Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Predicting and optimizing the reversibility of plant species after intensive grazing using response surface methodology (RSM) (Case study: rangelands of Ghoshchi region of Urmia)

Zhila Ghorbani*[1], Zeinab Jafarian[2], Jamshid Ghorbani[3]

[1.] Corresponding Author; PhD Student of Rangeland Sciences and Engineering, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: engzhghorbani@gmail.com

[2.] Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

[3.] Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2025; Vol 19, Issue 3

Article history:
Received: 06.10.2024
Revised: 06.06.2025
Accepted: 14.06.2025

Keywords:
Rangeland,
Reversibility,
Modeling,
Linear regression,
Design expert.

Abstract

Introduction and Objective: Evaluating the reversibility of plant populations following livestock grazing and stress periods provides critical insights into the capacity of rangelands to restore their structure and function. In this study, a four-year investigation was conducted in the rangelands of the Ghoshchi region, Urmia, to predict and optimize the reversibility of dominant plant species in different palatability classes after intensive grazing, using the Response Surface Method (RSM).

Methodology: A 2-hectare site in the Ghoshchi area was divided into two 1-hectare plots -one grazed and one ungrazed (exclosure)- separated by intermediate fencing. The experiment was carried out over four years (2021–2024; corresponding to 1400–1403 in the Iranian calendar). In the grazed plot, intensive grazing was applied by deliberately introducing 80 sheep for two weeks at the beginning of spring 1400. The reversibility of dominant species in palatability classes I, II, and III -*Kochia prostrata*, *Artemisia sieberi*, and *Stipa barbata*, respectively- was monitored in spring and summer each year from 1400 to 1403, totaling eight sampling events. Data were collected using the quadrat-transect method at fixed points, and comparisons were made with the exclosure plot. The effects of species, year, and season on reversibility were analyzed. Linear regression models and RSM were developed, and their predictive accuracy was compared using the coefficient of determination (R^2). Optimization was also performed within the RSM framework.

Results: The effects of species, year, season, and their two- and three-way interactions on reversibility were statistically significant. The lowest and highest reversibility values were observed as follows: *Kochia prostrata*: 3.67% (spring 2021) and 105% (summer 1403); *Artemisia sieberi*: 6% (spring 2021) and 124.33% (summer 2024); *Stipa barbata*: 9% (spring 2021) and 132.67% (summer 2024). Mean comparisons indicated that among species, *Stipa barbata* had the highest reversibility; among years, 2024 showed the greatest recovery; and among seasons, summer exhibited the highest reversibility. The linear regression model achieved a coefficient of determination of 0.8486, outperforming RSM (R^2 = 0.7782). Under

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

the assumption of maximum reversibility, the optimal condition was *Stipa barbata* in summer 2024, with a reversibility rate of 122.97%. Conversely, under the assumption of minimum reversibility, the optimal condition was *Artemisia sieberi* in spring 2021, with a reversibility rate of 29.60%.

Conclusion: Species, year, season, and their interactions significantly influenced reversibility. The linear regression model provided more accurate predictions than RSM, which was less reliable when non-quantitative inputs were present. Optimization using RSM identified two ideal scenarios: maximum reversibility with *Stipa barbata* in summer 2024, and minimum reversibility with *Artemisia sieberi* in spring 2021. These findings highlight the importance of allowing rangelands sufficient recovery time after heavy grazing so that dominant species, along with others in each palatability class, can reestablish and restore the ecosystem to its natural state and function.

Cite this article: Ghorbani, Zh., Z. Jafarian, J. Ghorbani, 2025. Predicting and optimizing the reversibility of plant species after intensive grazing using response surface methodology (RSM) (Case study: rangelands of Ghoshchi region of Urmia). Journal of Rangeland, 19(3): 263-282.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

پیش‌بینی و بهینه‌سازی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی پس از چرای شدید با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) (مطالعه موردی: مراتع منطقه قوشچی ارومیه)

ژیلا قربانی*[۱]، زینب جعفریان[۲]، جمشید قربانی[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: engzhghorbani@gmail.com

۲. استاد گروه مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳. دانشیار گروه مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۴؛ جلد ۱۹، شماره ۳

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۷/۱۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۴

واژه‌های کلیدی:
مرتع،
برگشت‌پذیری،
مدل‌سازی،
رگرسیون خطی،
متخصص طراحی.

چکیده

سابقه و هدف: ارزیابی برگشت‌پذیری جمعیت‌های گیاهی پس از چرای دام، اطلاعات مهمی را درباره ظرفیت مراتع برای بازیابی ساختار و کارکردهای خود پس از گذراندن دوره تنش ارائه می‌کند. در مطالعه حاضر، پژوهشی ۴ ساله در مراتع منطقه قوشچی ارومیه به منظور پیش‌بینی و بهینه‌سازی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی غالب در هر کلاس خوشخوراکی، برای یک دوره زمانی ۴ ساله پس از چرای شدید با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) اجرا شد.

مواد و روش: سایت ۲ هکتاری واقع در منطقه قوشچی ارومیه با استفاده از حصارکشی میانی به دو سایت ۱ هکتاری تحت قرق و چرا تقسیم و به مدت ۴ سال (۱۴۰۳-۱۴۰۰) تحت بررسی قرار گرفت. در سایت ۱ هکتاری تحت چرا، چرای شدید توسط دامگذاری عمدی ۸۰ رأس گوسفند به مدت ۲ هفته در ابتدای بهار سال ۱۴۰۰ اعمال و میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی غالب چرا شده در کلاس‌های خوشخوراکی I، II و III به‌ترتیب گونه جارو (*Kochia prostrata*)، گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) در بهار و تابستان هر سال از بهار سال ۱۴۰۰ تا تابستان سال ۱۴۰۳ و مجموعاً ۸ نوبت توسط روش ترانسکت کوادرات و پلات‌گذاری در نقاط یکسان با قبل از چرا و در مقایسه با منطقه قرق مشخص و اثر گونه، سال و فصل بر برگشت‌پذیری گونه‌ها بررسی شد. سپس اقدام به ایجاد معادلات رگرسیون خطی و روش سطح پاسخ (RSM) شده و دقت آن‌ها در پیش‌بینی میزان برگشت‌پذیری گونه‌ها با یکدیگر مقایسه گشته و روش دقیق‌تر مشخص شد. برای ارزیابی دقت مدل‌های رگرسیونی و روش سطح پاسخ از ضریب تعیین (R^2) استفاده شد. به علاوه، بهینه‌سازی نیز در روش سطح پاسخ انجام و نتایج ارائه شد.

نتایج: نتایج نشان داد که اثر گونه، سال و فصل همچنین اثرات متقابل دوتایی و سه تایی آن‌ها بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی معنی‌دار است. کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه جارو (*Kochia prostrata*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۳/۶۷ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۰۵ درصد)، کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه درمنه دشتی (*Artemisia Sieberi*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۶ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۲۴/۳۳ درصد) و کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۹ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۳۲/۶۷ درصد) بود. مقایسه میانگین اثرات معنی‌دار نشان داد که در میان گونه‌های تحت بررسی، استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*)، در فصل تابستان و در سال ۱۴۰۳ به طور معنی‌داری بیشترین میزان برگشت‌پذیری را داشت. مدل رگرسیون خطی با ضریب تعیین ۰/۸۴۸۶ با دقت بسیار خوبی توانست میزان برگشت‌پذیری گونه‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

تحت بررسی را پیش‌بینی نماید. مدل روش سطح پاسخ با ضریب تعیین ۰/۷۷۸۲ و دقت کمتر در مقایسه با رگرسیون خطی توانست میزان برگشت‌پذیری گونه‌ها را پیش‌بینی نماید. با فرض ایده‌آل بودن بیشترین برگشت‌پذیری، گونه *Stipa barbata*، سال ۱۴۰۳ و فصل تابستان، بهینه‌ترین بوده و میزان برگشت‌پذیری در این حالت ۱۲۲/۹۷ درصد بود. در طرف مقابل، با فرض ایده‌آل بودن کمترین برگشت‌پذیری، گونه *Artemisia sieberi*، سال ۱۴۰۰ و فصل بهار، بهینه‌ترین بوده و مقدار برگشت‌پذیری در این حالت ۲۹/۶۰ درصد است.

نتیجه‌گیری: اثر گونه، سال و فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌ها معنی‌دار بودند. مدل رگرسیون خطی با دقت بالاتر نسبت به مدل روش سطح پاسخ توانست میزان برگشت‌پذیری گونه‌ها را پیش‌بینی نماید. در نتیجه، روش سطح پاسخ در صورت وجود ورودی‌های غیرکمی، دقت بالایی در پیش‌بینی خروجی ندارد. روش سطح پاسخ دو مدل بهینه با فرض ایده‌آل بودن بیشترین و کمترین میزان برگشت‌پذیری هردو با میزان رضایتمندی بیشینه که به‌ترتیب گونه استپی ریش‌دار، سال ۱۴۰۳ و فصل تابستان و گونه درمنه دشتی، سال ۱۴۰۰ و فصل بهار بودند را حاصل نمود. پس از وقوع چرای شدید باید به مرتع فرصت بازیابی داد تا گونه‌های گیاهی غالب به همراه سایر گونه‌های هر کلاس خوشخوراکی به عرصه بازگردند و در نهایت مرتع به حالت و کارکرد طبیعی خود بازگردد.

استناد: قربانی، ژ.، ز. جعفریان، ج. قربانی، ۲۰۲۵. پیش‌بینی و بهینه‌سازی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی پس از چرای شدید با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) (مطالعه موردی: مراتع منطقه قوشچی ارومیه). مرتع، ۱۹(۲): ۲۶۳-۲۸۲.

DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی به علت تنوع محصولات و خدمات از جمله دامداری، پناهگاه حیات‌وحش، تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری همچنین تنظیم جریان رواناب و کیفیت آن‌ها دارای اهمیت به‌سزایی هستند. این اکوسیستم‌ها نسبت به تغییرات عوامل محیطی حساس هستند (۷). از آنجایی که گیاهان و حیوانات این اکوسیستم‌ها در معرض تنش‌های حرارتی و آبی قرار دارند، تغییرات اندک دما و رژیم بارندگی و یا تغییر در تکرار و مقدارهای حدهای نهایی وقایع اقلیمی می‌تواند به طور اساسی ترکیب، توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی و همچنین تولید آن‌ها را کاهش دهد (۵). ارزیابی مراتع در درازمدت، زمینه برنامه‌ریزی اصولی و جلوگیری از تخریب مراتع و حفظ خاک را فراهم می‌نماید (۱۲). همچنین پراکنش هرگونه گیاهی در محدوده‌های جغرافیایی خاصی امکان‌پذیر است، زیرا گیاهان نیازهای محیطی ویژه‌ای دارند که اگر قرار باشد در یک منطقه معین رشد و تولید مثل کنند، باید این احتیاجات تأمین گردد.

بطور کلی، اکوسیستم‌های طبیعی از قبیل مراتع تحت تأثیر آشفتگی‌های محیطی طبیعی و غیرطبیعی هشتند. انواع آشفتگی‌ها مانند تغییرات اقلیمی، آتش‌سوزی، چرای مفرط و بیابان‌زایی می‌توانند تأثیرات شگرفی را بر پوشش، کارکرد و ساختار جامع گیاهان مرتعی داشته باشند (۶ ، ۱۴، ۱۹ و ۲۱). از طرف دیگر، مرتع یک اکوسیستم پویا و پیچیده است که در حالت طبیعی اجزای تشکیل دهنده آن، همواره باهم در تعادل قرار دارند که در اثر آشفتگی‌های محیطی دچار تغییر می‌شوند. برای مدیریت و بهره‌برداری مناسب از مراتع نیاز به شناخت اجزا و واکنش آن‌ها در مقابله با آشفتگی‌ها است (۲۷). در این بین، چرای مفرط دام یکی از آشفتگی‌های محیطی است که صرف نظر از منشأ پیدایش آن (دام مازاد یا مراتع محدود) می‌تواند بر خصوصیات پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد (۷، ۱۶، ۱۷و ۲۲).

در حالت کلی، اثر چرای دام بر مرتع تابعی از فصل، تکرار، نوع و شدت بوده که می‌تواند به صورت مثبت و یا منفی باشد (۳، ۴، ۱۵، ۲۳، ۲۶). گونه‌های مختلف گیاهی حساسیت متفاوتی در مقابل چرای دام دارند که ناشی از خصوصیات کارکردی آن گیاه است. مهم‌ترین ویژگی گونه‌های مقاوم در مقابل چرای شدید، توانایی رویش (برگشت‌پذیری) مجدد جوانه‌های حفظ شده است. صدمات ناشی از چرای شدید، از طریق تولید مثل بیشتر و رشد سریع‌تر در بین این گونه‌ها جبران می‌گردد و این گونه‌ها دارای مجموعه صفات خاص در ارتباط با رقابت برای اشغال فضای باز هستند (۹). ارزیابی برگشت‌پذیری جمعیت‌های گیاهی در برابر چرای مفرط، اطلاعات مهمی درباره ظرفیت مراتع برای حفظ ساختار و کارکرد خود ارائه می‌کند (۸).

به تازگی مبحث پیش‌بینی مقادیر مختلف در علوم موجود بسیار مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های مختلف پیش‌بینی را در حالت کلی می‌توان به سه دسته تقسیم-بندی نمود: مدل‌های ریاضی، مدل‌های تجربی و مدل‌های کامپیوتری. دسته سوم با توجه به پیشرفت‌های اخیر در صنعت کامپیوتر در سطح دنیا، بسیار بیشتر از انواع دیگر روش‌های پیش‌بینی مورد توجه واقع گردیده است. در بین مدل‌های کامپیوتری، روش شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی بسیار مورد توجه هستند (۱۳). روش جدیدتری از تلفیق دو روش آخر به نام سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی که مزایای هر دو روش را دارد به تازگی معرفی گردیده است (۱). در کنار این روش‌ها، روش سطح پاسخ (Response Surface Methodology) که به صورت مخفف RSM نامیده می‌شود نیز به تازگی مورد توجه متخصصین قرار گرفته است و می‌تواند داده‌های کافی را برای تجزیه و تحلیل ریاضی فراهم نماید (۲). عموماً روش سطح پاسخ به منظور بررسی اثرات چندین فاکتور و اثرات متقابل آن‌ها بر متغیرهای خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۴) و ارجحیت آن نسبت به سایر روش‌های هوش مصنوعی، توانایی بالای آن در بهینه‌سازی است. در همین راستا، جعفریان و قربانی (۱۸) به پیش‌بینی میزان کربن ترسیب شده در خاک مراتع تحت تأثیر عمق نمونه برداری از خاک و ارتفاع با استفاده از روش سطح پاسخ پرداختند. نتایج نشان داد که روش سطح پاسخ نسبت به روش رگرسیونی با دقت بالاتری می‌تواند خروجی‌های مدنظر را پیش‌بینی کند. همچنین این روش با رضایت‌مندی ۰/۹۷۶ (معادل ۹۷/۶ درصد)، ورودی‌ها را برای یافتن بهترین خروجی، بهینه‌سازی نمود و می‌توان از آن در جهت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

پیش‌بینی و بهینه‌سازی پارامترهای مختلف در علوم مرتع مورد استفاده قرار داد. به علاوه، سوری و همکاران (۲۸) به پیش‌بینی خصوصیات خاک مراتع ارومیه تحت تأثیر شدت چرا و فاصله از بوته با استفاده از سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) و روش سطح پاسخ (RSM) پرداختند. نتایج نشان داد که هردو روش با دقت بالایی می‌توانند خصوصیات خاک را تحت شرایط مورد بررسی پیش‌بینی نمایند. همچنین این روش‌ها، پیش‌بینی دقیق‌تری از عوامل تحت اثر معنی‌دار از متغیرهای ورودی دارند و در خصوص خروجی‌های غیرمعنی‌دار، دقت کافی را ندارند. با توجه به منابع در دسترس، تاکنون مطالعه دیگری در جهت استفاده از روش سطح پاسخ به منظور پیش‌بینی پارامترهای مرتبط با مراتع انجام نشده است. در همین راستا، تحقیق حاضر به پیش‌بینی و بهینه‌سازی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های مرتعی برای یک دوره زمانی ۴ ساله پس از چرای مفرط دام به کمک روش سطح پاسخ پرداخت. نتایج این تحقیق برای مدیریت مراتع پس از چرای شدید بسیار حیاتی خواهد بود تا مراتع بتوانند خود را بازیابی کنند. گیاهان با کلاس خوشخوراکی متفاوت (I، II و III) به علت شدت چرای متفاوت آنها توسط دام، عکس‌العمل‌های متفاوتی را پس از چرای شدید نشان می‌دهند. گیاهان در کلاس خوشخوراکی بالا (I) اگر مدت زمان کافی برای برگشت‌پذیری داشته باشند، می‌توانند خود را بازیابی کنند و در عرصه حضور یابند. اما گیاهان در کلاس خوشخوراکی متوسط (II) و پایین (III) به ترتیب پس از مدت زمان متوسط و کم می‌توانند حضور بالایی در مراتع داشته باشند و خود را بازیابند.

