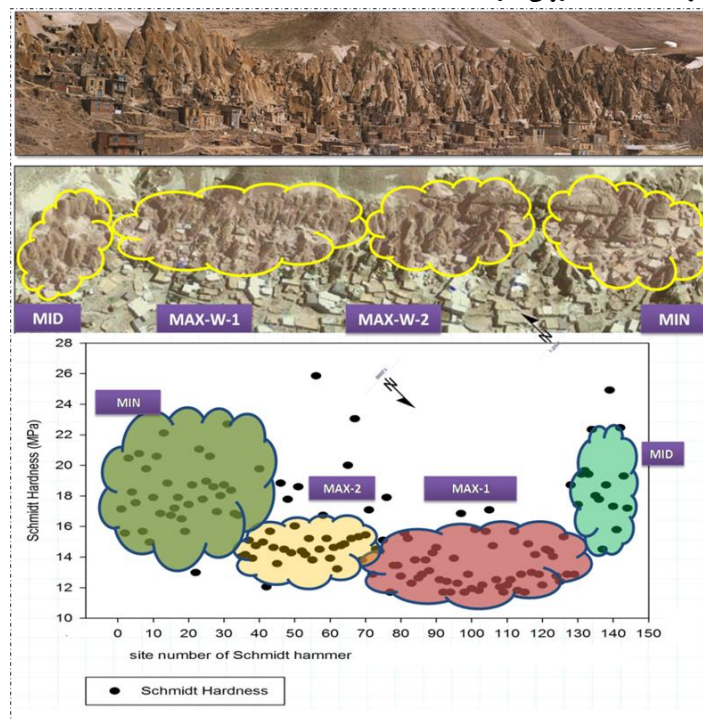
جبهه غربی با نور بیشتر و آفات کمتر، فرسایش متوسط داشت. بخش میانی رو به غرب شدیدترین فرسایش را نشان داد (شکل ۵). مناطق نزدیک به مسیل‌های آب مقاومت سطحی کمتری نسبت به مناطق دورتر داشتند. جدول ۲. شاخص درجه هوازگی بر اساس عدد چکش اشمیت (Brand & Philipsonm., 1984)، (هر عدد واجهش برابر با  $10 \text{ kg/cm}^2$  است)

توصیف درجه	توصیف
تازه (۱)	عدد واجهش اشمیت حدود ۶۰ است، نشانه‌ای از رنگ‌رفتگی ندارد.
کمی هوازده (۲)	واجهش اشمیت بیش از ۴۵ و کمتر از ۶۰ است، تغییر رنگ در امتداد ناپیوستگی‌ها آغاز شده و جزئی به داخل سنگ نفوذ کرده است.
نیمه هوازده (۳)	واجهش اشمیت حدود ۲۵ تا ۴۵ است، تغییر رنگ داده است، هوازگی در ناپیوستگی‌ها نفوذ کرده است.
خیلی هوازده (۴)	احتمالاً هسته‌هایی از سنگ هوازده وجود داشته باشد. در تمام سنگ واجهش اشمیت تا ۲۵ است، تغییر رنگ شدید
کاملاً هوازده (۵)	با چکش اشمیت هیچ واجهشی ندارد، سنگ تجزیه شده است.
خاک برجا (۶)	سنگ کاملاً تغییر رنگ داده و تجزیه شده است. با دست به سادگی خرد می‌شود. ظاهری ترد و ازهم‌پاشیده دارد.

جدول ۳. مقایسه واجهش سختی اشمیت بر اساس مطالعات میدانی روستای کندوان

متغیر	کندوان			کندوان (Kaljahi et al., 2015)		
	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین
سختی اشمیت (R)	۱۲	۲۴	۱۸	۱۵	۲۵	۲۱

مقایسه نتایج در سراسر روستا نشان از ضعیف (خیلی هوازده (۴)) و خیلی ضعیف (کاملاً هوازده (۵)) بودن سطوح بیرونی معماری صخره‌کند کندوان دارد. بر اساس نتایج حاصله از جبهه شرقی که دارای شرایط کمتر آفتابی و آفات بیولوژیک بیشتر است، کمترین میزان فرسایش و در مقابل، جبهه غربی با بیشترین ساعات آفتابی و کمترین میزان آفات بیولوژیک در درجه دوم فرسایش قرار دارد. در ادامه نیز بخش میانی رو به شرق دچار فرسایش درجه دو و بخش میانی رو به غرب دارای شدیدترین فرسایش است که این نتیجه در واقعیت نیز کاملاً مشهود است (شکل ۵). آزمون میدانی چکش اشمیت همچنین نشان داد مناطق در مسیر مسیل‌های آب دچار مقاومت سطحی کمتری نسبت به مناطق دیگر که هم‌جواری کمتری با آب‌های روان دارند؛ هستند.



