

Mapping Moroccan locust (*Dociopterus maroccanus*) spatiotemporal infestation pattern in northern rangelands of Golestan province**Molook Royan^{1*}, Adel Sepehry², Hossein Barani³ and Ali Afshari⁴**

1* - Corresponding author, PhD of Rangeland Science, Faculty of Range & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: Molook.Royan@gmail.com

2- Prof., Department of Rangeland management, Faculty of Range & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Range & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

4- Associate Prof., Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 07.03.2023

Accepted: 14.11.2023

Abstract

Background and objectives: The Moroccan locust (*Dociopterus maroccanus*) presents a substantial threat to the rangelands of Golestan province, demanding immediate attention from responsible organizations. Although the scientific literature lacks a precise definition of infestation levels, the density of locusts per unit area remains the primary metric used to assess the severity of infestation. The destructive impact of Moroccan locust infestations on agriculture, livestock, and the environment emphasizes the urgent necessity for a comprehensive understanding of the factors influencing the intensity and spatial distribution of locust outbreaks in Golestan province.

Methodology: In response to this knowledge gap, a comprehensive study was conducted in 2020-2022 to assess the extent of Moroccan locust infestation in the northern rangelands of Golestan province. The study utilized a multifaceted approach, combining field sampling with in-depth interviews involving 200 experts and local individuals actively engaged in combating locusts over different years. This approach aimed to outline the infested areas, quantify the density of locusts per unit area, and assess the frequency of locust presence over varying timeframes. The field sampling involved systematic surveys of locust populations in various rangeland habitats, while the interviews provided valuable insights into the historical patterns of locust infestation and the effectiveness of control measures employed by local communities and authorities.

Results: The collected data were used to construct a spectrograph illustrating the intensity of locust invasions, incorporating variables such as density, frequency, and spatial distribution of locust outbreaks across different infestation periods. The resulting spectrograph facilitated an in-depth analysis of the periodicity and geographical expansion of locust intensity throughout the province. The comprehensive nature of the study allowed for a holistic understanding of the complex interactions between environmental factors, locust population dynamics, and human interventions in shaping the patterns of locust infestation in Golestan province. Based on this spectrograph, five distinct frequency periods of locust infestation intensity were identified, and corresponding maps depicting infestation intensity for each period were generated for the studied areas. The spatially explicit maps provided valuable insights into the hotspots of locust activity and the temporal dynamics of infestation intensity, enabling a more targeted and proactive approach to locust control and management.

Conclusion: The study's findings emphasize the potential of analyzing these spectrographs to unravel the underlying causes of fluctuations in locust outbreak intensity over time and location.

Such insights hold considerable promise for informing the management and control of locust populations. The integration of field data with expert knowledge and community perspectives has enriched our understanding of the multifaceted nature of locust infestation dynamics, providing a solid foundation for the development of evidence-based strategies to mitigate the impact of Moroccan locust outbreaks on the rangelands of Golestan province.

Keywords: Control management, density of locusts, interviews with experts, map of the infestation intensity.

طیف‌نگاری پراکنش زمانی مکانی آلودگی ملخ مراکشی (*Dociostraurus maroccanus*) در مراتع شمال استان گلستان

ملوک رویان^{۱*}، عادل سپهری^۲، حسین بارانی^۳ و علی افشاری^۴

*۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته دکترای علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
پست‌الکترونیک: molook.royan@gmail.com

۲- استاد، اکولوژی گیاهی، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار، علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- دانشیار، حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: ملخ مراکشی (*Dociostraurus maroccanus*) یکی از گونه‌های مهم ملخ است که هر ساله سطح گسترده‌ای از مراتع استان گلستان را آلوده می‌کند و مبارزه با آن همواره یکی از اولویت‌های اصلی کارشناسان حفظ نباتات این استان می‌باشد. تاکنون مطالعه مدونی در مورد تعیین شدت هجوم ملخ مراکشی در استان گلستان انجام نشده و در بسیاری از موارد، انبوهی ملخ در واحد سطح به‌عنوان تنها شاخص و معیار آلودگی برای مبارزه با این ملخ، مورد استفاده قرار گرفته است. مواد و روش‌ها: این پژوهش از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ برای تعیین شدت آلودگی این ملخ در مراتع شمالی استان گلستان انجام شد. بدین‌منظور مکان‌های آلوده به ملخ، تراکم ملخ در واحد سطح و تناوب حضور ملخ در سال‌های مختلف وقوع در مناطق مختلف درگیر با ملخ مراکشی تعیین شدند. به منظور مطالعه مکان‌یابی و تراکم ملخ مراکشی، ضمن بازدید از مناطق مورد هجوم این ملخ در مراتع شمال استان با استفاده از نقشه رقومی چاپ شده (شامل تلفیق نقشه‌های توپوگرافی و سامان‌های عرفی مراتع استان گلستان)، از طریق مراجعه به ۲۰۰ نفر از کارشناسان، دیده‌بانان، دامداران و کشاورزان، عشایر، افراد سم‌پاش، مطلع و خبره در منطقه دارای آلودگی ملخ، که به‌طور فعال و میدانی در موضوع مبارزه با ملخ در سال‌های مختلف شرکت داشتند، محدوده پراکنش و تعداد سال‌های وقوع هجوم ملخ (در هریک از مناطق) تعیین شد. افراد مصاحبه شونده، همچنین ارزیابی خود از تراکم ملخ در واحد سطح را در همان مناطق به‌صورت کیفی - رتبه‌ای (طیف لیکرت ۳ درجه‌ای کم، متوسط و زیاد) برای هریک از سال‌ها در محدوده بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ تعیین کردند. اطلاعات حاصل از تعداد سال‌های وقوع ملخ و تراکم آن (تراکم‌های کم، متوسط و زیاد) برای ۱۶۰ منطقه، ثبت شد. جهت تطبیق کنترل صحت اطلاعات، همزمان از ۱۶۴ نقطه ثبت شده با دستگاه GPS (سیستم موقعیت‌یاب جهانی) توسط کارشناسان حفظ نباتات استان و همچنین ۸۴۰ نقطه ثبت شده در هنگام بازدیدهای میدانی، استفاده گردید.

نتایج و یافته‌ها: با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از مصاحبه با افراد خبره محلی و دانش بومی، طیف‌نگار پراکنش زمانی - مکانی آلودگی ملخ با استفاده از ترکیب توأم متغیرهای تراکم (تعداد ملخ در واحد سطح)، تناوب (تعداد سال‌های وقوع) و گستره مکانی شدت آلودگی ملخ در مراتع شمالی استان گلستان تعیین شد. طبق طیف‌نگار شدت آلودگی ترسیم‌شده، ۵ دوره زمانی مختلف شامل دوره اول (محدوده بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۱)، دوره دوم (سال‌های ۹۲، ۹۳ و ۹۴)، دوره سوم (سال‌های ۹۵، ۹۶ و ۹۷)، دوره چهارم (سال‌های ۹۸ و ۹۹) و دوره پنجم (سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)، برای تناوب شدت آلودگی ملخ در نواحی درگیر با ملخ مراکشی در منطقه مورد مطالعه، مشخص گردید. همچنین، طبق اطلاعات حاصل از این طیف‌نگار در نرم افزار GIS، نقشه شدت آلودگی برای هر دوره زمانی، برای مراتع شمال استان گلستان تهیه شد. بر اساس این نتایج، شدت

آلودگی ملخ مراکشی در استان، در دوره های دوم و چهارم، نسبت به بقیه دوره‌ها، بیشتر و دوره پنجم، کمتر از دوره‌های دیگر بوده است اما ظهور مناطق جدید آلوده به ملخ مراکشی در مناطقی از شهرستان‌های گمیشان، بندرترکمن و مینودشت در دوره پنجم ملاحظه می‌شود.

نتیجه‌گیری: مطالعه نقشه‌های شدت آلودگی ملخ مراکشی، می‌تواند مناطق دارای شدت آلودگی زیاد در هر دوره هجوم و مناطق نوظهور این ملخ را مورد توجه مدیران این بخش، قرار دهد. همچنین تحلیل طیف‌نگار تهیه‌شده می‌تواند به پژوهشگران و دست‌اندرکاران مبارزه با ملخ کمک کند که علل تغییرات شدت طغیان ملخ در زمان‌ها و مکان‌های مختلف را بررسی کنند و نتایج حاصل از آن را در مدیریت مبارزه با ملخ مورد استفاده قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت مبارزه، تراکم ملخ، مصاحبه با افراد خیره، نقشه شدت آلودگی.

مقدمه

ملخ‌ها احتمالاً قدیمی‌ترین گروه زنده حشرات گیاه‌خوار هستند که قدمتشان به اوایل دوره تریاسه (حدود ۲۵۰ میلیون سال پیش) بازمی‌گردد (Misof et al., 2014). از نظر تاکسونومیک، ملخ‌ها به راسته راست‌بالان (Orthoptera) تعلق دارند که شامل دو زیرراسته Ensifera (شامل ملخ‌های شاخک‌بلند) و Caelifera (شامل ملخ‌های شاخک‌کوتاه بومی (Grasshoppers) و مهاجر (Locusts)) هستند و در مجموع، ۲۹ هزار گونه از آنها در سطح جهان شناسایی شده‌اند. آسیا، آمریکای مرکزی و جنوبی و آفریقا به ترتیب با دارا بودن ۳۸، ۲۲ و ۲۰ درصد گونه‌های توصیف‌شده ملخ، غنی‌ترین مناطق جغرافیایی از نظر انتشار و تنوع زیستی ملخ‌ها به‌شمار می‌روند (Cigliano et al., 2021; Song, 2018). در حدود ۵۰۰ گونه ملخ شاخک‌کوتاه (خانواده Acridoidea) از توانایی ایجاد خسارت در محصولات کشاورزی و مرتعی برخوردار هستند که از میان آنها، ۵۰ گونه به‌عنوان آفت مهم گزارش شده‌اند. اگرچه امروزه طغیان ملخ‌ها در مقایسه با گذشته، بهتر کنترل می‌شوند و دوره طغیان آنها کوتاه‌تر و شدت طغیان آنها محدودتر شده است، اما طغیان‌های بزرگ آنها همچنان در مناطق زیادی از دنیا گزارش شده است (Zhang et al., 2019).