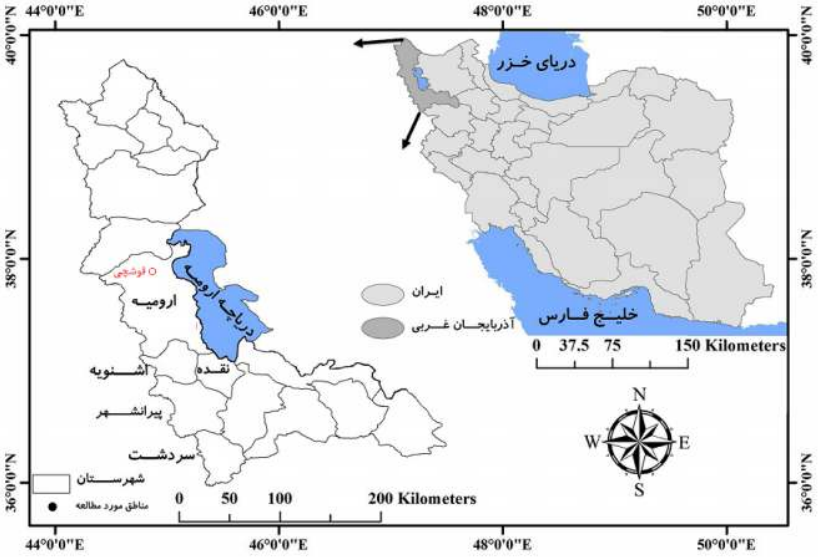
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، مراتع منطقه قوشچی ارومیه است که به دلیل خاص بودن مراتع نیمه-استپی، تیپ اراضی کوهستانی و همچنین به دلیل داشتن سایت‌های تحقیقاتی تحت قرق و چرای شدید به علت بهره‌برداری زیاد ساکنان از مراتع این منطقه، برای تحقیق حاضر انتخاب شده است. مراتع منطقه فاقد اطلاعات ممیزی بوده و جزو مراتع ییلاقی دسته‌بندی می‌شود که به‌صورت مشاعی مورد بهره‌برداری روستاییان منطقه قرار می‌گیرد. فصل چرا در این منطقه بهار و تابستان بوده و دام غالب چرا کننده گوسفند است. مختصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ″۵۱′،۱۰ و °۴۴ تا ″۵۷′،۵۲ و °۴۴ طول شرقی و ″۵۶′،۰۱ و °۳۷ تا ″۵۳، ′۰۰ و °۳۸ عرض شمالی و در میانگین ارتفاعی ۱۳۴۲ متری از سطح دریا است. سایت مذکور در جاده اصلی ارومیه به قوشچی، در ۵ کیلومتری روستای قوشچی و در یک منطقه کوهستانی با جهت غالب شمالی با شیب ۱۰ درصد واقع شده‌است. موقعیت مکانی سایت قوشچی در ایران و استان آذربایجان غربی در شکل ۱ نشان داده شده است. وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه از نزدیک‌ترین ایستگاه به محل اجرای طرح در ایستگاه ارومیه استخراج شده و عناصر اقلیمی مختلف به همراه تغییرات سالانه بارندگی در منطقه‌ی مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. برخی از مقادیر مربوط به سال ۱۴۰۳ به علت عدم وجود داده در لحظه نگارش پژوهش حاضر (پاییز ۱۴۰۳)، درج نشده‌اند. تیپ گیاهی غالب منطقه *Artemisia sieberi – Stipa barbata* است. وضعیت مرتع سایت قرق در چهار سال تحقیق بین متوسط تا خوب متغیر بوده است. در مورد سایت چرا شده وضعیت مرتع طی سال‌های تحقیق از ضعیف تا متوسط برآورد گردید. گرایش مرتع نیز برای سایت قرق غالباً مثبت ولی برای سایت چرا شده در طی سال‌های مورد بررسی اغلب منفی ارزیابی شد. میانگین بارندگی و دمای بلندمدت منطقه به‌ترتیب ۳۳۰ میلی‌متر و ۸/۱ درجه سانتی‌گراد است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]



شکل ۱: موقعیت مکانی سایت قوشچی در استان آذربایجان غربی و در ایران

جدول ۱: میانگین تغییرات برخی عوامل اقلیمی در ایستگاه ارومیه

سال	میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی گراد)	بارندگی پاییز و زمستان (میلی متر)	بارندگی فصل رشد (میلی متر)	بارندگی کل (میلی متر)	کلاس خشکسالی
۱۴۰۰	۱۲/۵	۲۰۲/۹	۱۶۸/۸	۳۷۴/۳	سال نرمال
۱۴۰۱	۱۲/۴	۳۷۰/۲	۱۳۸/۰	۵۱۲/۵	تر سالی
۱۴۰۲	۱۳/۲	۲۳۱/۵	۱۰۷/۱	۳۴۸	سال نرمال
۱۴۰۳	-	-	۵۹/۵	-	-

برای بررسی اثر چرای شدید بر جوامع گیاهی، ابتدا سایت دو هکتاری حصارکشی شده توسط حصارکشی میانی به دو سایت یک هکتاری تحت چرا و تحت قرق تقسیم بندی شد. این دو سایت از نظر تیپ اراضی، پوشش گیاهی، شیب و جهت کاملاً مشابه بودند. گونه‌های مختلف مرتعی موجود با توجه به غالب بودن و شدت آسیب‌دیدگی از چرا دسته‌بندی شدند اما تنها غالب‌ترین گونه‌ها در کلاس‌های خوشخوراکی سه گانه (I، II و III) تحت بررسی قرار گرفتند. در خصوص نحوه کلاس‌بندی خوشخوراکی غالب‌ترین گونه‌ها از روش ارائه شده در مطالعه نبی‌زاده و همکاران (۲۵) استفاده شد. گونه‌های موجود در پوشش سطح زمین به سه کلاس خوشخوراکی I (گیاهان بسیار خوشخوراک و خوشخوراک)، II (گیاهان با خوشخوراکی متوسط و کم) و III (گیاهان با خوشخوراکی خیلی کم و غیرخوشخوراک) تقسیم شدند. هر سایت به شکل مربع با ابعاد حدودی ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر بود. ترانسکت‌ها در هر سایت به صورت خطوط تقارن افقی و عمودی و قطر شمال شرق به جنوب غرب زمین مربع شکل انداخته شد (شکل۲-ج).

برگشت‌پذیری گونه‌های غالب گیاهی در هر دسته خوشخوراکی

جهت تعیین برگشت‌پذیری، حضور گونه‌های مورد بررسی در سایت تحت چرای دام در دفعات پلات گذاری پس از چرای شدید با فاصله زمانی ۴ ماه (میانه بهار و انتهای تابستان)، ارزیابی و با سایت تحت قرق مقایسه شد. از تعداد ۱۰ پلات ۱ متر مربعی در طول ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری با فواصل پلات‌گذاری ۱۰ متر استفاده شد. حضور گونه‌های غالب مورد مطالعه در پلات به صورت درصد اشغال از صد قسمت پلات ثبت شد. بدین صورت که تعداد پایه‌ها در پلات‌ها شمارش شد و با در نظر گرفتن مساحت اشغال شده توسط گونه‌ها، تراکم در هکتار محاسبه نیز می‌تواند محاسبه

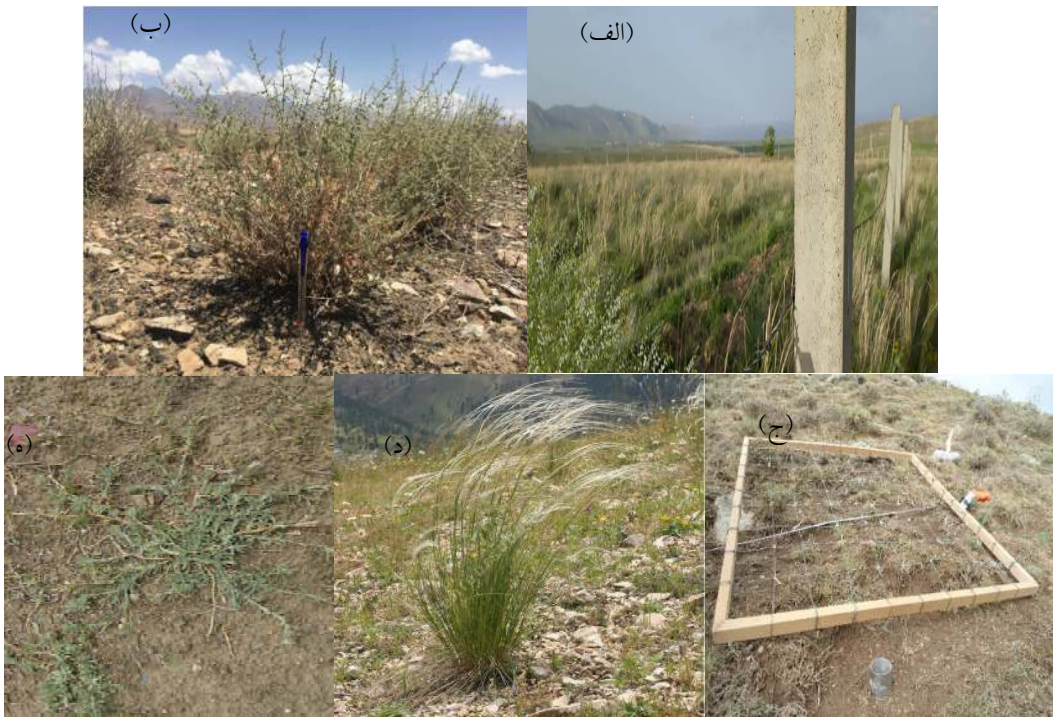
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

شود. چند پایه گیاهی به صورت تصادفی در مناطق آسیب‌دیده از چرای مفرط و شاهد جمع‌آوری شد. تعداد میانگین بذرهای تولیدشده به ازای هرپایه، در مناطق آسیب‌دیده از چرای مفرط و قرق در هر دوره زایشی برآورد گردید. خالص‌سازی فیزیکی بذر با حذف بقایای گیاهی، بذرهای پوک، معیوب و خار و خاشاک آن انجام شد (۱۱). مقدار بذر تولید شده توسط گیاه با وزن هزاردانه تعیین شده و مشخصات مربوط به تیره، شکل رویشی و زمان جمع‌آوری آن‌ها ثبت گردید. زادآوری جمعیت گونه‌های مورد بررسی از شمارش تعداد نهال‌های گونه‌های مختلف در داخل پلات، تعیین و سپس در هکتار محاسبه شد (۱۰). برای تعیین زنده‌مانی نهال تولیدشده، نهال‌های جدید داخل هر پلات، شمارش شده و تعداد نهال‌های انتقال یافته از دوره رویشی به دوره تولید مثل (تولید بذر)، تعیین شد. جمیع این پارامترها، میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی را به صورت درصد حاصل نمود.

تحلیل داده‌ها

داده‌های بدست آمده در پژوهش وارد محیط نرم‌افزار Excel و SPSS شد. نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف تأیید شد. در خصوص اثرات معنی‌دار نیز مقایسه میانگین با استفاده از معیار حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطوح ۱ و ۵ درصد انجام شد. نمایی از سایت‌های قرق و تحت چرا، گونه‌های غالب در کلاس‌های متفاوت خوشخوراکی (I، II و III) و پلات‌گذاری در طول ترانسکت در شکل ۲ نشان داده شده است. با مطالعه منابع در دسترس، تنها راه برای وارد نمودن نوع گونه گیاهی در معادله رگرسیونی، ورود آن‌ها به صورت اعداد کمی ۱، ۲ و ۳ تشخیص داده شد. یاوری و همکاران (۲۹) نیز در مطالعه خود، وضعیت قرارگیری درپوش خاک همزن در سه وضعیت بالا، وسط و پایین را با همین روش، کمی‌سازی نموده و وارد معادله رگرسیون نمودند.



