دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۷۵-۶۳

*علیرضا حبیبی[۱]
حمیدرضا پیروان[۲]

بررسی تاثیر پارامترهای ژئومورفیک بر میزان رسوب در اقلیم نیمه خشک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۱

چکیده

فرسایش و تولید رسوب یکی از مخاطرات محیطی بوده که همواره جوامع انسانی را تحت تاثیر قرار داده است. هدف از این تحقیق از یک سو تعیین میزان تولید رسوب واحدهای مختلف لیتولوژی حوضه حبله‌رود با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران و از سوی دیگر شناسایی عوامل موثر در تولید رسوب از طریق مدل رگرسیونی می‌باشد. با تعمیم نتایج تولید رسوب واحدهای لیتولوژی به سطح حوضه، پتانسیل مقدار رسوب ویژه به صورت نقشه در محیط $ARCGIS_{10.2}$ آماده شد. برای هر زیرحوضه، پارامترهای مورفومتری و محیطی، جداگانه محاسبه شد. در هر زیر حوضه، پارامترهای محیطی و مورفولوژی به عنوان متغیر وابسته و میزان تولید رسوب ویژه به عنوان متغیر مستقل در نرم‌افزار $SPSS_{20}$ با روش رگرسیون چندگانه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که از بین ۱۵ پارامتر مستقل، بیش‌ترین ارتباط را پارامترهای شیب، محیط حوضه، پوشش گیاهی و فرسایش‌پذیری سازندها داشته است. به عبارتی، ۸۵ درصد از رسوب حوضه با این پارامترها قابل پیش‌بینی است.

کلید واژه‌ها: اقلیم نیمه‌خشک، شبیه‌ساز باران، رگرسیون، رسوب.

*۱- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. (نویسنده مسئول). E-mail: Habibi1354@yahoo.com
۲- گروه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

مقدمه

زمین از بدو پیدایش، در اثر نیروهای درونی و بیرونی دائماً در حال تحول و دگرگونی است (Rajaei, 1994: 328). یکی از عواملی که موجب تغییر و تحول در نقاط مختلف زمین شده، پدیده فرسایش می‌باشد. این فرآیند موجب پدید آمدن اشکال و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی متعددی در جهان شده است. با وجود این‌که فرآیند فرسایش بسیار قدیمی‌تر از عمر انسان بوده، اما خیلی دیر به این مفهوم پرداخته شده است. واژه فرسایش در قرن نوزدهم برای عموم شناخته شده است (Bayati Khatibi, 2004: 17). فرسایش مجموعه‌ای از عوامل بیرونی بوده که ناهمواری‌ها را تغییر می‌دهد و با عوامل درونی در شکل زمین‌زایی (ژئومورفوژنز) یا شکل‌زایی (مورفوژنز) مشارکت می‌کند (Rajaee-Cited in Shayan & Zare, 2011: 77). فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که تأثیرات مخربی بر زیست‌بوم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. این پدیده نتیجه فرآیندهای پیچیده‌ای است که در برگیرنده تعداد زیادی از متغیرها مانند بارش، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عملیات حفاظتی می‌باشد (Sadeghi & Singh, 2005: 69). فرسایش نه تنها سبب فقیرشدن خاک‌ها و لم یزرع شدن اراضی و کاهش تولید می‌شود، بلکه با رسوب‌گذاری خاک‌های فرسایش یافته در آبراهه‌ها، مخازن سدها، کانال‌های آبیاری و زهکشی و بنادر از عمر مفید آن‌ها کاسته شده و در نتیجه موجب مضاعف شدن خسارات می‌شود. بنابراین نباید مسئله حفاظت و حراست از خاک را کوچک شمرد. امروزه حفاظت و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقداماتی است که در هر کشور بایستی به آن توجه خاصی مبذول نماید. مدیریت نادرست، بی‌توجهی و بهره‌برداری بی‌رویه می‌تواند خاک، این منبع آسیب‌پذیر را به سوی نابودی سوق دهد و در نتیجه، حیات بشر مورد تهدید قرار گیرد. شواهد باستان‌شناسی نیز نشان داده‌اند که تخریب خاک عامل نابودی برخی تمدن‌ها است (Olson, 1981: 261). فرسایش خاک، فرآیند پیچیده‌ای است و نرخ آن بازتابی از اقتصاد سیاسی، مدیریت زمین و شاخص توسعه‌یافتگی کشورها به‌شمار می‌رود (Ounagh & Nohtani, 2004: 157). فرسایش خاک عامل نابودی و از بین رفتن خاک با ارزش است (Jedari Eyvazi & Jokar, 2001: 73). فرسایش در ژئومورفولوژی فرآیندی است که منجر به شکل‌گیری فرم‌ها می‌شود. در واقع این فرآیند در کنار سایر عوامل محیطی از جمله زمین‌ساخت، موجب تغییر و تحولات متعددی در چهره ناهمواری‌های کره زمین شده است. بسته به تاثیر عواملی چون دما، رطوبت، تابش خورشید، جنس و نوع لیتولوژی و عوامل درونی، میزان حضور و تداوم این عوامل، سرعت فرسایش نیز متفاوت است. یکی از عوامل موثر در رسوب‌زایی حوزه‌های آبخیز، جنس سازندهای موجود در منطقه می‌باشد. به طوری که سازندهای حساس به فرسایش در مقایسه با سازندهای سخت و محکم دارای پتانسیل رسوب‌دهی بیش‌تری هستند (Feiznia, 1995: 14). یکی از فرسایش‌پذیرترین سازندها، مارن‌ها می‌باشد. این سازند در جنوب حوضه حبله‌رود رخنمون دارد. (Gharchorlo Morteza et al., 2018: 225) در پژوهشی با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست و مدل رقومی ارتفاع، اثرگذاری ۲۷ پارامتر ژئومورفومتری به عنوان متغیرهای مستقل را بر میزان پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار دادند. نتایج اولیه تحلیل‌های رگرسیونی نشان داد که با وجود همبستگی‌های پایین، بسیاری از پارامترهای ژئومورفولوژی از روابط رگرسیونی معنی‌داری با پوشش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

