نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱٤٤، پاییز ۱٤۰۳
ص‌ص: ۹۳~۱۰۸

بررسی احتمال انقراض گوسفند نژاد قره‌گل در ایران با استفاده از شبیه سازی دینامیک جمعیت

• **داود علی ساقی[۱]، حمید رضا بهمنی*[۲]، راضیه ساقی[۳]**

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکزتحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکزتحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۳- دانش‌آموخته دکترای ژنتیک و اصلاح نژاد دام، مرکزتحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت : شهریور ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : آبان ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۷۳۹۷۶۵
Email: bahmani712@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.363376.2344

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت موجود و برآورد احتمال انقراض نژاد در معرض خطرگوسفند قره‌گل در کشور ایران بود. به همین منظور، داده‌های جمعیتی و فراسنجه‌های مورد نیاز از گله‌های گوسفند قره‌گل و منابع موجود درسالهای اجرای پروژه جمع‌آوری شدند. دو سناریوی دینامیک گذشته وآینده جمعیت با فرض ادامه شرایط موجود در زیستگاه گوسفند قره‌گل، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت (PVA) و نسخه دهم نرم افزار VORTEX شبیه‌سازی شدند. شبیه‌سازی دینامیک جمعیت در گذشته با استفاده از فراسنجه‌های زیستی و فرضیات مورد استفاده، دینامیک واقعی جمعیت در گذشته را تقلید کرد. شبیه سازی دینامیک جمعیت در آینده نشان داد که با تداوم شرایط موجود، روند افزایش همخونی و کاهش تنوع ژنتیکی جمعیت مورد بررسی ادامه یافته و احتمال انقراض گوسفند قره‌گل در منطقه از سال ۱٤۳۸ امکانپذیر بوده و متوسط زمانیکه به اولین انقراض این نژاد درمنطقه باقیمانده ٤/٤۷ ± ۵۱/۰۸ سال برآورد شد. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت فراسنجه‌ها، حذف میش‌های بالغ بیش از حذف معمول سالانه، فراوانی محدودیت غذایی و استفاده از نژادهای دیگر در جفتگیری، بیشترین اثر را بر معیارهای حیاتی در شبیه سازی آینده جمعیت داشتند که عمدتاً دلیل اقتصادی دارند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت، معیارهای حیاتی، تجزیه و تحلیل حساسیت، گوسفند قره‌گل.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Research Journal of Livestock Science No 144 pp: 93-108

Extinction probability of the Karakul sheep breed in Iran using simulation of population dynamics

By: Davoud Ali Saghi[1], Hamid Reza Bahmani[*2], Razieh Saghi[3]
1: Associate professor, Department of Animal Science, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2: Assistant professor, Department of Animal Science, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Sanandaj, Iran.
3: Researcher, Department of Animal Science, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad, Iran.
*Corresponding author: bahmani712@yahoo.com.

Received: September 2023 **Accepted: November 2023**

This research aims to investigate the current status and estimate the extinction probability of the endangered Karakul sheep breed in Iran. To achieve this, census data and required parameters were collected from Karakul sheep flocks and available resources during project implementation. Two scenarios of past and future population dynamics assuming the continuation of the existing conditions within the Karakul sheep habitat were simulated using the Population Viability Analysis (PVA) method and VORTEX version 10.5.6. By employing the gathered biological parameters and assumptions, the simulation of past population dynamics closely replicated actual historical trends. Conversely, the simulation of future population dynamics indicated that, under current conditions, the trend of increasing inbreeding and decreasing genetic diversity within the studied population is likely to persist. The extinction probability of the Karakul sheep breed could become a reality as early as 1438, with the estimated mean time to the first extinction of this breed being 51.08 ± 4.47 years. Sensitivity testing revealed that factors such as the excessive harvest of adult ewes beyond the usual annual harvest, the frequency of feed limitations, and the use of other breeds in mating exert the most significant influence on future population viability measures, primarily due to economic considerations.

Key words: Population Viability Analysis, Viability Measures, Sensitivity Testing, Karakul Sheep

مقدمه

موطن اولیه و منشاء گوسفندان نژاد قره‌گل کشور ازبکستان است. این نژاد نام خود را از Kura-Kul به معنی دریاچه سیاه گرفته و غالبا بنام بره ایرانی شناخته می‌شود. مرکز و تراکم پرورش این نژاد در آسیای میانه، آفریقای جنوبی، شمال افغانستان و سرخس ایران می-باشد (خالداری، ۱۳۸۴). گوسفند قره‌گل در برابر عوامل تنش‌زای محیطی مقاومت محیطی بالایی داشته و در فقر علوفه‌ای شدید مراتع کویری، قابلیت زیست و تولید خوبی دارد. محصولات این نژاد علاوه بر پشم، گوشت و شیر شامل محصول با ارزشی به نام پوست زینتی بره های یک روزه قره‌گل است که به خاطر زیبایی شهرت جهانی دارد (توکلیان، ۱۳۷۸). در سه دهه اخیر ، جمعیت گوسفندان قره‌گل در کشور رو به کاهش نهاده و پوست قره‌گل در درآمد پرورش‌دهندگان نقشی ندارد. اطلاعات سرشماری جمعیت این دام موجود نبوده و تخمین زده می شود تعداد این توده بومی، با فنوتیپ استاندارد نژادی، به کمتر از ۲۰۰۰۰ رأس رسیده باشد (ساقی ، ۱۴۰۲).

روند کاهشی دام‌های مولّد، گله‌ها و زیستگاه آنها، استفاده از نژادهای دیگر در تولید مثل، اندازه مؤثر جمعیت پائین و وجود عوامل تهدید کننده بقاء از نشانه‌های کاهش تنوع ژنتیکی و در معرض خطر بودن یک نژاد هستند (Simon، ۱۹۹۹; Scherf ، ۲۰۰۰; Ngcobo و همکاران، ۲۰۲۲). تنوع ژنتیکی در داخل و بین نژادها نقش حیاتی در

سازگاری با تغییرات محیط زیست، پاسخ به انتخاب، اجتناب از مشکلات ناشی از همخونی و سازگاری یا تغییر در سیستم تولید دارد (Meuwissen، ۲۰۰۹). پژوهش‌های زیادی ارزش اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نژادهای دامی برای جوامع روستایی و نقش آنها را در حفظ زیست بوم‌ها متذکر شده‌اند (Gandini و همکاران، ۲۰۰۴).

تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت[1] اصولاً روشهای تجزیه و تحلیل کمی را دربر می‌گیرد که احتمال انقراض یک جمعیت را تعیین می‌کنند. تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت (PVA) بطور گسترده‌تری احتمالات انقراض و سایر معیارهای عملکردی جمعیت را به وسیله تجزیه و تحلیل تهدیدات قابل اندازه‌گیری حیات جمعیت در مدلهای فرآیند انقراض پیش بینی می‌کند (Lacy، ۱۹۹۳/۹۴). روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت پیشنهاد شده‌اند. مناسبترین آنها استفاده از مدلهای شبیه سازی رایانه‌ای برای طرح ریزی احتمالات توزیع سرنوشت‌های مختلف یک جمعیت است. اگرچه مدلهای شبیه‌سازی کامپیوتری می‌توانند پیچیده باشند، اما این مدل‌ها با دقت تعریف شده و فرضیات و الگوریتم‌های آنها می‌توانند مورد آزمایش قرار گیرند. بنابراین، مدلها عینی، قابل آزمایش، قابل نقد و قابل اصلاح هستند (Lacy و همکاران، ۲۰۲۱).