شکل۲: (الف) نمایی از سایت حصارکشی شده تحت قرق، (ب) گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در سایت تحت چرا، (ج) پلات‌گذاری در طول ترانسکت در سایت تحت چرا، (د) گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) در منطقه قوشچی و (ه) گونه جارو (*Kochia prostrata*) در سایت تحت چرا

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

روش سطح پاسخ (RSM)

مدل مورد استفاده در روش سطح پاسخ عموماً رابطه‌ای درجه دوم است. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را برای هر متغیر به صورت جداگانه بیان می‌کند. بر همین اساس، مدل با سه متغیر در ورودی بـه صورت رابطه (۱) است (۱۸):

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه Y پاسخ پیش‌بینی شده، a_0 ضریب ثابـت و a_1، a_2 و a_3 ضرایب خطی به تعداد و ترتیب پارامترهای ورودی مورد بررسی می‌باشد. همچنین a_{11}، a_{22} و a_{33} ضرایب تأثیرات درجه دوم و a_{12}، a_{13} و a_{23} ضرایب تأثیرات متقابل هستند. در تحقیق حاضر از طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل در ورودی به صورت گونه گیاهی در سه سطح، سال در چهار سطح و فصل در دو سطح بر اساس تیمارهای خواسته شده از نرم افزار به‌منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل (ورودی) بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی به عنوان متغیر وابسته (خروجی) استفاده شد (۲۰). مهمترین مسئله این تحقیق، بررسی آثار اصلی و متقابل عوامل مؤثر و همچنین ارائه مدل و بهینه‌سازی آن‌ها بود. از این رو، روش سطح پاسخ انتخاب شد. با کمک این روش، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و تمامی ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل عوامل، قابل برآورد می‌شوند. لازم به ذکر است که برای محاسبه آماری، مدل‌سازی و بهینه‌سازی از نرم‌افزار Design expert نسخه ۷.۰.۰ استفاده شد. در این مطالعه اثر متغیرهای ورودی (مستقل) شامل گونه گیاهی (X_1) در سه سطح، سال (X_2) در چهار سطح و فصل (X_3) در دو سطح بر متغیر خروجی (وابسته) که میزان برگشت‌پذیری است، ارزیابی شد. معیارهای مختلفی برای ارزیابی این مدل‌های پیش‌بینی وجود دارد که به‌طور عمده بر اساس اختلاف بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی‌های مطلوب و واقعی استوارند. برای ارزیابی عملکرد مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق از پارامتر ضریب تعیین (R^2) استفاده شد و بهترین مدل معین شد (رابطه ۲).

$$R^2=\frac{[\sum_{i=1}^{N}(Pi-Pz)(Qi-Qz)]2}{\sum_{i=1}^{N}(Pi-Pz)2\sum_{i=1}^{N}(Qi-Qz)2} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در رابطه فوق، N تعداد نمونه، P_i مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Q_i مقادیر واقعی، P_z میانگین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Q_z میانگین مقادیر واقعی است (۱۸).

نتایج

گونه‌های گیاهی غالب در کلاس‌های خوشخوراکی متفاوت در سایت تحت چرا بدین صورت معین گردید که در کلاس خوشخوراکی I گونه جارو (*Kochia prostrata*)، در کلاس خوشخوراکی II گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و در کلاس خوشخوراکی III گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) غالب بودند که میزان برگشت‌پذیری آن‌ها پس از چرای شدید از بهار سال ۱۴۰۰ تا تابستان سال ۱۴۰۳ و در ۸ نوبت مورد بررسی قرار گرفت و با سایت تحت قرق مقایسه شد. کلاس خوشخوراکی این گونه‌ها در سایت تحت قرق به غیر از گونه استپی ریش‌دار که در کلاس II قرار گرفت، یکسان با سایت تحت چرا بود. بافت خاک منطقه تحت بررسی، شنی لومی (۹ درصد رس، ۱۶ درصد سیلت و ۷۵ درصد شن) بود. میانگین سایر خصوصیات خاک در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: ویژگی‌های خاک منطقه قوشچی

پتاسیم قابل جذب (یک جزء از میلیون)	نیتروژن کل (درصد)
۲۴۹	۰/۱
۱۳۴	۰/۰۳
۱۲۰	۰/۰۳

برگشت‌پذیری در سایت تحت چرا بررسی و نتایج با سایت تحت قرق مقایسه شد و جدول تجزیه واریانس اثرات گونه، سال و فصل بر درصد برگشت‌پذیری گونه‌های مورد بررسی در جدول ۳ ارائه گردیده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد اثر گونه، سال و فصل همچنین اثرات دوتایی و سه تایی متقابل آن‌ها بر میزان برگشت‌پذیری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

جدول۳: تجزیهٔ واریانس اثر گونه، سال و فصل بر برگشت‌پذیری

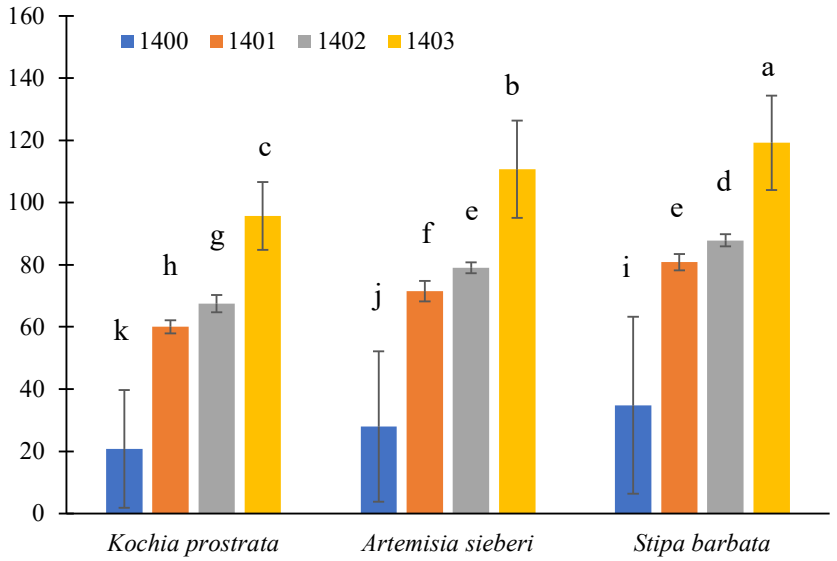
منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آماره F	معنی داری
گونه	۲	۲۳۳۷/۶۸۱	۲۷۱/۴۷۳	**۰/۰۰۰
سال	۳	۱۹۸۹۰/۱۶۲	۲۳۰۹/۸۳	**۰/۰۰۰
فصل	۱	۴۳۴۰/۰۱۴	۵۰۴/۰۰۲	**۰/۰۰۰
گونه × سال	۶	۲۷/۶۶۲	۳/۲۱۲	**۰/۰۱۰
گونه × فصل	۲	۶۹/۰۱۴	۸/۰۱۵	**۰/۰۰۱
سال × فصل	۳	۲۲۸۵/۷۹۲	۲۶۵/۴۴۷	**۰/۰۰۰
گونه × سال × فصل	۶	۲۷/۵۱۴	۳/۱۹۵	**۰/۰۱۰
خطا	۴۸	۸/۶۱۱		
کل تصحیح شده	۷۱			

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

در ادامه به مقایسه میانگین اثرات معنی‌دار بر میزان برگشت‌پذیری پرداخته شد که نتایج آن به‌ترتیب ارائه گردیده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و سال بر برگشت‌پذیری

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و سال بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی در شکل ۳ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، میزان برگشت‌پذیری در گونه استپی ریش‌دار و در سال ۱۴۰۳ به طور معنی‌داری بیشینه و در طرف مقابل میزان برگشت‌پذیری در گونه جارو و در سال ۱۴۰۰ به‌طور معنی‌داری کمینه است. همچنین مشخص شد که برگشت‌پذیری گونه استپی ریش‌دار در سال ۱۴۰۱ با برگشت‌پذیری گونه درمنه دشتی در سال ۱۴۰۲ تفاوت معنی‌داری نداشت. لازم به ذکر است که در نمودارهای ستونی ارائه شده، نوارهای خطا (Error bars) با استفاده از انحراف معیار ترسیم شده‌اند.



