J. RS. GEOINF. RES. 1(1): 73-82, Winter & Spring 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)

Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Exploring the Influence of Slope Position and Parent Material on the Formation and Transformation of Landforms

***Z. Alijani*[1], *H. Ashoori*[*,2]**

[1] *Department of Geography, Environment & Geomatics, College of Social and Applied Human Sciences, University of Guelph, Ontario, Canada*

[2] *Department of Civil Engineering, Islamic Azad University- Qazvin branch, Qazvin, Iran*

Received: 31 January 2023
Reviewed: 7 May 2023
Revised: 05 May 2023
Accepted: 19 June 2023

KEYWORDS:
Topography
Landform
Geomorphology
Geomorphic Surface
Digital Elevation Model

* Corresponding author
ashoori@qiau.ac.ir
(+9828) 33665275

ABSTRACT

Background and Objectives: The alteration in the landform pattern leads to changes in other landscape parameters such as soil, geology, and vegetation. Hence, the study of landforms and the investigation of factors that influence their formation and evolution are significant scientific disciplines in the fields of geomorphology and pedology. Climatic conditions with influencing on the geological processes, in conjunction with topographic features and the characteristics of parent materials, play an important role in forming and transformation of landforms.

Methods: In this research, the landforms of the study area were delineated using a digital elevation model with a resolution of 10 meters and the SAGA software based on the topographic position index. Subsequently, in two landforms, namely the plain and the open slope, which exhibited the highest degree of repeatability in the region, excavation and sampling were conducted, and the physicochemical properties and parameters such as parent material, elevation, and slope percentage were examined for each profile.

Findings: The studies indicated that in the plain landform the variation of slope is low and its maximum is three percent. This subject proves the transportation of parent materials from higher geomorphic surfaces accumulated in lower areas, resulting in the formation of this specific type of landform which is suitable for agriculture. Moreover, in the open slope landform with relatively high slope variations, erodible marl parent materials underwent alterations and transformations over time, leading to the development of distinct geomorphic surfaces. In this landform, the percentage of clay is reduced with depth, except for the profiles that have irregular patterns. Because of almost high slope, the soil depth of this landform is low. The reason for this low depth of soil is that the position of slope has the most important effect on the soil depth. Therefore, the positions on the top of the slope have low depth soils than the position on the bottom of the slope.

Conclusion: Topography has been known as a major factor in evolution and development of soils. The studied landform of this research showed that not only topography has a direct role in pedogenic processes but also parent materials are very importance in change of the processes and in landform construction. In this research, the landforms of the study area were separated based on topographic position index. In topographic position index, height and slope are used as the basic parameters for analyzing and classification of the landforms. Surveying the physical and chemical characteristics as well as assessing the parent material, height and slope percentage of the dug-up profiles in the more consequential landforms of the study area revealed that parent materials and slope have effective roles in creation of the landform. However, in the study area because of the arid and semi-arid conditions of the region and reduction of aeration and washing, the role of slope in creation of landforms was stronger than the role of parent materials. Thus, simultaneous study of the role of slope and parent materials in the regions with high aeration and active processes in geomorphic surface changes may create a broad context of research on creation of landforms.

NUMBER OF REFERENCES 31
NUMBER OF FIGURES 5
NUMBER OF TABLES 2

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر موقعیت دامنه و مواد مادری در تشکیل و تکامل لندفرم‌ها

زهره علیجانی[۱]، حامد عاشوری*[۲]

[۱] گروه جغرافیا، محیط زیست و ژئوماتیک، دانشکده علوم انسانی کاربردی و اجتماعی، دانشگاه گوئلف، انتاریو، کانادا

[۲] گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد قزوین، قزوین، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: تغییر در الگوی لندفرم سبب ایجاد تغییر در سایر پارامترهای زمین‌نما از جمله خاک، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی می‌شود. بنابراین، مطالعه لندفرم و بررسی عوامل مؤثر در تشکیل و تکامل آن، از علوم بسیار مهم در ژئومرفولوژی و پدولوژی می‌باشد. شرایط اقلیمی با تأثیر بر فرایندهای زمین‌شناسی و همراه با عوامل توپوگرافی و خصوصیات مواد مادری، نقش مؤثری در تشکیل و تکامل لندفرم‌ها دارند.

روش‌ها: در مطالعه حاضر، لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و نرم‌افزار SAGA بر اساس شاخص موقعیت توپوگرافی، جدا شدند. سپس، در دو لندفرم دشت و شیب باز که دارای بیشترین تکرارپذیری در منطقه مورد مطالعه بودند، اقدام به حفر نیمرخ و نمونه‌برداری گردید و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پارامترهایی چون مواد مادری، ارتفاع و درصد شیب در هر نیمرخ، مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بررسی‌ها، نشان داد که در لندفرم دشت، تغییرات شیب کم و حداکثر آن سه درصد می‌باشد و این، حاکی از آن است که در این لندفرم، مواد مادری تحت تأثیر رسوباتی می‌باشد که از بالادست آمده و به مرور در اعماق، ته‌نشین شده‌اند. بنابراین، مواد مادری انتقال یافته از سطوح ژئومرفیک بالا در اثر هوادیدگی و فرایندهای فرسایش و انباشت و تجمع در سطوح پایین‌تر، منجر به ایجاد لندفرم‌های پایدار و نسبتاً هموار دشت گردیده که اراضی مناسبی را برای کشاورزی، به وجود آورده است. در دیگر سو، شیب باز در موقعیت‌های پشته و یا شانه شیب قرار گرفته است، جایی که دست‌خوش آبشویی بالای مواد و انتقال آن‌ها به سطوح پایین‌تر و فرسایش زیادتری نسبت به سایر سطوح است. تغییرات بافتی خاک، روند منظمی را نشان نمی‌دهد. میزان درصد رس، به جز در برخی از نیمرخ‌ها که روند نامنظمی را نشان می‌دهند، با عمق کاهش یافته است. به دلیل شیب نسبتاً بالا، خاک‌های این لندفرم، عمیق نیستند چراکه موقعیت شیب، بیشترین تأثیر را در عمق خاک دارد و موقعیت‌های بالای شیب، دارای خاک‌های کم‌عمق‌تری نسبت به موقعیت‌های پایین شیب هستند.