براساس بررسی‌های اخیر، در حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در کشورهای آسیای میانه، در معرض

حمله سه گونه ملخ شاخک‌کوتاه شامل ملخ صحرایی (*Calliptamus*)، ملخ ایتالیایی (*Schistocerca gregaria*) و ملخ مراکشی (*Locusts*) هستند و این سه گونه ملخ، غذای ۲۰ میلیون انسان را در این منطقه تهدید می‌کنند. طغیان ملخ صحرایی امنیت غذایی را در سراسر شرق آفریقا، شبه‌جزیره عربستان، هند و پاکستان به خطر انداخته است (Meynard et al., 2020) و ملخ‌های مراکشی و ایتالیایی می‌توانند خسارت عظیمی را در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی، ایجاد کنند (Reuters, 2019; Le Gall et al., 2019; Kambulin, 2018; Toleubayev et al., 2007; Latchininsky, 1998). از مهمترین خصوصیات این ملخ‌ها داشتن فاز گله‌ای با قدرت پرواز بالاست که قادرند صدها کیلومتر جابه‌جا شوند و مناطق جدید را آلوده نمایند. به‌عنوان مثال، ملخ صحرایی تا ۵۰۰ کیلومتر (Tanaka, 2005) و ملخ مراکشی تا ۱۰۰ کیلومتر (FAO, 2003) پرواز می‌کنند و سبب آسیب رساندن به مراتع و زمین‌های کشاورزی، پیش از تخم‌گذاری می‌شوند (FAO, 2003). مطالعات زیادی روی جمعیت و اکولوژی گونه‌های مختلف ملخ انجام شده است (Abashidz, 2001; Benfekih et al., 2001; Crespo et al., 2001; Craig et al., 1995; Divya et al., 2001; Dusouler & Gueguan, 2001; Guennouni et al., 2009; Kemp & Dennis, 1993; Latchininsky, 1998; Loamarie, 2009; O'Neil et al., 1993; Steedman, 1990; Uvarov, 1957) که بعضی از آنها به‌صورت بررسی

Baldacchino و همکاران (۲۰۱۲) میزان اثربخشی و مقرون به صرفه بودن سه الگوی نمونه برداری را در تعیین پراکنش فضایی کپسول‌های تخم ملخ مراکشی در جنوب ایتالیا با استفاده از سه طرح نمونه برداری، ارزیابی کردند. نتایج آنان نشان داد، طرح‌های نمونه‌گیری کوچک‌تر و مترکم‌تر نسبت به طرح‌های نمونه‌گیری بزرگ‌تر و کم‌تراکم، ارجحیت دارند و نمونه‌های بزرگ‌تر زمانی باید استفاده شوند که اطلاعاتی در مورد توزیع و تراکم کپسول تخم ملخ مورد نیاز باشد. Abdalla Mohamed Elballa و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از دانش بومی به مطالعه ملخ درختی *Anacridium melanorhodon* در سودان پرداختند. نتایج آنان نشان داد، پاسخ‌دهندگان می‌توانند بین ملخ درختی بالغ و سایر ملخ‌ها تمایز قائل شوند و اطلاعات کاملی نسبت به زمان تفریح و جفت‌گیری این ملخ، ارائه کنند. Hlongwane و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از دانش بومی به مستندسازی جمع‌آوری، آماده‌سازی و مصرف حشرات خوراکی (از جمله ملخ) در آفریقای جنوبی پرداختند. نتایج آنان نشان‌دهنده اهمیت تغذیه از حشرات به عنوان بخشی از فرهنگ غذایی در بعضی از این مناطق بود.

ملخ مراکشی یکی از گونه‌های مهم ملخ در شمال استان گلستان است که هر ساله موجب خسارت‌هایی در مراتع و بخش کشاورزی این استان می‌شود. Royan و همکاران (۲۰۲۳b) با مطالعه درجه اهمیت تأثیر ۱۵ عامل محیطی بر شدت آلودگی ملخ مراکشی بر اساس مصاحبه با کارشناسان محلی (شامل کشاورزان، دامداران و داوطلبانی که سال‌ها در موضوع مبارزه با ملخ مراکشی در استان گلستان همکاری داشته‌اند)، نشان دادند، از بین عوامل محیطی مورد بررسی، شش عامل رطوبت خاک، بافت خاک، نوع پوشش گیاهی، میزان بارندگی، رطوبت نسبی هوا و دما به ترتیب از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. بر اساس نظر مصاحبه‌شوندگان، رویشگاه‌هایی که دارای خاک رسی-لومی، با رطوبت زیاد تا متوسط، شوری کم، میانگین بارندگی سالانه ۳۰۰-۱۰۰ میلی‌متر، رطوبت نسبی هوا ۸۰-۶۰ درصد و میانگین دمای

متغیرهایی در کوتاه‌مدت (Tuflijev & Akhmedjanov, 2021) و برخی دیگر از آنها بررسی‌های طولانی‌مدت بوده است (Haddad et al., 2009; Sun et al., 2022; Schell & Lockwood, 1997). این پژوهش‌ها همزمان به مطالعه زمان و مکان آلودگی (Schell & Lockwood, 1997)، ارزیابی روش خاصی در پژوهش (Browde et al., 1992)، یا شیوه مطالعه از طریق نمونه‌برداری‌های صحرایی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) Hashemi Dareh Badami et al., 2016; Iranipour et al., 2017; Klein et al., 2022; Latchininsky & Sivanpillai, 2010; Tuflijev & Akhmedjanov, 2021 Abdalla Mohamed Elballa et al., 2019) یا استفاده از دانش بومی (al., 2019) پرداخته‌اند.

پویایی جمعیت ملخ‌ها در مراتع و ایومینگ آمریکا با استفاده از اطلاعات ۳۱ ساله سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه و نقشه‌های مناطق بدون آلودگی، مناطق دارای آلودگی‌های کم تا شدید (شیوع) و مناطق مستعد به هجوم ملخ‌ها، ترسیم شد (Schell & Lockwood, 1997). مطالعه جمعیت ملخ‌ها و پراکنش آنها در ازبکستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد که در مرز این کشور با تاجیکستان، قرقیزستان و ترکمنستان ملخ‌های مراکشی، ایتالیایی به ویژه در نقاطی که با ملخ مبارزه نمی‌شود، موجب خسارت‌های عمده‌ای می‌شوند. بنابراین، تشخیص زودهنگام میزان خسارت و اجرای اقدامات کنترلی، به کاهش خسارت احتمالی آنها منجر خواهد شد (Tuflijev & Akhmedjanov, 2021). در پژوهشی دوساله Browde و همکاران (۱۹۹۲) با مقایسه دقت و کارایی روش‌های مختلف نمونه‌برداری (قفس‌های کیسه‌ای و تور حشره‌گیری) در برآورد جمعیت ملخ‌ها، نشان دادند که تور حشره‌گیری برای گرفتن ملخ‌ها در شب، مؤثرتر از روز بود. همچنین، برای برآورد تعداد پوره‌ها، استفاده از تور حشره‌گیری هم در شب و هم در روز از دقت کافی برخوردار بود اما برای نمونه‌برداری از ملخ‌های درشت‌تر، فقط استفاده از تور حشره‌گیری در شب توصیه شد.

(به ترتیب در جنوب و جنوب شرقی) استان (شامل محدوده شهرستان‌های گمیشان، بندرترکمن، آق‌قلا، گنبد، شهر) کردند، مراوه‌تپه، کلاله و مینودشت) ادامه داشت (Royan et al., 2023b). محدوده مورد مطالعه از شمال با جمهوری ترکمنستان، از جنوب با بخش جنگلی جنوب استان، از شرق با استان خراسان شمالی و از غرب با دریای خزر هم‌جوار بود (Royan et al., 2023b). ارتفاع تقریبی محدوده دارای ملخ در این پژوهش از ۳۰- متر در روستای قره‌سو تا ۱۱۰۰ متر از سطح دریا در روستاهای لهندر و ده‌چناشک متغیر بود. همچنین، شیب عمومی منطقه از ۶-۰ درصد در مناطق پست گمیشان، بندرترکمن، آق‌قلا و گنبد تا ۶۰ درصد در مناطق کوهستانی استان مانند روستاهای مردم‌دره، دولت اورلان، آق‌لر، لهندر و ده‌چناشک متغیر بود (Anonymous, 2020).