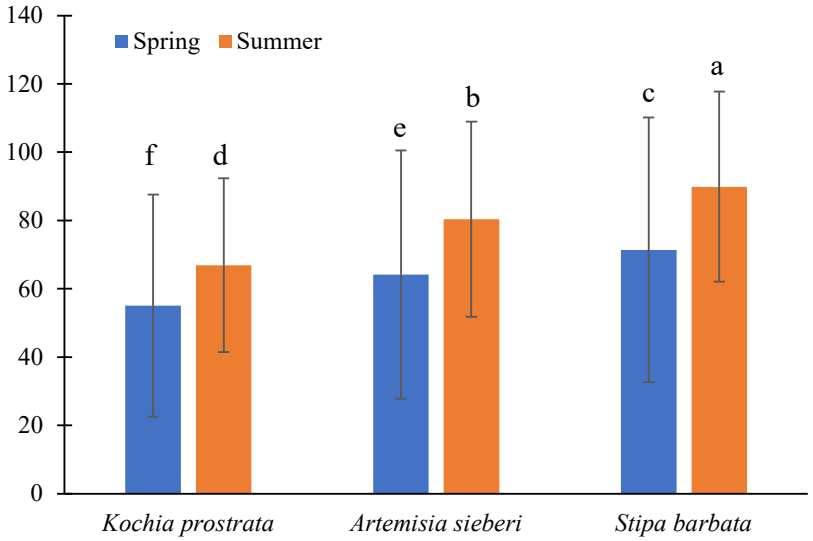
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و سال بر میزان برگشت پذیری (حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و فصل بر برگشت پذیری

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و فصل بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی در شکل (۴) نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، میزان برگشت‌پذیری در گونه استپی ریش‌دار و در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشینه و در طرف مقابل میزان برگشت‌پذیری در گونه جارو و در فصل بهار به طور معنی‌داری کمینه است.



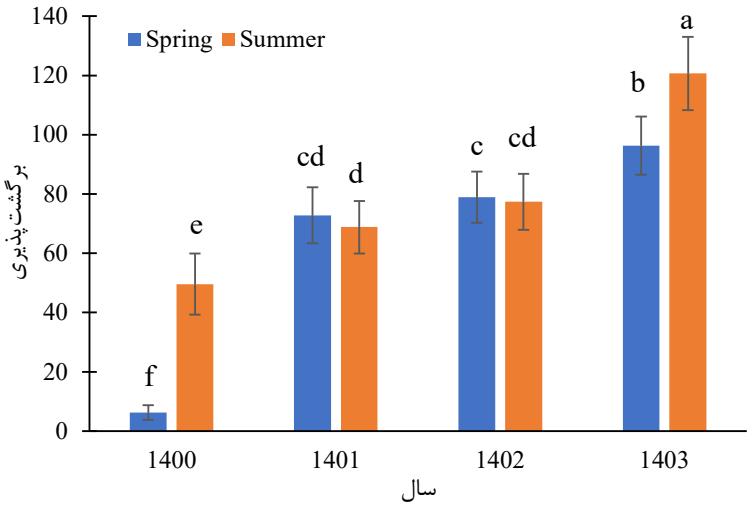
شکل۴: مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و فصل بر میزان برگشت پذیری

مقایسه میانگین اثر متقابل سال و فصل بر برگشت‌پذیری

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل سال و فصل بر میزان برگشت پذیری گونه‌های گیاهی در شکل۵ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، میزان برگشت‌پذیری در فصل تابستان سال ۱۴۰۳ به طور معنی‌داری بیشینه و در طرف مقابل میزان برگشت‌پذیری در فصل بهار سال ۱۴۰۰ به طور معنی‌داری کمینه است. همچنین مشخص شد که برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی در فصول بهار و تابستان سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به استثناء بهار ۱۴۰۲ و تابستان ۱۴۰۱ که تفاوت معنی‌دار دارند، تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سال و فصل بر میزان برگشت پذیری (حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است)

مقایسه میانگین اثر متقابل گونه، سال و فصل بر برگشت‌پذیری

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه گونه، سال و فصل بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های گیاهی تحت بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه جارو (*Kochia prostrata*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۳/۶۷ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۰۵ درصد)، کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه درمنه دشتی (*Artemisia Sieberi*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۶ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۲۴/۳۳ درصد) و کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۹ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۳۲/۶۷ درصد) بود. مقایسه میانگین اثرات معنی‌دار در بخش قبل نشان داد که در میان گونه‌های تحت بررسی، استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*)، در میان سال‌ها، سال ۱۴۰۳ و در میان فصل‌ها، فصل تابستان به طور معنی‌داری بیشترین میزان برگشت‌پذیری را داشتند. این نتایج ناشی از عوامل اقلیمی نبوده بلکه نشان می‌دهد که حتی پس از چرای شدید اگر به مرتع استراحت داده شود و از آن بهره‌برداری نگردد، می‌تواند خود را به مرور بازیابی کند به ویژه اگر مدت زمان عدم بهره‌برداری پس از چرای شدید، حداقل یک سال باشد و این امر علی الخصوص برای گونه‌های خوشخوراک، حیاتی است. اما اگر پس از چرای شدید به مرتع استراحت نداده و دائماً از آن بهره‌برداری گردد، پس از گونه غالب در هر کلاس خوشخوراکی، به‌ترتیب سایر گونه‌های همان کلاس با مقبولیت بیشتر از نظر دام و در نهایت تمامی پوشش گیاهی مورد چرا واقع شده و چون مرتع فرصت کافی برای بازیابی ندارد، پوشش گیاهی به طور کلی از بین خواهد رفت. در همین راستا، عدم حضور گونه‌های غالب کلاس‌های خوشخوراکی I و II نزدیک به روستاهای واقع در منطقه قوشچی مانند کهریز بیانگر عدم برگشت‌پذیری گونه به علت چرای دائم گله در این مناطق است که فرصتی برای برگشت‌پذیری گونه‌های جارو (*Kochia prostrata*) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) مورد مطالعه در این پژوهش باقی نمی‌گذارد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

جدول۴: مقایسه میانگین اثر سه گانه گونه، سال و فصل بر میزان برگشت پذیری (حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است)

گونه	سال	فصل	مقدار میانگین
Kochia prostrata	۱۴۰۰	بهار	^{q}۳/۶۷
		تابستان	^{o}۳۸/۰۰
	۱۴۰۱	بهار	^{lm}۶۱/۶۷
		تابستان	^{m}۵۸/۳۳
	۱۴۰۲	بهار	^{k}۶۸/۶۷
		تابستان	^{kl}۶۶/۳۳
	۱۴۰۳	بهار	^{ef}۸۶/۳۳
		تابستان	^{c}۱۰۵/۰۰
Artemisia sieberi	۱۴۰۰	بهار	^{pq}۶/۰۰
		تابستان	^{n}۵۰/۰۰
	۱۴۰۱	بهار	^{ij}۷۳/۶۷
		تابستان	^{jk}۶۹/۳۳
	۱۴۰۲	بهار	^{gh}۸۰/۰۰
		تابستان	^{hi}۷۸/۰۰
	۱۴۰۳	بهار	^{d}۹۷/۰۰
		تابستان	^{b}۱۲۴/۳۳
Stipa barbata	۱۴۰۰	بهار	^{p}۹/۰۰
		تابستان	^{m}۶۰/۶۷
	۱۴۰۱	بهار	^{fg}۸۳/۰۰
		تابستان	^{gh}۷۸/۶۷
	۱۴۰۲	بهار	^{e}۸۸/۰۰
		تابستان	^{ef}۸۷/۶۷
	۱۴۰۳	بهار	^{c}۱۰۵/۶۷
		تابستان	^{a}۱۳۲/۶۷

مدل رگرسیونی و اعتبارسنجی آن

معادله رگرسیون خطی با حضور عوامل تحت بررسی یعنی نوع گونه به همراه سال و فصل نمونه‌برداری به‌عنوان متغیر مستقل و میزان برگشت‌پذیری گونه‌های چرا شده تحت بررسی به عنوان متغیر وابسته در جدول ۵ ارائه گردیده است. در این معادله، نوع گونه به صورت اعداد ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب در خصوص گونه‌های جارو (*Kochia prostrata*)، درمنه دشتی (*Artemisia Sieberi*) و استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) در کمیت PS (Plant Species)، سال به صورت اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ در خصوص سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱، ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در کمیت Y (Year) و فصول بهار و تابستان به صورت اعداد ۱ و ۲ در کمیت S (Season) لحاظ گردیده است.

جدول۵: معادله رگرسیونی و نتایج اعتبارسنجی آن

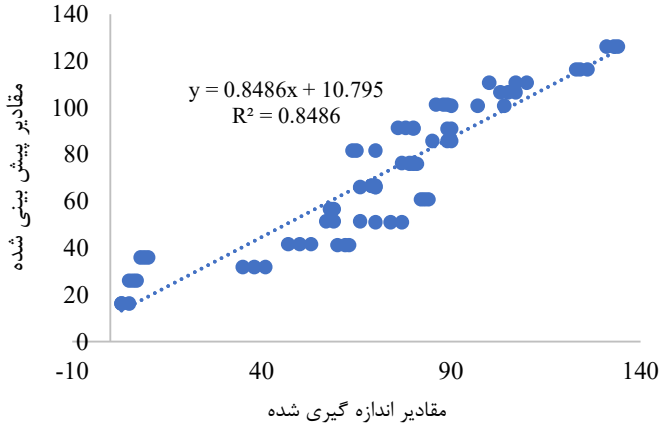
پارامتر	مدل رگرسیونی	ضریب تعیین (R^2)
میزان برگشت‌پذیری	$Y = -۳۳/۹۳۱ + ۹/۸۳۳\ PS + ۲۴/۹۱۷\ Y + ۱۵/۵۲۸\ S$	۰/۸۴۸۶

در روابط فوق، PS: گونه (۱، ۲و ۳)، Y: سال (۱، ۲، ۳ و ۴) و S: فصل (۱و۲)

ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به کمک مدل رگرسیونی در خصوص برگشت‌پذیری گونه‌ها در شکل ۶ ارائه گردیده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، ضریب تعیین (R^2) میان دو سری داده، ۰/۸۴۸۶ است که مقدار بالایی است و بیانگر دقت بالای مدل رگرسیونی انتخاب شده در پیش‌بینی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های چراشده تحت بررسی باتوجه به متغیرهای ورودی شامل نوع گونه، سال و فصل است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]