VORTEX (Lacy and Pollak ، ۲۰۲۱) نرم‌افزاری است که از آن برای مدل نمودن عوامل انقراض در جمعیت‌های کوچک استفاده می‌شود. این نرم افزار اثرات نیروهای قطعی و عوامل تصادفی جمعیتی، محیطی و ژنتیکی را بر روی جمعیت‌های حیوانی شبیه‌سازی می‌کند.VORTEX مدلی بر پایه اطلاعات فردی است. به این معنی که این برنامه در حافظه یک فرد یا یک دام را ایجاد کرده و سرنوشت آن را در طول هر سال از دوره‌ی زندگی اش پیگیری می‌کند. جهت بررسی تغییرات ژنتیکی، نرم‌افزار در حالت عادی انتقال آلل را در چند جایگاه ژنی که ممکن است واجد آللهای کشنده باشند و همچنین یک جایگاه خنثی (بدون هیچ اثری بر روی نتاج همخون) با یک جفت آلل منحصربفرد شبیه سازی می‌کند.

تاکنون برنامه حفاظتی برای هیچکدام از نژادهای دامی در معرض خطر انقراض کشور اجرا نشده است. اطلاعات جمعیتی و زیستی، تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت‌ها و نتایج حاصل از آن می توانند چارچوب مناسبی برای تهیه برنامه حفاظت از جمعیت نژادهای دامی در معرض خطر کشور در شرایط زیستگاه فراهم کنند. این پژوهش به منظور بررسی فراسنجه های زیستی (تولید مثل، مرگ و میر و...)، تهدیدات ومخاطرات جمعیت در معرض خطر گوسفند قره‌گل، احتمال انقراض و تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری اطلاعات

به منظور تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت(PVA) ، دو گروه از اطلاعات شامل داده‌های جمعیتی در مقاطع زمانی مختلف و فراسنجه‌های مورد نیاز برای مدل‌های شبیه سازی از گزارش نهایی پروژه ثبت و پایش گوسفند قره‌گل، منابع موجود و بررسی های میدانی در سالهای اجرای پروژه (ساقی، ۱۴۰۲) جمع آوری گردید. اطلاعات مربوط به سیستم پرورش، عملکرد تولیدمثلی، بقاء و مرگ و میر در گروههای مختلف سنی و جنسی، محدودیت‌ها و چالشهای پرورش دهندگان و اطلاعات در مورد وقایع و تهدیدات حیات جمعیت مهمترین داده‌های مورد استفاده در تشکیل فرضیات و برآورد فراسنجه‌های زیستی مورد استفاده در شبیه سازی بودند (جدول ۱).

شبیه‌سازی دینامیک جمعیت

در این پژوهش دینامیک جمعیت با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت و به وسیله نسخه دهم (۱۰.۵.۶) نرم‌افزار شبیه‌سازی VORTEX شبیه سازی شد.

شبیه‌سازی دینامیک گذشته جمعیت در زیستگاه آن (سناریو ۱)

دینامیک گذشته جمعیت گوسفند قره‌گل در طی ده سال گذشته (از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) که داده تقریبی اندازه جمعیت برای آن در ده سال گذشته وجود داشت، با استفاده از مدل تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت VORTEX ، شبیه‌سازی گردید. نرم‌افزار از فراسنجه‌های زیستی و وقایع پیش‌بینی شده در مدل PVA برای تقلید سرنوشت واقعی دام‌ها در هر سال از دوره زمانی گذشته استفاده کرد. عملیات شبیه‌سازی به مجموعه‌ای از فراسنجه‌ها و فرضیات برای توصیف خصوصیات زیستی و وقایع تصادفی جمعیت دام‌های مورد بررسی نیاز داشت که در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

[1] Population Viability Analysis

جدول۱. فراسنجه‌ها و فرضیات ورودی جمعیتی، جهت استفاده در شبیه سازی دینامیک جمعیت گوسفند قره‌گل درزیستگاه آن

فراسنجه ها و فرضیات	سناریو های شبیه سازی گوسفند قره‌گل	
	۱	۲
سیستم تولید مثل تلاقی یک قوچ با چند میش (Polygynous)	بلی	بلی
اندازه اولیه جمعیت	۸۰۰۰۰	۱۹۰۰۰
دوره زمانی (سال)	۱۰	۲۵
تعداد اجراهای برنامه	۱۰۰۰	۱۰۰۰
پس روی ناشی از همخونی	خیر	بله
معادل آللهای کشنده (Lethal Equivalents)	–	۶/۲۹
سهم آللهای کشنده (٪)	–	۵۰
همبستگی محیطی تولید مثل و زنده مانی	بله	بله
اثر تراکم جمعیت بر تولید مثل	خیر	خیر
سن در زمان تولد اولین نتاج (نر/ ماده) (سال)	۲	۲
حداکثر سن در گله (سال)	۷	۷
حداکثر سن تولید مثل در ماده‌ها (سال)	۷	۷
حداکثر سن تولید مثل در نرها (سال)	۵	۵
حداکثر زایش در سال	۱	۱
حداکثر نتاج در هر زایش (بره)	۲	۲
نسبت جنس ها در زمان تولد (نر،ماده)	۱:۱	۱:۱
ماده‌های مولد بالغ (٪)	۹۰	۹۰
ماده‌های مولدی که یک بره تولید می کنند (٪)	۹۵	۹۵
ماده‌های مولد ی که دو بره تولید می کنند (٪)	۵	۵
مرگ و میر ماده‌ها بین ۰ و ۱ سالگی (٪)	۱۵	۱۵
مرگ و میر ماده‌ها بین ۱ و ۲ سالگی (٪)	۴	۴
مرگ و میر ماده‌ها بعد از ۲ سالگی (٪)	۲	۲
مرگ و میر نرها بین ۰ و ۱ سالگی (٪)	۱۵	۱۵
مرگ و میر نرها بین ۱ و ۲ سالگی (٪)	۴	۴
مرگ و میر نرها بعد از ۲ سالگی (٪)	۲	۲
اولین واقعه نا مطلوب: رقابت نژادهای دیگر		
فراوانی وقوع (٪)	۱۰۰	۱۰۰
اثر بر تولید مثل(نسبتی از مقدار طبیعی)	۰/۸	۰/۸
اثر بر زنده مانی(نسبتی از مقدار طبیعی)	۱	۱
دومین واقعه نا مطلوب: محدودیت غذایی		
فراوانی وقوع (٪)	۵۰	۵۰
اثر بر تولید مثل(نسبتی از مقدار طبیعی)	۰/۹	۰/۹
اثر بر زنده مانی(نسبتی از مقدار طبیعی)	۰/۹	۰/۹
نسبت نرهای مولد (٪)	۵	۵
ظرفیت حیاتی(Carrying Capacity)	۱۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰
برداشت یا حذف دام (Harvest)	هر ساله	هر ساله
ماده‌های حذف شده قبل از ۲ سالگی (٪)	۳۰	۳۰
ماده‌های حذف شده بعد از ۲ سالگی (٪)	۲۵	۲۵
نرهای حذف شده قبل از ۲ سالگی (٪)	۹۰	۹۰
نرهای حذف شده بعد از ۲ سالگی (٪)	۲۵	۲۵

شبیه‌سازی دینامیک آینده جمعیت در زیستگاه آن تحت مدیریت جاری (سناریو ۲)

دینامیک آینده جمعیت نژاد قره‌گل در ۲۵ سال آینده (از ۱۴۰۰ تا ۱۴۲۵) به منظور بررسی بقای جمعیت در آینده و احتمال از بین رفتن آن در زیستگاهش با استفاده از مدل تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت VORTEX ، شبیه‌سازی گردید. در این سناریو فرض بر این بود که اثر عوامل تصادفی مورد بررسی در سناریوی قبلی بر جمعیت تداوم داشته، تحت مدیریت جاری گله‌ها به حیات خود ادامه داده و هیچ گونه برنامه حفاظتی به اجرا در نمی آید. بنابراین از فراسنجه‌ها و فرضیاتی برای توصیف خصوصیات زیستی و وقایع تصادفی جمعیت استفاده گردید که قبلاً از آنها در اولین سناریو استفاده شده بود به عبارت دیگر از فراسنجه‌ها و فرضیاتی که واقعیت را در گذشته تقلید کردند برای شبیه‌سازیِ حیاتی که جمعیت ممکن است در دوره زمانی پیش رو تجربه کند، استفاده شد (جدول۱).