نحوه انجام پژوهش

برای انجام این پژوهش، به‌منظور مطالعه مکان‌یابی و تراکم ملخ مراکشی در محدوده سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱، با مشاوره کارشناسان مبارزه با ملخ در استان، ضمن بازدید از مناطق مورد هجوم ملخ مراکشی در مراتع شمال استان با استفاده از نقشه رقومی تهیه‌شده از سامان‌های عرفی مراتع استان گلستان که روی نقشه توپوگرافی روی هم‌گذاری و چاپ شده بود، به مصاحبه با ۲۰۰ نفر از کارشناسان، دیده‌بانان، دامداران و کشاورزان، عشایر، افراد سم‌پاش، مطلع و خیره در منطقه مورد هجوم و دارای آلودگی ملخ، پرداخته شد. افراد مصاحبه‌شونده، محدوده پراکنش و تعداد سال‌های وقوع هجوم ملخ (در هر یک از مناطق) و ارزیابی خود از تراکم ملخ در واحد سطح را در همان مناطق به‌صورت کیفی - رتبه‌ای (طیف لیکرت ۳ درجه‌ای کم، متوسط و زیاد) برای هر یک از سال‌ها در محدوده بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ تعیین کردند. برای تطبیق و کنترل صحت اطلاعات ارائه‌شده توسط افراد شرکت‌کننده در پرسش‌نامه، هم‌زمان از ۱۶۴ نقطه که با دستگاه GPS (سیستم موقعیت‌یاب جهانی) و توسط کارشناسان حفظ نباتات در مناطق گوناگون حضور ملخ در سال‌های مختلف، ثبت شده بودند (تهیه‌شده از آرشیو

هوای روزانه ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد باشند، توسط ملخ مراکشی بیشتر ترجیح داده می‌شوند. همچنین Royan و همکاران (۲۰۲۳a) با بررسی ارتباط بین تراکم‌های مختلف ملخ مراکشی و برخی ویژگی‌های گیاهی در مراتع استان گلستان، نشان دادند، بین تراکم جمعیت ملخ مراکشی و درصد تاج‌پوشش سبز، تراکم و ارتفاع گندمیان همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و این ملخ زیستگاه‌هایی را که پوشش گیاهی غالب آنها گندمیان بودند، ترجیح داد.

با وجود اهمیت زیاد ملخ مراکشی در مراتع شمال استان گلستان، جمع‌بندی بررسی منابع نشان داد، تاکنون پژوهشی که در آن به‌طور هم‌زمان به مطالعه گستره مکانی حضور ملخ، تراکم در واحد سطح و تعداد سال وقوع و درنهایت، شدت آلودگی با در نظر گرفتن سه متغیر مذکور پرداخته شده باشد، انجام نشده است. بنابراین، در این پژوهش، برای اولین بار، طیف‌نگاری تهیه شد تا براساس آن بتوان نقشه آلودگی به این ملخ را در دوره‌های زمانی مختلف ترسیم و شدت آلودگی به آن را تعیین کرد. نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیریت و کنترل بهتر جمعیت این ملخ در شمال استان گلستان، کمک شایانی نماید.

مواد و روش‌ها

زمان و جغرافیای انجام پژوهش

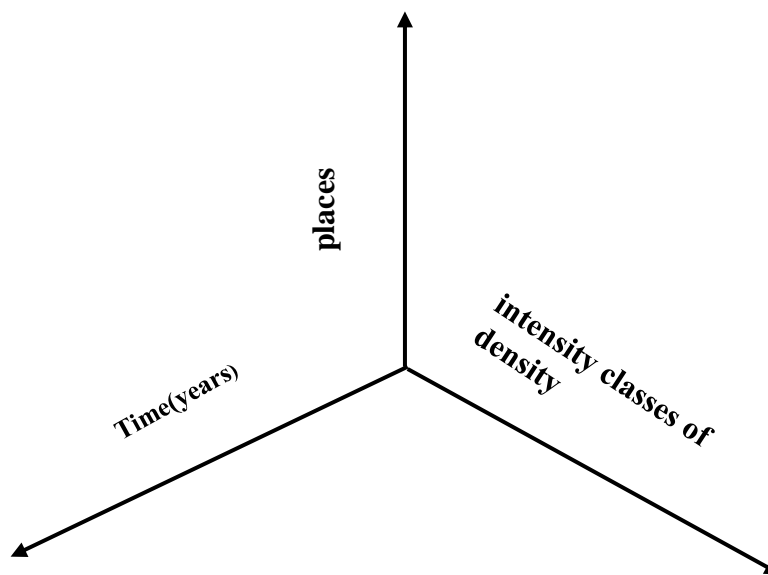
پژوهش پیش‌رو از فروردین سال ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۱ در مناطق حضور ملخ مراکشی در استان گلستان انجام شد. محدوده مورد مطالعه با طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه و ۱۳ ثانیه طول شرقی و ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شمالی در محدوده شمال منطقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی و ۵۶ درجه و ۰۳ دقیقه و ۴۱ ثانیه عرض شمالی در محدوده جنوب منطقه قرار داشت. این محدوده از ساحل دریای خزر در تالاب گمیشان (در شمال‌غرب استان) و روستای قره‌سو (در جنوب‌غرب استان) شروع شده و تا روستای مردم‌دره (در شمال‌شرقی) و روستای ده‌چناشک و روستای لهندر

شد، تاکنون در مورد شدت آلودگی ملخ، تعریف واضحی ارائه نشده است. در این پژوهش با استفاده از جدول تراکم ملخ (تراکم‌های کم، متوسط و زیاد) در مناطق آلوده بر مبنای سال وقوع در محیط اکسل و انتصاب تَن روشنایی و تیرگی، متناسب با افزایش شدت تراکم در هر سال و در هر منطقه و کوچک‌سازی جدول (با تغییر مقیاس) و رؤیت آن در صفحه نمایش، نمودار طیف‌نگار پراکنش زمانی - مکانی آلودگی ملخ در سال‌های مختلف و در مناطق مختلف ترسیم شد. بنابراین، این طیف‌نگار دارای سه محور شامل مکان آلودگی، سال‌های وقوع و طبقات شدت آلودگی بوده که طبق نظر کارشناسی افرادی که سال‌های متمادی در امر مبارزه و سمپاشی ملخ مشارکت داشتند (شکل ۱)، تعیین شده است.

حفظ نباتات سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان) و ۸۴۰ نقطه ثبت‌شده (۴۸۰ نقطه دارای ملخ و ۳۶۰ نقطه بدون ملخ) در هنگام بازدیدها (به همراه افراد خیره محلی) و نمونه‌برداری صحرائی، همچنین گزارش‌های حضور ملخ (که به صورت جزئی‌تر توسط واحد حفظ نباتات در دسترس بود) و نیز فیلم‌ها و عکس‌هایی که توسط خود مصاحبه‌شوندگان (هنگام مبارزه با ملخ از منطقه خود)، تهیه شده بود، استفاده شد. اطلاعات حاصل از تعداد سال‌های وقوع ملخ و تراکم آن (تراکم‌های کم، متوسط و زیاد) برای ۱۶۰ منطقه، در نرم‌افزار اکسل ثبت شد.

تهیه طیف‌نگار پراکنش زمانی- مکانی آلودگی ملخ
مراکشی

با مطالعه منابع داخلی و خارجی در دسترس مشخص



شکل ۱- محورهای طیف‌نگار پراکنش زمانی- مکانی شدت آلودگی ملخ مراکشی طی دوره‌های مختلف در مراتع شمال استان گلستان

Figure 1. Axes of spatiotemporal pattern of Moroccan locust infestation during different periods in northern rangelands of Golestan province.

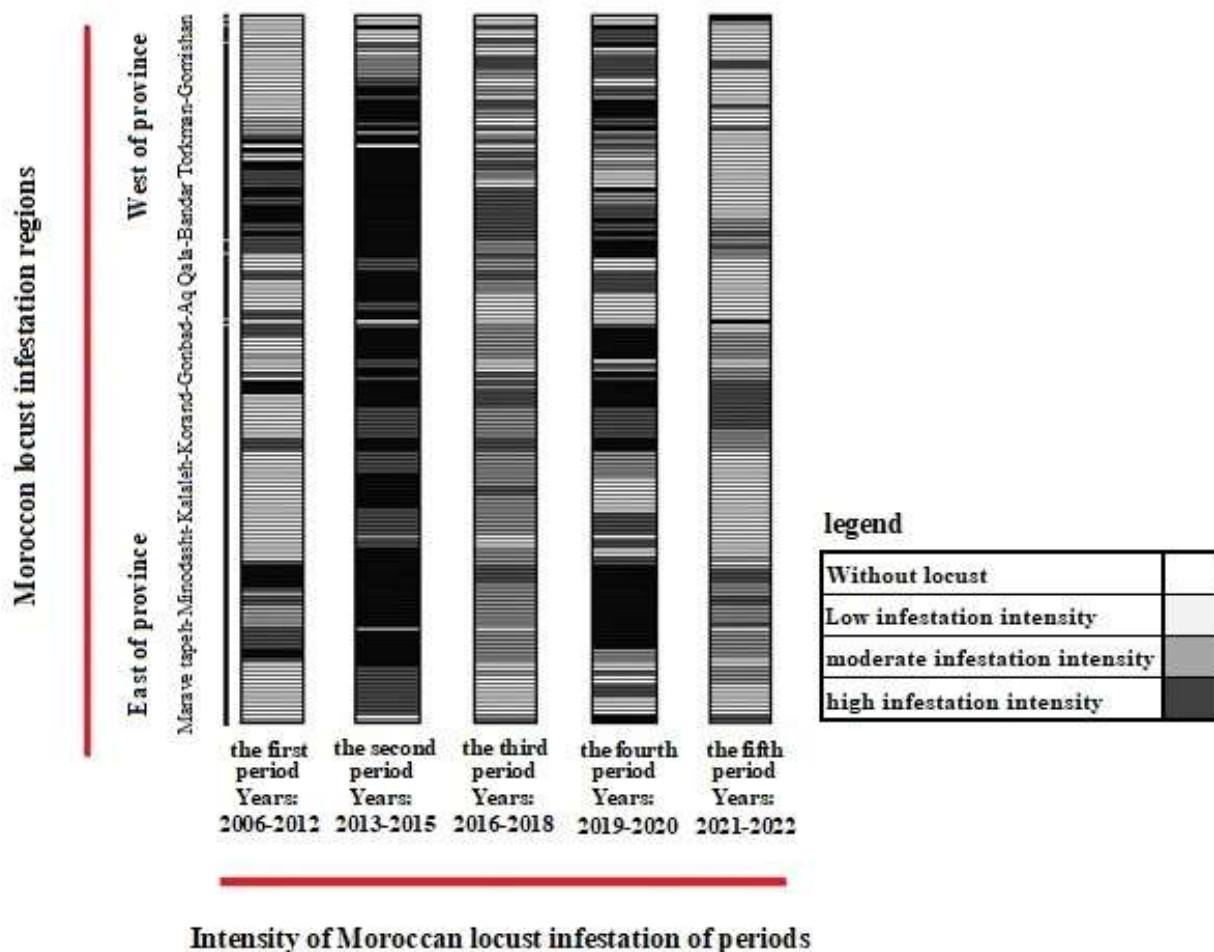
با استفاده از الگوی مشاهده‌شده در طیف‌نگار ساخته‌شده، ۵ دوره زمانی تغییر شدت تراکم ملخ، قابل