شکل ۵. پراکنندگی سختی اشمیت از غرب به شرق کندوان با ۱۴۳ نقطه محل انجام آزمون

سیستم هوازگی و کاهش سختی سطحی بر اساس سختی سنجی چکش اشمیت و مشخص نمودن مناطق دارای فرسایش شدید (MAX-W1)، فرسایش نیمه‌شدید (MAX-W2)، کمتر فرسایش یافته (MID)، فرسایش یافته (MIN).

## ۵. نتیجه گیری

حفاظت از میراث معماری صخره کند کندوان و بخصوص نمونه موردی این مطالعه با چالش‌هایی مواجه است. از جمله مشکلات پیش رو: تخریب شدید بدنه‌های توفی به وسیله عوامل انسانی و طبیعی است که موجب پایین آمدن سطح رفاه ساکنین روستا شده است. این در حالی است که برای انجام هرگونه اقدام حفاظتی اعم از مداخله فنی یا اقدام پیشگیرانه، فهم کاملی از خصوصیات ساختاری مصالح، در کنار برآیند کمی و کیفی از چگونگی فرآیند تخریب، میزان و شدت هوازدهی برای انتخاب اولویت حفاظتی ضروری است، در همین راستا می‌توان با استفاده از مطالعات کیفی پیش از انجام مطالعات کمی و آنالیزهای ساختاری به اطلاعات و داده‌هایی دست‌یافت که مبنایی برای ادامه مطالعات بوده و در مواردی تمرکز را نسبت به مطالعات اصلی جهت کاهش هزینه‌ها و پاسخگویی به سؤالات به صورت دقیق‌تر هدایت کنند.

## سپاسگزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند از همکاری جناب آقایان رامین محمدی سفیدخانی، طلحه قدوسیان، بیستون علیزاده و همچنین پایگاه میراث فرهنگی کندوان برای همکاری در انجام مطالعات سپاسگزاری نمایند.