گیاهی برخوردار بودند. در تحقیق دیگر، Habibi (2017: 30) نقش ۸ پارامتر عمق دره، شاخص موقعیت توپوگرافی، ارتفاع، شیب، موقعیت دامنه، شاخص جهت شیب، تحدب سطح زمین و انحناء عمومی را در توزیع فضایی پوشش گیاهی بررسی کرده و به ارتباط تنگاتنگ این عوامل با پوشش گیاهی اشاره نموده است. Habibi (2017) در حوضه آبخیز کارون به مقایسه پتانسیل فرسایش آبی و بادی واحدهای ژئومورفیک با بهره‌گیری از مدل اریفر و پسیاک پرداخته است. نتایج تحقیق ایشان نشان داد، در یکی از زیر حوضه‌های کارون سهم پتانسیل فرسایش آبی در تیپ‌های دشت‌سر اپانداز، دشت‌سر فرسایشی و جلگه رسی به‌ترتیب ۲۷/۷، ۳۵/٤ و ۳٦/۷ درصد از پتانسیل تولید رسوب می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از اجرای مدل فرسایش آبی با مقادیر مشاهداتی دقت قابل قبول (۷۵٪) را نشان می‌دهد. در حالی که میزان برآورد فرسایش بادی در این حوزه با استفاده از مدل اریفر[3] (IRIFR) نشان داده که دشت سراپانداز با سهمی برابر با ۷۲/۷ درصد بیش ترین مقدار و پلایا با ۱۵/٤ درصد در مرحله بعد قرار دارد و دشت‌سر فرسایشی با ٤/۲ درصد کم‌ترین نقش را در فرسایش بادی حوضه دارا است. مطالعه همزمان فرسایش آبی و بادی با تاکید بر ژئومورفولوژی، روشی مناسب برای برنامه‌ریزان، جهت برآوردی صحیح از میزان فرسایش می‌باشد (Habibi, 2017: 19). اندازه‌گیری رسوب‌زایی، کلید اصلی درک اثر فرسایش در گذشته یا تغییرات اقلیمی می‌باشد (Walling, 1997: 77). در زمینه فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی نهشته‌ها با استفاده از باران‌ساز، Hamed et al (2002: 1)، Jordan & Martinez (2007: 324), Zavala (2008: 913) به این نتیجه رسیدند که باران‌ساز در مقیاس پلات برای تخمین هدر رفت خاک در مقیاس حوزه آبخیز، مناسب است. Kinnell (2005: 902)، به این نتیجه رسید که مدل رگرسیونی چند متغیره و استفاده از باران‌ساز با قطرات تولیدی در حد متوسط، ابزار ارزشمندی برای پیش‌بینی رسوب‌زایی حوضه می باشد. در ایران نیز Sheklabadi et al (2003: 85) بافت خاک را مهم‌ترین پارامتر در ایجاد رواناب و رسوب در حوزه آبخیز گل‌آباد دانستند. Feiznia et al (2005: 14) به این نتیجه رسیدند که درصد ماده آلی، همبستگی بسیار بالایی با رسوب تولیدی در خاک‌های لسی استان گلستان دارد. بررسی حساسیت نهشته‌ها، به‌عنوان قشر خارجی میزان پوسته زمین و در معرض فرسایش در امر حفاظت خاک و کنترل فرسایش بسیار ضروری است. در این تحقیق پتانسیل میزان رسوب‌دهی سازندهای حوضه حبله‌رود بر اساس مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از معادله رگرسیون چندگانه، بین متغیر وابسته (میزان رسوب) با متغیرهای مستقل مورفومتری و محیطی، اقدام به تعیین مهم‌ترین پارامترها و ارائه رابطه ناحیه‌ای گردید.

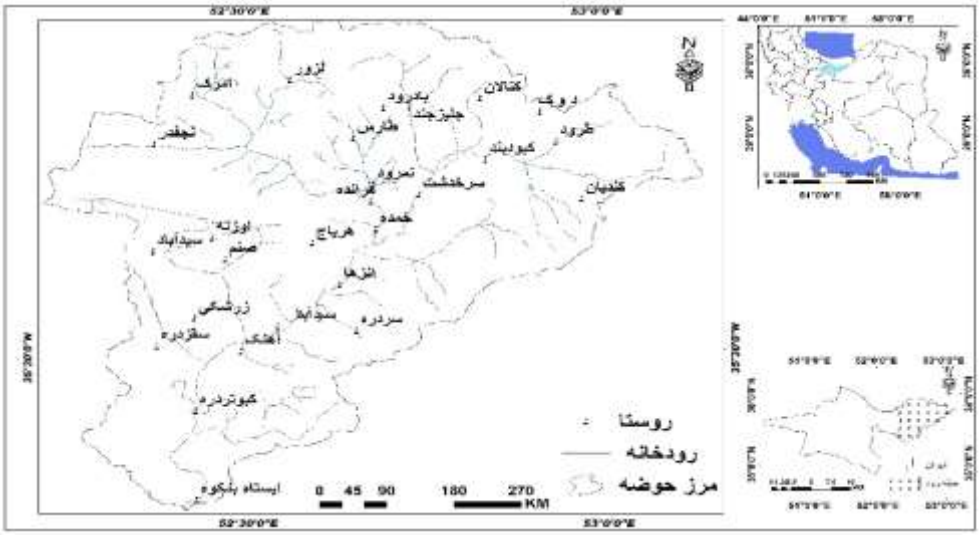
محدوده مورد مطالعه

حوضه حبله‌رود در حاشیه جنوبی البرز مرکزی بین ۵۲ درجه ۱۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری در استان تهران و شهرستان‌های فیروزکوه و نمرود قرارگرفته است (شکل ۱). مساحت حوضه مورد مطالعه ۳۲۳۵ کیلومتر مربع است.