نتیجه‌گیری: توپوگرافی، به عنوان یک عامل اصلی در توسعه و تکامل خاک‌ها شناخته شده است. لندفرم مورد بررسی در این مطالعه، نشان داد نه تنها توپوگرافی به طور مستقیم در فرایندهای پدوژنیک نقش دارد، بلکه مواد مادری نیز در تغییر این فرایندها و تشکیل لندفرم بسیار حائز اهمیت هستند. در این مطالعه، لندفرم‌های منطقه بر اساس شاخص موقعیت توپوگرافی، تفکیک شدند. در شاخص موقعیت توپوگرافی، ارتفاع و شیب به عنوان پارامترهای اصلی برای تحلیل و طبقه‌بندی لندفرم‌ها، استفاده می‌شوند. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین بررسی مواد مادری، ارتفاع و درصد شیب در نیمرخ‌های حفر شده در لندفرم‌هایی که دارای بیشترین تکرارپذیری در منطقه بودند، نشان داد که مواد مادری و شیب، دارای نقش مؤثری در تشکیل لندفرم هستند. با این حال در منطقه مورد مطالعه، به دلیل شرایط خشک و نیمه خشک و کاهش میزان هوادهی و آبشویی، نقش شیب بیشتر از مواد مادری در تشکیل لندفرم‌ها بود. بنابراین، بررسی همزمان نقش مواد مادری و شیب در مناطقی با هوادهی بالا و فرایندهای فعال در تغییر سطوح ژئومرفیک می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات گسترده‌تر در تشکیل لندفرم‌ها ایجاد کند.

تاریخ دریافت: ۱۱ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ داوری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۹ خرداد ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
توپوگرافی
زمین‌نما
ژئومرفولوژی
سطح ژئومرفیک
مدل رقومی ارتفاع

* نویسنده مسئول
ashoori@qiau.ac.ir
۰۲۸ -۳۳۶۶۵۲۷۵

مقدّمه

لندفرم‌ها، سطوح پیوسته‌ای هستند که زمین را می‌پوشانند و در نتیجه، فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام شده روی سطح زمین، به وجود می‌آیند و مانند فصل مشترکی در زمینه‌های ژئومرفولوژی، هیدرولوژی، هواشناسی و سایر زمینه‌ها عمل می‌کنند [۱-۳]. در طی دوره‌های زمین‌شناسی گذشته، فرایندهای متفاوتی از قبیل حرکات تکتونیکی و توالی فرسایش و رسوب، بر طبیعت تکاملی زمین‌نماها اثر قابل ملاحظه‌ای گذاشته است. تغییرات اقلیمی، با تأثیر بر فرایندهای ژئومرفولوژیکی و هیدرولوژیکی، نقش مهمی در تشکیل و تکامل لندفرم‌ها [۴, ۵] و همچنین، در تفکیک واحدهای لندفرم در هر زمین‌نما دارد [۶]. فاکتورهای اقلیمی و زمین‌شناسی، همراه با اثر فعالیت انسانی و خصوصیات مواد مادری، نقش آشکاری را در میزان و شدت فرسایش ایفا می‌کنند که به نوبه خود در تشکیل و توسعه لندفرم‌های شیب‌دار، نقش مهمی دارد [۷, ۸]. بررسی لندفرم‌ها و شناخت تنوع آن‌ها، بینش خاکشناس را در رابطه با شناخت تنوع خاک‌ها و شناسایی دقیق آن‌ها، بهبود می‌بخشد [۹]. مدل‌های رقومی ارتفاع، یک روش متداول برای استخراج اطلاعات پایه‌ای توپوگرافی به منظور مدل‌سازی لندفرم در امتداد منظر اراضی و یا زمین‌نما، در اختیار نقشه‌برداران قرار می‌دهد، اما امروزه به دلیل افزایش تعداد تحقیقات صورت گرفته در زمینه مدل رقومی ارتفاع، تفاوت‌های زیادی در بین دیدگاه‌های مختلف در تعریف و کاربرد لندفرم، ساختار و اجزاء آن، وجود دارد. از این رو، توضیحات و مدل‌سازی لندفرم و همچنین، واژه‌های مورد استفاده، متناسب با رشته‌های مختلف و نیازهای آن‌ها می‌باشد [۱۰-۱۲].

سالانه در نقاط مختلف دنیا، مطالعات پیوسته‌ای در زمینه شناخت ارتباط بین اجزاء لندفرم و مؤلفه‌های توپوگرافی، از جمله شیب، صورت می‌گیرد. شاری و همکاران، دوازده نوع انحنای شیب را که به طور بالقوه در طبقه‌بندی لندفرم استفاده می‌شود، تعریف کرده‌اند [۱۳]. آندا و همکاران، طبقه‌بندی لندفرم را بر اساس پارامترهای شیب و ارتفاع انجام دادند [۱۴]. همچنین، مطالعات بسیاری در زمینه ارتباط لندفرم با خصوصیات پدوژنیک و مورفولوژیک آن‌ها صورت گرفته است [۱۵-۱۷]. طبقه‌بندی انواع لندفرم، استخراج اجزاء و مدل‌سازی متعلقات لندفرم از مؤلفه‌های اصلی تحقیقات ژئومرفولوژی است. از دیرباز، ژئومرفولوژی به عنوان علم مطالعه لندفرم‌های سطح زمین، شناخته می‌شود [۱۸-۲۰]. در مطالعات خاک‌شناسی و فرآیندهای تهیه نقشه خاک، فرآیندهای ژئومرفولوژی نقش مهمی را در تعیین و کنترل فرآیندهای خاک‌سازی در سراسر زمین نما، بر عهده دارند. ژئومرفولوژی، زیر مجموعه‌ای است از جغرافیای فیزیکی که در مورد ساختار و نحوه به وجود آمدن عوارض سطح زمین، بحث می‌کند. منشأ، ریخت‌شناسی، پیدایش، توزیع، نقشه‌برداری و رده‌بندی خاک‌ها، ارتباط نزدیکی با ژئومرفولوژی دارد و سهم ژئومرفولوژی در تفکیک واحدهای نقشه و افزایش خلوص آن‌ها بسیار زیاد است. واحدهای ژئومورفیک، به عنوان واحدهایی با زمین‌نما، نوع پستی و بلندی و مواد مادری یکسان، شناخته می‌شوند [۲۱]. بنابراین، با توجه به ارتباط متقابل بین لندفرم و سطوح ژئومورفیک، نقش توپوگرافی و مواد مادری در تشکیل لندفرم‌های یک منطقه، بسیار حائز اهمیت است که در مطالعه حاضر، مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع، در این مطالعه به این موضوع پرداخته می‌شود که هر یک از عوامل شناخته شده در تشکیل لندفرم، تا چه اندازه در تشکیل آن مؤثر بوده است و این تأثیر، در شرایط توپوگرافی متفاوت تا چه‌اندازه متغیر می‌باشد.

