



نشریه آموزشی - پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور

# فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی

شماره ۳۸، بهار ۱۴۰۰

صص: ۵۸-۵۱

## پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی جمعیت‌های شتر دوکوهانه بومی ایران

• صابر جلوخانی نیازکی (نویسنده مسئول)

استادیار بخش پژوهش‌های بیوتکنولوژی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۰

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۲۶۳۴۲۵۶۰۰۱

Email: s.jelokhani6@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ aasrj.2021.124291

چکیده:

علی‌رغم گسترش فناوری‌های اطلاعاتی نوین، بستر مناسب اطلاعاتی برای انجام فرآیندهای ثبت، پایش و مدیریت اطلاعات ذخایر ژنتیکی دام و طیور ایران وجود ندارد. یکی از کارآمدترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌حل‌ها برای غلبه بر این چالش، استفاده از سامانه اطلاعات مکانی تحت وب (Web-GIS) می‌باشد. شتر دوکوهانه بومی یکی از مهمترین ذخایر ژنتیکی کشور محسوب می‌شود. جمعیت آن به شدت کاهش یافته است و یک گونه در خطر انقراض به شمار می‌رود. با توجه به وضعیت موجود، ضروری است که اطلاعات این گونه ثبت و مدیریت شود. در این پروژه برای اولین بار در کشور با هدف ثبت و پایش اطلاعات نژادهای شتر دوکوهانه بومی سامانه‌ای طراحی و پیاده‌سازی گردید که از طریق آن، اطلاعات جمعیت‌های شتر دوکوهانه بومی ثبت می‌شوند. همچنین از طریق سامانه می‌توان اطلاعات شترهای تک کوهانه بومی را نیز ثبت و پایش نمود. به منظور پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی تحت وب از ترکیب نرم‌افزاری و زبان‌های برنامه‌نویسی استفاده گردید. معماری سامانه متشکل از سیستم مدیریت پایگاه داده، سرور مکانی، نقشه پایه و رابط کاربر گرافیکی می‌باشد. با برنامه‌نویسی سیستم و الحاق آن به شبکه، سامانه اطلاعات مکانی تحت وب نژادهای شتر دوکوهانه بومی پیاده‌سازی گردید. از آنجایی که اطلاعات در این سامانه به شکل مکان‌مبنا ثبت می‌گردد، کاربران می‌توانند اطلاعات سیستم را بر اساس محل جغرافیایی نمایش داده و در فرآیندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار دهند. این سامانه قابلیت به‌روزرشدن و گزارش‌گیری در هر زمان را خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: Web-GIS، شتر دوکوهانه، ثبت و پایش، ذخایر ژنتیکی

Applied Animal Science Research Journal No 38 pp: 51-58

**Development of a geographic information system for the Iranian domestic Bactrian camel populations**

By: S. Jelokhani-Niaraki

Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Corresponding author: Saber Jelokhani-Niaraki Email: s.jelokhani6@gmail.com

**Received: December 2020****Accepted: April 2021**

Despite the development of new information technologies, there is no proper platform for the registering, monitoring and managing the information of Iranian animal and poultry genetic resources. One of the most efficient and least cost solutions to overcome this challenge is the use of web-based geographic information system (Web-GIS). Domestic Bactrian camel is one of the most important genetic resources in the country. Its population has drastically declined and is considered an endangered species. Regarding the current situation, it is necessary to register and manage the information of this species. In this project, for the first time in the country, a system was designed and implemented through which the information of the populations of Bactrian camel collected in the national project for the monitoring and registration of the indigenous Bactrian camel populations in Iran will be registered. This system was implemented with the aim of recording and monitoring the information of the indigenous Bactrian camel breeds. Also, it is possible to use the system for recording and monitoring the information of indigenous one humped camels. In order to implement the Web-GIS, software combination and programming languages were used. The architecture of the system consists of a database management system, geo-server, base map and graphical user interface. By programming the system and its integration into the network, the Web-GIS of domestic Bactrian camel breeds was implemented. Since the location-based information in this system is recorded, users can display the system information based on geographic location and use it in decision-making processes. This system is capable of updating and reporting at any time.