3- IRAN Research Institute of Forest and Rangelands

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

بلندترین نقطه ارتفاعی این حوضه ٤۰۰۳ متر و حداقل ارتفاعی آن ۱۰۰۰ متر از سطح دریا است. واحدهای زمین‌شناسی این حوضه در محدوده زمانی پرکامبرین تا کواترنری قرار دارند و مربوط به سازندهای کهر، بایندر، زایگون، لالون، مبارک، الیکا، شمشک، دلیچای، لار، تیزکوه، فاجان، زیارت، کرج، کند، قرمز تحتانی، قم، قرمز فوقانی، کهریزک، آبرفت تهران و سنگ‌های ولکانیکی دوره چهارم می‌باشد. سنگ‌شناسی غالب شامل آهک، مارن، شیل و ماسه‌سنگ، توف و آبرفت است.



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه تحقیق و حوضه حبله رود

Figure 1: Geographical location map of stadied area and Hableh Rood basin

مواد و روش‌ها

روش کار در این تحقیق بر پایه روش تحلیلی محاسباتی و بررسی‌های میدانی استوار است. بر این اساس ابتدا آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و رسوب‌سنجی، هواشناسی، باران‌سنجی استخراج شده است. برای مشخص کردن واحدهای سنگ‌شناسی سطح حوضه از نقشه زمین‌شناسی تهران و سمنان ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمسار، کهن‌آباد، دماوند و فیروزآباد استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه دیجیتالی سازمان نقشه‌برداری برای ساختن DEM و شیب حوضه مورد استفاده قرار گرفته است. پس از تفکیک سازندهای زمین‌شناسی، بر اساس ترکیب سنگی، ۱۲ گروه لیتولوژیکی مشخص شده است. در بازدید میدانی اولیه از سطح حوضه مشخص گردیده که سازندهای حساس مارنی در جنوب حوضه و سازندهای سخت در شمال حوضه قرار گرفته‌اند. واحدهای کاری بر اساس تلفیق نقشه شیب و لیتولوژی بر روی دامنه فاقد پوشش گیاهی انجام شده است. در این تحقیق در دو مرحله جداگانه در جنوب حوزه (واحدهای مارنی و حساس) و شمال حوضه در روستاهای آرو و سیدآباد (سازندهای سخت و غیر مارنی) اقدام به انجام آزمایش میدانی با دستگاه شبیه‌ساز باران نوع کامفورست با شدّت بارش ٤ میلی‌متر در دقیقه با تداوم بارش متوسط ۱۰ دقیقه در سه تکرار بر سطح دامنه با شیب ۲۰٪، میزان رواناب و رسوب تولیدی اندازه‌گیری شد. میزان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

رواناب و رسوب واحدهای لیتولوژی در بطری جمع‌آوری‌گردیده و نمونه‌ها جهت توزین میزان رسوب و رواناب به آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری منتقل شد. روش توزین در آزمایشگاه با استفاده از وزن تین‌های اولیه و خشک‌کردن نمونه رسوب در اتوکلاو با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بعد از توزین مجدد، وزن رسوب برحسب گرم محاسبه شده است. با توجه به مشخص بودن سطح پلات آزمایشی، میزان رسوب ویژه برحسب تن در هکتار برای آن واحد لیتولوژی محاسبه شد و با تعمیم آن به سطح زیرحوضه و تعیین متوسط وزنی داده‌ها، رسوب ویژه هر زیرحوضه در محیط $ARC_GIS_{10.2}$ به‌دست آمد. برای تکمیل و افزایش تعداد داده‌ها، از نتایج شبیه‌ساز سایر محققان در سازندهای کند، تیزکوه و توف‌های سازند کرج نیز استفاده شد (Peyrowan et al., 2014: 193). میزان ارتباط و وابستگی مقدار رسوب ویژه به تفکیک زیرحوزه‌ها با متغیرهای مستقل مورفومتری و محیطی در محیط نرم افزار SPSS20 با روش رگرسیون چندگانه با دو روش همزمان[4] و پسرونده[5] بررسی شد و نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

- شبیه‌ساز باران صحرایی

دستگاه از نوع باران‌ساز کوچک قابل حمل است. مشخصات فنی دستگاه با ارتفاع سقوط قطرات ۳۷۵ میلی‌متر و متوسط قطر قطرات ۵/۶ میلی‌متر با سطح کرت ۰/۰۶۲۵ متر مربع با جرم قطره ۰/۱۰۶ گرم و تعداد لوله‌های موئینه ۴۹ عدد می‌باشد. در این تحقیق ابتدا دستگاه در آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کالیبره شده است. اساس کار شبیه‌ساز باران با حرکت دادن لوله هوادهی به سمت بالا، میزان فشار آب خروجی از لوله‌های موئین افزایش می‌یابد. لذا با همین عمل، یعنی بالا و پایین بردن لوله هوادهی می‌توان شدت‌های مختلف بارش را شبیه‌سازی نمود. رواناب و رسوب حاصل از اجرای باران ساز به تفکیک در بطری جمع‌آوری گردیده است. پس از توزین در آزمایشگاه، نتایج حاصل در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل ۲: دستگاه شبیه‌ساز باران در واحدهای کاری غیر مارنی (راست) و مارنی (چپ)

Figure 2: Simulator apparatus in non-marl (right) and marl (left) work units

4- Enter
5- backward

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

یافته‌ها و بحث

با تعمیم نتایج باران‌ساز (شکل ۳) از سطح دامنه‌ها به سطح زیرحوضه‌ها نشان داد که حداکثر رسوب ویژه ٤/۳ تن در هکتار و متوسط ۱/٦۷ تن در هکتار برای کل حوضه در اثر یک واقعه بارش می‌باشد (شکل ٤).