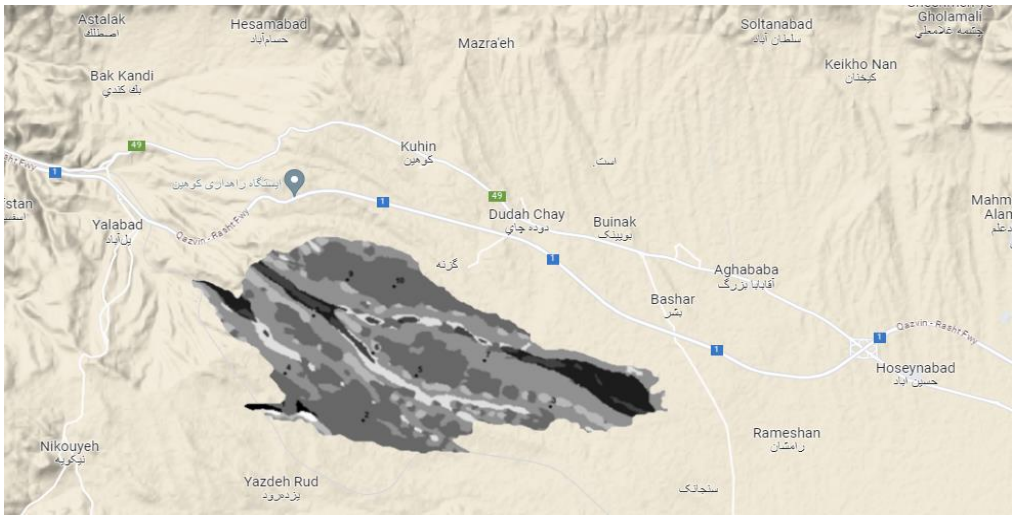
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از اراضی منطقه کوهین، واقع در مجاورت محور قزوین– رشت در استان قزوین را شامل می‌شود که بین طول‌های جغرافیایی "۵۸´۳۴ °۴۹ تا "۱۳ ´۳۷ °۴۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۱۴´۲۲ °۳۶ تا " ۵۱´۲۲ °۳۶ شمالی، قرار دارد. مساحت منطقه مورد مطالعه، حدود پانصد هکتار است، کاربری غالب آن مرتع و دیم می‌باشد و دارای بارندگی سالیانه۳۵۱/۲۶ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۲/۲۰ درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مطالعاتی، به ترتیب، زریک و مزیک هستند. منطقه مورد مطالعه، در غرب استان قزوین قرار گرفته و از نظر ژئومرفولوژی به دو بخش فلات و دره، تقسیم می‌شود. منطقه قزوین به دلیل توسعه سریع شهری، در حال تغییرات کاربری سریع است [۲۲] و همین موضوع، شناخت لندفرم‌های این منطقه را اهمیتی فزون‌تر بخشیده است. شکل۱، منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

تفکیک لندفرم با استفاده از مدل رقومی ارتفاع

اولین مرحله به منظور دستیابی به هدف مورد مطالعه، شناسایی و تفکیک لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه است. بدین منظور، از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۰ متر برگرفته از مطالعات میدانی پیشین و نرم‌افزار SAGA به منظور تفکیک اتوماتیک لندفرم، استفاده شد. این نرم افزار، تفکیک لندفرم را بر اساس TPI (Topographic Position Index) یا شاخص موقعیت توپوگرافی، انجام داد. شاخص موقعیت توپوگرافی، ارتفاع هر سلول در مدل رقومی ارتفاع را با سلول‌های مشخص اطراف آن سلول، مقایسه می‌کند. مقادیر مثبتTPI ، نشان دهنده مناطقی هستند که بالاتر از نقاط اطراف قرار گرفته‌اند (تپه‌ها) و مقادیر منفی TPI نشان دهنده مناطقی پایین‌تر از نقاط اطرافشان می‌باشند (دره‌ها). مقادیر صفر و نزدیک صفر نیز، نشان دهنده مناطق مسطح (جایی که شیب نزدیک صفر است) یا مناطقی با شیب ثابت هستند (شکل ۲) [۲۳]. شایان ذکر است که این شاخص، بسیار وابسته به مقیاس است و لندفرم‌های تفکیک شده در منطقه، می‌تواند در مقیاس‌های مختلف، متفاوت باشد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