مهم‌ترین تفاوت این سناریو با سناریوی قبلی مربوط به در نظر گرفتن اثر همخونی بود. در حالت قبل چون جمعیت ابتدایی بسیار بزرگ بود، امکان اجرای برنامه با در نظر گرفتن اثر همخونی وجود نداشت. از طرف دیگر، در جمعیت‌های بزرگ و حتّی متوسط، همخونی اتفاقی نادر است. بنابراین سناریوی اول با این فرض که همخونی بر شایستگی دام‌ها تأثیری نمی‌گذارد، اجرا شد. اما در سناریوی دوم با توجه به روند رو به کاهش جمعیت و مواجه شدن با جمعیت‌های کوچک، اثر همخونی بر باروری و زنده مانی در سال اول زندگی دام‌ها بر اساس پیش فرض برنامه مدنظر قرار گرفت (Lacy و همکاران، ۲۰۲۱).

نرم‌افزار برای ساختن مدل مؤلفه پس روی ناشی از همخونی، علاوه بر سهم آلل‌های کشنده، سهم سایر سازوکارهای ژنتیکی را نیز در نظر می گیرد. در نسخه جدیدتر (دهم) نرم‌افزار معادل آللهای کشنده، ۶/۲۹ (O'Grady و همکاران، ۲۰۰۶) با ۵۰ درصد میزان کشندگی در نظر گرفته شده است.

بررسی حساسیت فراسنجه‌های مورد بررسی

به منظور بررسی اثر تغییر در هریک از فراسنجه‌ها بر معیارهای حیاتی جمعیت (اندازه جمعیت باقیمانده، نرخ رشد تصادفی جمعیت و تنوع ژنتیکی) در شبیه‌سازی آینده جمعیت از تجزیه و تحلیل حساسیت[2] نسخه دهم نرم‌افزار VORTEX استفاده شد. در این تجزیه و تحلیل، هر فراسنجه بر اساس دامنه‌ی تعریف شده، تغییر می‌کند در حالی که سایر فراسنجه‌ها در حد مقادیر مدل پایه (مورد استفاده در سناریوی دوم) ثابت باقی می‌مانند. بنابراین با توجه به حداکثر و حداقل هر متغیّر و فاصله تعریف شده در دامنه برای هر متغیّر، چندین شبیه سازی با ۱۰۰۰ تکرار برای هر اجرا، برای انجام تجزیه و تحلیل حساسیت انجام شد. نهایتاً مشخص گردید کدامیک از فراسنجه‌ها و به چه صورتی معیارهای حیاتی جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. جهت تعیین مهمترین فراسنجه‌های مؤثر بر معیارهای مورد بررسی، از نمودارهای استاندارد شده عنکبوتی[3] نرم‌افزار استفاده شد.

نتایج و بحث

شبیه‌سازی دینامیک گذشته جمعیت گوسفند قره‌گل در زیستگاه آن (سناریو ۱)

اندازه‌های جمعیت، احتمالات انقراض، میانگین‌های نرخ رشد تصادفی، تنوع‌های ژنتیکی، همخونی‌ها و میانگین تعداد آلل‌های باقی مانده دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل در ۱۰ سال گذشته (از سال۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) در جدول (۲) نمایش داده شده اند.

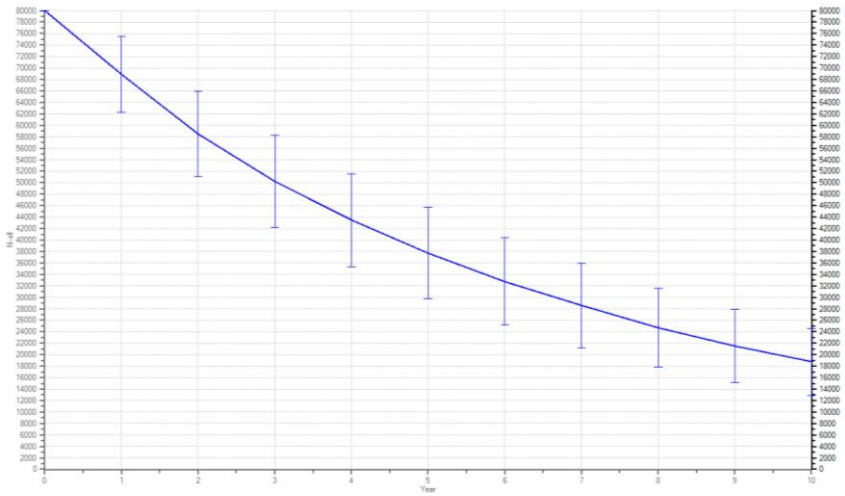
[2] sensitivity testing
[3] standardized spider plots

جدول۲. میانگین و اشتباه معیار[1] اندازه‌های جمعیت، احتمالات انقراض، میانگین‌های نرخ رشد تصادفی جمعیت، تنوع‌های ژنتیکی، همخونی و میانگین تعداد آلل‌های باقیمانده دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل در ۱۰ سال گذشته (از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰).

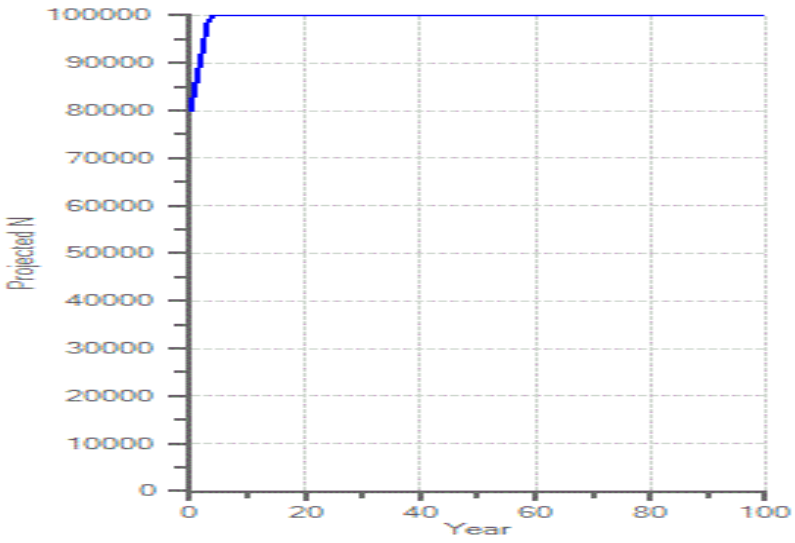
سال	اندازه جمعیت	احتمال انقراض	نرخ رشد تصادفی	تنوع ژنتیکی	همخونی	آللهای باقیمانده
۱۳۹۰	۸۰۰۰۰	۰	۰	۱	۰	۱۶۰۰۰۰
۱۳۹۱	۶۸۸۷۱ (۲۰۸/۳۵)	۰	-۰/۱۵۳۹ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۱۰۸۴۶۳ (۱۹۱/۸۰)
۱۳۹۲	۵۸۵۰۴ (۲۳۴/۵۹)	۰	-۰/۱۶۶۵ (۰/۰۰۳)	۱	۰	۷۶۴۹۱ (۱۸۶/۷۰)
۱۳۹۳	۵۰۲۳۷ (۲۵۳/۴)	۰	-۰/۱۵۷۰ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۵۵۳۳۳ (۱۶۸/۸۳)
۱۳۹۴	۴۳۴۴۷ (۲۵۵/۸۳)	۰	-۰/۱۴۹۷ (۰/۰۰۳)	۱	۰	۴۱۰۰۲ (۱۴۸/۴۴)
۱۳۹۵	۳۷۷۰۲ (۲۵۲/۴۴)	۰	-۰/۱۴۶۸ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۳۱۰۰۰ (۱۲۷/۷۳)
۱۳۹۶	۳۲۷۶۴ (۲۴۰/۸۷)	۰	-۰/۱۴۴۸ (۰/۰۰۳)	۱	۰	۲۳۸۵۴ (۱۰۹/۲۷)
۱۳۹۷	۲۸۵۹۱ (۲۳۳/۵۹)	۰	-۰/۱۴۲۲ (۰/۰۰۳)	۱	۰	۱۸۶۰۵ (۹۴/۴۵)
۱۳۹۸	۲۴۷۰۳ (۲۱۶/۹۸)	۰	-۰/۱۵۱۲ (۰/۰۰۳۲)	۱	۰	۱۴۹۷۰ (۸۲/۰۹)
۱۳۹۹	۲۱۵۱۴ (۲۰۰/۹۷)	۰	-۰/۱۴۲۹ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۱۲۱۹۸ (۷۱/۸۴)
۱۴۰۰	۱۸۸۲۹ (۱۸۳/۳۷)	۰	-۰/۱۴۲۷ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۱۰۰۳۶ (۶۳/۰۲)

۱- اشتباه معیار میانگین متغییرهای مورد بررسی، در داخل پرانتز ارائه شده اند.