## منابع

- اشرفی، مهناز، (۱۳۹۰). پژوهشی در گونه شناسی معماری دست‌کند، دو فصلنامه هنر نامه دانشکده معماری و شهرسازی. ش. ۷. ۲۵-۴۷.
- امینی بیرامی، فریده، (۱۳۹۲). بررسی عوامل زیست‌محیطی مخرب بر خانه‌های سنگی - مخروطی شکل (روستای گردشگری کندوان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی زمین‌شناسی. دانشگاه تبریز
- آموروسو، ج. و فاسینا، (۱۳۷۰). فرسودگی سنگ و حفاظت از آن، آلودگی جوی، تمیز کردن، استحکام‌بخشی و حفاظت. مترجم: رسول وطن دوست، تهران: میراث فرهنگی. [نسخه اصلی ۱۹۸۳].
- پیرمحمدی، ف، عامری، ع، جهانگیری، ا، مجتهدی، م، هاوا چن، چانگ، کسکین، م (۱۳۹۰)، کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و سنگ‌زایی مجموعه آتش‌فشانی سهند، شمال غرب ایران، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، س ۱۹، ش. ۱، بهار ۸۳: ۹۰-۱۰۲.
- خداوردیزاده، محمد. حیاتی، باب اله و کاووسی کلاشمی، محمد (۱۳۷۸). برآورد ارزش تفریحی روستای تاریخی کندوان آذربایجان شرقی با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط. نشریه علوم محیطی، سال ۵، (۴)، ۴۳-۵۲.
- رازانی، مهدی، امامی، محمدامین، باغبانان علیرضا، (۱۳۹۳) حفاظت پایدار از معماری صخره‌ای روستای تاریخی کندوان، دومین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط‌زیست پایدار دانشکده شهید مفتح همدان. زمان برگزاری ۱۲/ مهر ۱۳۹۳.
- شکاری نیری، جواد، (۱۳۷۳). معماری صخره‌ای در فرهنگ و تمدن اسلامی ایران (مسجد سنگی داراب)، معماری و شهرسازی، ش ۲۸ و ۲۹، دوره ۵، ۵۴-۶۲.
- شکاری نیری، جواد، (۱۳۷۲). معماری صخره‌ای در آذربایجان و زنجان، مجله معماری و شهرسازی، ش. ۲۲-۲۳. س. ۵.
- فلامکی، منصور، (۱۳۸۷). تکنولوژی مرمت معماری، تهران: فضا.
- فهیمی فر، ا، سروش، حسین؛ (۱۳۸۰) آزمایش‌های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها. تهران: شرکت سهامی آزمایشگاه فنی مکانیک خاک تهران.
- قرائی مقدم، امان‌الله (۱۳۷۸). معماری صخره‌ای. نشریه هنر نامه معماری و شهرسازی، (۴)، ۱۰۸-۱۲۳.
- گرچی مهبلبانی، یوسف و سنائی، المیرا (۱۳۸۹). معماری همساز با اقلیم روستای کندوان. مسکن و محیط روستا، سال ۲۹، (۱۲۹)، ۲-۱۹.
- مجتهد زاده، غلامحسین (۱۳۵۳). دهکده‌ی صخره‌ای کندوان. مجله هنر و معماری، سال ۴، (۱۲-۱۴)، ۱۰۴-۱۴۹.
- همایون. غلامعلی (۱۳۵۶). روستای تاریخی کندوان. مجله بررسی‌های تاریخی، سال ۱۲، (۱)، ۱۵۷-۲۱۶.
- Verges-Belmin, V. (Ed.). (2008). Illustrated glossary on stone deterioration patterns (English-French ed.). Paris: ICOMOS & ISCS (International Scientific Committee for Stone).
- Brand, W. E., & Philipson, H. B. (1984). Site investigation and geotechnical engineering practice in Hong Kong. Geotech. Eng. (Journal of Southeast Asian Geotech. Soc.), 2, 105.
- International Society for Rock Mechanics [ISRM]. (1978). Commission on testing methods: Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15(3), 97-103.

---

Kaljahi, E. A., Birami, F. A., & Hajjalilue, M. (2015). Influence of geological structures and weathering in formation and destruction of cone-shaped rocky houses of the Kandovan village, Iran. In *Engineering geology for society and territory – Volume 8* (pp. 231-234). Springer International Publishing.