شکل ۳: خشک نمودن و توزین رسوب نمونه‌ها در آزمایشگاه

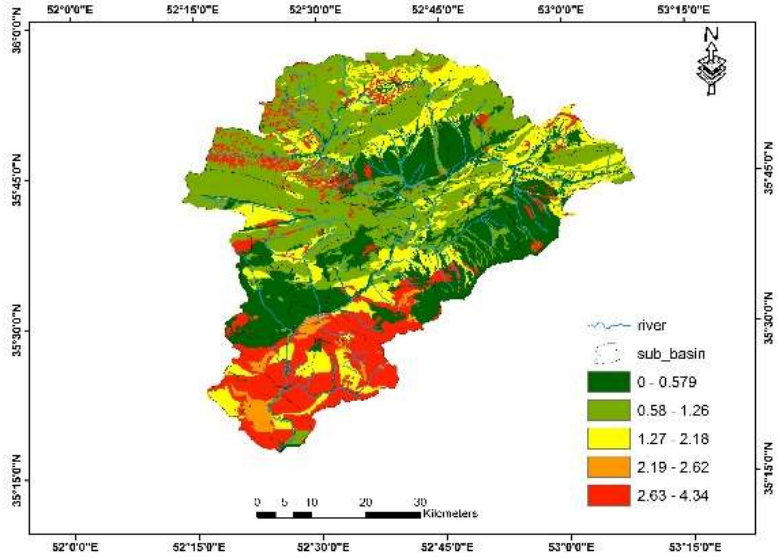
Figure 3: Drying and weighting of sediment samples in the laboratory

جدول ۱- نتایج میانگین سه تکرار آزمایش شبیه‌ساز باران بر روی سازندهای حوضه

Table 1- Mean results of three replications of rain simulator experiments on basin formations

سازند	وزن تین (گرم)	وزن تین با رسوب (گرم)	وزن رسوب خالص (گرم)	رسوب ویژه (تن بر هکتار)
کنگلومرای پیلوسن	٤۰/۱۲	٤۱/٤۸	۱/۳٦	۰/۳۵۷
مارن گچی قرمز زیرین Olg	۳۹/۸	۵٤/۳	۱٤/٤۲	۳/۵٤
مارن M_3	۳۹/۸۷	۵٤/۳۵	۱٤/٤۸	۲/۹٦
مارن M_2	۳۸/۳	۵۰/۰۵	۱۱/۱۸	۱/۷۹
مارن M_1	۳۷/۰۸	۵۷/۱۳	۲۰/۰۵	۳/۲۱
شیل سازند کرج	٤۲/۰۸	۵۳/۵۷	۱۱/٤۹	۱/۸٤
شیل شمشک	۵۳/۷	۵۸/۰۳	٤/۲۵	۰/٦۸
ملافیرهای بالای سازند شمشک	٤۱/۲	٤٤/۸	۳/٦۲	۰/۵۸
سازند الیکا	٤۰/۰۹	٤۷/٦۵	۷/۵٦	۱/۲۰
سازند جیرود	۳۲/۱٤	٤٦/٤۹	۹/۳۷	۱/٤۹
بازالت‌های قدیمی تیره رنگ (حد فاصل مبارک والیکا)	۳۸/٦۸	٤۳/٤۱	٤/۷۳	۰/۷۵٦
ماسه‌سنگ لالون	۵۲/۳۵	۵۵/۱٤	۲/۷۹	۰/٤٦٦
سازند شیلی زاگون	۳۷/۲	۳۸/۸٦	۱/٦٦	۰/۲٦۵
سازند باروت	۳۸/۹۳	۵۱/۵٦	۱۲/٦۳	۲/۰۲
کواترنر Qt_2	۳۸/۸۹	۳۹/۸	۵/۰۱	۰/۸۰۱

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ٤: نقشه رسوب ویژه حوضه حبله‌رود در محیط ARCGIS10.2

Figure 4: Special sediment map of Hubbardoud basin in ARCGIS10.2 environment

جدول ۲- محاسبه وزنی متغیرهای مورفومتری و محیطی در ۲۱ زیرحوضه حبله‌رود

table 2- Weight calculation of morphometric and environmental variables in 21 Hublandrood basins

شماره زیر	متوسط رسوب ویژه (تن در هکتار) با شبیه ساز باران	متغیرهای مورفومتری						متغیرهای محیطی						
		شیب وزنی (میانگین)	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	ضریب فشردگی	ضریب گردی	متوسط ارتفاعی	میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	متوسط بارش (میلی‌متر)	متوسط دما (درجه)	رس	سیلت	ماسه	ترکیبی سازندها زمین‌شناسی و خاک رسوب
۱	۱/۲۹	۲۷/۷۲	۲٦٤	۹۷	۲/۲۵	۱/٦۸	۰/۳۵	۲۹۰۷	۰/۱۱	٤۵۰/۸	۲/٤۸	۲۵	۳۷	۳۸	۰/۲۱
۲	۱/٦۱	۳۳/۲۷	۱۵۸	۷۹/۸	۲/۵۳	۱/۷۹	۰/۳۱	۲۸٤۷	۰/۱۲	٤٤۵	۲/۹۱	۲٤	۳٦	٤۰	۰/۳۳
۳	۰/۹۳	۱٦/۸۲	۱۷۸	۷۷/٦	۲/۵۲	۱/٦٤	۰/۳۷	۲۳۷٤	۰/۱۹	۳۷۰	٦/۳٦	۲۵	۳۷	۳۸	۰/۳۰
٤	۱/۳۱	۲۳/۱٤	۱۲۷	۱۰۱	۲/۵۱	۲/۵۳	۰/۱٦	۲٤۷٦	۰/۱۵	۳۸٦	۵/٦۳	۲٤	۳٦	٤۰	۰/۳٤
۵	۱/۰۹	۲۸/٤۲	۱۸۱	۱۲۳	۲/۵٤	۲/۵۸	۰/۱٤	۲۷٦۰	۰/۱۳	٤۲۷	۳/۵٤	۲٦	۳۸	۳٦	۰/۳۹
٦	۰/٤۳	۸/۷۸	۲٤/۳	۳۵/۸	۳/۳۱	۲/۰۵	۰/۲٤	۲۰۷۲	۰/۲۱	۳۳۹	۸/۵۷	۲٤	۳٦	٤۰	۰/٤۱
۷	۱/۱۳	۲۰/۱٦	۱۱۷	۷۵/۷	۲/٤٤	۱/۹۷	۰/۲٦	۲٦۱۵	۰/۱٤	٤۱۰	٤/٦۱	۲٤	۳٦	٤۰	۰/٤۵