Fig. 1: The study area

نتایج و بحث

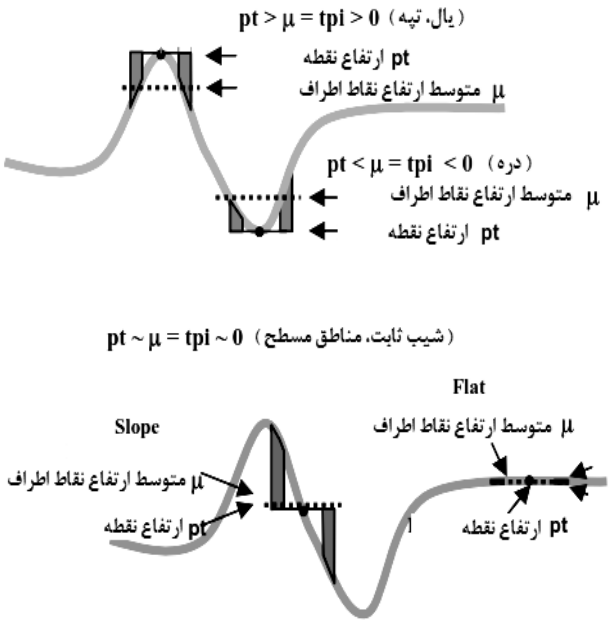
جدول ۱، طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه را بر اساس شاخص موقعیت توپوگرافی، نشان می‌دهد. اساس تفکیک و طبقه‌بندی در این شاخص، ارتفاع سلول‌ها و شیب منطقه می باشد. مقادیر TPI در لندفرم‌های مختلف به منظور درک بهتر طبقه‌بندی، ذکر شده است. نرم‌افزار به خوبی منطقه مورد مطالعه را بر اساس این پارامتر به لندفرم‌های مختلف، تفکیک می‌کند. البته همانطور که ذکر شد، این شاخص کاملاً وابسته به مقیاس است و لذا در تفکیک لندفرم‌های یک منطقه باید به این نکته توجه گردد.

جدول ۱: طبقه بندی لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس TPI

Table 1: Classification of the study area's landforms based on TPI

لندفرم‌های منطقهٔ مورد مطالعه Landforms of the studied area	محدودهٔ TPI TPI limit	
	مقیاس بزرگ Large scale	مقیاس کوچک Small scale
یال مرتفع High ridge	TPI≥ 1	TPI≥ 1
یال شیب میانی Ridge of the middle slope	-1< TPI <1	TPI≥ 1
شیب بالایی High slope	TPI≥ 1	-1< TPI <1
دامنه باز (شیب< ۵°) Open domain (slope < 50).	-1< TPI <1	-1< TPI <1
دشت (شیب≥ ۵°) Plain (slope ≥ 50).	-1< TPI <1	-1< TPI <1
زهکش شیب میانی Middle slope drain	-1< TPI <1	TPI≤ -1
پنجه شیب Tilt claw	TPI≤ -1	-1< TPI <1
آبراهه Waterway	TPI≤ -1	TPI≤ -1

نقشه لندفرم منطقه مورد مطالعه در شکل ۳، مشخص شده است. همان‌طور که مشاهده می شود تعداد هشت نوع لندفرم بر اساس شاخص موقعیت توپوگرافی در منطقه تفکیک شده است که مساحت هر کدام در شکل ۴، نمایش داده شده است.

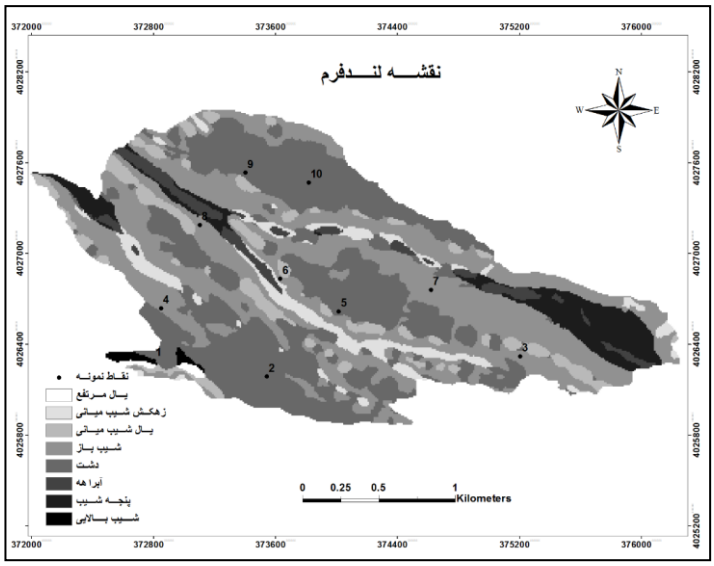


شکل ۲: نمایش شاخص موقعیت توپوگرافی [۲۳]

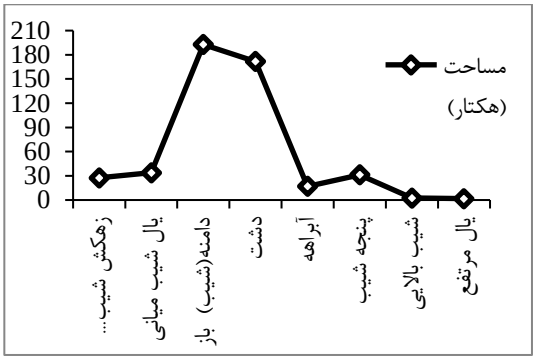
Fig. 2: The topographic position index [23]

نمونه‌برداری و مطالعات صحرایی

پس از شناسایی لندفرم‌های منطقه، در تعدادی از لندفرم‌ها که دارای بیشترین تکرارپذیری در منطقه بودند، اقدام به تولید نیمرخ از طریق حفر زمین گردید. سپس، از تمام افق‌های ژنتیکی آن‌ها نمونه‌برداری به عمل آمد. پس از هوا خشک نمودن نمونه‌های برداشت شده، تعدادی از پارامترهای مورد نیاز جهت مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لندفرم ها از قبیل بافت خاک‌ها به روش هیدرومتری، درصد کربن آلی به روش والکی- بلاک و درصد آهک به روش کلسیمتری اندازه‌گیری شدند. مواد مادری هر یک از نیمرخ‌ها، مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد. سایر پارامترهای مورد نیاز، از قبیل مختصات نقاط، ارتفاع، جهت شیب و موقعیت نیمرخ‌ها روی شیب نیز، ثبت گردید.

