Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 21, No. 2, Summer 2023, p. 189-202

Agro-ecological Zoning of Iran for Plant Production

E. Paravar[1], A. Soltani[2*], E. Zeinali[3], H. Kazemi[3], A. Dadrasi[4]

Received: 28-08-2022 Revised: 26-10-2022 Accepted: 21-12-2022	**How to cite this article:** Paravar, E., Soltani, A., Zeinali, E., Kazemi, H., & Dadrasi, A. (2023). Agro-ecological Zoning of Iran for Plant Production. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *21*(2), 189-202. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.78336.1195

Introduction

For optimal production and maintaining its stability, environmental and weather conditions must be determined from the perspective of capabilities and limitations. For this purpose, it requires reliable regional data such as planting date, ripening time, plant density, soil, and meteorological information, which are generally not available for most regions. Obtaining this information is very time-consuming and expensive in many areas and is often simply not possible. Therefore, zoning can facilitate access to this information on a large scale. In other words, if the regions that are similar in terms of climate, soil, and management conditions are identified, the time and cost needed to collect information on a wide scale will be minimal.

Materials and Methods

The present study was conducted for the agro-ecological zoning of the country. In this research, the existing climatic zones of the country were analyzed based on GYGA, and the existing soil zones of the country were analyzed based on the HC27 method.

Results and Discussion

The combination of climatic zones and soil, 198 polygons or agro-ecological zones were obtained for all agricultural lands of the country. The zones in which more than 1% of the country's agricultural lands are located include 28 zones, and in total, about 80% of the agricultural lands are located in these zones. The highest frequency percentage is related to agro-ecological zone 4103-5 with a frequency of 85.11%. Also, the frequency of agro-ecological codes (climate code 5003 with soil code 5) 5003-5 (28.7%) and (climate code 4003 with soil code 5) 5-4003 (93.4%) were placed next. Zoning can facilitate the selection of points for plant studies and other planning.

Conclusion

Each of these areas has a different climate and soil code, which indicates the specific production conditions of that area. From these agro-ecological zones, to improve studies and make agricultural management decisions, it is possible to prepare and complete the climate and soil information bank in each zone for use in simulation models of plant production, to facilitate the collection of information (such as management information, cultivar information plant) and the implementation of plant production simulation model to be used in studies related to the food security of the country. The current research was conducted to determine the main agro-ecological areas of agricultural production in the country so that simulation studies and other studies can be carried out in the main production location in each province. Therefore, it is necessary to know where the main production centers of each province were, what kind of climate and soil it has, and which meteorological station is the indicator of that region. In this research, the climate zones of irrigated, rainfed, garden, and pasture lands of the country were

1- PhD Student of Agroecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2- Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- PhD graduate of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: afshin.soltani@gmail.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.78336.1195

determined by using the Giga climate map. Based on this, more than 50% of water lands are located in climates 5003, 4003, 5002, 8003, and 6003, respectively. Also, the rainy lands are located in 4103, 4003, and 3103 climates respectively. Also, by using the HC27 soil map, the soil areas in the irrigated, rainfed, garden, and pasture lands of the country were determined. Therefore, more than 50% of water lands in soil codes 5 and 17; Rainy lands in Kodkhak 5 and 12; Garden lands were located in soil codes 5 and 12 and pastures were located in soil codes 5 and 17. By combining climatic zones and soil zones, agricultural-ecological zoning of the country was done, and finally, 198 zones were obtained. The zones in which more than 1% of the country's agricultural lands are located include 28 zones, in total, about 80% of the agricultural lands are located in these zones (Figure 7). The highest frequency percentage (11.85%) was related to the area with agroe-cological code 4103-5, which covered 1789965.8 hectares of agricultural land. Also, after that, the agro-ecological code 5003-5 has the highest frequency (7.28 percent), which covers 1100599.25 hectares of agricultural land in the country. In this research, after the agro-ecological zoning of the country's agricultural lands, several 198 zones were obtained, and after calculating the area covered by each zone, finally, 28 agro-ecological zones have an abundance percentage of more than 1%, and together they are about 80% (11813518.66 hectares). They cover the country's agricultural lands. These climate zones obtained can be used for food security studies and calculating and determining the production capacity of each region. On the other hand, considering that in agricultural studies, extensive and comprehensive information about climate and soil is needed for each region and access to this information is usually expensive and time-consuming, the use of agro-ecological zones resulting from this research can be necessary.