شکل (۱) نشان می‌دهد که جمعیت با اندازه ابتدایی ۸۰۰۰۰ رأس با میانگین نرخ رشد تصادفی ۰/۰۹۷۳ ± ۰/۱۴۹۸- بعد از ۱۰ سال به اندازه جمعیت ۱۸۸۲۹رأس در حال حاضر (۱۴۰۰) رسیده است. این میانگین اثر تغییرات تصادفی (تغییرات تصادفی جمعیت، تغییرات محیطی، حوادث و اثرات همخونی) بر جمعیت مورد بررسی را نشان می‌دهد. این جمعیت در حضور حداقلی عوامل تصادفی با نرخ رشد قطعی ۰/۰۶۹۳ به ظرفیت حیاتی فرضی خود بعنوان مثال ۱۰۰۰۰۰ رأس می‌رسید (شکل۲). تفاوت بین نرخ رشد قطعی ومیانگین نرخ رشد تصادفی حاصل از شبیه‌سازی، نشاندهنده اهمیت عوامل تصادفی (تغییر تصادفی در فراسنجه های جمعیتی، نوسانات محیطی، وقایع ناگوار و نامطلوب و اثرات همخونی) بعنوان تهدیدی برای بقاء جمعیت است.



شکل۱. تغییرات اندازه جمعیت مربوط به دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل در ۱۰ سال گذشته(از ۱۳۹۰ تا۱۴۰۰)



شکل۲. تغییرات اندازه جمعیت مربوط به دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل با استفاده از محاسبات قطعی

احتمال انقراض جمعیت گوسفند قره‌گل بعد از ۱۰ سال (نسبتی از ۱۰۰۰ اجرای برنامه که در طی دوره زمانی مورد نظر به انقراض ختم می‌شود) در پایان شبیه سازی صفر بود. تنوع ژنتیکی یا هتروزیگوسیتی مورد انتظار جمعیت نیز در پایان شبیه سازی ۱۰۰ ٪ بود (جدول ۲).

کاهش انگیزه‌های اقتصادی ـ اجتماعی پرورش دهندگان دلیل اصلی روند کاهشی جمعیت گوسفند قره‌گل است که به طور مشخص موجب حذف بیش از حد گوسفندان مولد می‌شود. در نتیجه به جای برداشت سالانه در حد معمول (۱۰ تا ۲۰ درصد)، حذف سالانه ۲۵٪ از ماده‌های مولد بالغ در مدل تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). محدودیت غذایی و رقابت سایر نژادهای گوسفند نیز به عنوان حوادث نامطلوب مؤثر بر کاهش جمعیت در مدل مورد نظر قرار گرفتند. فراوانی هریک از این حوادث به ترتیب ۵۰٪ و ۱۰۰٪ و اثرات آنها بر زنده مانی و تولید مثل برای محدودیت غذایی به ترتیب ۱۰٪ و ۱۰٪ و برای رقابت سایر نژادها به ترتیب ۰٪ و ۲۰٪ در نظر گرفته شدند (جدول۱). جایگزینی سایر نژادها که در حد ۲۰٪ از تلاقی‌های انجام شده در سالهای مورد بررسی را در بر می‌گرفت، کاملاً دلیل اقتصادی دارد. به نظر می رسد با افزایش قیمت گوشت تمایل برخی از پرورش دهندگان برای استفاده از نژادهای گوشتی افزایش پیدا می‌کند.

هرچه طول دوره زمانی و تعداد نسل‌های مورد بررسی بیشتر باشد، امکان ارزیابی اثرات تصادفی (Lande، ۲۰۰۲) و زیان‌های ژنتیکی ناشی از آللهای مضرّ (Gilligan و همکاران، ۱۹۹۷) بهتر خواهد بود. در مقابل، اعتبار نرخ رشد جمعیت در دوره زمانی‌کوتاه مدت صحیح‌تر بوده (Goodman ، ۱۹۸۷) و امکان نقض فرضیات ثبات تغییرات محیطی و فراسنجه‌های جمعیتی کاهش می‌یابد. دوره زمانی کوتاه مدت ۱۰ ساله مورد بررسی در این پژوهش که با توجه به دسترسی به اطلاعات مدنظر قرار گرفته است، امکان داردکه برای ارزیابی دقیق اثرات تصادفی کافی نبوده باشد.

شبیه‌سازی دینامیک جمعیت گوسفند قره‌گل درآینده تحت مدیریت جاری در زیستگاه آن (سناریو ۲)

اندازه‌های جمعیت، احتمالات انقراض، میانگین‌های نرخ رشد تصادفی، تنوع‌های ژنتیکی، همخونی‌ها و میانگین تعداد آلل های باقی مانده دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل در ۲۵ سال آینده (از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۲۵) در جدول (۳) ارائه شده‌اند. داده‌های جدول (۳) و شکل (۳) نشان می‌دهند که جمعیت با میانگین نرخ رشد تصادفی ۰/۰۹۶۸ ± ۰/۱۵۰۶- به روند کاهشی خود درطی ۲۵ سال آینده ادامه خواهد داد. جمعیت در غیاب عوامل تصادفی با میانگین نرخ رشد قطعی ۰/۰۶۹۳ می‌تواند به ظرفیت حیاتی فرضی خود بعنوان مثال ۲۵۰۰۰ رأس برسد. تفاوت میانگین نرخ رشد تصادفی و نرخ رشد قطعی در این سناریو نسبت به سناریوی قبلی مشابه و در حدود ۰/۲۲ است. در این سناریو، اثر همخونی بر کاهش باروری و زنده مانی سال اول گوسفندان با لحاظ کردن ۵۰٪ نقش آلل‌های کشنده و ۵۰٪ سهم سایر سازوکارهای ژنتیکی موجود در مؤلفه پس روی ناشی از همخونی، در نظر گرفته شده است. دوره زمانی کوتاه ارزیابی در سناریوی قبلی از یک‌سو و افزایش ناچیز همخونی (جدول ۳) و اثرات آن در این سناریو می توانند دلیل این شباهت باشند.

با تداوم شرایط موجود، احتمال از بین رفتن این نژاد در منطقه از ۳۸ سال دیگر (سال ۱۴۳۸) امکانپذیر خواهد بود. چنانچه بعد ازگذشت ۳۸ سال، چهار سرنوشت از ۱۰۰۰ اجرای برنامه به انقراض ختم شده ودرسالهای بعد این احتمال افزایش خواهد یافت (شکل ۴) . متوسط زمانیکه به اولین انقراض این نژاد درمنطقه باقیمانده ۴/۴۷ ± ۵۱/۰۸ سال برآورد شده است. البته واقعیت امکان دارد با آنچه شبیه‌سازی شده متفاوت باشد. از یکسو هرگونه تغییر در فرضیات و فراسنجه‌های تعریف شده و از سوی دیگر سیاستهای دولت و نقش با اهمیت پرورش دهندگان در حفظ یا حذف گله‌های گوسفند قره‌گل می‌توانند بطور قابل توجهی بر این روند مؤثر باشند.