**Key words:** Web-GIS, Bactrian camel, registration and monitoring, genetic resources**مقدمه**

برآورد شده است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). در بین گونه‌های شتر در ایران، جمعیت شتر دوکوهانه به شدت کاهش یافته و به حدود ۲۰۰ نفر رسیده است (اسدی، ۱۳۹۱). شترهای دوکوهانه ایرانی در نواحی شمال غربی کشور پراکنده می‌باشند و به دلایل مختلف در خطر انقراض قرار دارند (طالبی و همکاران، ۱۳۹۳). بر طبق بررسی‌های صورت گرفته توسط اسدی (۱۳۹۸)، تعداد محدودی شتر دوکوهانه نیز در استان‌های قزوین و قم پراکنده می‌باشند. از آنجایی که جمعیت شترهای دوکوهانه ایران به شدت کاهش یافته است، ثبت و مدیریت اطلاعات آنها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در ایران، تلاش‌های پراکنده و اولیه‌ای در ارتباط با جمع‌آوری و مدیریت اطلاعات جمعیت‌های شتر

با گذشت زمان و حصول بینش بیشتر در خصوص اهمیت صفات مختلف، نیازهای جدیدی خلق می‌شوند که متخصصین اصلاح نژاد را به سمت استفاده از ژن‌های بومی هدایت می‌نمایند (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۶). حفاظت از تنوع ژنتیکی نژادهای بومی نسبت به توسعه نژاد جدید با بهره‌وری بالا به لحاظ اقتصادی و سلامت عمومی مناسبتر می‌باشد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۹؛ الکساندر، ۲۰۰۰). شتر به لحاظ تولید محصولات مختلف نظیر گوشت، کرک، شیر، پوست، پشم و همچنین با قابلیت‌هایی نظیر قدرت تحرک زیاد، قدرت حمل بار و محموله‌های سنگین و تحمل شرایط سخت طبیعی مورد توجه بوده است (توکلیان، ۱۳۷۸). اکثر شترهای کشور تک‌کوهانه بوده که شمار آنها حدود ۱۷۰ هزار نفر

همچنین داده‌های GIS می‌توانند در یک چهارچوب تکاملی برای آشکارسازی اینکه چطور گونه‌ها به تغییرات اقلیمی جهان پاسخ می‌دهند مورد استفاده قرار گیرند (کزاک و همکاران، ۲۰۰۸). از موارد دیگر کاربرد GIS در علوم زیستی می‌توان به توسعه سیستم GenoSIS (سیستم اطلاعات مکانی ژنوم) در شاخه تحقیقاتی ژنتیک اشاره نمود (دولان و همکاران، ۲۰۰۶). در این سیستم از مفاهیم، روش‌ها و ابزارهایی که برای نمایش داده‌های مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرند به منظور توسعه یک سیستم اطلاعات مکانی برای ژنوم استفاده شده است. این سیستم با هدف نمایش ژنوم به صورت مکانی و همچنین تعامل با داده‌های توصیفی و حاشیه‌نویسی‌های مرتبط با ژنوم طراحی گردیده است. در مقایسه با برخی از مرورگرهای ژنوم، GenoSIS از مفاهیم لایه‌های مکانی برای نمایش تلفیقی داده‌های مختلف استفاده می‌کند. علاوه بر جستجوی کلمات پایه، GenoSIS گزارش‌گیری‌های پیچیده را نیز حمایت کرده و نقشه‌های ژنومی را به طور پویا تولید می‌کند. نمونه‌ای دیگر از کاربرد GIS در حوزه دامپزشکی در کشور ایتالیا می‌باشد. به درخواست وزارت بهداشت ایتالیا یک سیستم تلفیقی برای مدیریت وضعیت‌های اضطراری در دامپزشکی ایجاد شده است، به طوری که یک سیستم GIS مبتنی بر شبکه برای تلفیق اطلاعات اپیدمیولوژیکی با بخش جغرافیایی مربوط به آن طراحی شده است. سیستم بر اساس بیماری کار می‌کند (نقشه-های خاص بیماری)، به شکلی که ۱۵ بیماری مهم واگیردار در آن لحاظ شده است. سیستم مذکور از طریق شبکه قابل دسترس می‌باشد، که از طریق آن ثبت شیوع‌های جدید بیماری در زمان واقعی امکانپذیر می‌باشد (ساوینی و همکاران، ۲۰۰۷). سوابق تحقیقاتی و اجرایی متعدد دیگری نیز از کاربرد GIS در حوزه علوم زیستی موجود می‌باشد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه اطلاعات مکانی تحت وب برای نژادهای شتر دوکوهانه بومی کشور بود. این سامانه در گام اول با هدف ثبت و مدیریت مکان-مبنا اطلاعات بدست آمده از طرح ملی ثبت و پایش نژادهای شتر دوکوهانه بومی طراحی گردید که در گام بعدی می‌توان از آن