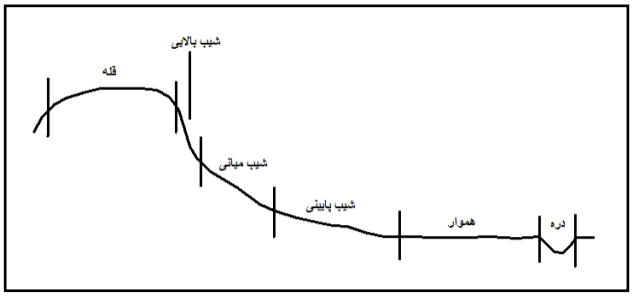


شکل ۳: نقشه لندفرم منطقه مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه‌برداری
Fig. 3: Landforms of the study area and the location of the sampling points



شکل ۴: مساحت لندفرم های منطقه مورد مطالعه
Fig. 4: The areas of study area's landforms

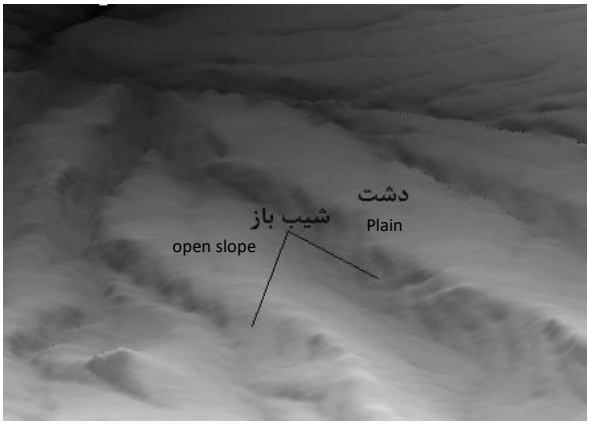
در نقشه منظور از یال مرتفع، لندفرم‌هایی با قله‌های باریک هستند که طول قله بزرگتر از پهنای لندفرم، می‌باشد. به منظور فهم بهتر لندفرم‌های منطقه، یک توالی از عناصر لندفرم را به صورت توالی شیب (Topo sequence) در نظر گرفته و آن را به واحدهای مشخصی تقسیم می‌کنند (شکل ۵).



شکل ۵: موقعیت عناصر لندفرم بر روی یک توالی شیب [۲۴]
Fig. 5: Location of landform features on a topo sequence [24]

اگر عناصر لندفرم، مستقیماً بین یک قله و یک دره واقع شده باشند، در آن‌صورت به آن لندفرم شیب یا دامنه باز می‌گویند (شایان ذکر است که در انگلیسی از اصطلاح Open slope برای بیان این مفهوم استفاده شده و در فارسی به فراخور حال دو معادل شیب و دامنه برای آن به کار می‌رود). لذا، در این مقاله شیب و دامنه به یک مفهوم، به کار رفته‌اند. همان‌طور که در شکل ۴، مشخص گردیده است، دو لندفرم دشت و دامنه باز، دارای بیشترین فراوانی در منطقه مورد مطالعه بودند که در قسمت‌های مختلفی نیز، توزیع شده‌اند. به منظور درک بهتر موقعیت لندفرم‌های مورد مطالعه، نمایش سه بعدی و برجسته آن‌ها در شکل ۶، نشان داده شده است.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و سه پارامتر اصلی موقعیت دامنه، مواد مادری و ارتفاع که می‌تواند بالاترین نقش را در تشکیل لندفرم‌های منطقه ایفا کنند [۱۹]، در نیمرخ‌های حفر شده در هر لندفرم، مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج، به صورت جدول ۲، گزارش شد.



شکل ۶: نمایش سه بعدی لندفرم‌های مورد مطالعه
Fig. 6: 3D illustration of study area's landforms

جدول ۲: نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نیمرخ‌های مورد مطالعه در هر لندفرم

Table 2: The results of field and laboratory investigations of the studied section for each landform

نیمرخ profile	ارتفاع Height	شیب Slope (٪)	ماده مادری Maternal material	عمق(cm) Depth (cm)	افق the horizon	کربن آلی Organic carbon	آهک lime	رس Clay (٪)	سیلت Silt	شن Sand	بافت Texture
لندفرم دشت Plain landform											
1	1370	0-2	آلوویوم Alluvium	0-25	Ap	0.43	15.0	41	22	37	C
				25-60	Bw	0.774	15.3	41	28	31	C
				60-105	Bk1	0.516	15.8	45	28	27	C
				105-140	Bk2	0.344	22.9	47	24	29	C
2	1402	0-2	آلوویوم Alluvium	0-20	Ap	0.516	31.4	59	30	11	C
				20-50	Bk1	0.258	32.9	59	30	11	C
				50-105	Bk2	0.258	49.3	75	18	7	C
				105-150	Bk3	0.172	57.0	69	22	2	C
5	1411	2-3	کنگلومرا و ماسه سنگ Conglomerate and sandstone	0-20	Ap	0.83	15.3	44	30	26	C
				20-50	BW	0.747	18.1	44	30	26	C
				50-85	BK	0.498	28.7	38	24	38	CL
				85-130	BCK	0.34	29.1	36	26	38	CL
9	1353	0-2	آلوویوم Alluvium	0-20	Ap	0.43	15.6	50	34	16	C
				20-45	Bw	0.51	18.2	54	32	14	C
				45-140	Bk	0.25	29.7	62	28	10	C
10	1369	0-2	آلوویوم Alluvium	0-25	Ap	0.51	11.0	44	24	32	C
				25-80	Bk1	0.25	29.3	48	24	28	C
				80-150	Bk2	0.17	28.6	53	32	15	C
لندفرم شیب باز Open slope landform											
3	1467	8-12	مارن و ماسه سنگ Marl and sandstone	0-27	Ap	0.49	20.9	32	20	48	SCL
				27-70	BCK	0.34	31.0	14	16	70	SL
4	1366	10-15	مارن	0-25	Ap	0.43	23.7	43	32	25	C