کمترین شدت آلودگی در بیشتر مناطق شمال استان گلستان، مشاهده می‌شود. در دوره پنجم، ظهور مناطق جدید در منطقه ساحلی شهرستان‌های گمیشان و بندرترکمن، همچنین در روستای ده‌چناشک از توابع شهرستان مینودشت ملاحظه می‌شود. با توجه به نقشه‌های تهیه‌شده براساس طیف‌نگار، شدت آلودگی ملخ مراکشی در سال‌های قبل از ۱۳۹۱ (دوره اول) مربوط به مناطق خاصی از مراتع شمال استان گلستان شامل شمال و غرب شهرستان مراوه‌تپه و بخش‌های شمال‌شرقی شهرستان گنبد بوده است (شکل ۳)، اما در دوره دوم، گستره آلودگی به ملخ مراکشی، تا شمال‌شرقی محدوده شهرستان آق‌قلا (مراتع قره‌قر بزرگ) در غرب استان، همچنین تا روستای کوهستانی قازانقایه در یکی از شرقی‌ترین نقاط استان در شهرستان مراوه‌تپه، ادامه پیدا کرده است (شکل ۴). در دوره سوم، کاهش محسوسی در شدت تراکم ملخ مراکشی در همه مناطقی که قبلاً ملخ حضور داشته است، مشاهده شد (شکل ۵). در دوره چهارم، دوباره افزایش چشمگیری (البته کمتر از دوره دوم) در شدت آلودگی مشاهده شد، به طوری که حتی محدوده جدیدی در جنوب‌شرقی استان (روستای لهندر) به مناطق آلوده به ملخ اضافه شد (شکل ۶). دوره پنجم (سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) دوره‌ای است که کمترین شدت آلودگی را در میان دوره‌های مشاهده‌شده در طیف‌نگار داشته است. در این دوره، جمعیت‌هایی از ملخ به منطقه ده‌چناشک (در محدوده شهرستان مینودشت) که از نظر پوشش گیاهی غنی‌تر بوده، مهاجرت کرده‌اند. در همین دوره، دو منطقه حاشیه خزر (محدوده تالاب خشک‌شده گمیشان، حدفاصل بین روستاهای قره‌سو، یموت و نیازآباد از توابع شهرستان بندرترکمن) نیز به مناطق آلوده‌شده به ملخ مراکشی، اضافه شده است (شکل ۷).

رویت بود که با استفاده از آن، نقشه شدت آلودگی ملخ برای هر دوره زمانی تهیه شد. این دوره‌ها شامل: دوره اول (محدوده بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۱)، دوره دوم (سال‌های ۹۲، ۹۳ و ۹۴)، دوره سوم (سال‌های ۹۵، ۹۶ و ۹۷)، دوره چهارم (سال‌های ۹۸ و ۹۹) و دوره پنجم (سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) بودند (شکل ۲). ذکر این نکته لازم است که محدوده بین ۱۳۸۵-۱۳۸۹ به‌عنوان یکسال در نظر گرفته شده است. اطلاعات این طیف‌نگار برای تهیه نقشه‌های شدت آلودگی ملخ، ابتدا در نرم‌افزار GIS، لایه سامان‌های عرفی گزارش‌شده آلوده به ملخ، انتخاب و ایجاد شدند. سپس محدوده‌های ترسیم‌شده توسط افراد، با دقت ترسیم و رقومی شدند و لایه کانون‌های آلوده به ملخ، تهیه شد. آنگاه اطلاعات جدولی این طیف‌نگار، به جدول لایه کانون‌های آلوده به ملخ در نرم‌افزار GIS لینک شد و از اطلاعات آن برای تولید این نقشه‌ها استفاده شد.

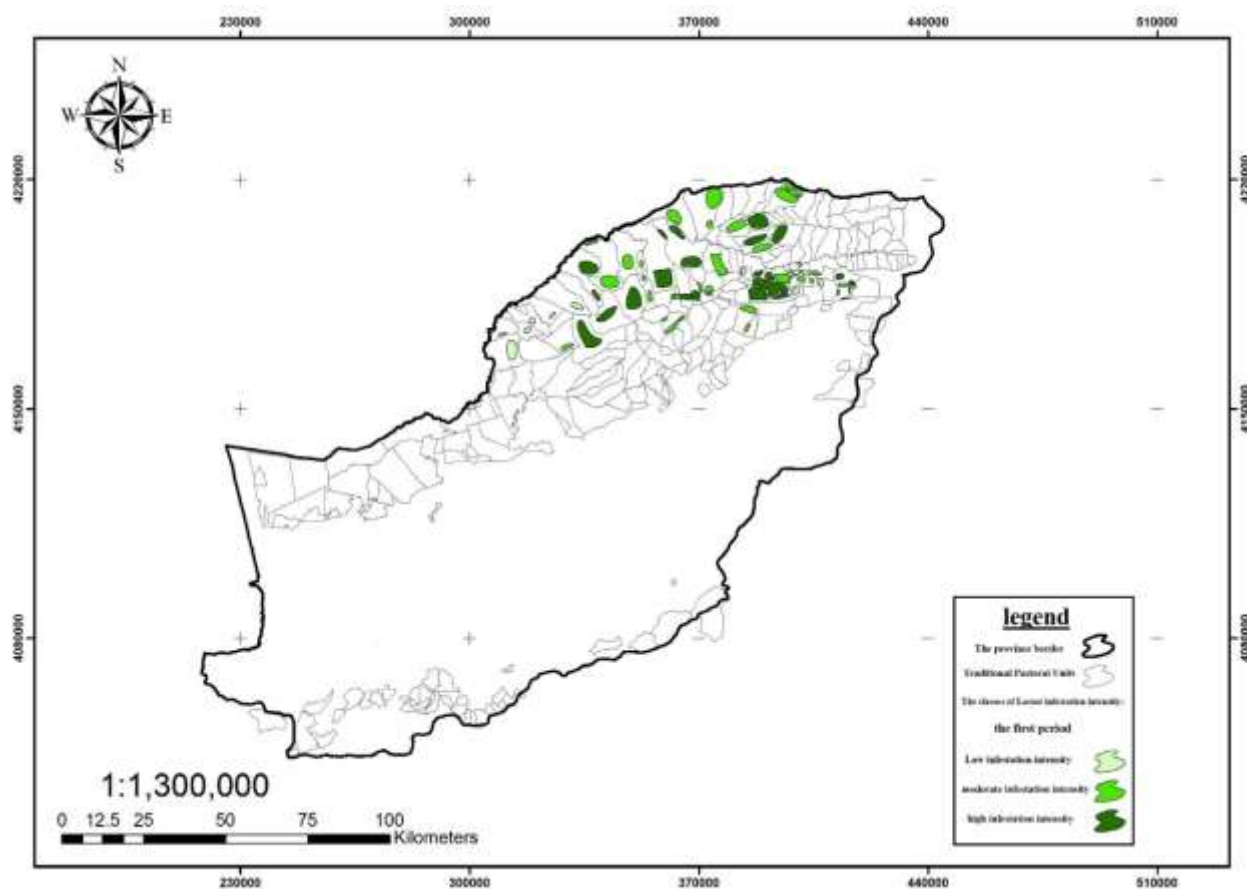
نتایج

نتایج ترسیم طیف‌نگار شدت آلودگی به ملخ مراکشی در مناطق آلوده شمال استان گلستان در شکل ۲ نشان داده شده است. در این طیف‌نگار، محدوده آلوده به ملخ در هر شهرستان با استفاده از نوار سیاه رنگ جدا شده است. مناطق آلوده به ملخ از غرب استان (نقطه صفر مرزی در تالاب خشک شده گمیشان) به شرق استان (روستای قازانقایه و لهندر در شرقی‌ترین نقطه) قرار گرفته بودند. طبق این طیف‌نگار، هرچه مناطق، تن‌تیره‌تری دارند، تراکم ملخ در محدوده سال‌های آن دوره، بیشتر بوده و رنگ سفید، مناطق بدون ملخ را در آن دوره نشان می‌دهد. همچنین در دوره دوم، بیشترین شدت و در دوره پنجم،