تغییرات تنوع ژنتیکی و همخونی در پایان شبیه سازی ۲۵ ساله قابل توجه نبوده و فقط ۱/۴ درصد از تنوع ژنتیکی اولیه کاهش می‌یابد (جدول ۳). البته با تداوام وضعیت موجود، روند افزایشی همخونی وکاهشی تنوع ژنتیکی ادامه یافته و با کوچکتر شدن جمعیت، روند پر شتاب‌تری خواهند داشت.

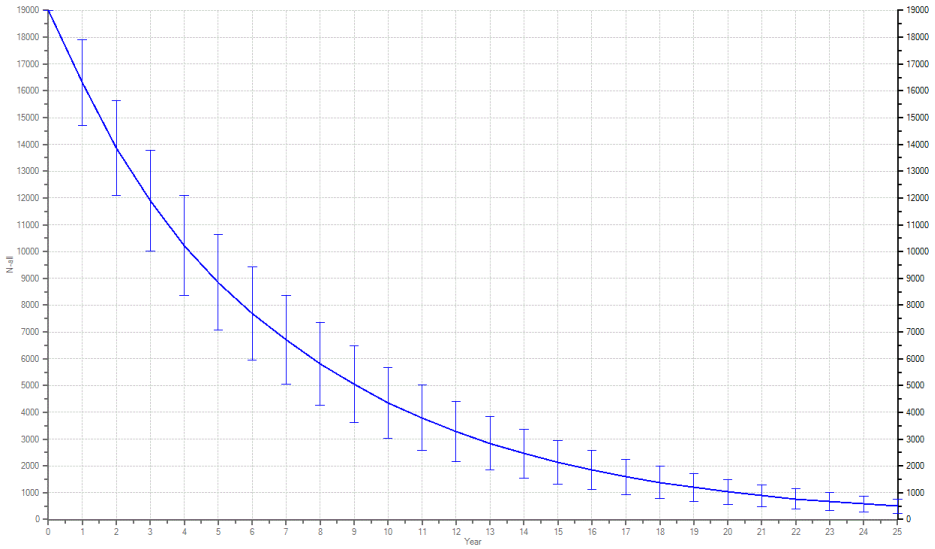
Al-Atiyat (۲۰۰۹) دینامیک جمعیت گاو بومی اردن و احتمال انقراض آن را در آینده شبیه‌سازی کرد. بر اساس فراسنجه‌های زیستی، فرضیات انجام شده و در نظر گرفتن دو واقعه نامطلوب رقابت نژادهای خارجی و خشکسالی این نژاد تا ۱۰ سال آینده منقرض می‌شد. نامبرده بر مناسب بودن و درستی استفاده از PVA برای تهیه یک برنامه حفاظتی برای گاو بومی اردن تأکید کرده است.Thirstrup و همکاران (۲۰۰۹) بطور مشابهی دینامیک جمعیت سه نژاد اسب اهلی دانمارک و احتمال انقراض آنها را در آینده شبیه‌سازی کردند. بر اساس نتایج حاصله امکان انقراض دو نژاد وجود نداشت ولی نژاد فردریکسبورگ[۴] تا ۴۰ سال آینده منقرض می‌گردید. Carnriro و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی احتمال انقراض گوسفند برگاماسکای برزیلی بوسیله تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت، مشخص کردند که این نژاد با تداوم شرایط موجود ۵۹ سال دیگر از بین می رود. با تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت، نشان داده شده که احتمال از بین رفتن بز مرخز در منطقه از ۴ سال دیگر (سال ۱۴۰۴) امکانپذیر خواهد بود. چنانچه بعد از گذشت ۴ سال، یک سرنوشت از ۱۰۰۰ اجرای برنامه به انقراض ختم شده ودرسالهای بعد این احتمال افزایش خواهد یافت. متوسط زمانیکه به از بین رفتن این نژاد درمنطقه باقیمانده ۲/۵۳ ± ۱۵/۴سال برآورد شده است (بهمنی، ۱۴۰۱). Hertz و همکاران (۲۰۱۶) ، Al-Atiyat و همکاران (۲۰۱۶) نیز با استفاده از تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت، احتمال انقراض گاوهای شیری دانمارکی و هاساوی را با فرض تداوم شرایط گذشته به ترتیب ۱۲۲ و ۲۱ سال برآورد کرده اند. تمامی پژوهشگران مذکور، تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت را برای نژادهای دامی و وحوش در معرض خطر در صورت وجود داده‌های کافی برای مدل PVA، توصیه کرده‌اند. نتایج حاصله، چارچوب مناسبی را برای حفاظت از نژادهای در معرض خطر و تهیه یک برنامه حفاظتی مهیا خواهند کرد.

[3] Frederisborg

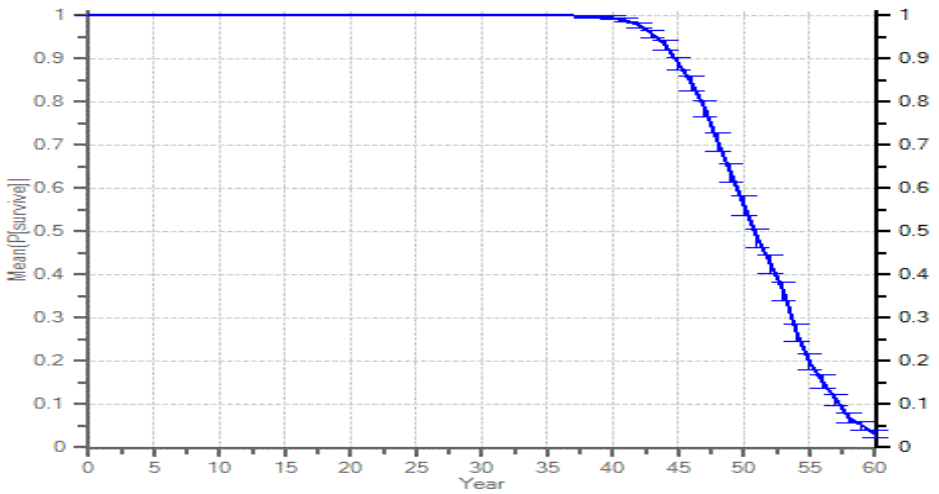
جدول۳. میانگین و اشتباه معیار[1] اندازه های جمعیت، احتمالات انقراض، میانگین های نرخ رشد تصادفی جمعیت، تنوع‌های ژنتیکی، همخونی‌ها و میانگین تعداد آللهای باقیمانده دینامیک شبیه سازی شده جمعیت گوسفند قره‌گل در ۲۵ سال آینده(از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۲۵).