پیوست ۱. معرفی و شناخت مختصر روستای صخره کند کندوان به مثابه نمونه مطالعاتی

مشخصات		شناسه	
روستای کندوان واقع در شهرستان اسکو و به فاصله ۶۲ کیلومتری از شهرستان تبریز؛ در مختصات ۴۷ درجه و ۱۴ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۶ ثانیه عرض شمالی و در ارتفاع متوسط ۲۲۴۴ متر از سطح دریا است (مقیما اسکویی، ۱۳۹۰). و در دل دره‌ای به همین نام در دامنه کوه آتش فشانی سه‌پند قرار گرفته است.	موقعیت جغرافیایی	شاخص طبیعی و جغرافیایی	
روستای کندوان بر روی یک بخش میانی نهشته‌ای ایگنیمبرایتی سه‌پند که دارای رنگ خاکستری متمایل به گلی و با ساختی پیروکلاستیک با جور شدگی ضعیف است تشکیل شده است. این افق ایگنیمبرایتی با ضخامت حد اکثر ۴۰ m از قطعات ریزودرشت پامیس و خرده سنگ‌های آتش فشانی تشکیل شده که خمیرهای ریزدانه متشکل از خرده‌های پامیس و کانی‌های منفرد آن‌ها را در بر گرفته‌اند (غیوری، ۱۳۸۱) نحوه پیدایش مخروط‌های ایگنیمبرایتی دره کندوان را نویسندگان مختلف بدین شرح بیان نموده‌اند تشکیلات پامیس و ایگنیمبریتی کندوان در اثر حمل مواد منفصل که بیشتر اسیدی و توفی بوده و به جاگذاری در منطقه حوضه دریاچه کندوان با ضخامت قابل توجه به وجود آمده‌اند. بعد از رسوب گذاری و عقب نشینی حوضه دریایی از منطقه کندوان، تشکیلات ایگنیمبرایتی در معرض عوامل بیرونی مانند نیروی مکانیکی آب‌های جاری قرار گرفته‌اند و در محل روستای کندوان در پرتگاه‌های دامنه متشکل از رسوبات آتش فشانی (به ویژه ایگنیمبریت‌ها) نفوذ آب‌های سطحی و تناوب ذوب و انجماد در سیستم تخریب مکانیکی در درون شکاف‌های عمودی موجود در سنگ‌ها، موجب افزایش و جدایش درزه‌ها شده که این توسعه فضاهای درزه و شکاف‌ها محل مناسب برای جریان آب‌های سطحی فراهم نموده است. با تمرکز جریان‌های سطحی در این دامنه‌ها، مخروط‌های ایگنیمبرایتی پدید آمده است (گرچی مهلبانی، سنائی، ۱۳۸۹، معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶، رسولی، ۱۳۶۷، امینی بیرامی ۱۳۹۲).	نحوه‌ی پیدایش	شاخص زمین شناسی	
سن تشکیلات ایگنیمبریت این دهکده را می‌توان به بیش از ۵ میلیون سال و کمتر از ۱۰ میلیون سال تخمین زد (معین وزیری و سبحانی، ۱۳۵۶).	سن تشکیلات زمین شناسی		
صخره‌های مخروطی شکل که نتیجه‌ی فرسایش آب‌های روان هستند و با دخالت انسان و کنده‌کاری در صخره‌های مذکور مسکنی را برای خود تعبیه نموده‌اند. کندوان چای با زهکشی دامنه‌های شمال غربی سلطان داغی مقادیر زیادی رسوب با خود حمل می‌نماید که نمایشگر فرسایش شدید است (قنبری و دیگران، ۱۳۹۱).	ساختار مورفولوژی کی فرسایش		
عدم حفاظت و مرمت خانه‌های صخره‌ای، عدم تناسب در ساخت خانه‌های جدید.	حفاظت کالبدی	شاخص کالبدی	
معماری صخره کند روستا دارای کاربری مسکونی است اما به علت وجود رطوبت، بسیاری از این ابنیه در فصول سرد سال خالی از سکنه می‌شوند.	کاربری فعلی		
به علت تراکم، درهم‌رفتگی، تغییر کاربری و تخریب آمار دقیقی از تعداد خانه‌های صخره کند وجود ندارد اما در حدود ۱۰۰ کران برآورد می‌شود.	تعداد کران‌های مسکونی		
جمعیت ثابت حدود ۷۰۰ نفر در قالب ۱۵۰ خانوار که در فصول گرم سال به واسطه مهاجرت معکوس دو برابر می‌گردد.	جمعیت	شاخص اجتماعی	
در دهه گذشته بیش از ۵۰۰ هزار نفر گردشگر داخلی و خارجی سالانه از این روستا دیدن می‌نمایند.	وضعیت گردشگری		
تاریخ سکونت در روستا بر اساس استفاده از معماری صخره کند بر مخروطی‌های توفی روستای کندوان به صورت دقیق مشخص نیست و نیاز به تدقیق اطلاعات باستان‌شناسی دارد اما بر اساس داده‌های سفال تاریخی حداقل تاریخ آن مربوط به دوره مغول هست (هماپون ۱۳۵۶).	قدمت تاریخی	شاخص‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی	
خطوط تلفن، لوله‌کشی آب، برق، شبکه فاضلاب روستایی، راه آسفالت، پارکینگ (محدود).	امکانات رفاهی		
مسجد، حسینیه، دبستان ابتدایی، حمام عمومی، دهیاری مستقر در محل، مرکز بهداشت، بانک، کمپ گردشگری، هتل بین‌المللی (لاله).	مراکز خدماتی و مذهبی		
خانه‌های صخره‌ای و منظر طبیعی زمین‌شناسی کندوان، چشمه‌ی آب معدنی، رودخانه‌ی آب، دره‌های سرسبز، چمن‌زار طبیعی.	جاذبه‌های گردشگری		
کشاورزی، دامداری، پرورش زنبور عسل، باغداری و زراعت، تولید صنایع دستی، مفازه‌داری و دست‌فروشی.	شغل ساکنین	شاخص اقتصادی	