نیمرخ profile	ارتفاع Height	شیب Slope (٪)	ماده مادری Maternal material	عمق(cm) Depth (cm).	افق the horizon	کربن آلی Organic carbon	آهک lime	رس Clay (٪)	سیلت Silt	شن Sand	بافت Texture
			Maren								
				25-40	Bw	0.25	23.0	39	30	31	CL
				40-90	BCK	0.25	25.1	25	36	39	L
6	1378	10-15	مارن Maren	0-15	Ap	0.42	16.4	28	42	30	CL
				15-60	BCK1	0.33	17.7	28	48	24	CL
				60-90	BCK2	0.24	12.4	18	52	30	SiL
7	1441	5-10	مارن Maren	0-20	Ap	0.34	20.6	38	28	34	CL
				20-65	Bk	0.34	18.8	36	24	40	CL
				65-120	C	0.17	22.8	18	24	58	SL
8	1339	10-15	مارن Maren	0-20	Ap	0.25	14.4	37	34	29	CL
				20-50	Bw	0.17	13.92	41	36	23	C

در لندفرم دشت به جز نیمرخ پنجم، سایر نیمرخ‌ها روند مشابهی را در درصد مقادیر رس، شن و سیلت و بافت خاک نشان می‌دهند. بافت خاک، در تمام افق‌ها، رسی بوده و به ترتیب افزایش و کاهش تدریجی رس و شن، از افق‌های بالایی به پایینی، مشاهده می‌شود. روند افزایشی در میزان آهک، از افق‌های بالایی به پایینی نیز، مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده حضور فرایندهای آبشویی آهک است. نیمرخ ۵، دارای میزان سنگریزه بیشتری در دو افق پایینی است (افق‌های سطحی حدود ٪۵ و افق‌های پایینی حدود ٪۲۰) که خصوصیات خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و سبب کاهش مقدار رس و تغییر بافت از رسی به لوم رسی شده است. البته، تغییرات بین نیمرخ ۵ و سایر نیمرخ‌ها را می‌توان ناشی از تفاوت در ماده مادری دانست. در لندفرم دشت، مواد مادری تمام نیمرخ‌ها به جز نیمرخ ۵ (که کنگلومرا و ماسه سنگ است) از نوع آلوویوم می باشد. در نیمرخ ۵، افزایش اندکی در درصد شیب صورت گرفته است ولی عامل اصلی تفاوت در ماده مادری آن، ارتفاع می‌باشد. این نیمرخ، در نقطه‌ای واقع شده است که نمی‌تواند دستخوش هیچ‌گونه رسوبات انتقال یافته از بالادست قرار گیرد، زیرا نسبت به سطوح ژئومورفیک اطرافش، دارای ارتفاع بیشتری است. در لندفرم دشت، تغییرات شیب کم و حداکثر آن، سه درصد می باشد؛ این نشان می‌دهد که در این لندفرم، مواد مادری تحت‌تأثیر رسوباتی است که از بالادست حمل شده و به مرور در اعماق، ته‌نشین شده‌اند. براین اساس، می‌توان نتیجه گرفت که مواد مادری انتقال یافته از سطوح ژئومرفیک بالا در اثر هوادیدگی و فرایندهای فرسایش و انباشت و تجمع در سطوح پایین‌تر، منجر به ایجاد لندفرم پایدار و نسبتاً هموار دشت گردیده که اراضی مناسبی را برای کشاورزی، به وجود آورده است. افزایش مقدار کربن آلی در افق B نسبت به افق A، در تعدادی از نیمرخ‌های این لندفرم نیز حاکی از انجام فعالیت‌های کشت و زرع و شخم می‌باشد. در لندفرم دامنه باز نیز، همانند لندفرم دشت، همان تغییرات مشاهده می‌گردد. دامنه شیب این لندفرم، در محدوده ۵-۱۵٪ می‌باشد. می‌توان گفت لندفرم دامنه باز در موقعیت‌های پشته و یا شانه شیب قرار گرفته است، جایی که دستخوش آبشویی بالای مواد و انتقال آن‌ها به سطوح پایین‌تر و فرسایش زیادتری نسبت به سایر سطوح است. تغییرات بافتی خاک روند منظمی را نشان نمی‌دهد. میزان درصد رس به جز در برخی از نیمرخ‌ها که روند نامنظمی را نشان می‌دهند، با عمق کاهش یافته است. به دلیل شیب نسبتاً بالا، خاک‌های این لندفرم، عمیق نیستند چرا که شیب، بیشترین تأثیر را بر ضخامت خاک دارد و در بالای دامنه با خاک‌های کم‌عمق‌تری نسبت به پایین دامنه مواجه هستیم. این نتایج، تطابق نزدیکی با نتایج حاصل از تحقیقات وب و دولینگ (۲۰۰۵) [۲۵] و آوونور و داگبی (۲۰۲۱) [۲۶] نشان داد. ماده مادری در تمام نیمرخ‌ها به جز نیمرخ شماره ۳، مارن می باشد که بسیار حساس به فرسایش است. می‌توان نتیجه گرفت که حساسیت مواد مادری به فرسایش و هوادیدگی آن‌ها در طول زمان منجر