دوکوهانه بومی صورت پذیرفته است. اما با وجود فناوری‌های نوین اطلاعاتی رو به گسترش، بستر مناسب اطلاعاتی برای انجام فرآیندهای ثبت، پایش و مدیریت اطلاعات این جمعیت‌ها در کشور وجود ندارد. لازمه حفاظت از جمعیت‌های بومی شتر دوکوهانه، دارا بودن یک بانک اطلاعاتی منسجم و کارآمد مکان‌مبنا می‌باشد، به طوری که از طریق آن بتوان اطلاعات جمعیت‌ها را ثبت و مدیریت کرده و همچنین در مواقع لزوم از آنها بهره برد.

سیستم‌های اطلاعات مکانی یا جغرافیایی (GIS) سیستم‌های رایانه‌ای می‌باشند که برای جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی به کار می‌روند (کلارک، ۱۹۸۶). به عبارت دیگر، GIS یک مجموعه سازمان یافته‌ای از سخت‌افزار رایانه‌ای، نرم‌افزار، داده‌های جغرافیایی و افراد است که طراحی شده است تا به طور مؤثر به جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، دستکاری، به‌هنگام‌رسانی، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی (مکانی) پردازد (ESRI، ۱۹۹۰). تعریف GIS در طی زمان در پاسخ به کاربردهای گسترده آن تغییر کرده است. تعریف کنونی آن وابسته و در پاسخ به تعریفی است که از دیدگاه کاربر نهایی مطرح می‌شود (ویسزورک و دلمریکو، ۲۰۰۹). کاربرد GIS با توجه به نیازهای هر فرد یا ملت در بخش‌های مختلف توسعه پیدا کرده است، به طوری که امروزه می‌توان شاهد بود این سیستم در شاخه‌های مختلف زیستی از قبیل محیط زیست، کشاورزی، دامپزشکی، زیست‌شناسی و ژنتیک به کار برده شده است. مطالعات و پروژه‌های تحقیقاتی و اجرایی مختلفی بر روی کاربرد GIS در شاخه‌های علوم زیستی انجام شده‌اند. به عنوان مثال، در مطالعه صورت گرفته توسط کزاک و همکاران (۲۰۰۸)، محققان مروری بر تلفیق داده‌های محیطی مبتنی بر GIS با زیست‌شناسی تکاملی داشته‌اند. در این مطالعه، کاربرد ابزارها و داده‌های مبتنی بر GIS در حوزه زیست‌شناسی تکاملی سه بخش را شامل گردید: ۱- مطالعات تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای در طی مکان و زمان، ۲- مطالعات چگونگی پیدایش گونه‌های جدید و ۳- مطالعات تکامل خصوصیات فنوتیپی در درون و بین گونه‌ها.

بر اساس اطلاعات ذخیره شده در سامانه، قابلیت به‌روزشدن اطلاعات در سامانه، ارائه خدمات اطلاعاتی به سایر دستگاه‌های پژوهشی و آموزشی سراسر کشور، ردیابی و پایش نژادهای بومی شتر دوکوهانه کشور، تولید نقشه‌های پویا از گزارش‌گیری‌های مکانی، تعریف کاربران مختلف استانی و ملی، دریافت اطلاعات سامانه در فرمت‌های مختلف (به ویژه فرمت shapefile که از قابلیت خوانش و تحلیل در نرم‌افزار ArcGIS برخوردار است) و دارا بودن ابزار تعیین مسافت و انتخاب نقشه پایه. در مطالعه اخیر که توسط دوروز و همکاران (۲۰۱۷) انجام شده است، سامانه مبتنی بر Web-GIS برای پایش منابع ژنتیکی دام‌های مزرعه طراحی شده است. در سیستم طراحی شده که تحت عنوان GENMON می‌باشد، محققان قادر به پایش حیوانات مزرعه و ارزیابی درجه ریسک جمعیت‌های مزرعه می‌باشند. در این سیستم، شجره، اطلاعات جریان ژنها، تراکم جغرافیایی دام‌ها، حفاظت در شرایط انجماد و پایداری فعالیت‌های اصلاح جمعیتی بر اساس داده‌های اقتصادی-اجتماعی، شرایط کاربری اراضی فعلی و آینده در نظر گرفته شده است (دوروز و همکاران، ۲۰۱۷). مراحل دسترسی به سامانه، ورود اطلاعات، نمایش و جستجوی مکانی، گزارش‌گیری و قابلیت ابزارک به طور خلاصه در زیر اشاره شده است.