شکل ۶: ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل رگرسیونی در خصوص میزان برگشت‌پذیری

نتایج روش سطح پاسخ

ضرورت استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) در این پژوهش، بررسی قابلیت این روش جدید در پیش‌بینی و بهینه‌سازی میزان برگشت‌پذیری گونه‌های مرتعی چراشده تحت پارامترهای مؤثر از جمله نوع گونه، سال و فصل نمونه‌برداری است. نتایج خروجی روش سطح پاسخ در خصوص ارائه مدل درجه دوم که بیانگر تأثیر پارامترهای ورودی (گونه، سال و فصل) بر خروجی مدل (برگشت پذیری) است، در جداول (۶، ۷ و ۸) ارائه شده است. در جدول (۶) نتایج مربوط به تجزیه واریانس مدل درجه دوم، در جدول (۷) ضرایب تعیین قطعی، تطبیقی و پیش‌بینی شده و سایر کمیت‌های آماری و در جدول (۸) ضرایب تخمین گونه، سال و فصل در معادله پیش‌بینی را مشاهده می‌گردد. منظور از معنی‌دار بودن مدل درجه دوم روش سطح پاسخ مندرج در جدول (۶) این است که چندین مدل درجه دوم به منظور پیش‌بینی مقادیر خروجی ارائه می‌گردد و اثر این مدل‌ها بر خروجی، معنی‌دار است. برای مدل، درجه آزادی ۴ درج شده که نشان می‌دهد ۵ مدل درجه دوم با تفاوت معنی‌دار در خروجی توسط نرم‌افزار ارائه شده است.

جدول ۶: تجزیه واریانس مدل درجه دوم ارائه شده توسط روش سطح پاسخ

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P	معنی داری
مدل	۱۵۲۴۷/۹۰	۴	۳۸۱۱/۹۷	۱۴/۰۳	<۰/۰۰۰۱	معنی دار است
سال	۱۱۳۵۲/۵۲	۱	۱۱۳۵۲/۵۲	۴۱/۸۰	<۰/۰۰۰۱	
فصل	۷۴۶/۱۳	۱	۷۴۶/۱۳	۲/۷۵	۰/۱۱۶۹	
گونه	۱۴۹۹/۸۴	۲	۷۴۹/۹۲	۲/۷۶	۰/۰۹۳۳	
باقیمانده	۴۳۴۵/۹۱	۱۶	۲۷۱/۶۲			
کاهش تناسب	۳۸۳۲/۴۱	۱۱	۳۴۸/۴	۳/۳۹	۰/۰۹۴۱	معنی دار نیست
خطای خالص	۵۱۳/۵۰	۵	۱۰۲/۷۰			
خطای تصحیح شده	۱۹۵۹۳/۸۱	۲۰				

جدول ۷: ضرایب تعیین قطعی، تطبیقی و پیش‌بینی شده توسط روش سطح پاسخ

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
انحراف معیار	۱۶/۴۸	ضریب تعیین	۰/۷۷۸۲
میانگین	۷۴/۱۰	ضریب تعیین تطبیقی	۰/۷۲۲۷
ضریب تغییرات (درصد)	۲۲/۲۴	ضریب تعیین پیش‌بینی شده	۰/۶۲۶۸
		کفایت دقت	۱۲/۸۵۱۸

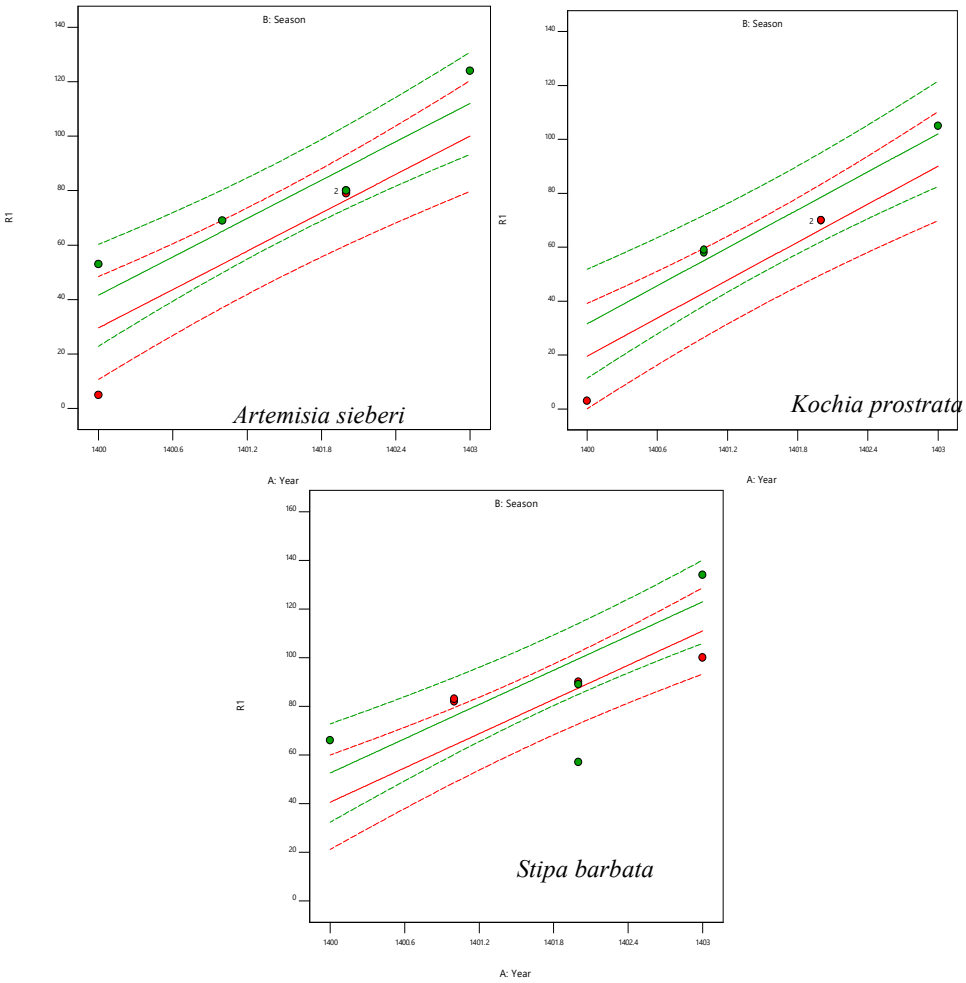
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

جدول ۸: ضرایب تخمین سال، فصل و گونه در معادله پیش‌بینی به دست آمده توسط روش سطح پاسخ

پارامتر	ضریب تخمین	درجه آزادی	خطای معیار
سال × فصل	۷۱/۱۴	۱	۳/۶۳
سال	۳۵/۲۲	۱	۵/۴۵
فصل	۶/۰۰	۱	۳/۶۲
گونه[۱]	۱۰/۴۶	۱	۴/۴۷
گونه[۲]	۰/۱۵۸۱	۱	۲/۵۷

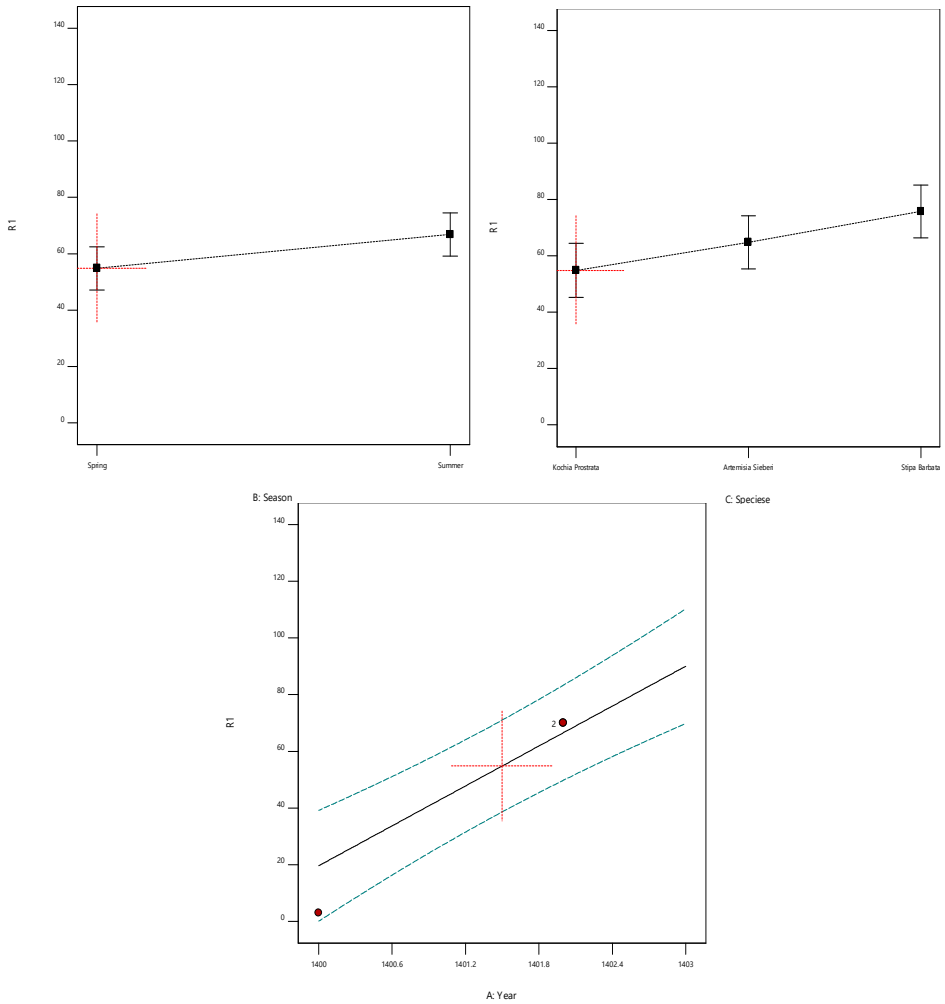
با در نظر گرفتن ضرایب تخمین به دست آمده در جدول (۸)، تمامی مقادیر پیش‌بینی شده با توجه به ورودی‌های مرتبط در شکل (۷) رسم شدند. در این شکل، مقادیر قرمز رنگ و سبز رنگ به‌ترتیب مربوط به فصول بهار و تابستان می‌باشند. به علاوه، مقایسه میانگین اثر گونه، سال و فصل بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی مستخرج از روش سطح پاسخ در شکل (۸) ارائه گردیده است.