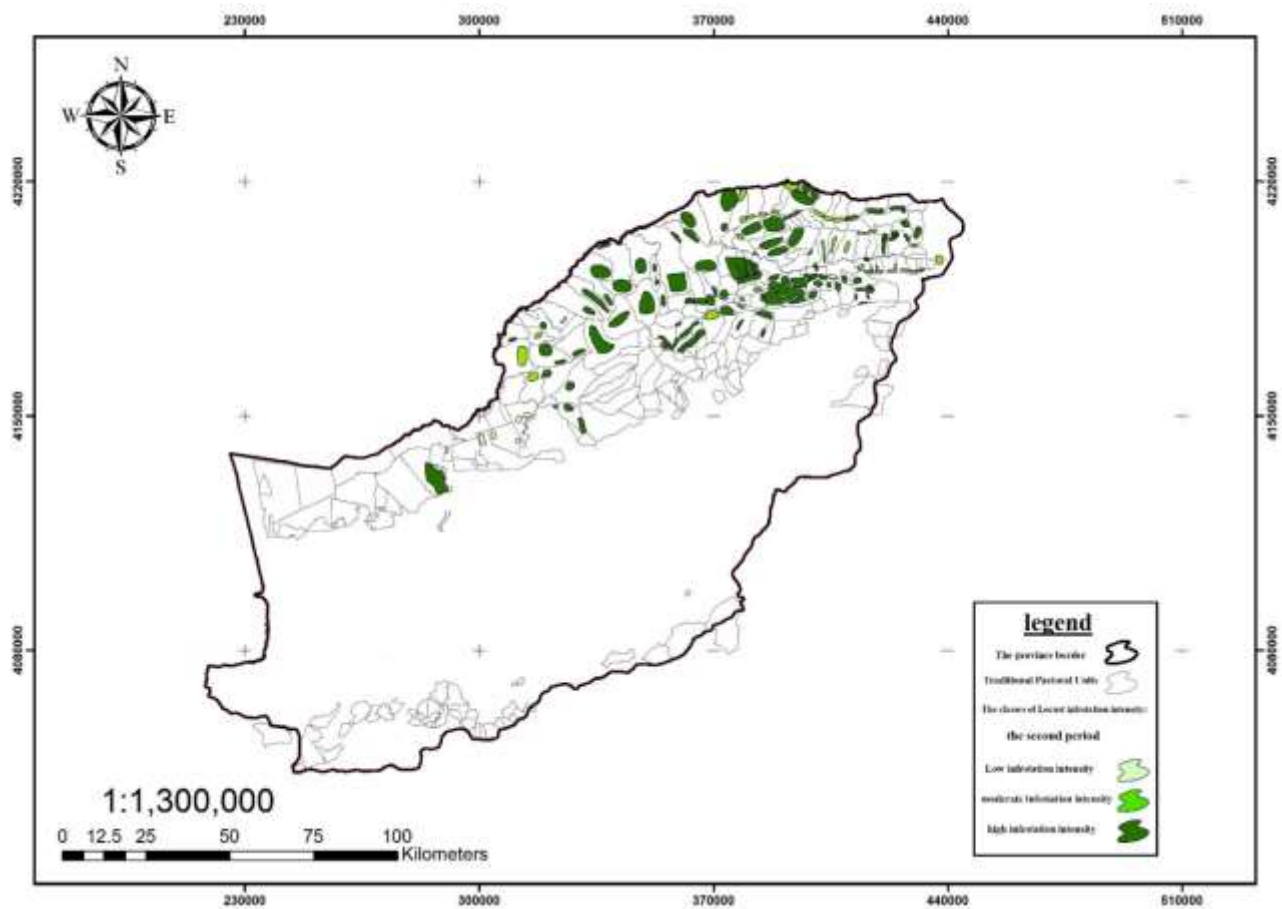
شکل ۲- طیف‌نگار پراکنش زمانی- مکانی شدت آلودگی ملخ مراکشی طی دوره‌های مختلف در مراتع شمال استان گلستان محدوده مناطق مورد هجوم هر شهرستان، به صورت نوار مشکی در سمت چپ، از غرب به شرق استان، تعیین شده است.

Figure 2. Mapping Moroccan locust (*Locusta migratoria*) spatiotemporal infestation pattern during different periods in northern rangelands of Golestan province. The range of the affected areas of each city is determined by the black bar on the left side, from the west to the east of the province.



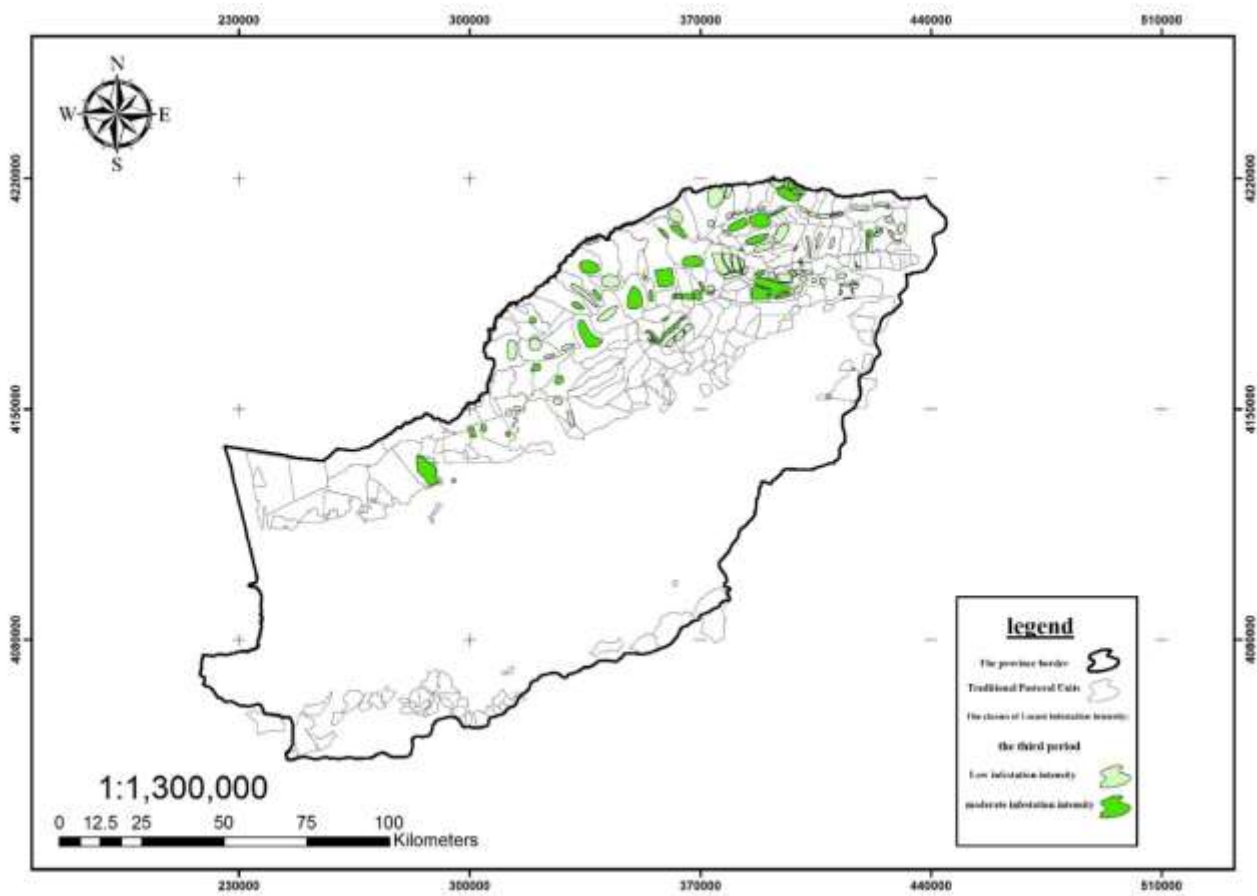
شکل ۳- نقشه شدت آلودگی ملخ مراکشی در مراتع شمال استان گلستان در دوره اول آلودگی (سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۱) براساس دوره‌های طیف‌نگاری

Figure 3. Mapping of the Moroccan locust infestation in the first period of the invasion (Years: 2006-2012) in northern rangelands of Golestan province