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ادامه جدول ۲- محاسبه وزنی متغیرهای مورفومتری و محیطی در ۲۱ زیرحوضه حبله‌رود

Continue table 2- Weight calculation of morphometric and environmental variables in 21 Hublandrood basins

شماره زیر	متوسط رسوب ویژه (تن در هکتار) با شبیه‌ساز باران	متغیرهای مورفومتری							متغیرهای محیطی						
		شیب وزنی (میانگین)	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	ضریب فشردگی	ضریب گردی	متوسط ارتفاعی	میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	متوسط بارش (میلی‌متر)	متوسط دما (درجه)	رس	سیلت	ماسه	ترکیبی سازندها زمین‌شناسی و خاک رسوب
۸	۰/۶۷	۶/۸۵	۱۱۴	۶۲/۵	۲/۴۹	۱/۶۵	۰/۳۷	۲۶۰۰	۰/۱۷	۴۰۳/۳	۴/۷۲	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۵۲
۹	۱/۲۵	۲۱/۳۹	۱۶۵	۹۴	۲/۱۳	۲/۰۶	۰/۲۶۹	۲۳۴۵	۰/۱۸	۳۶۹	۶/۵۸	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۶۱
۱۰	۰/۷۶	۱۳/۸۷	۱۶۹	۷۵/۷	۲/۱۹	۱/۶۴	۰/۳۷	۲۲۳۸	۰/۱۹	۳۳۸	۷/۳۶	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۶۵
۱۱	۰/۹۱	۱۹/۷۳	۵۲/۴	۴۹/۶	۲/۴۳	۱/۹۳	۰/۲۷	۲۰۱۶	۰/۲۱	۳۰۸	۸/۹۸	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۵۱
۱۲	۱/۱۶	۲۴/۴۱	۹۲/۶	۶۹/۲	۲/۲۱	۲/۰۲	۰/۲۴۷	۲۲۱۶	۰/۱۹۶	۳۳۹	۷/۵۲	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۵۴
۱۳	۰/۷۷	۳۴/۱۹	۵۱/۸	۱۳	۲/۰۴	۱/۵۳	۰/۴۶	۱۹۴۸	۰/۲۲	۳۰۰	۹/۴۸	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۷۱
۱۴	۰/۷۴	۱۷/۵۳	۲۲۵	۱۰۰	۲/۳۱	۱/۸۸	۰/۲۸	۲۶۰۵	۰/۱۶	۴۰۳	۴/۶۸	۲۴	۳۶	۴۰	۰/۷۵
۱۵	۱/۰۷	۳۲/۳۷	۳۴۵	۱۳۸	۲/۴۶	۲/۱۲	۰/۲۳	۲۴۵۵	۰/۱۷	۳۸۱	۷/۷۶	۲۴	۳۷	۳۸	۰/۷۸
۱۶	۱/۳۲	۲۵/۱۳	۳۵۲	۱۱۲	۲/۴۱	۱/۶۸	۰/۳۵	۲۱۷۳	۰/۱۸	۳۳۶	۷/۸۴	۲۴	۳۸	۳۸	۰/۸۸
۱۷	۰/۷۲	۱۶/۳۶	۱۴۴	۸۶/۲	۲/۳۱	۲/۰۳	۰/۲۶	۲۰۸۸	۰/۲۱	۳۲۳	۸/۴۵	۲۵	۴۵	۲۹	۰/۸۹
۱۸	۱/۹۸	۲۱/۴۳	۶۰/۵	۵۵/۱	۲/۲۳	۲/۰۶	۰/۲۵	۱۸۵۶	۰/۱۶	۲۹۰	۱۰/۱۵	۲۵	۴۶	۲۹	۰/۹۱
۱۹	۲/۱۳	۲۹/۵۱	۹۹/۳	۵۸/۸	۲/۴۲	۱/۶۶	۰/۳۸	۱۸۳۳	۰/۱۵	۲۸۹	۱۰/۳۱	۳۶	۴۲	۲۲	۰,۹۱
۲۰	۲/۴۸	۲۸/۰۶	۱۸۵	۸۱/۲	۲/۳۷	۱/۶۸	۰/۳۵	۲۰۱۴	۰/۱۳	۳۱۲	۹/۰۲	۳۹	۴۱	۲۰	۰/۹۳
۲۱	۲/۴۴	۳۳/۵۸	۱۷۸	۷۸/۷	۲,۴۳	۱/۶۶	۰/۳۶	۱۵۸۴	۰/۱۱	۲۴۲	۱۲/۱۳	۴۱	۴۰	۱۹	۰/۹۵