سال	اندازه جمعیت	احتمال انقراض	نرخ رشد تصادفی	تنوع ژنتیکی	همخونی	آللهای باقیمانده
۱۴۰۰	۱۹۰۰۰	۰	۰	۱	۰	۳۸۰۰۰
۱۴۰۱	۱۶۳۰۹ (۵۰/۳۸)	۰	-۰/۱۵۷۵ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۲۵۷۴۶ (۴۶/۳۱)
۱۴۰۲	۱۳۸۶۰ (۵۵/۸۵)	۰	-۰/۱۶۶۰ (۰/۰۰۳۰)	۱	۰	۱۸۱۴۸ (۴۵/۷۴)
۱۴۰۳	۱۱۸۹۶ (۵۹/۴)	۰	-۰/۱۵۷۰ (۰/۰۰۳۲)	۱	۰	۱۳۱۲۶ (۴۰/۲۹)
۱۴۰۴	۱۰۲۲۴ (۵۹/۱)	۰	-۰/۱۵۵۴ (۰/۰۰۳۰)	۱	۰	۹۷۱۱ (۳۴/۲۷)
۱۴۰۵	۸۸۴۶ (۵۶/۴۶)	۰	-۰/۱۴۸۸ (۰/۰۰۲۹)	۱	۰	۷۳۲۶ (۲۹/۲۳)
۱۴۰۶	۷۶۸۵ (۵۵/۱۵)	۰	-۰/۱۴۵۸ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۵۶۳۰ (۲۵/۱۶)
۱۴۰۷	۶۷۰۸ (۵۲/۴۴)	۰	-۰/۱۴۰۹ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۴۳۸۸ (۲۱/۶۰)
۱۴۰۸	۵۸۱۲ (۴۸/۹۵)	۰	-۰/۱۴۸۰ (۰/۰۰۳۰)	۱	۰	۳۵۳۳ (۱۸/۷۰)
۱۴۰۹	۵۰۵۵ (۴۵/۰۹)	۰	-۰/۱۴۳۱ (۰/۰۰۳۰)	۱	۰	۲۸۷۴ (۱۶/۳۵)
۱۴۱۰	۴۳۶۱ (۴۱/۷۵)	۰	-۰/۱۵۲۹ (۰/۰۰۳۱)	۱	۰	۲۳۵۹ (۱۴/۴۳)
۱۴۱۱	۳۷۹۵ (۳۸/۵۰)	۰	-۰/۱۴۴۹ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۹	۰	۱۹۵۶ (۱۲/۸۳)
۱۴۱۲	۳۲۷۶ (۳۵/۶۶)	۰	-۰/۱۵۳۸ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰۱	۱۶۲۹ (۱۱/۴۶)
۱۴۱۳	۲۸۴۵ (۳۱/۸۳)	۰	-۰/۱۴۴۶ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۹۸	۰/۰۰۰۱	۱۳۶۸ (۱۰/۱۸)
۱۴۱۴	۲۴۶۳ (۲۸/۹۳)	۰	-۰/۱۴۹۹ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۹۸	۰/۰۰۰۱	۱۱۵۳ (۹/۵۰)
۱۴۱۵	۲۱۳۴ (۲۵/۸۹)	۰	-۰/۱۴۷۴ (۰/۰۰۳۲)	۰/۹۹۷	۰/۰۰۰۱	۹۷۶ (۸/۰۴)
۱۴۱۶	۱۸۴۱ (۲۳/۰۴)	۰	-۰/۱۵۱۷ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۹۷	۰/۰۰۰۱	۸۲۷ (۷/۱۸)
۱۴۱۷	۱۵۹۴ (۲۰/۸۷)	۰	-۰/۱۴۹۶ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۲	۷۰۳ (۶/۴۰)
۱۴۱۸	۱۳۸۵ (۱۸/۷۷)	۰	-۰/۱۴۶۱ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۶	۰/۰۰۰۲	۶۰۰ (۵/۷۱)
۱۴۱۹	۱۱۹۵ (۱۶/۵۶)	۰	-۰/۱۵۲۶ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۹۵ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۲ (۰/۰۰۰۱)	۵۱۳ (۵/۱۰)
۱۴۲۰	۱۰۳۳ (۱۴/۸۰)	۰	-۰/۱۵۱۸ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۴ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۳ (۰/۰۰۰۱)	۴۳۹ (۴/۵۶)
۱۴۲۱	۸۹۳ (۱۲/۹۷)	۰	-۰/۱۴۸۳ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۹۳ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۳ (۰/۰۰۰۱)	۳۷۶ (۴/۰۵)
۱۴۲۲	۷۷۰ (۱۱/۶۰)	۰	-۰/۱۵۱۷ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۹۲ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۴ (۰/۰۰۰۱)	۳۲۳ (۳/۶۲)
۱۴۲۳	۶۶۹ (۱۰/۴۱)	۰	-۰/۱۴۷۵ (۰/۰۰۳۲)	۰/۹۹۰ (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۵ (۰/۰۰۰۱)	۲۷۷ (۳/۲۱)
۱۴۲۴	۵۷۷ (۹/۲۸)	۰	-۰/۱۵۴۷ (۰/۰۰۳۱)	۰/۹۸۸ (۰/۰۰۰۲)	۰/۰۰۰۵ (۰/۰۰۰۱)	۲۳۸ (۲/۸۷)
۱۴۲۵	۴۹۷ (۸/۲۲)	۰	-۰/۱۵۵۱ (۰/۰۰۳۰)	۰/۹۸۶ (۰/۰۰۰۲)	۰/۰۰۰۶ (۰/۰۰۰۱)	۲۰۵ (۲/۵۶)

۱- اشتباه معیار میانگین متغییرهای مورد بررسی، در داخل پرانتز ارائه شده اند.



شکل۳. تغییرات اندازه جمعیت مربوط به دینامیک شبیه سازی شده
جمعیت گوسفند قره‌گل در ۲۵ سال آینده (از ۱۴۰۰ تا ۱۴۲۵).



شکل۴. تغییرات احتمال بقا جمعیت مربوط به دینامیک شبیه سازی شده
جمعیت گوسفند قره‌گل در ۶۰ سال آینده (از ۱۴۰۰ تا ۱۴۶۰).

بررسی حساسیت فراسنجه های مؤثر بر معیارهای حیاتی جمعیت گوسفند قره‌گل

جهت تدوین و اجرای سناریوهای حفاظتی، شناخت فراسنجه‌هایی که بر معیارهای حیاتی جمعیت مؤثر هستند و نحوه عمل آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. به همین منظور فراسنجه های مؤثر شناسایی شده و تأثیر آنها بر معیارهای اندازه جمعیت باقیمانده، رشد تصادفی جمعیت و تنوع ژنتیکی آن در جدول (۴) نشان داده شده است.

افزایش درصد ماده‌های مولد بالغ موجب افزایش اندازه جمعیت باقیمانده، رشد تصادفی و تنوع ژنتیکی جمعیت خواهد شد. کاهش درصد نازایی و سقط جنین ماده‌های مولد، مهمترین عواملی هستند که در افزایش درصد ماده‌های مولد بالغ نقش دارند.

جدول ٤. بررسی اثر فراسنجه های موثر بر معیارهای حیاتی جمعیت در شبیه سازی آینده جمعیت گوسفند قره‌گل در زیستگاهش

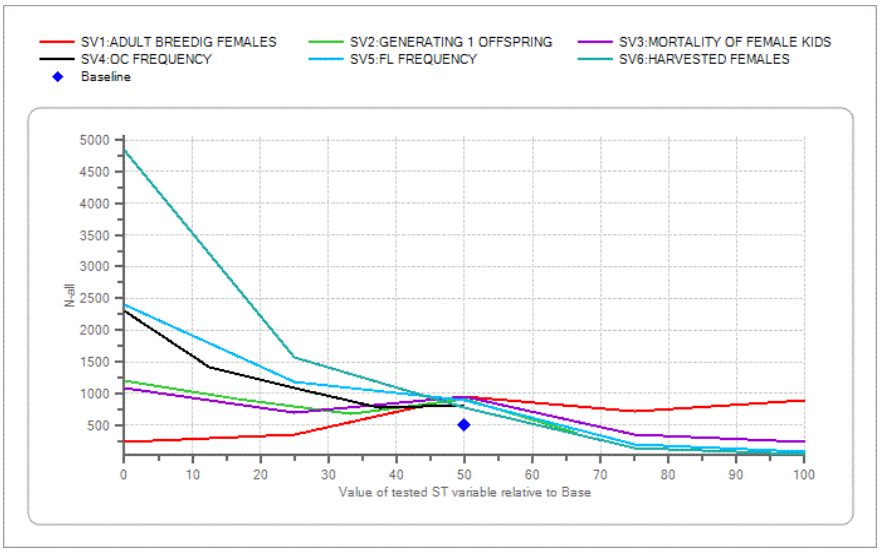
فراسنجه	مقدار متغییر در مدل اصلی	دامنه متغییر مورد بررسی	دامنه تغییر در اندازه جمعیت باقیمانده	دامنه تغییر در رشد تصادفی جمعیت	دامنه تغییر در تنوع ژنتیکی
میش‌های مولد بالغ(٪)	۹۰	۸۰-۱۰۰	۲۲۷-۸۸۴	-۰/۱۸۴۷ --۰/۱۲۷۱	۰/۹۷۷-۰/۹۹۲
دوقلوزایی(٪)	۵	۰-۲۰	۳۷۲-۱۲۰۱	-۰/۱۶۴۲ --۰/۱۲۴۴	۰/۹۹۳-۰/۹۸۳
مرگ ومیر بره های ماده(٪)	۱۵	۵-۲۵	۱۰۸۷-۲۲۹	-۰/۱۱۹۵ --۰/۱۸۶۹	۰/۹۹۲-۰/۹۷۷
فراوانی رقابت سایر نژادها(٪)	۱۰۰	۰-۱۰۰	۲۲۹۸-۴۸۷	-۰/۰۹۱۸ --۰/۱۵۲	۰/۹۹۵-۰/۹۸۶
فراوانی محدودیت غذایی(٪)	۵۰	۰-۱۰۰	۲۳۹۶-۸۲	-۰/۰۸۵۸ --۰/۲۳۵۵	۰/۹۹۶-۰/۹۵۵
برداشت یا حذف میش‌های بالغ(٪)	۲۵	۱۵-۳۵	۴۸۲۸-۴۲	-۰/۰۵۲۲ --۰/۲۶۴۲	۰/۹۹۶-۰/۹۳۳