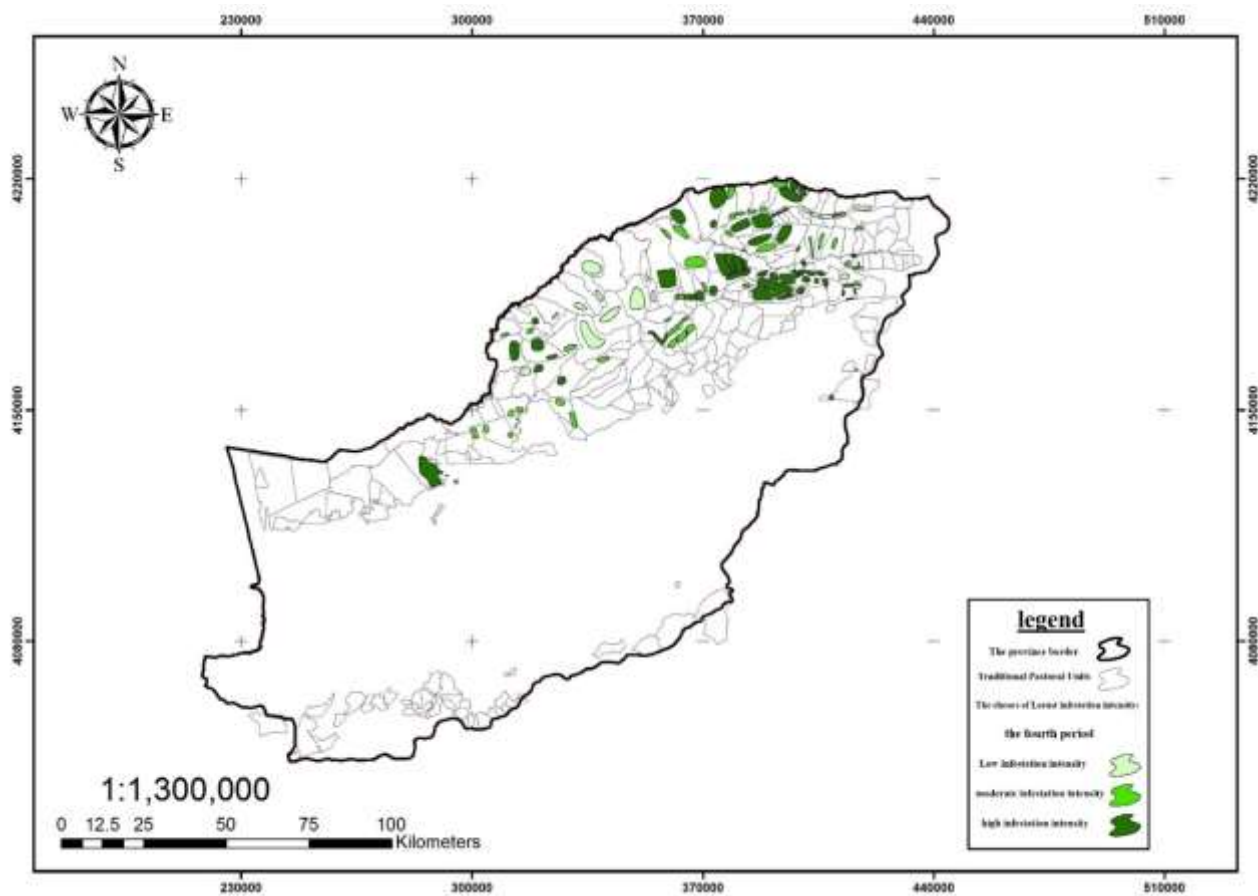
شکل ۴- نقشه شدت آلودگی ملخ مراکشی در شمال استان گلستان در دوره دوم آلودگی (سالهای ۱۳۹۲-۱۳۹۴) براساس دوره‌های طیف‌نگاری

Figure 4. Mapping of the Moroccan locust infestation in the second period of the invasion (Years: 2013-2015) in northern rangelands of Golestan province



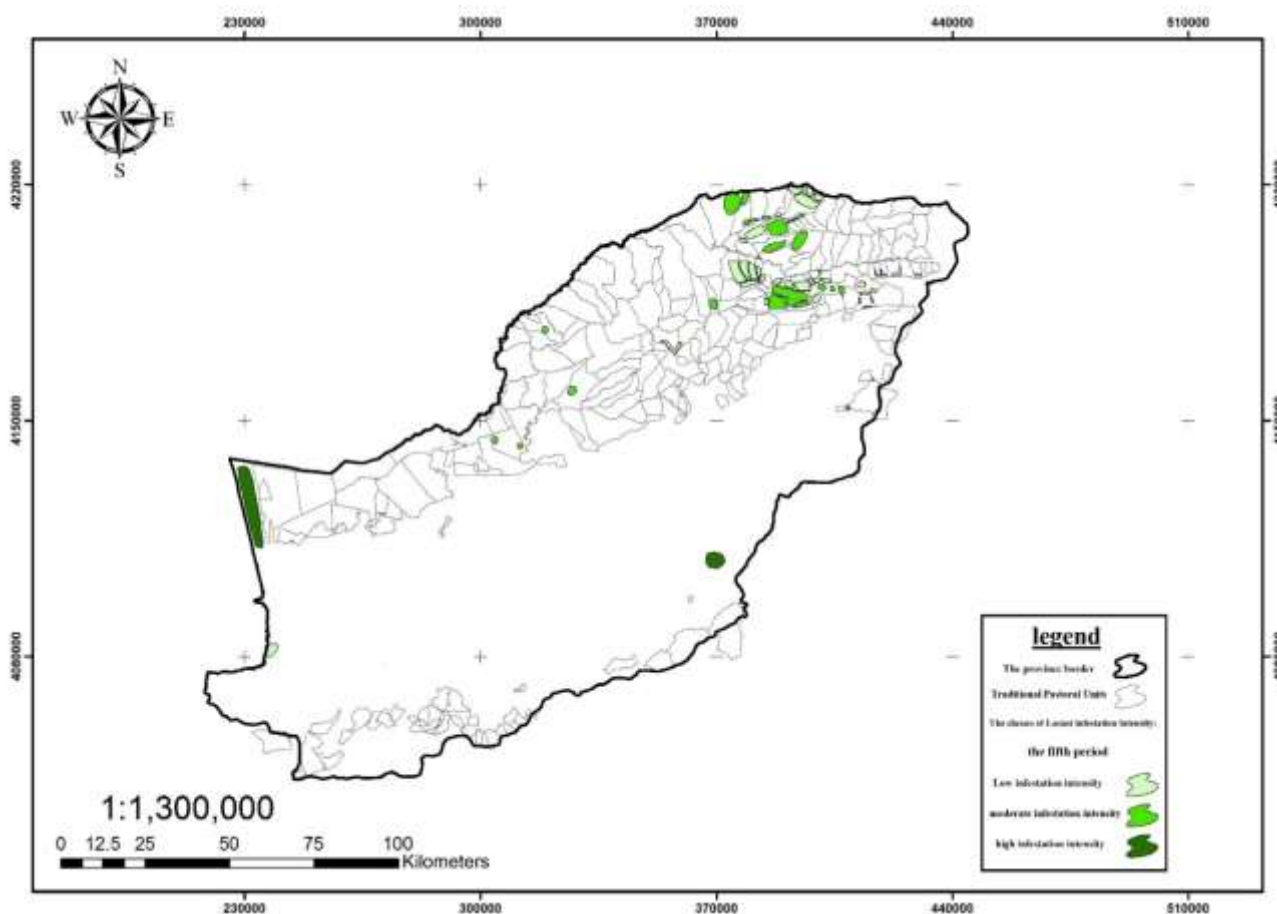
شکل ۵- نقشه شدت آلودگی ملخ مراکشی در شمال استان گلستان در دوره سوم آلودگی (سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۷) براساس دوره‌های طیف‌نگاری

Figure 5. Mapping of the Moroccan locust infestation in the third period of the invasion (Years: 2016-2018) in northern rangelands of Golestan province



شکل ۶ - نقشه شدت آلودگی ملخ مراکشی در شمال استان گلستان در دوره چهارم آلودگی (سالهای ۱۳۹۸-۱۳۹۹) براساس دوره‌های طیف‌نگاری

Figure 6. Mapping of the Moroccan locust infestation in the fourth period of the invasion (Years: 2019-2020) in northern rangelands of Golestan province



شکل ۷- نقشه شدت آلودگی ملخ مراکشی در شمال استان گلستان در دوره پنجم آلودگی (سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰) براساس دوره‌های طیف‌نگاری

Figure 7. Mapping of the Moroccan locust infestation in the fifth period of the invasion (Years: 2021-2022) in northern rangelands of Golestan province

بحث و نتیجه‌گیری

به‌دلیل نبود یک طبقه‌بندی کمی روشن از شدت آلودگی ملخ‌ها در منابع علمی، در این پژوهش، طبقه‌بندی براساس معیارهای کارشناسان مبارزه با ملخ (برای انتخاب مناطق به‌منظور سم‌پاشی) مورد استفاده قرار گرفت. براین‌اساس، تراکم ملخ مراکشی به سه سطح تراکم کم (کمتر از ۱۰ عدد ملخ در مترمربع)، تراکم متوسط (۱۰-۳۰ عدد ملخ در مترمربع) و تراکم زیاد (بیشتر از ۳۰ عدد ملخ در مترمربع) تقسیم شد (Royan *et al.*, 2023a). به‌طورکلی، در منابع علمی، طبقه‌بندی‌های متفاوتی برای مبارزه با ملخ انجام شده

است. به‌عنوان‌مثال، USDA-APHIS (۱۹۸۷) برای تعیین سطح تراکم ملخ برای مبارزه با آن، سه محدوده تراکم کم: ۴-۸ عدد ملخ در مترمربع، تراکم زیاد: بیشتر از ۱۰ عدد ملخ در مترمربع و تراکم خیلی زیاد: بیش از ۳۰ عدد ملخ در مترمربع را معرفی کرد. در ایالت وایومینگ آمریکا، تراکم‌های معیار برای مبارزه با ملخ، به‌صورت تراکم کم (کمتر از ۳ عدد ملخ در مترمربع) و تراکم طغیانی (۱۵-۱۰ عدد ملخ در مترمربع) تعریف شد (Shell & Lockwood, 1997). در ایران، تراکم آستانه برای مبارزه با ملخ، بیشتر از ۱۰ عدد ملخ در مترمربع گزارش شده است. براساس