#### ۱- دسترسی به سامانه و صفحه کاربر

سامانه اطلاعات مکانی نژادهای شتر دوکوهانه بومی کشور که به عنوان بخشی از سامانه اطلاعات مکانی نژادهای دام و طیور بومی کشور می‌باشد، در پایگاه اینترنتی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور قابل دسترس است. کاربران با مراجعه به آدرس اینترنتی [www.asri.ir](http://www.asri.ir) و لینک <http://wgs.asri.ir/system/login/> می‌توانند به سامانه دسترسی داشته باشند. برای دسترسی به سامانه لازم است که نام کاربری و رمز عبور توسط موسسه تعریف گردد. صفحه کاربر به شکل زیر (شکل ۱) می‌باشد:

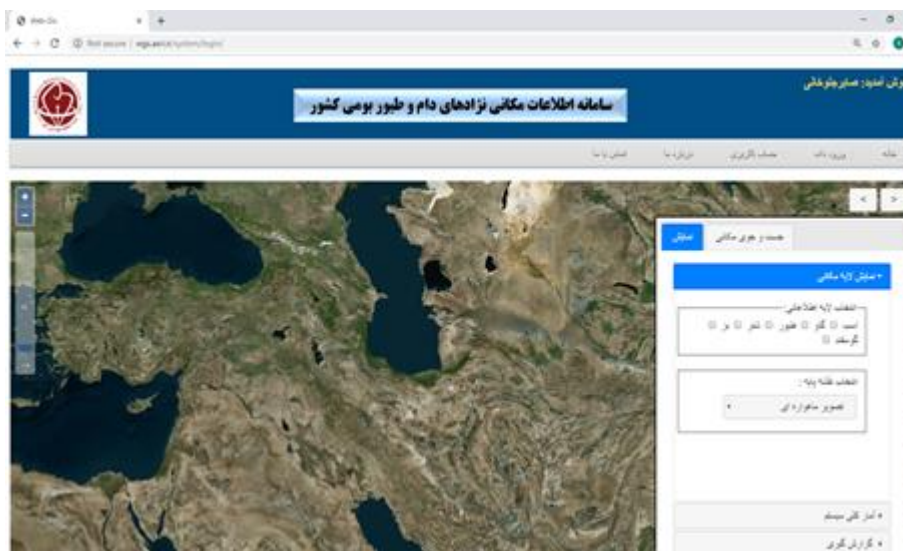
برای ثبت اطلاعات تمام ذخایر ژنتیکی شتر دوکوهانه و تک-کوهانه بومی بهره برد.

#### مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر به منظور طراحی و پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی تحت وب از ترکیب نرم‌افزاری و برنامه‌نویسی بخش‌های مختلف سامانه استفاده گردید. به طور کلی معماری سامانه متشکل از سه عنصر اصلی سیستم مدیریت پایگاه داده، سرور مکانی و نقشه پایه می‌باشد. برای سیستم مدیریت پایگاه داده از نرم‌افزار PostgreSQL، برای سرور مکانی از نرم‌افزار GeoServer و برای نقشه پایه از نقشه‌های Bing و OSM استفاده گردید. همچنین در این پروژه از زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف، کتابخانه‌های مکانی و غیرمکانی و زبان‌های نشانه‌گذاری برای پیاده‌سازی سیستم تحت وب استفاده گردید. با تلفیق سیستم نرم‌افزاری فوق‌الذکر و الحاق آن به شبکه، سامانه اطلاعات مکانی تحت وب مدیریت اطلاعات جمعیت‌های شتر ایران طراحی و پیاده‌سازی گردید که به عنوان بخشی از سامانه اطلاعات مکانی نژادهای دام و طیور بومی کشور می‌باشد.