در ادامه با دستور جداسازی زیرحوضه‌ها[6] در مدل نرم‌افزار سوات[7]، تعداد ۲۱ زیرحوضه مشخص گردیده است. در جدول (۲)، خصوصیات مورفومتری و محیطی هر زیرحوضه جداگانه محاسبه شده است. اطلاعات متغیرهای وابسته

6- Watershed Delineator

7- Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

و مستقل هر زیرحوضه به برنامه $SPSS_{20}$ وارد و ضرایب همبستگی، معنادار بودن و تجزیه واریانس به دقت انجام شد. مدل رگرسیون چند متغیره بر پیش‌بینی یک متغیر وابسته از طریق چند متغیر مستقل تاکید دارد که موجب تبیین موضوع می‌شود. در واقع تبیین علمی مبتنی بر تعیین روابط موجود میان رویدادهای تجربی است. متغیر وابسته به صورت Y و متغیر مستقل به صورت X1, X2. X3..... Xu نشان داده می‌شود. برای تبیین روابط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل دو روش جداگانه به شرح زیر انجام شد.

- روش هم‌زمان ورود داده‌ها (ENTER)

در گام نخست کلیه داده‌ها مورفومتری و محیطی محاسبه شده در جدول (۳) به تفکیک هر زیرحوضه، به‌صورت یکجا به مدل رگرسیون چند متغیره وارد شد. لازم است که ابتدا ضرایب هر یک از عوامل مستقل در معادله رگرسیونی تعیین و سطح معناداری آن مشخص شد. علاوه بر ضرایب B، ضرائب استاندارد شده یا بتا (Beta) برای سنجش‌پذیرتر کردن ضرایب رگرسیون نیز محاسبه شد. آمارهٔ t و سطح معنی‌داری (.Sig) نشان داد که این ضرایب به جز برای عوامل شیب، لیتولوژی و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) به مقدار کم در سایر ضرایب معنادار نیست.

- روش پس‌رونده (Backward)

در این روش وزن تمام متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی متغیر وابسته محاسبه شد و سپس به‌ترتیب، آن متغیری که خروج آن از معادله واجد کم‌ترین کاهش در مجذور همبستگی چندگانه است، از معادله حذف گردید. اگر متغیر دیگری نیز وجود داشته باشد که خروج آن از معادله، منجر به کاهش معنی‌دار مجذور همبستگی چندگانه نشود، روند خروج متغیرهای کم اثر ادامه پیدا می‌کند. ضمناً، اگر تمام متغیرهای مستقل در معادله رگرسیون دارای وزن معنی‌دار باشند، هیچ متغیری از معادله خارج نمی‌شود. برای این منظور ابتدا تمامی متغیرهای محاسبه‌شده به مدل معرفی گردید و ده نوع مدل بین متغیرها مشخص شد. نتایج مدل ۱ و ۱۰ که به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین ضریب همبستگی را نشان می‌دهد در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج آماره‌های توصیفی روش پسرونده در باره عوامل موثر بر تولید رسوب

Table 3- Results of descriptive statistics of regression method on factors affecting sediment yield

Model مدل ۱ تا ۱۰	R ضریب همبستگی	R Square ضریب تعیین	Adjusted R Square ضریب تعیین جامعه (تعدیل یافته)	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
۱	۰/۹۵۳	۰/۹۰۷	۰/۸۷۳	۰/۲۹۶۶	۰/۹۰۷	۵/۳۳۵	۱۳	۷	۰/۰۱۷
۱۰	۰/۹۲۵	۰/۸۵۶	۰/۸۰۷	۰/۳۴۲۳	-۰/۰۴۱	۱/۶۲۹	۱	۱۵	۰/۲۱۹

(1) Predictors: (Constant), LITO_ERO, SLOPE, SILT, FESHORDGI, TARAKOM, NDVI, RAIN, AREA, CLAY, GERDI, PRIMETER, SOIL_CBN1, And DEM (۱۰) Predictors: (Constant), LITO_ERO, SLOPE, NDVI, and PRIMETE

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ضریب تعدیل‌شده مدل از ۰/۷۳۸ در مدل ۱ به ۰/۸۲۰ در مدل ۱۰ ارتقاء یافته است. در واقع مدل نشان می‌دهد که ۸۲ درصد از رسوب حوضه به متغیرهای لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی و محیط حوضه وابسته می‌باشد؛ یعنی ٤ متغیر از بین ۱۵ عامل به تنهایی می‌توانند ۸۲ درصد از رسوب حوضه را تبیین کنند.

جدول ٤- نتایج آزمون تحلیل رگرسیون روش پسرونده در باره عوامل موثر بر تولید رسوب

Table 4- Regression analysis test results on factors affecting sediment yield

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
۱	Regression	٦/۱۱۲	۱۳	۰/٤۷۰	۵/۳۳۵	۰/۰۱۷
	Residual	۰/٦۱۷	۷	۰/۰۸۸		
	Total	٦/۷۲۹	۲۰	–		
۱۰	Regression	۵/۷۵۸	٤	۱/٤٤۰	۲۳/۷۲۸	۰/۰۰۰
	Residual	۰/۹۷۱	۱٦	۰/۰٦۱		
	Total	٦/۷۲۹	٦/۷۲۹	–		

جدول ۵- ضرایب رابطه کلی میزان رسوب‌دهی با متغیرهای مورد بررسی در روش پسرونده در مرحله ۱ و ۱۰

Table 5- Overall relationship Coefficients of sedimentation rate with variables considered in retrospective method in stages 1 and 10