افزایش دوقلوزایی نیز از جمله عوامل تولیدمثلی است که در بهبود معیارهای حیاتی جمعیت موثر بوده است. مرگ و میر بره‌های ماده برخلاف بره‌های نر نیز از فراسنجه‌های زیستی بود که در کاهش اندازه جمعیت باقیمانده، رشد تصادفی و تنوع ژنتیکی تأثیر گذار بوده است.

اثر قابل توجه محدودیت غذایی بر معیارهای حیاتی جمعیت به خوبی اهمیت کنترل و کاهش فراوانی و اثر آن بر تولیدمثل و زنده مانی جمعیت را نشان می‌دهد. به همین ترتیب البته با اثرکمتر، رقابت گوسفندان سایر نژادها نیز بر معیارهای مذکور تأثیر گذاشته و لازم است فراوانی و اثرات آن مدیریت گردد. برداشت (حذف، فروش، ذبح) ماده‌های مولد بالغ بطور قابل ملاحظه‌ای بر معیارهای حیاتی جمعیت اثر منفی دارد. پیشگیری از حذف بیش از حد ماده‌های مولد یکی از مهمترین عوامل مدیریتی در کنترل وضعیت موجود است.

شکل‌های (۵ ، ۶ و ۷) نشان می‌دهند که به ترتیب حذف بیش از حد میش‌ها، فراوانی محدودیت غذایی، رقابت نژادهای خارجی و درصد میش‌های مولد بالغ بیشترین اثر را بر معیارهای حیاتی در شبیه سازی آینده جمعیت دارند. اشکال عنکبوتی فراسنجه مورد بررسی را در ترکیب با سایر فراسنجه های مورد بررسی نمایش می‌دهند. شیب تند هر متغیر آنالیز شده، نشان می‌دهد آن متغیر اثر زیادی بر نتایج دارد در حالی که شیب کند نشان می‌دهد متغیر اثر کمی بر نتایج دارد. در نمودارهای عنکبوتی محورX ها استاندارد شده و تمام متغیرها بین ۰ تا ۱۰۰ پراکنده شده‌اند. این موضوع تا حد زیادی تفاوت متغیرها را از نظر اندازه و دامنه اصلاح می‌کند. در بررسی Carnriro و همکاران (۲۰۱۴)، فراوانی فجایع، عدم ورود حیوانات و تلفات گوسفندان بالغ و بره، به ویژه مرگ و میر میش‌ها، به عنوان مهمترین تهدیدات جمعیت مورد بررسی گوسفند برگاماسکای گزارش شده اند. Thirstrup و همکاران (۲۰۰۹) و Slotta-Bachmayer و همکاران (۲۰۰۴) هم درصد مادیان‌های مولد را به عنوان مهمترین فراسنجه مورد بررسی در تجزیه و تحلیل حیاتی اسبهای دانمارکی و اسبهای جنوب غربی مغولستان گزارش کرده اند.

شکل ۵. نمودار عنکبوتی استاندارد شده بررسی مقایسه ای اثر فراسنجه‌های مختلف بر اندازه جمعیت باقی مانده گوسفند قره‌گل

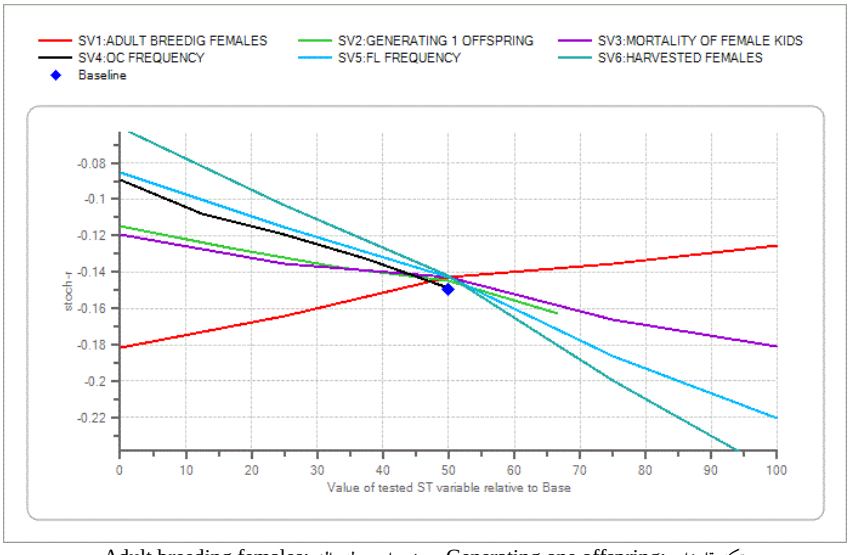


تک قلوزایی:Generating one offspring , میش‌های مولد بالغ :Adult breeding females

, فراوانی رقابت سایر نژادها:O.C. frequency ,مرگ و میر بره های ماده :Mortality of female lambs

برداشت یا حذف میش‌های بالغ :Harvested females , فراوانی محدودیت غذایی:F.L. frequency

شکل ۶. نمودار عنکبوتی استاندارد شده بررسی مقایسه ای اثر فراسنجه‌های مختلف بر نرخ رشد تصادفی جمعیت گوسفند قره‌گل

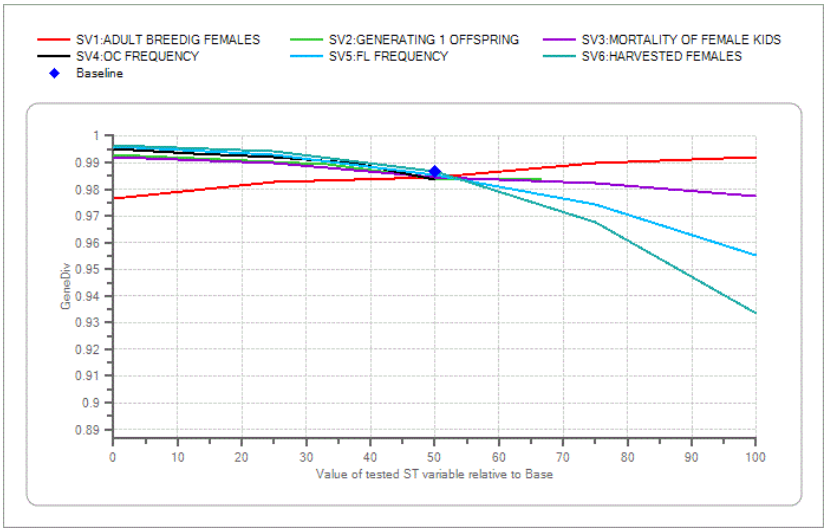


تک قلوزایی:Generating one offspring , میش‌های مولد بالغ :Adult breeding females

, فراوانی رقابت سایر نژادها:O.C. frequency ,مرگ و میر بره های ماده :Mortality of female lambs