#### نتایج و بحث

سامانه اطلاعات مکانی تحت وب نژادهای شتر دوکوهانه بومی برای اولین بار در کشور با هدف ثبت و پایش اطلاعات نژادهای بومی گونه شتر دوکوهانه پیاده‌سازی گردید. این سامانه منسجم و هدفمند به محققان کمک می‌کند تا اطلاعات مرتبط با شترهای دوکوهانه را در سامانه به شکل مکان‌منا ثبت کنند. از آنجایی که اطلاعات در این سامانه به شکل مکان‌محور ثبت می‌گردد، کاربران می‌توانند اطلاعات سیستم را بر اساس محل جغرافیایی نمایش داده و در فرآیندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار دهند. این سامانه قابلیت به‌روزشدن و گزارش‌گیری در هر زمان را خواهد داشت. مدیریت این سامانه در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور می‌باشد. برخی از قابلیت‌های سامانه عبارتند از ایجاد یک بانک اطلاعاتی برخط مکان‌منا برای ذخایر ژنتیکی شتر دوکوهانه بومی، ثبت و ورود اطلاعات و تصاویر نژادهای شتر بومی کشور بر اساس محل جغرافیایی آنها، انجام جستجوی مکانی چندمعیاره



شکل ۱- تصویر صفحه خاص کاربر

## ۲- ورود اطلاعات در سامانه

(شکل ۲) و همچنین تصویر شتر (شکل ۳) مربوطه را بر اساس محل جغرافیایی آن ثبت نمود.

به منظور ورود و ثبت اطلاعات در سامانه، در بخش ورود داده گزینه شتر انتخاب می‌گردد و پنجره‌ای به شکل زیر باز می‌شود که از طریق آن می‌توان اطلاعات مختلف بیومتری



شکل ۲- تصویر ورود اطلاعات توسط کاربر



شکل ۳- بارگذاری تصویر در سامانه

### ۳- نمایش و جستجوی مکانی

در بخش نمایش، با انتخاب لایه مکانی شتر و تیک دار کردن آن، تمام شترهایی که اطلاعات آنها در سیستم ثبت شده‌اند بر روی نقشه نمایان می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴- تصویر بخش نمایش در سامانه

می‌گیرد. به عنوان مثال در این بخش از سیستم درخواست می‌شود تا محل جغرافیایی شترهایی را بر روی نقشه نمایش دهد که در استان اردبیل بوده و وزن آنها بیش از ۷۰۰ کیلوگرم باشد (شکل ۵). سیستم با توجه به درخواست و اطلاعات موجود، مکان‌هایی را بر روی نقشه نمایش می‌دهد که محل زیست شترهای مورد نظر می‌باشد. بنابراین از تمام ویژگی‌هایی که در جدول فوق آمده است می‌توان به عنوان معیارهای جستجو استفاده نمود. برای انجام جستجوی مکانی بایستی که تیک لایه اطلاعاتی شتر در بخش نمایش فعال شود.

در این بخش کاربر قادر است با توجه به معیارهای تعریف شده جستجوی خود را برای شتر با مشخصات خاص بر اساس مناطق جغرافیایی مشخصی انجام دهد. در بخش انتخاب لایه‌ها، ابتدا لایه شتر را انتخاب نموده و سپس با توجه به انواع اطلاعاتی که در جدول فوق ذکر شد، گزارش‌گیری مکانی انجام می‌شود. در بند عملگرها، شش گزینه برای انجام گزارش‌گیری تعریف شده است که شامل گزینه‌های مساوی، مساوی نباشد، بزرگتر از، کوچکتر از، بزرگتر مساوی و کوچکتر مساوی می‌باشد. به منظور انجام جستجوی مکانی، انتخاب دو ویژگی در سامانه در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر فیلتر شدن انتخاب با دو ویژگی صورت



شکل ۵- تصویر بخش جستجوی مکانی

### گزارش‌گیری

در بخش گزارش‌گیری با انتخاب لایه شتر، خروجی گزارش در قالب فرمت‌های مختلف ایجاد می‌شود (شکل ۶). فرمت‌های اصلی که برای کاربر اهمیت دارند، CSV و shapefile می‌باشند. CSV را می‌توان از طریق برنامه اکسل باز کرد و اطلاعات را مشاهده نمود. Shapefile نیز از طریق نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات مکانی باز شده و خوانده می‌شود. با انتخاب لایه شتر و فرمت shapefile، گزارش اطلاعاتی شتر به شکل یک فایل زیپ نمایش داده می‌شود که می‌توان آن را از طریق نرم‌افزار GIS باز کرده و تحلیل‌های لازم را انجام داد. گزارش‌گیری توسط کاربر اصلی یا ادمین در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور انجام می‌شود و بنابراین در موارد خاص اجازه دسترسی به این بخش توسط کاربران دیگر وجود دارد.