نارلی داغ، هوتن، آخوندآباد، آی تمر در حوزه شهرستان گنبد و مراتع مناطق قره چاردک، هفت چال، تفر شرقی، سوزش (به ویژه منطقه کینگ جای)، اسماعیلک، تپه جیک، خوجه گلدی و بهارمیدان در حوزه شهرستان مراوه تپه و شهر (تازه تأسیس) گُرد (که در آن زمان جزو حوزه استحفاظی شهرستان گنبدکاووس بوده است) از شدت آلودگی زیاد و بقیه مناطق از شدت آلودگی کم تا متوسط برخوردار بوده است. البته، عدم آلودگی ملخ در این دوره در بعضی مناطق که با تن سفید دیده می شود، به معنی نبود ملخ مراکشی در این مناطق نبوده بلکه دلیل آن، نبود اطلاعات کافی در مناطق یادشده می باشد. آنچه مسلم است در دوره اول شدت آلودگی، مناطق کوهستانی و تپه ماهوری شمال شرق و شرق استان گلستان (در شهرستان مراوه تپه) و مناطق نیمه خشک و هموار (دشت) غرب استان (در شهرستان های گنبدکاووس و آق قلا) به ملخ مراکشی آلوده نبوده است. در دوره دوم شدت آلودگی (شامل سال های ۱۳۹۴-۱۳۹۲)، بیشتر مناطق شمال استان، به ملخ مراکشی آلوده شده اند. در این دوره، بیشتر مناطق از شرق تا غرب، به تراکم زیاد تا متوسط ملخ مراکشی آلوده بودند و روستاهای بیشتری از شهرستان های گنبدکاووس و مراوه تپه (تا روستای کوهستانی قازانقاپه)، بخش هایی از کلاله و مراتع قره قر بزرگ در شهرستان آق قلا (که نزدیک ترین مراتع به مراتع شهرستان گنبد هستند) را هم آلوده کرد و در شمال استان، تقریباً فقط در مناطقی که دارای درجاتی از شوری و به تبع آن، کمبود پوشش گیاهی مناسب بودند مانند مراتع شور غرب گنبد کاووس (ارگ تپه، دانشمند، دوزولوم) و جنوب کلاله، حضور ملخ ها با تراکم کم یا صفر گزارش شده است. از دوره دوم تا پنجم، مناطق دارای تن سفید در این طیف نگار، بدون آلودگی به ملخ بوده اند. در دوره سوم شدت آلودگی (سال های ۱۳۹۷-۱۳۹۵)، بیشتر مناطقی که طی دوره گذشته تراکم زیادی از ملخ مراکشی را داشته اند، تراکم متوسط تا کم ملخ را از خود نشان دادند، اما همان طور که در طیف نگار ملاحظه می شود مناطق غربی استان که تازه در دوره قبل، به ملخ مراکشی آلوده شده بودند، همچنان دارای تراکم های بیشتری نسبت به

گزارش های ارائه شده توسط کارشناسان ستاد مبارزه با ملخ استان گلستان، در بعضی از مناطق آلوده به ملخ در شهرستان مراوه تپه، تراکم ملخ در سال ۱۳۹۴، ۱۳ کیسول در مترمربع، در سال ۱۳۹۶، کمتر از یک کیسول در مترمربع، در سال ۱۳۹۷، کمتر از ۲ کیسول در مترمربع و در سال ۱۳۹۸، ۱۰ تا ۲۳ کیسول در مترمربع برآورد شده است که با در نظر گرفتن تعداد ۲۰ عدد ملخ (به طور میانگین) در هر کیسول، سال ۱۳۹۶ را می توان به عنوان سالی با تراکم کم ملخ، سال ۱۳۹۷ به عنوان سالی با تراکم متوسط ملخ و سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ را به عنوان سال هایی با تراکم زیاد ملخ در نظر گرفت (Royan, 2023). درک افراد مصاحبه شونده از مفهوم تراکم (به صورت تراکم های کم، متوسط و زیاد) که همگی جزو افراد فعال در امر مبارزه با ملخ مراکشی بوده اند نیز، با همین مفاهیم انطباق داشت.

به کمک طیف نگاری که برای اولین بار در این پژوهش ابداع و معرفی شد (شکل ۲)، تغییرات تدریجی شدت آلودگی (تراکم های متفاوت ملخ مراکشی) در دوره های زمانی مختلف هجوم ملخ و نیز تغییرات محدوده گسترش آلودگی و طغیان ملخ در مناطق مختلف استان از غرب به شرق، به طور همزمان بررسی شد. بر روی این طیف نگار، ۱۶۰ منطقه آلوده به ملخ مراکشی از غرب به شرق استان قرار گرفتند. بنابراین، تن رنگ در هر منطقه و در هر دوره، همزمان اطلاعات سطح تراکم ملخ و سال های وقوع، یا همان شدت آلودگی ملخ در آن دوره در منطقه را نشان می دهد. به عنوان مثال، تعدادی از مناطق در شهرستان مراوه تپه، در دوره اول، دارای شدت آلودگی متوسط، در دوره دوم دارای شدت آلودگی زیاد، در دوره سوم، دارای شدت آلودگی متوسط، در دوره چهارم دارای شدت آلودگی زیاد و در دوره پنجم، دارای شدت آلودگی کم بوده اند.

طبق این طیف نگار و نقشه های حاصل از آن (نقشه های ۳ تا ۷)، دوره اول شدت آلودگی ملخ، طی سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ از نظر افراد بومی دوره ای با شدت متوسط تا زیاد (در مناطقی که ملخ وجود داشته است) گزارش شده است. در این دوره، مراتع مناطق آق بند، اوج قویی، کلیجه، چات،

استفاده از روش ابداعی طیف‌نگار در این پژوهش توانست تغییرات تدریجی شدت طغیان ملخ مراکشی را طی ۵ دوره زمانی ایجادشده توسط این طیف‌نگار مستند کند. در این طیف‌نگار، همزمان تغییرات شدت آلودگی ملخ در دوره‌های زمانی مختلف و تغییرات دامنه گسترش آلودگی در مناطق مختلف استان از غرب به شرق، دیده می‌شود. اطلاعات و نقشه‌های پیش‌رو، تدوین مطالعات پیشین است و این مطالعه می‌تواند مبنای تصحیح و تدقیق داده‌های بعدی باشد. تحلیل این گراف می‌تواند به محققان و مدیران مبارزه با ملخ کمک کند تا علل تغییرات شدت آلودگی و طغیان این آفت در زمان‌ها و مکان‌های مختلف را بررسی کنند و نتایج حاصل از آن را در مدیریت مبارزه با آن مورد استفاده قرار دهند.

سیاسگزاری

از جناب آقای مهندس محمد دایان ایمرعلی (کارمند جهاد کشاورزی شهرستان مراوه‌تپه و مسئول اکیپ مبارزه با ملخ مراکشی) به‌علت راهنمایی‌های ارزنده‌ای که در طول انجام این تحقیق داشتند، قدردانی می‌گردد. همچنین، از معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به‌دلیل تأمین هزینه‌های انجام این پژوهش، سیاسگزاری به‌عمل می‌آید.

منابع مورداستفاده

- Abashidz, E., 2001. The impact of developing virgin lands and irrigation on quantitative and qualitative changing of acridid fauna. Proceedings of the 8th International Conference on Orthopteroid Insects, France, 100p.
- Abdalla Mohamed Elballa, T., Mohamed Abdalla, A., Imam Elkhidir, E. and Rahama Mohamed, O., 2019. Indigenous Knowledge on Parent Adult Tree Locust, *Anacridium melanorhodon melanorhodon* (Orthoptera: Acrididae) at Ennohoud Locality, West Kordofan State, Sudan. *Journal of Ecology & Natural Resources*, 3(4): 000176.
- Anonymous, 2020. Digital maps prepared or provided by the GIS unit of the General Department of Natural Resources and Watershed of Golestan province (In Persian).

مناطق مرکزی و شرقی استان بودند. طی دوره چهارم شدت آلودگی ملخ (سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸)، مناطقی که از دوره اول تا سوم دارای تراکم‌های مختلفی از ملخ بوده‌اند، در این دوره نیز با تراکم‌های بیشتر و با تن رنگ تیره‌تر، ظاهر شدند و همچنان دامنه فعالیت ملخ مراکشی از مرکز تا غرب به‌صورت تراکم زیاد تا متوسط ادامه داشت. اما در دوره پنجم شدت آلودگی (سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰)، به غیر از مناطق جدید آلوده شده به ملخ مراکشی مانند مراتع روستای ده‌چناشک، محدوده مراتع قره‌سو و تالاب خشک‌شده گمیشان که دارای تراکم متوسط تا زیاد ملخ بودند، بقیه مناطق با تن رنگ روشن‌تر، تراکم کم تا متوسط، یا بدون ملخ را در این دوره تجربه کردند. براساس نتایج به‌دست‌آمده و نقشه‌های ترسیم‌شده در این پژوهش، مناطق متعددی در شمال استان گلستان طی آخرین دوره آلودگی (۱۴۰۱-۱۴۰۰) به ملخ مراکشی آلوده شدند که از مهمترین آنها می‌توان به مراتع روستاهای آراقویی و چیرقویمه (با نام ۱۹ هزار هکتاری)، زمین‌های بنیاد در محدوده روستای خیرخوجه سفلی و دره ملاموسی از توابع شهرستان گنبدکاووس، مراتع شمال‌شرق شهر کرد و مناطق گسترده‌ای از مراتع شهرستان‌های مراوه‌تپه، کلالة، مینودشت، شهرستان گمیشان (محدوده تالاب خشک‌شده از ایستگاه صیادی تا پاسگاه مختومقلی) و شهرستان بندرترکمن (مراتع بین روستاهای قره‌سو، یموت و نیازآباد) اشاره کرد. اگرچه دلایل واقعی گسترش محدوده انتشار ملخ مراکشی در استان گلستان هنوز شناخته نشده‌اند، اما با توجه به اهمیت عواملی مانند رطوبت خاک، بافت خاک، نوع گیاه، میزان بارندگی و رطوبت نسبی هوا در تعیین تراکم و شدت آلودگی ملخ مراکشی (Royan *et al.*, 2023b)، همچنین وجود ارتباط بین برخی ویژگی‌های گیاهی و تراکم این ملخ در مراتع و اهمیت زیستگاه برای زندگی و پراکنش آن (Royan *et al.*, 2023a)، احتمالاً سال‌های پربارش در بهار که موجب افزایش رطوبت خاک و به‌تبع آن، ایجاد زیستگاه مناسب برای ملخ مراکشی می‌شود، می‌تواند به افزایش تراکم و شدت آلودگی این ملخ کمک کرده باشد.