برداشت یا حذف میش‌های بالغ :Harvested females , فراوانی محدودیت غذایی:F.L. frequency

شکل۷. نمودار عنکبوتی استاندارد شده بررسی مقایسه ای اثر فراسنجه‌های مختلف بر تنوع ژنتیکی جمعیت گوسفند قره‌گل



تک قلوزایی:Generating one offspring , میش‌های مولد بالغ :Adult breeding females
, فراوانی رقابت سایر نژادها:O.C. frequency ,مرگ و میر بره های ماده :Mortality of female lambs
برداشت یا حذف میش‌های بالغ :Harvested females , فراوانی محدودیت غذایی:F.L. frequency

نتیجه‌گیری

گوسفند قره گل با تداوم شرایط موجود، در آینده با کاهش جمعیت، کاهش تنوع ژنتیکی و افزایش همخونی مواجه است. احتمال از بین رفتن این نژاد در منطقه از ۳۸ سال دیگر (سال ۱۴۳۸) امکانپذیر بوده و متوسط زمانیکه به اولین انقراض این نژاد درمنطقه باقیمانده ۵۱ سال برآورد شده است. حذف ماده‌های بالغ بیش میزان حذف معمول سالانه، فراوانی محدودیت غذایی و رقابت نژادهای دیگر، بیشترین اثر را بر معیارهای حیاتی در شبیه سازی آینده جمعیت و کاهش جمعیت این نژاد درکشور داشته اند. حذف بیش از حد ماده های بالغ، استفاده از مولدین نر سایر نژادها و بخشی از محدودیت های غذایی دلایل اقتصادی- اجتماعی داشته و عامل اصلی انقراض نژادهای دامی در دنیا هستند. سودآور ساختن هر نژاد ممکن است بهترین استراتژی برای ماندگاری آن باشد چون متکی به کمک های مالی نیست. این امر از طریق اصلاح ژنتیکی وتوسعه بیشتر بخش تولید (ترویج و توسعه محصولات) امکانپذیر است. بدین ترتیب به نظر می رسد، با تهیه برنامه‌ای حفاظتی درکوتاه مدت با اتکا به کمک های دولتی و برنامه های اصلاحی و توسعه‌ای در درازمدت با تقویت امکانات موجود در ایستگاه های پرورش و اصلاح نژاد گوسفند قره‌گل کشور بتوان این نژادهای با ارزش را حفظ کرده و علاوه بر بهره برداری از آن، شاهد پیامدهای مثبت فرهنگی- اجتماعی ماندگاری آن بود.

درصد ماده‌های مولد بالغ، مرگ و میر بره‌های ماده و دوقلوزایی نیز از فراسنجه‌های مدیریتی بوده اند که بر معیارهای حیاتی و کاهش جمعیت مؤثر بوده اند. انجام هر فعالیت و انتقال دانش و دستاوردهایی که بتواند سود آوری گله ها را افزایش داده و به توسعه و ترویج محصولات به ویژه پوست تولیدی این نژاد کمک کند، بسیار لازم و ضروری است. نتایج و دستاوردهای زیادی در زمینه‌های ژنتیک و اصلاح، مدیریت پرورش و تغذیه این نژاد و نژادهای گوسفند کشور منتشر شده اندکه باید در قالب یک برنامه و با سازوکار مشخص به عرصه تولید منتقل شوند.

منابع

بهمنی، ح. ر. (۱۴۰۱). تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت در معرض خطر بز مرخز، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات علوم دامی، کرج.

توکلیان، ج. (۱۳۸۷). نگرشی بر ذخایر ژنتیکی دام و طیور بومی ایران. موسسه تحقیقات علوم دامی، کرج.

خالداری، م. (۱۳۸۴). اصول پرورش گوسفند و بز (چاپ دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد تهران. ص ۷۹ و ۸۰.

ساقی، د. ع. (۱۴۰۲). تجزیه و تحلیل حیاتی جمعیت در معرض خطر گوسفند قره‌گل، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات علوم دامی، کرج.(در حال انتشار)

Al-Atiyat, R.M. (2009). Estimation extinction probabilities of Jordan indigenous cattle using population viability analysis. *Livestock Science*. 123, 121-128. doi.org/10.1016/j.livsci.2008.10.016

Al-Atiyat, R.M., Riyadh, S., Aljumaah Bader, M., Al-Shaer, B. M. and Al-Sornokh, H. (2016). Extinction probabilities of Hassawi cattle from Saudi Arabia using population viability analysis. *Journal of King Saud University – Science*. 28(3), 226-231. doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.001

Carneiro, H., Paiva, S., Louvandini, H., Miranda, R. and McManus C. (2014). Genealogical and population viability analysis of a conservation nucleus of Brazilian Bergamasca sheep. *Animal genetic resources*. 54, 103-113. doi.org/10.1017/S2078633614000058.

Gandini, G.C., Ollivier, L., Danell, B., Distl, O., Georgoudis, A., Groeneveld, E., Martyniuk, E., van Arendonk, J.A.M. and Wolliams J.A. (2004). Criteria to assess the degree of endangerment of livestock breeds in Europe. *Livestock Production Science*. 91, 173–182. doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.08.001

Gilligan, D. M., Woodworth, L. M., Montgomery, M. E., Briscoe, D. A. and Frankham, R. (1997). Is mutation accumulation a threat to survival of endangered populations? *Conservation Biology*. 11, 1235–1241.

Goodman, D. (1987). The demography of chance extinction. P: 11-34, In: Soule, M. E. (ed.), Viable populations for Conservation. Cambridge University Press, Cambridge.

Hertz, M., Jensen, I., Jensen, L., Nielsen, I., Winde, J., Stronen, A. and Pertoldi, C. (2016). Population viability analysis on a native Danish cattle breed. *Animal genetic resources*. 59, 105-112. doi.org/10.1017/S2078633616000205

Lacy, R.C. (1993/1994). What is population viability analysis? *Primate Conservation*. 14/15, 27–33.

Lacy, R.C. and Pollak, J.P. (2021). Vortex: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 10.5.5. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.

Lacy, R.C., Miller, P.S. and Traylor-Holzer, K. (2021). Vortex 10 User's Manual. 30 March 2021 update. IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group, and Chicago Zoological Society, Apple Valley, Minnesota.

Lande, R. (2002). Incorporating stochasticity in population viability analysis. P: 18-40, In: Beissinger S. R. and McCullough, D. R. (eds.), Population Viability Analysis. The University of Chicago Press, Chicago.

Meuwissen, T. (2009). Genetic management of small populations. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*. 59(2), 71-79. doi.org/10.1080/09064700903118148

Ngcobo, J.N., Nedambale, T.L., Nephawe, K.A., Mpofu, T.J., Chokoe, T.C., Ramukhithi, F.V. (2022). An Update on South African Indigenous Sheep Breeds' Extinction Status and Difficulties during Conservation Attempts: A Review. *Diversity*. 14, 516. doi.org/10.3390/d14070516

O'Grady, J.J., Brook, B.W., Reed, D.H., Ballou, J.D., Tonkyn, D.W. and Frankham, R. (2006). Realistic levels of inbreeding depression strongly affect extinction risk in wild populations. *Biological Conservation*. 133, 42–51. doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.016

Scherf, B.D. (2000). World watch list for domestic animal diversity. third ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Simon, D.L. (1999). European approaches to conservation of farm animal genetic resources. *Animal Genetic Research Information*. 25, 79-100. doi.org/10.1017/S1014233900005794

Slotta-Bachmayer, L., Boegel, R., Kaczensky, P., Stauffer, C. and Walzer, C. (2004). Use of population viability analysis to identify management priorities and success in reintroducing Przewalski's horses to southwestern Mongolia. *Journal of Wildlife Management*. 68 (4), 790–798.

Thirstrup, J. P., Bach, L. A., Loeschcke, V. and Pertoldi, C. (2009). Population viability analysis on domestic horse breeds (Equus caballus). *Journal of Animal Science*. 87, 3525–3535. doi.org/10.2527/jas.2008-1760