شکل ۶- تصویر گزارش‌گیری از اطلاعات ثبت شده

### ابزارک

سیستم مختصاتی که در این سامانه تعریف گردیده است، WGS 84 می‌باشد. برای نمایش مختصات، میزان دقت تا ۱۲ رقم بعد از اعشار تعیین شده است. در بخش اندازه‌گیری دو معیار برای اندازه‌گیری تعریف شده است. با انتخاب آن معیار و کلیک بر روی اندازه‌گیری، معیار مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود. معیار اول فاصله می‌باشد که با انتخاب آن فاصله دو نقطه بر روی نقشه نمایش داده می‌شود. واحد نمایش فاصله، کیلومتر می‌باشد. معیار دوم محاسبه مساحت (چندضلعی) می‌باشد که با انتخاب آن مساحت فضای انتخابی بر روی نقشه نمایش داده می‌شود (شکل ۷). واحد نمایش مساحت کیلومتر مربع می‌باشد.





شکل ۷- تصویر اندازه‌گیری فاصله و مساحت از طریق سامانه

### توصیه ترویجی

محققین و کارشناسان فعال در حوزه ذخایر ژنتیکی دام و طیور می‌توانند از سامانه Web-GIS طراحی شده برای ثبت، پایش و مدیریت اطلاعات ذخایر ژنتیکی شتر تک و دو کوهانه بومی استفاده نمایند.

### سپاسگزاری

در اینجا لازم است از موسسه تحقیقات علوم دامی کشور جهت تأمین هزینه‌های اجرای پروژه تشکر نمایم.

### منابع

اسدی، ن. (۱۳۹۱). مطالعه جمعیتی گونه‌های دامی در خطر انقراض کشور شامل شتر دوکوهانه، گاو سرابی، گاو گلپایگانی و تهیه بانک DNA ژنومی از آنها. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

اسدی، ن. (۱۳۹۸). ذخایر ژنتیکی دامی در خطر انقراض ایران. موسسه تحقیقات علوم دامی کشور.

توکلیان، ج. (۱۳۷۸). نگرشی بر: ذخایر ژنتیکی دام و طیور بومی ایران. موسسه تحقیقات علوم دامی کشور.

طالبی، ر.، افراز، ف.، میرحسینی، س.ض.، اسدی، ن. و دلیرصفت، س. ب. (۱۳۹۳). ارزیابی و خصوصیات ژنتیکی شتر دوکوهانه ایران با استفاده از آغازگرهای ریزماهواره شترسانان دنیای جدید. نشریه فناوری زیستی در کشاورزی. شماره ۱، صفحات ۱۰-۱۹.

ناظمی، ف.، میرحسینی، س.ض.، قوی حسین زاده، ن.، دهقان زاده، ه. و مهدیزاده، م. (۱۳۹۶). ارتباط چندشکلی ژن کاپاکازین با صفات

اقتصادی شیر در گاوهای بومی استان گیلان. فصلنامه تحقیقات تولیدات دامی. شماره ۱، صفحات ۵۳-۶۱.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۶. آمارنامه دام و طیور و آبریان.

Alexander, D. J. (2000). A review of avian influenza in different bird species. *Veterinarian Microbiology*. 74: 3-13.

Dolan, M. E., Holden, C. C., Beard, M. K and Bult, C. J. (2006). Genomes as geography: using GIS technology to build interactive genome feature maps. *BMC bioinformatics*. 7: 416.

Duruz, S., Flury, C., Matasci, G., Joerin, F., Widmer, I and Joost, S. (2017). A WebGIS platform for the monitoring of farm animal genetic resources (GENMON). *PLoS One*. 12(4): e0176362.

ESRI. (1990). *Understanding GIS: The ARC/INFO Method*. ESRI; Redlands.

Kozak, K. H., Graham, C. H and Wiens, J. J. (2008). Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. *Trends in Ecology & Evolution*. 23: 141-148.

Savini, L., Weiss, C., Colangeli, P., Conte, A., Ippoliti, C., Lelli, R and Santucci, U. (2007). A web-based geographic information system for the management of animal disease epidemics. *Veterinaria Italiana*. 43(3): 761-772.

Wieczorek, W. F., Delmerico, A. M. (2009). *Geographic information systems. Computational statistics*. 1(2):167-186.

Yang, P. C., Chu, R. M., Chung, W. B and Sung, H. T. (1999). Epidemiological characteristics and financial costs of the 1997 foot-and-mouth disease epidemic in Taiwan. *Veterinary Record*. 145: 731-734.