به ایجاد تغییرات توپوگرافی در منطقه شده است که به نوبه خود سبب تشکیل و تمایز لندفرم‌ها می‌گردد. از آن‌جا که طبق مطالعات پیشین، تفاوت در مواد مادری می‌تواند ناشی از تفاوت در الگوی زهکشی یا پستی و بلندی باشد [۲۷]، پستی و بلندی و مواد مادری در تشکیل لندفرم می‌توانند، دارای اثر همزمان باشند. مواد مادری غنی از Dispersive clay (رس قابل پراکنده‌سازی، یعنی رسی که به سرعت فرسایش می‌یابد و توسط آب منتقل می‌شود) و توزیع آن در طول نیمرخ خاک با اثر بر فرسایش و تشدید آن سبب تشکیل لندفرم‌های اراضی بدخیم می‌گردند [۷]. همچنین، نقش مواد مادری در تشکیل سطوح ژئومورفیک امری روشن است [۲۸, ۲۹]. از زمانی که ینی (۱۹۴۱) فاکتورهای تشکیل-دهنده خاک را معرفی کرد، توپوگرافی به عنوان یک فاکتور اصلی در توسعه و تکامل خاک‌ها شناخته شده است [۳۰]. نتایج این مطالعه همانند نتایج هووارد (۲۰۱۷) نشان داد نه تنها توپوگرافی به طور مستقیم در فرایندهای پدوژنیک نقش دارد، بلکه مواد مادری نیز در تغییر این فرایندها و تشکیل لندفرم بسیار حائز اهمیت هستند [۳۱].

نتیجه‌گیری

واحدهای لندفرم به واسطه فرایندهای مختلف ژئومورفیک، هیدرولوژیک و پدولوژیک تحت‌تأثیر فرایندهای اقلیمی در هر زمین‌نما به وجود می‌آیند. تفکیک و طبقه‌بندی لندفرم می‌تواند بر اساس مؤلفه‌های مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع صورت پذیرد. مدل رقومی ارتفاع، یک مدل دقیق از ارتفاع زمین است که از داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از فناوری‌های نقشه‌برداری مانند رادار و لیزر به دست می‌آید. با تحلیل این مدل، می‌توان مؤلفه‌های مرتبط با لندفرم را مشخص و با استفاده از آن‌ها واحدهای لندفرم را طبقه‌بندی کرد. واحدهای لندفرم که مشابه ساختارهای زمینی هستند، نتیجه تأثیرات فرایندهای مختلفی هستند که در زمین‌نما اتفاق می‌افتند. این فرایندها می‌توانند شامل ژئومرفولوژی (شکل‌دهی زمینی)، هیدرولوژی (آب و رودخانه‌ها) و پدولوژی (خاک) باشند. برای مثال، فرایندهای اقلیمی مانند بارش، خشکسالی، رگبار و یخبندان می‌توانند بر روی زمین نما اثرگذار باشند و واحدهای لندفرم را تشکیل دهند.

در این مطالعه، لندفرم‌های منطقه بر اساس شاخص موقعیت توپوگرافی تفکیک شدند. در شاخص موقعیت توپوگرافی، ارتفاع و موقعیت دامنه به عنوان پارامترهای اصلی برای تحلیل و طبقه بندی لندفرم‌ها استفاده می‌شوند. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین بررسی مواد مادری، ارتفاع و درصد شیب در نیمرخ‌های حفر شده در لندفرم‌هایی که دارای بیشترین فراوانی در منطقه بودند نشان داد که مواد مادری و شیب دارای نقش مؤثری در تشکیل لندفرم هستند. با این حال، در منطقه مورد مطالعه، به دلیل شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و کاهش میزان هوادهی و آبشویی، نقش موقعیت دامنه بیشتر از مواد مادری در تشکیل لندفرم‌ها بود. بنابراین، بررسی همزمان نقش مواد مادری و شیب در مناطقی با هوادهی بالا و فرایندهای فعال در تغییر سطوح ژئومورفیک می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات گسترده‌تر در تشکیل لندفرم ها ایجاد کند. با توجه به این نتایج، توصیه می‌شود که بررسی‌های آینده در تشکیل لندفرم‌ها علاوه بر مواد مادری، به نقش موقعیت دامنه نیز توجه کنند، به ویژه، در مناطقی که فرایندهای فعال و هوادهی بالایی وجود دارد. این تحقیقات می‌توانند به درک بهتر فرآیندهای ژئومورفیک و تشکیل لندفرم‌ها در شرایط مختلف زمینی، کمک کنند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام افرادی که در جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها ما را در این تحقیق یاری رساندند، تشکر و تقدیر می‌نمایند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع و مآخذ

[1] Minár J, Evans IS, Jenčo M. A comprehensive system of definitions of land surface (topographic) curvatures, with implications for their application in geoscience modelling and prediction. *Earth-Science Reviews*. 2020;211:103414.

[2] Swift DA, Cook S, Heckmann T, Gärtner-Roer I, Korup O, Moore J. Chapter 6 - Ice and snow as land-forming agents. In: Haeberli W, Whiteman C, editors. Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters (Second Edition): Elsevier; 2021. p. 165-198.

[3] Swift DA, Cook S, Heckmann T, Moore J, Gärtner-Roer I, Korup O. Chapter 6 - Ice and Snow as Land-Forming Agents. In: Shroder JF, Haeberli W, Whiteman C, editors. Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters. Boston: Academic Press; 2015. p. 167-199.

[4] Huggett R, Shuttleworth E. Fundamentals of Geomorphology. 5 ed: Taylor & Francis; 2022.

[5] Huggett RJ. Fundamentals of Geomorphology: Routledge; 2003.

[6] Moravej K, Eghba MK, Toomanian N, Mahmoodi S. Comparison of automated and manual landform delineation in semi detailed soil survey procedure. *African Journal of Agricultural Research*. 2012;7(17):2592-2600.

[7] Vergari F, Della Seta M, Del Monte M, Barbieri M. Badlands denudation “hot spots”: The role of parent material properties on geomorphic processes in 20-years monitored sites of Southern Tuscany (Italy). *CATENA*. 2013;106:31-41.

[8] Hallouz F, Meddi M, Mahé G, Alirahmani S, Keddar A. Modeling of discharge and sediment transport through the SWAT model in the basin of Harraza (Northwest of Algeria). *Water Science*. 2018;32(1):79-88.