شکل ۷: مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل درجه دوم با توجه به ورودی‌ها (در این شکل، مقادیر قرمز رنگ و سبز رنگ به‌ترتیب مربوط به فصول بهار و تابستان می‌باشند)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]



شکل ۸: مقایسه میانگین اثرات نوع گونه، سال و فصل بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی مستخرج از روش سطح پاسخ

از شکل (۸) نتیجه می‌شود که در بین گونه‌ها، گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*)، در بین فصول، فصل تابستان و در بین سال‌ها، سال ۱۴۰۳ بیشترین میزان برگشت‌پذیری را نشان می‌دهند که منطبق با نتایج بخش قبل می‌باشد.

نتایج بهینه‌سازی توسط روش سطح پاسخ

حل کردن معادله رگرسیونی به کمک نرم‌افزار Design Expert منجربه یافتن مقادیر بهینه در ورودی‌ها برای داشتن بهترین خروجی خواهد شد. در این تحقیق ورودی‌ها شامل نوع گونه، سال و فصل نمونه‌برداری و خروجی میزان برگشت‌پذیری است. این مقادیر بهینه در جدول (۵) ارائه شده‌اند. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، با فرض ایده‌آل بودن بیشترین میزان برگشت‌پذیری، گونه *Stipa barbata*، سال ۱۴۰۳ و فصل تابستان، بهینه‌ترین بوده و میزان برگشت‌پذیری در این حالت ۱۲۲/۹۷ درصد می‌باشد. بالعکس و با فرض ایده‌آل بودن کمترین میزان برگشت‌پذیری، گونه *Artemisia sieberi*، سال ۱۴۰۰ و فصل بهار، بهینه‌ترین بوده و مقدار برگشت‌پذیری در این حالت ۲۹/۶۰۵۳ درصد می‌باشد. همچنین نمودارهای مربوط به نحوه یافتن مقادیر بهینه توسط نرم‌افزار نیز در شکل (۹) قسمت‌های الف و ب ارائه گردیده است. این نمودارها بیان می‌کنند که چگونه گونه، سال و فصل مربوطه به مقادیر بهینه، انتخاب شده‌اند. میزان بالای رضایتمندی (۱/۰۰۰) درج شده در جدول (۹) بیانگر دقت بسیار بالای بهینه‌سازی توسط روش سطح پاسخ است. همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد، ۵ مدل بهینه دیگر در هریک

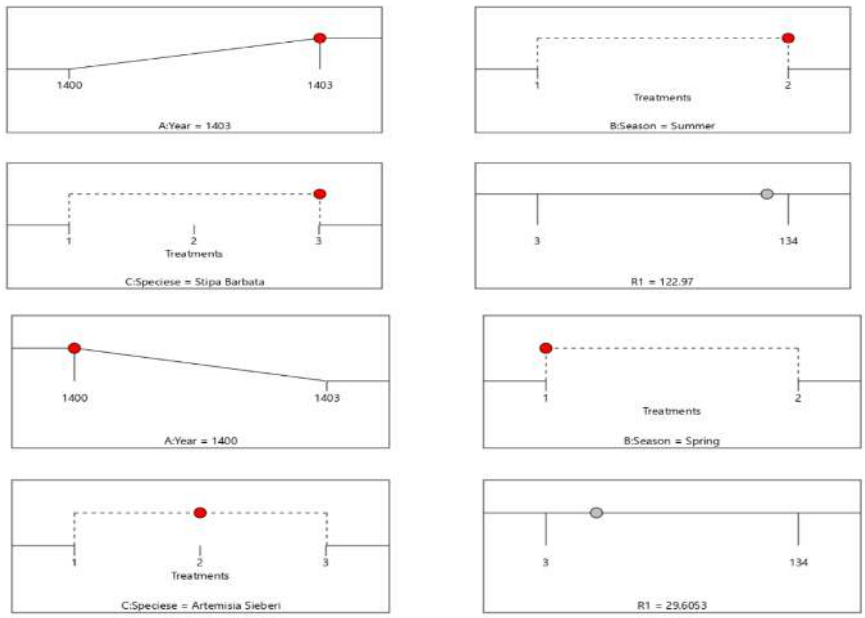
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

از فرض‌های ایده آل، وجود داشتند اما به علت رضایتمندی کمتر انتخاب نشدند و در نتیجه بهینه‌سازی با بیشترین رضایتمندی به عنوان بهترین بهینه‌سازی انتخاب و درج گردید. با فرض ایده‌آل بودن بیشترین و کمترین میزان برگشت‌پذیری، به‌ترتیب مدل ۱ و ۴ از مجموع ۶ مدل بهینه دارای بالاترین میزان رضایتمندی انتخاب شدند.

جدول ۹: نتایج بهینه‌سازی حاصل از روش سطح پاسخ

فرض ایده آل	شماره مدل بهینه	گونه	سال	فصل	برگشت پذیری (درصد)	رضایتمندی	نتیجه
بیشترین برگشت‌پذیری	۱ از ۶	*Stipa barbata*	۱۴۰۳	تابستان	۱۲۲/۹۷	۱/۰۰۰	انتخاب شد
کمترین برگشت‌پذیری	۴ از ۶	*Artemisia sieberi*	۱۴۰۰	بهار	۲۹/۶۰۵۳	۱/۰۰۰	انتخاب شد



شکل ۹: نحوه بهینه‌سازی متغیرهای ورودی و مقدار خروجی متناظر با آنها توسط روش سطح پاسخ (الف) بیشترین برگشت‌پذیری ایده‌آل است و (ب) کمترین برگشت‌پذیری ایده‌آل است

بحث و نتیجه‌گیری

تشخیص کیفیت روند و میزان تغییرات مراتع نیاز به ارزیابی دقیق، صحیح و همچنین طولانی مدت دارد تا داده‌های پایه‌ای مورد نظر، تأمین و امکان تحلیل چگونگی تغییرات و نقش عوامل مختلف اعم از مدیریتی و طبیعی فراهم گردد. در پژوهش حاضر، میزان برگشت‌پذیری گونه‌های غالب در سه کلاس خوشخوراکی طی مدت ۴ سال (۲ نوبت در سال (بهار و تابستان) و مجموعاً ۸ نوبت) پس از چرای مفرط دام بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر پارامترهای ورودی شامل نوع گونه، سال و فصل نمونه‌برداری همچنین اثرات متقابل دوتایی و سه تایی آن‌ها بر میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی معنی‌دار بودند. کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه جارو (*Kochia prostrata*) (کلاس خوشخوراکی I) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۳/۶۷ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۰۵ درصد)، کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه درمنه دشتی (*Artemisia Sieberi*) (کلاس خوشخوراکی II) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۶ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۲۴/۳۳ درصد) و کمترین و بیشترین میزان برگشت‌پذیری گونه استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*) (کلاس خوشخوراکی III) به‌ترتیب در بهار سال ۱۴۰۰ (۹ درصد) و تابستان سال ۱۴۰۳ (۱۳۲/۶۷ درصد) بود. مقایسه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