پارامترهای مدل انتخابی		Unstandardized Coefficients ضرایب استاندارد نشده		Standardized Coefficients ضرایب استاندارد شده	t	Sig. سطح معنی‌دار بودن
		B	Std. Error	Beta		
۱	(Constant)	٦/۷٤۱	۱۰/۰٤۲		۰/٦۷۱	۰/۰۲۹
	SLOPE	۰/۰۵٤	۰/۰۲۰	۰/۷۳۱	۲/۷۳۵	۰/۰٤۷۱
	AREA	۰/۰۰۵	۰/۰۰٦	۰/۷۱٤	۰/۷٦۳	۰/۲۸٦
	PRIMETER	–۰/۰۲۹	۰/۰۲۵	–۱/٤۱۹	–۱/۱۵٤	۰/۰٦۵
	NDVI	–۱۰/۵۳۰	٤/۸۱٦	–۰/٦۲۵	–۲/۱۸٦	۰/۰۳۰٤۰
	RAIN	۰/۰۲۵	۰/۰۲۲	۲/۳٦٦	۱/۱۱۰	۰/۲٦۹
	TARAKOM	–۰/٦۵۹	۰/۵۵۱	–۰/۲۸٤	–۱/۲۰۰	۰/۷۰۳
	GERDI	–۱/۹۰٦	٤/۸۰۱	–۰/۲٤۸	–۰/۳۹۷	۰/۷۷۰
	FESHORDGI	۰/۵۲٦	۱/۷۳۱	۰/۲۵۷	۰/۳۰٤	۰/۳٤۷
	DEM	–۰/۰۰٤	۰/۰۰٤	–۲/۲٤۳	–۱/۰۰۹	۰/۵۹۸
	SOIL_CBN1	–۵/۰۹۹	۹/۲۳۹	–۱/۱۰۷	–۰/۵۵۲	۰/۵۰۰
	CLAY	۰/۱۳۲	۰/۱۸٦	۱/۱۷۵	۰/۷۱۱	۰/٤٦۳
	SILT	۰/۰۵۱	۰/۰٦٦	۰/۲۷۵	۰/۷۷٦	۰/۵۲٤
	LITO_ERO	–۰/۰۳۸	۰/۰۲۱	–۰/۵۳۷	–۱/۹۲۰	۰/۰۹٦
۱۰	(Constant)	۲/۸۸۱	۰/٤۵۲		٦/۳٦۸	۰/۰۰۰
	SLOPE	۰/۰٦۱	۰/۰۰۸	۰/۸۲۵	۸/۰۷۷	۰/۰۰۰
	PRIMETER	–۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	–۰/٤٤٦	–۲/۷۲٦	۰/۰۱۵
	NDVI	–۱۰/۸۳۸	۱/٦٦۲	–۰/٦٤۳	–٦/۵۲۲	۰/۰۰۰
	LITO_ERO	–۰/۰۲۹	۰/۰۱۱	–۰/٤۲۱	–۲/٦۱۳	۰/۰۱۹

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ارائه مدل برای حوضه حبله‌رود بر اساس مرحله ۱۰ رگرسیون به قرار زیر است:

$$y = 2.881 + 0.825\ \text{slope} - 0/446\ \text{primeter} - 0.643\ \text{NDVI} - 0.421\ \text{LITO}$$