- Natural Resources, 7(1): 73-87 (In Persian).
- Hlongwane, Z.T., Slotow, R. and Munyai, Th.C., 2021. Indigenous Knowledge about Consumption of Edible Insects in South Africa. *Insects*, 12(1): 22.
 - Iranipour, Sh., Aalipour, M., Kazemi, M.H. and Nouri Ganbalani, G., 2017. Spatial distribution of Italian locust, *Calliptamus italicus* (Orthoptera: Acrididae) in Khodafarin region, northwest of Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science*. 48(1): 29-42 (In Persian).
 - Kambulin, V.E., 2018. Locust methods of assessing harm, forecasting the number and technologies for identifying populated areas. PHD thesis, Zhyembayev's Institute of Plant Protection and Quarantine, Almaty.
 - Kemp, W.P. and Dennis, B., 1993. Density dependence in rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia*, 96: 1-8.
 - Klein, I., Woude, S.V., Schwarzenbacher, F., Muratova, N., Slagter, B., Malakhov, D., Opetl, N. and Kuenzer, C., 2022. Predicting suitable breeding areas for different locust species – A multi-scale approach accounting for environmental conditions and current land cover situation. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 107: 102672.
 - Latchininsky, A.V., 1998. Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815): a faunistic rarity or an important economic pest? *J. Insect Conserv*, 167-178.
 - Latchininsky, A.V. and Sivanpillai, R., 2010. Locust habitat monitoring and risk assessment using remote sensing and GIS technologies: 163-188. In: Ciancio, A. and Mukerji, K.G. (Eds.), *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. Springer Netherlands, Dordrecht.
 - Le Gall, M., Overson, R. and Cease, A.J., 2019. A global review on locusts (Orthoptera: Acrididae) and their interactions with livestock grazing practices. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7 (Article 263): 1-24.
 - Loamarie, M., 2009. Influence of the drought on the food behavior of the Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus*. 10th International Conferences on Orthopteroids Insect, Antalya-Turkey, 164p.
 - Meynard, C.N., Lecoq, M., Chapuis, M. P. and Piou, C., 2020. On the relative role of climate change and management in the current desert locust outbreak in East Africa. *Global Change Biology*, 26 (7): 3753-3755.
 - Misof, B., Liu, S., Meusemann, K., Peters, R.S., Donath, A., Mayer, C., Frandsen, P.B., Ware, J., Flouri, T., Beutel, R.G., et al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science*, 346: 763-767.
 - O'Neil, M.K., Woods, S., Street, D. and O'Neil, R.P., 1993. Aggressive interactions and feeding success of
 - Baldacchino, F., Sciarretta, A. and Addante, R., 2012. Evaluating the spatial distribution of *Dociostaurus maroccanus* egg pods using different sampling designs. *Bulletin of Insectology*, 65: 223-231.
 - Benfekih, L., Chara, B. and Doumandji-Mitiche, B., 2001. On the Importance of the swarming risks of *Dociostaurus maroccanus* and *Locusta migratoria* in relation with the Anthropized Environments in the Algerian semi- arid and Sahara. *Proceedings of the 8th International Conference on Orthopteroid Insects*, France, 100p.
 - Browde, J.A., Pedigo, L.P., Degooyer, T.A., Highley, L.G., Wintersteen, W.K. and Zeiss, M.R., 1992. Comparison of sampling techniques for grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in soybean. *Journal of Economic Entomology* 85(6): 2270-2274.
 - Cigliano, M.M., Braun, H., Eades, D.C. and Otte, D., 2021. Orthoptera Species File. Available from: <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>.
 - Craig, D., Bock, C.E. and Bennet, B.C., 1995. Habitat relationships among grasshoppers at the western limit of the great plains in Colorado. *American Midland Naturalist*, 142: 314-327.
 - Crespo, P.H., Lipa, j. and Alvarez, C.S., 2001. Prevalence of a *Nosema* sp. (Microsporida: Nosematidae) in Natural Populations of *Chorthippus brunneus* (Orthoptera: Gomphocerinae) in Southern Spain. *Biocontrol Science and Technology*. 7p.
 - Divya, B., Sapna Meetrani, U. and Balakrishnan, R., 2001. The short-term effect of fire on grasshopper species abundance and diversity. *Proceedings of the 8th International Conference on Orthopteroid Insects*, France, 100p.
 - Dusouler, F. and Gueguan, A., 2001. Distribution patterns of Orthoptera in relation to climatic factors in Brittany. *Proceedings of the 8th International Conference on Orthopteroid Insects*, France, 100p.
 - FAO., 2003. FAO starts in time the 2003 locust campaign in Afghanistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ReliefWeb, USA, Switzerland, Japan. <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/AllDocsByUNID/d2c5c724a35d7f8749256cf60021d6cc>.
 - Guennouni, B., Bouaichi, A. and Mazih, A., 2009. Predation and parasitism an evaluation of their impact on Acridoidea population dynamics in high Atlas Mountain, Morocco. 10th International Conference on Orthopteroids Insect, Antalya-Turkey, 164p.
 - Haddad, N.M., Crutsinger, G.M., Gross, K., Haarstad, J., Knops, J.M.H. and Tilman, D., 2009. Plant species loss decreases arthropod diversity and shifts trophic structure, *Ecology Letters*, 12(10): 1029-1039.
 - Hashemi Dareh Badami, S., Jomezade, B., Darvishi Bolourani, A. and Khakian, A.H., 2016. Modeling desert locust habitat using biophysical indices derived from LandSat 8. Images. *RS & GIS Techniques for*

- Overseas Development. Natural Resource Institute, London. 180p.
- Sun, R., Huang, W., Dong, Y., Zhao, L., Zhang, B., Ma, H., Geng, Y., Ruan, Ch., Xing, N., Chen, X. and Li, X., 2022. Dynamic Forecast of Desert Locust Presence Using Machine Learning with a Multivariate Time Lag Sliding Window Technique. *Remote Sensing*, 14: 747: 1-21.
 - Tanaka, S., Zhu and DH. 2005. Outbreaks of the migratory locust *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) and control in China. *Applied Entomology and Zoology*, 40: 257-263.
 - Toleubayev, K., Jansen, K. and van Huis, A., 2007. Locust Control in Transition: The Loss and Reinvention of Collective Action in Post-Soviet Kazakhstan. *Ecology and Society*, 12: art38.
 - Tufliiev, N. and Akhmedjanov, S., 2021. Determination of harmful locusts and their distribution in trans-border territories of Uzbekistan using geographic information System. UESF-2021. E3S Web of Conferences 258, Article Number: 04042. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20212580404213>
 - USDA-APHIS., 1987. Rangeland grasshopper cooperative management program: Final environmental impact statement. 1987. FEIS 87-1. USDA-APHIS-PPQ, Hyattsville, MD.
 - Uvarov, B.P., 1957. The aridity factor in the ecology of locusts and grasshoppers of the Old World: 164-198. In: *Arid Zone Research* (Eds). Human and Animal Ecology, Reviews of research, Paris, 308p.
 - Zhang, L., Lecoq, M., Latchininsky, A. and Hunter, D., 2019. Locust and Grasshopper Management. *Annual Review of Entomology*, 64(1): 15-34. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-112500>
 - scavenging grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Entomology*, 22: 751-758.
 - Reuters, 2019. Sardinia hit by worst locust invasion for 70 years. <https://www.reuters.com/article/us-italy-locusts-iduskcnitciby>.
 - Royan, M., 2023. Mapping Moroccan locust (*Dociostaurus maroccanus*) invasion risk in northern rangelands of Golestan province. The thesis of Rangeland Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 157p (In Persian).
 - Royan, M., Sepehry, A., Barani, H. and Afshari, A., 2023a. Relationship between Moroccan Locust (*Dociostaurus maroccanus*) Population Densities and Rangeland Plant Properties in Qaraqar-Bozorg Rangelands of Golestan Province: A Case Study. *Journal of plant Ecosystem Conservation*, 10(21): 93-105 (In Persian).
 - Royan, M., Sepehry, A., Barani, H. and Afshari, A., 2023b. The role of environmental factors on the Moroccan locust (*Dociostaurus maroccanus*) infestation intensity based on indigenous experts' knowledge in the northern rangelands of Golestan province. *Journal of plant Ecosystem Conservation*, 11(22): 219-237 (In Persian).
 - Schell, S.P. and Lockwood, J.A., 1997. Spatial Characteristics of Rangeland Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) Population Dynamics in Wyoming: Implications for Pest Management. *Environmental Entomology*, 26(5): 1056-1065.
 - Song, H., 2018. Biodiversity of Orthoptera: 245-279. In: Foottit, R.G. and Adler, P.H. (Eds.). *Insect Biodiversity: Science and Society*. John Wiley and Sons Ltd., Department of Entomology, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
 - Steedman, A., 1988. *Locust handbook* 2nd ed.