میانگین اثرات معنی‌دار نشان داد که در میان گونه‌های تحت بررسی، استپی ریش‌دار (*Stipa barbata*)، در میان سال‌ها، سال ۱۴۰۳و در میان فصل‌ها، فصل تابستان به طور معنی‌داری بیشترین میزان برگشت‌پذیری را داشتند. نتایج روش سطح پاسخ نیز موید همین مطلب بود. توضیح این که در میان گونه‌ها، گونه استپی ریش‌دار، مهاجم و بدخوراک بوده، کمتر چرا شده و بیشترین میزان برگشت‌پذیری را داشت. بالعکس گونه جارو بسیار خوشخوراک بوده، بیشتر چرا شده و کمترین میزان برگشت‌پذیری را داشت. گونه درمنه دشتی نیز چرا و برگشت‌پذیری متوسطی داشت. برگشت‌پذیری در تابستان هرسال بیشتر از بهار همان سال بود چون گیاه چند ماه بیشتر برای برگشت‌پذیری فرصت داشت. برگشت‌پذیری در سال ۱۴۰۳ بیشترین و در سال ۱۴۰۰ کمترین بود. چون گونه‌های گیاهی تحت بررسی در سال ۱۴۰۳ نزدیک به ۴ سال برای برگشت‌پذیری فرصت داشتند اما در سال ۱۴۰۰ فرصت کافی برای برگشت‌پذیری نداشتند. مقدار زیاد انحراف معیار و در نتیجه نوارهای خطا در برخی از نمودارهای ستونی به دلیل چرای بیشتر دام از یک منطقه در سایت ۱ هکتاری تحت چرا بود که البته آزمون نرمال بودن داده‌ها، نرمال نبودن را نشان نداد. مدل رگرسیون خطی با ضریب تعیین ۰/۸۴۸۶ و با دقت بسیار خوبی توانست میزان برگشت‌پذیری گونه‌های تحت بررسی را پیش‌بینی نماید. مدل روش سطح پاسخ با ضریب تعیین ۰/۷۷۸۲ و دقت کمتر در مقایسه با مدل رگرسیون خطی توانست میزان برگشت‌پذیری گونه‌ها را پیش‌بینی نماید. توضیح این که روش سطح پاسخ در بستر نرم‌افزار Design expert قابلیت ورود کمی داده‌های غیرکمی را ندارد. در حالی که برای حصول مدل رگرسیون خطی در بستر نرم‌افزار SPSS این قابلیت وجود دارد. برهمین اساس، در مدل رگرسیون خطی، فصل‌های بهار و تابستان به‌ترتیب با اعداد ۱ و ۲، گونه‌های گیاهی جارو، درمنه دشتی و استپی ریش‌دار به‌ترتیب با اعداد ۱، ۲ و ۳ و سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱، ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ نیز به‌ترتیب با اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ کمی‌سازی شدند. اما در روش سطح پاسخ، سال‌ها با اعداد مختص به خود به‌صورت ۱۴۰۰، ۱۴۰۱، ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ و فصل‌ها و گونه‌ها نیز با نام خود وارد شدند و این عدم کمی‌سازی متغیرهای غیرکمی (فصل و گونه گیاهی) در روش سطح پاسخ از دقت مدل پیش‌بینی کننده کاست. در خصوص بهینه‌سازی، روش سطح پاسخ دو مدل بهینه با فرض ایده‌آل بودن بیشترین و کمترین میزان برگشت‌پذیری هردو با میزان رضایتمندی ۱/۰۰۰ را حاصل نمود. با فرض ایده‌آل بودن بیشترین برگشت‌پذیری، گونه *Stipa barbata*، سال ۱۴۰۳ و فصل تابستان، بهینه‌ترین بوده و میزان برگشت‌پذیری در این حالت ۱۲۲/۹۷ درصد بود. در طرف مقابل، با فرض ایده‌آل بودن کمترین برگشت‌پذیری، گونه *Artemisia sieberi*، سال ۱۴۰۰ و فصل بهار، بهینه‌ترین بوده و مقدار برگشت‌پذیری در این حالت ۲۹/۶۰ درصد می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد در عمل، در حد بضاعت مراتع از آن‌ها بهره‌گیری شود. فصل چرا و ورود دام به عرصه و تعداد دام، کارشناسی شده صورت پذیرد. در حالت کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پس از وقوع چرای شدید باید به مرتع فرصت بازیابی داد تا گونه‌های گیاهی غالب به همراه سایر گونه‌های هر کلاس خوشخوراکی به عرصه بازگردند و در نهایت مرتع به حالت و کارکرد طبیعی خود بازگردد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

References

1. Askari, M., Y. Abbaspour-Gilandeh, E. Taghinezhad, A.M. El Shal, R. Hegazy & M. Okasha, 2021. Applying the Response Surface Methodology (RSM) Approach to Predict the Tractive Performance of an Agricultural Tractor during Semi-Deep Tillage. Agriculture, 11: 1043, 1-14.
2. Betiku, E. & O.A., Adesina, 2013. Optimization of sweet potato starch hydrolyzate production and its potential utilization as substrate for citric acid production. British BioLOGY, 3: 169–182.
3. Cassie, L., J. Hebel, E. Smith & K. Cromack, 2009. Invasive plant species and soil microbial response to wildfire burn severity in the Cascade Range of Oregon. Applied Soil Ecology, 42: 150-159.
4. Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143(1):1-10.
5. Chamani, A., Gh. Heshmati & V. Karimian, 2015. Assessing soil surface indicators in shrubland different patches (Case Study: Goob Gogjeh rangeland of Golestan province). Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, 4(16): 1-11.
6. Chaturvedi, O.H., S.K. Sankhyan, A, Sahoo & S.A. Karim, 2012. Nutrient utilization and reproductive performance of flushing ewes grazing on Community rangeland. Indian Journal of Animal Sciences, 82(11): 1446–1450.
7. Coban, H.O & S. Cosgun, 2020. The role of topography in the spatial distribution of tree species in the Mediterranean region of Turkey. Journal of Fresenius Environmental Bulletin, 29: 1369–1378.
8. Dubuis, A., J. Pottier, V. Rion, L. Pellissier, J. P. Theurillat & A. Guisan, 2011. Predicting spatial patterns of plant species richness: a comparison of direct macroecological and species stacking modelling approaches. Diversity and Distributions, 17(6): 1122-1131.
9. Duckworth, B., 2000. Rangeland fragile in hot spot. Reading List, Livestock Producer.
10. Fois, M., A. Cuena-Lombrana, G. Fenu, D. Cogoni & G. Bacchetta, 2016. The reliability of conservation status assessments at regional level: past, present and future perspectives on *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* in Sardinia. Journal of Natural Conservation, 33: 1–9.
11. Ghorbani, A., F. Dadjou, M. Moameri, M. Bidarlord & K. Hashemi Majd, 2018. Investigating the impact of environmental factors on the primary production of land surface (case study: Hir-Neor pastures of Ardabil province). Range and Watershed, Journal of Iranian Natural Resources, 71(4): 1055-1071.
12. Ghorbani, ZH., K. Sefidi, F. Keivan Behjo, M. Moameri & A. Soltanitolarod. 2015. The effect of different intensities of grazing on soil physical and chemical properties in southeastern rangelands of Sabalan. Journal of Rangeland, 4(3): 353-366.
13. Ghorbani, ZH., K. Sefidi, F. Keyvan Behjo, M. Moameri & A. Soltanitolarod, 2019. Predicting the soil fragmentation caused by grazing using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS), Journal of Range and Watershed Mnagement, 72(2): 557-568.
14. Godefroid, S & N. Koedam, 2007. Urban plant species patterns are highly driven by density and function of built-up areas. Landscape Ecology, 22(8): 1227-1239.
15. Graham, R.T., T.B. Jain, J.L. Kingery, 2010. Ameliorating conflicts among deer, elk, cattle and/or other ungulates and other forest uses: a synthesis. Forestry, 83(3): 245-255.
16. Guevara, J.C., O.R. Estevez, C.R. Stasi & H.N. Le Houerou, 2006. The Role of Weeping Lovegrass, Eragrostis curvula, in the Rehabilitation of Deteriorated Arid and Semiarid Rangelands in Argentina. Arid Land Research and Management, 19(2): 125-146.
17. Heshmati, Gh. A., Karimian, A.A., P. Karami & M. Amirkhani, 2007 Qualitative assessment of hilly range ecosystems potential at Inche- boron area of Golestan province, Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resource, 14(1): 174-182.
18. Jafarian, Z & Zh. Ghorbani, 2023. Prediction of Soil Carbon Sequestration in Rangelands Based on Soil Sampling Depth and Elevation Using Response Surface Methodology. Journal of Rangeland, 17(2): 179-194.
19. Jarema, S. I., J. Samson, B.J. McGill & M. M. Humphries, 2009. Variation in abundance across species range predicts climate change responses in the range interior will exceed those at the edge: a case study with north American beaver. Global Change Biology, 15: 508–522.
20. Kargozari, M., S. Moini & Z. Emam Djomeh, 2010. Prediction of some physical properties of osmodehydratied carrot cubes using response surface methodology. Journal of food processing and preservation, 34(2): 1041-1063.
21. Keeley, J.E., J. Franklin & C. D'Antonio, 2010. Fire and invasive plants on California landscapes. The landscape ecology of fire, Book Chapter, pp 193-221.
22. Koutsias, N. & M. Karteris, 2000. Burned areas mapping using logistic regression modeling of a single post-fire Landsat-5 Thematic Mapper image. International Journal of Remote Sensing, 21: 673-687.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]

23. Kristofor, R.B., 2006. Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in humid-subtropical tall grass prairie. A hypothesis. Acta Ecologica, 30: 407-413.
24. Managamuri, U., M. Vijayalakshmi, S. Poda, V.S.R.K. Ganduri, & S.B. Babu, 2016. Optimization of culture conditions by response surface methodology and unstructured kinetic modeling for bioactive metabolite production by Nocardiopsis litoralisVSM-8. 3. BioLOGU, 6: 219–231.
25. Nabizadeh, S., A.A. Naghipour-Borj & P. Tahmasebi, 2020. The effect of fire and its products on ecological shapes and feeding classification of soil deed reservoir (Case study: semi-stepped rangelands of Karsank, Chaharmahal and Bakhtiari). Journal of Rangeland, 14(1): 106-119.
26. Ortmann, J., D.D. Beran, R.A. Masters & J.L. Stubbendieck, 2008. Grassland management with prescribed Fire. Nebraska cooperative extension. EC 98-148. Historical materials from university of Nebrasca-Lincoln Extension.
27. Sharifi, J. and Emani, A., 1999. Fire effect on vegetation and species composition. Iranian Journal of Natural Resources, 59: 517-525.
28. Souri, M., S. Nateghi, A. Eftekhari, Zh. Ghorbani, N. Kamali, 2023. Predicting Soil Properties of Goshchi Rangeland in Urmia: A Comparison of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Response Surface Methodology (RSM) Approaches. Journal of Rangeland, 17(2): 263-284.
29. Yavari, A.H., Mousavi Seyyedi, S.R., Askari, M., Hadipour Rokni, R. 2024. Prediction and optimization of the draft force and soil fragmentation by rotary plow using the response surface methodology. Journal of Water and Soil Conservation, 31(3): 109-131.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-10]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.2.9]