نتیجه‌گیری

برای تعیین مهم‌ترین پارامترهای موثر در رسوب‌دهی هر منطقه لازم است که ابتدا کلیه عوامل موثر در ایجاد فرسایش و رسوب را صرف نظر از اهمیت آن‌ها تعیین و سپس با انجام آزمایش و دخیل نمودن همه عوامل، مهم‌ترین عامل یا عوامل را شناسایی نمود. در این تحقیق تعداد ۱۵ پارامتر از عوامل مورفومتری و محیطی که می‌تواند بر فرسایش و رسوب‌دهی موثر باشد، انتخاب شده است. این پارامترها در دو دسته شکل‌شناسی (شیب، شکل حوضه، تراکم زهکشی و...) و دینامیکی (پوشش گیاهی، بارش و..) مورد بررسی قرار گرفته است. به عبارتی با توجه به اهمیت این پارامترها در یک حوضه می‌توان، ادعا کرد که امکان تشخیص و بیان عامل موثر از میان عوامل مورد بررسی وجود دارد. یکی از راه‌های تعیین مهم‌ترین پارامتر موثر در عامل رسوب‌دهی حوضه، ایجاد روابط رگرسیون چند متغیره بین متغیر وابسته رسوب‌دهی و عوامل موثر یا عوامل مستقل می‌باشد. در این تحقیق رابطه رگرسیونی بین عامل رسوب ویژه و پارامترهای شیب، مساحت، محیط، میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، تراکم زهکشی، متوسط بارش، متوسط دما، ضریب فشردگی، ضریب گردی، متوسط ارتفاعی، میزان رس، سیلت و ماسه، میانگین وزنی حساسیت سازندها به فرسایش، تراوایی سازندهای زمین‌شناسی و خاک و رسوب با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{20}$ به روش پسرونده در ده مدل اجرا گردیده است. بهترین مدل‌ها با ضریب همبستگی بالا تعیین گردید. در این تحلیل هر چه مقدار بتای مربوط به یک پارامتر بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده تاثیر بیش تر نسبت به عوامل دیگر است. بر اساس جدول (۳)، زمانی که تمامی پارامترها مورفومتری و محیطی وارد مدل می‌گردد، ضریب تبیین جامعه (اصلاحی) عدد ۰/۷۳۸ را نشان داده می‌دهد و پس از اجرای کامل در مدل ۱۰ این ضریب به ۰/۸۲۰ افزایش یافته است که نشان‌دهنده این مطلب است که شیب، محیط، پوشش گیاهی و لیتولوژی بیش‌ترین تاثیر را نشان می‌دهد. در ادامه، نتایج در جدول (٤) نشان داد که مدل پسرونده شماره ۱ دارای سطح معنی‌دار ۰/۰۱۷=sig بوده ولی در مدل پسرونده ۱۰ در سطح ۹۵ درصد با ۰/۰۰۰ =sig معنی‌دار است. در جدول (۵) ضرایب استانداردشده (Beta) و سطح معنی‌دار بودن نشان داده است که مدل در مرحله اول اجرا، متغیرهای شیب، لیتولوژی و پوشش گیاهی را با ضرایب ۰/۰۲۹، ۰/۰۹٦ و ۰/۰٦۵ از بین تمامی متغیرهای وارد شده به مدل تشخیص داده که حکایت از اهمیت این پارامترها بوده است. پس از اجرای مدل در مرحله ۱۰، معنی‌دار بودن متغیرهای شیب، محیط حوضه، پوشش گیاهی و لیتولوژی تشخیص داده شد. ضریب بتای حاصل ۰/۸۲۵، ۰/٤٤٦، ۰/٦٤۳- و ۰/٤۲۱- است که عامل شیب اثر افزاینده و پارامترهای دیگر تاثیر کاهنده‌ای را از خود نشان می‌دهد. دو پارامتر شیب و پوشش گیاهی بیش‌ترین ارتباط معنی‌دار از خود نشان می‌دهند. مدل با تحقیقات Meyer & Harmon (1984: 1152)، Duiker et al (2001: 103)، Saeedian & Moradi (2011: 78) مطابقت دارد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Arnaez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flano, P., Ortigosa, L., (2007), "Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards", ***Soil and Tillage Research***, (93): 324-334.
- Bayati Khatibi, M., (2004), "Erosion, erosion processes and their forms", ***Education of Geography Education***, 69: 24-17. [In Persian].
- Duiker, S.W., Flanagan, D. C., Lal, R., (2001), "Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of Southwest Spain", ***Catena***, 45 (2): 103-121.
- Feiznia, S., (1995), "Resistance of rocks against erosion in various climate in Iran", ***Natural Resources journal of Iran***, 47: 95-116. [In Persian].
- Feiznia, S., Khajeh, M., Ghyomiyan, J., (2005), "The study of the effect of physical, chemical and climatic factors on sediment production due to surface erosion of soils", ***Research and development in natural resources***, 66: 14-24. [In Persian].
- Hamed, Y., Albergel, J., Pepin, Y., Asseline, J., Nasri, S., Zante, P., Berndtsson, R., Niazy, M., Balah, M., (2002), "Comparison between Rainfall Simulator Erosion and Observed reservoir sedimentation in an erosion-sensitive semiarid catchment", ***Catena***, 50: 1-16.
- Habibi, A., (2017), "Comparison between the potential of water and wind erosion of geomorphic units of Karoun watershed using the ERIFER and PSIAC models", ***Geographical Space***, 57: 19-30. [In Persian].
- Habibi A., (2017), "Compare and estimate Potential erosion (water-wind) with utilize empirical models with emphasis on geomorphology in arid catchments", ***Geographical space***, 57 (17): 19-30. [In Persian].
- Jedari Eyvazi, J., Jokar Sarhangi, I., (2001), "The effectiveness of geomorphological units in estimating erosion and sediment (Case study: Bojan watershed)", ***Journal of Geographical Research***, 40: 73-91. [In Persian].
- Jordan, A., Martinez-Zavala, L., (2008), "Soil loss and runoff rates on unpaved forest Roads in Southern Spain after simulated rainfall", ***Journal of Forest Ecology and Management***, (255): 913-919.
- Kinnell, P. I. A., (2005), "Sediment transport by medium to large drops impacting flows at sub terminal velocity", ***Journal of Soil Science Society of America***, 69 (3): 902-905.
- Meyer, L. D., Harmon, W. C., (1984), "Susceptibility of agricultural soil to interrill erosion", ***Journal Soil Science Society of America***, 48: 1152-1157.
- Olson, G.W., (1981), "Archaeology: a lesson on future soil use", ***Journal Soil and Water Conservation***, 36: 261-264.
- Gharchorlo, M., Esfandiari, F., Dalal Oghali, A., (2018), "Study the role of geomorphologic parameters in distribution of vegetation cover using spatial regression analysis (case study, Arsbaran catchments: naposhtehcay, ilghinehcay and mardanqumcay", ***Geographical Space***,18 (63): 225-248. [In Persian].
- Ounagh, M., Nohtani, M., (2004), "The relationship between geomorphological units, Erosion and Sediment yield in Gorganroud Kashidar Basin", ***Agricultural Sciences and Natural Resources***, 11 (1): 157-170. [In Persian].
- Peyrowan, H. R., Ghyomiyan, J., Ardakani, A., (2014), "Classification and Determination of erodibility of marls in tehran province", Final Report of Research Project, published in ***Soil Conservation and Watershed Management Research Institute***, Tehran, Iran. [In Persian].
- Rajaei, A., (1994), "***Applied geomorphology in regional civil planning***", Tehran: Gomes Publishing House, pp 328. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Shayan, S., Zare, G. R., (2011), "Explaining the concept of erosion from the point of view of geomorphology and comparing it with the view of natural resources", ***Environmental Erosion Research***, 1: 77-92. [In Persian].
- Saeedian, H., Moradi, H. R., (2011), "An investigation of some soil and land use indicators in Gachsaran formation using multivariate regression", ***Watershed Management Research,*** 90: 78-86. [In Persian].
- Shekl Abadi, M., Khademi, H., Charkhabi, A. H., (2003), "Runoff production in different material soils in Golabad Ardestan watershed", ***Agricultural and Natural Resources Sciences and Engineering***, 7 (2): 85-101.[In Persian].
- Sadeghi, S. H. R., Singh, J. K., (2005), "Development of a synthetic sediment graph using hydrological data", ***Journal of Agricultural Science and Technology*** (JAST), 7: 69-77.
- Walling, D. E., (1997), "The response of sediment yield to environmental change", Sixth symposium of Human Impact on Erosion and sedimentation, International Association of Hydrological Sciences (IAHS), Assembly at Rabat city, Morocco, pp 77-89.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]