[9] Dill HG, Ludwig RR. Geomorphological-sedimentological studies of landform types and modern placer deposits in the savanna (Southern Malawi). *Ore Geology Reviews*. 2008;33(3):411-434.

[10] Dehn M, Gärtner H, Dikau R. Principles of semantic modeling of landform structures. *Computers & Geosciences*. 2001;27(8):1005-1010.

[11] Godif G, Manjunatha BR. Delineation of groundwater potential zones using remotely sensed data and GIS-based analytical hierarchy process: Insights from the Geba river basin in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2023;46:101355.

[12] Sarkar D, Saha S, Mondal P. Modelling agricultural land suitability for vegetable crops farming using RS and GIS in conjunction with bivariate techniques in the Uttar Dinajpur district of Eastern India. *Green Technologies and Sustainability*. 2023;1(2):100022.

[13] Shary PA, Sharaya LS, Mitusov AV. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*. 2002;107(1):1-32.

[14] Anda M, Ritung S, Suryani E, Sukarman, Hikmat M, Yatno E, et al. Revisiting tropical peatlands in Indonesia: Semi-detailed mapping, extent and depth distribution assessment. *Geoderma*. 2021;402:115235.

[15] Bishop MA. A generic classification for the morphological and spatial complexity of volcanic (and other) landforms. *Geomorphology*. 2009;111(1):104-109.

[16] Tsai H, Hseu Z-Y, Huang S-T, Huang W-S, Chen Z-S. Pedogenic properties of surface deposits used as evidence for the type of landform formation of the Tadu tableland in central Taiwan. *Geomorphology*. 2010;114(4):590-600.

[17] Shirani K, Solhi S, Pasandi M. Automatic Landform Recognition, Extraction, and Classification using Kernel Pattern Modeling. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*. 2023;7(1):2.

[18] Lobeck AK. Geomorphology: An Introduction to the Study of Landscapes: McGraw-Hill Book Company, Incorporated; 1939.

[19] Ahnert F. Introduction to Geomorphology: Wiley; 1998.

[20] Pitty AF. Introduction to Geomorphology: Methuen; 1971.

[21] Zinck JA. Physiography and Soils: Soil Survey Courses Subject Matter K6: ITC; 1989.

[22] Hosseinali F, Alesheikh AA, Nourian F. Rapid Urban Growth in the Qazvin Region and Its Environmental Hazards: Implementing an Agent-Based Model. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014;23(3):727-735.

[23] Weiss A. Topographic position and landforms analysis. ESRI user conference: 2001: San Diego, CA, USA.

[24] MacMillan RA, Shary PA. Chapter 9 Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In: Hengl T, Reuter HI, editors. Developments in Soil Science. 33: Elsevier; 2009. p. 227-254.

[25] Webb AA, Dowling AJ. Characterization of basaltic clay soils (vertisols) from the Oxford land system in central Queensland. *Soil Research*. 1990;28(6):841-856.

[26] Awoonor JK, Dogbey BF. An Assessment of Soil Variability along a Toposequence in the Tropical Moist Semi-Deciduous Forest of Ghana. *Open Journal of Soil Science*. 2021;11:448-477.

[27] Udomsri S, Martin AR, Fransson TH. Economic assessment and energy model scenarios of municipal solid waste incineration and gas turbine hybrid dual-fueled cycles in Thailand. *Waste Management*. 2010;30(7):1414-1422.

[28] Shaw JN, West LT, Bosch DD, Truman CC, Leigh DS. Parent material influence on soil distribution and genesis in a Paleudult and Kandiudult complex, southeastern USA. *CATENA*. 2004;57(2):157-174.

[29] Feng Y, Wang J, Bai Z, Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review. *Earth Science Reviews*. 2019;191:12-25.

[30] Jenny H. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology: Dover; 1994.

[31] Howard J. Anthropogenic Landforms and Soil Parent Materials. In: Howard J, editor. Anthropogenic Soils. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 25-51.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

زهره علیجانی در سال ۱۳۸۸ مدرک کارشناسی رشتهٔ علوم و مهندسی خاک را از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و در سال ۱۳۹۲ مدرک کارشناسی ارشد همان رشته را از دانشگاه تهران کسب نمود. وی در سال ۱۴۰۲ موفق به اخذ مدرک دکتری از دانشگاه گوئلف کانادا شد و در حال حاضر نیز محقق پسادکتری در همان دانشگاه می‌باشد. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، علوم خاک و فتوگرامتری.

Alijani, Z. Post-doctoral researcher at the Department of Geography, Environment & Geomatics, College of Social and Applied Human Sciences, University of Guelph, Ontario, Canada
zalijani@uogoelph.ca

حامد عاشوری در حال حاضر در دانشگاه آزاد واحد قزوین به عنوان عضو هیأت علمی و در شرکت مهندسی فرانگاشت نوآور به عنوان مدیر پروژه مشغول به فعالیت است. ایشان در سال ۱۳۹۸ مدرک دکتری خود را از دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در گرایش مهندسی سنجش از دور اخذ کرده است. مدرک کارشناسی ارشد او در همین رشته در سال ۱۳۸۵ و مدرک کارشناسی در سال ۱۳۸۲ در رشته مهندسی عمران-نقشه برداری از همان دانشگاه اخذ شده است. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: استخراج اطلاعات از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا، تحلیل بافت، و تصحیح هندسی تصاویر. وی همچنین در زمینهٔ مطالعه، طراحی، پیاده‌سازی و پشتیبانی سامانه‌های اطلاعات مکانی سازمانی فعالیت پیوسته دارد.

Ashoori, H. Assistant Professor at the Department of Civil Engineering, Qazvin branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
ashoori@qiau.ac.ir

Citation (Vancouver): Alijani Z, Ashoori H. [Exploring the Influence of Slope Position and Parent Material on the Formation and Transformation of Landforms]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(1): 73-82*
https://doi.org/10.22061/jrsgr.2022.1973

COPYRIGHTS
© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)