Keywords: Climate, Cultivated area, Distribution map, Production center, Soil map

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۲۰۲-۱۸۹

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک کشور ایران برای تولید گیاهی

عفت پراور[۱]، افشین سلطانی[۲*]، ابراهیم زینلی[۳]، حسین کاظمی[۳]، امیر دادرسی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰

چکیده

برای تولید مطلوب و حفظ پایداری آن، شرایط محیطی و آب و هوایی از بعد قابلیت‌ها و محدودیت‌ها باید مشخص شوند. به جهت این امر نیازمند داده‌های قابل‌اعتماد منطقه‌ای ازقبیل تاریخ کاشت، زمان رسیدگی رقم، تراکم بوته، اطلاعات خاک و هواشناسی است که به‌طورکلی همه‌ی این داده‌ها برای اکثر مناطق قابل‌دسترس نمی‌باشد. به‌دست آوردن این اطلاعات در بسیاری از مناطق بسیار زمان‌بر و پرهزینه بوده و اغلب به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین پهنه‌بندی می‌تواند دسترسی به این اطلاعات در سطح وسیع را تسهیل کند. به‌عبارتی، در صورتی‌که مناطقی که از نظر شرایط اقلیمی، خاک و مدیریتی مشابه هستند، شناسایی شوند، زمان و هزینه مورد نیاز برای جمع‌آوری اطلاعات در سطح وسیع به حداقل مقدار خواهد رسید. مطالعه‌ی حاضر به‌منظور پهنه‌بندی اگرواکولوژیک کشور انجام شد. دراین تحقیق ابتدا پهنه‌های اقلیمی موجود کشور براساس پروتکل GYGA و پهنه‌های خاک موجود کشور براساس روش HC27 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ترکیب پهنه‌های اقلیمی و خاک، ۱۹۸ پلی‌گون یا پهنه اگرواکولوژیک برای کل اراضی کشاورزی کشور به‌دست آمد. پهنه‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی کشاورزی کشور در آن قرار دارند شامل ۲۸ پهنه می‌باشدکه در مجموع حدود ۸۰ درصد اراضی کشاورزی در این پهنه‌ها قرار دارد. بیشترین درصد فراوانی نیز مربوط به پهنه‌ی اگرواکولوژیک ۵-۴۱۰۳ با فراوانی ۱۱/۸۵ درصد می‌باشد. همچنین درصد فراوانی کدهای اگرواکولوژیک (کد اقلیمی ۵۰۰۳ به همراه کد خاک ۵) ۵-۵۰۰۳ (۷/۲۸ درصد) و (کد اقلیمی ۴۰۰۳ به همراه کد خاک ۵) ۵-۴۰۰۳ (۴/۹۳ درصد) بعد از آن قرار گرفت. پهنه‌بندی صورت گرفته می‌تواند انتخاب نقاط برای مطالعات گیاهی و سایر برنامه‌ریزی‌ها را تسهیل کند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، سطح زیرکشت اراضی، مرکز تولید، نقشه پراکنش، نقشه خاک

مقدمه

منطقه‌ای از زمین که اثرات عوامل اقلیمی بر آن موجب برقراری شرایط اقلیمی نسبتاً همگنی شده باشد را اصطلاحاً یک پهنه اقلیمی نامند. اثرات متقابل درازمدت عوامل اقلیمی و خاکی، شرایط زیستی ثابت و مشخصی را به‌وجود می‌آورد و در هر اقلیم گیاهان معینی با سازگاری خاص مشاهده می‌شود که دارای خصوصیات رشدی و نموی مشابه و مشخص بوده و حدود تحمل به عوامل محیطی خاص خود را دارند (Khajehpour, 2006). به این ترتیب، تصمیم‌گیری‌های زراعی و مدیریت تولید گیاهان زراعی، باید براساس شناخت اقلیمی که تولید در آن صورت می‌پذیرد استوار باشد. بدون شناخت محیط، تصمیم‌گیری زراعی صحیح و دقیق میسر نیست.

برای تولید مطلوب و حفظ پایداری آن، شرایط محیطی و آب و هوایی از بعد قابلیت‌ها و محدودیت‌ها باید مشخص شوند. پس از آن با توجه به شباهت‌های موجود، مناطق همسان در یک گروه قرار می‌گیرند و نوعی طبقه‌بندی یا پهنه‌بندی اقلیمی انجام می‌شود. چنانچه پهنه‌بندی هم بر مبنای شاخصه‌های اقلیمی و هم خاکی باشد، پهنه‌بندی مذکور را زراعی- بوم‌شناختی یا زراعی– اکولوژیک می‌نامند که به‌منظور شناسایی پتانسیل‌ها و محدودیت‌های منابع زمینی در جهت بهبود تولیدات کشاورزی می‌باشد (Williams *et al.*, 2008).

به‌طورکلی، مزایای پهنه‌بندی را می‌توان به شرح زیر بیان

۱- دانشجوی دکتری زراعت (گرایش اگرواکولوژی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: afshin.soltani@gmail.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.78336.1195

کرد (Soltani, & Sinclair, 2012; Williams *et al.*, 2008; Geerts, Raes, Garcia, Del Castillo, & Buytaert, 2006; Seppelt, 2000): (۱) شناسایی نواحی مشابه یا متفاوت برای مقاصد مختلف، (۲) شناسایی اولویت‌های محیطی در هر منطقه، (۳) جهت‌دار شدن تحقیقات، (۴) تعیین زمان وقوع و طول دوره بروز تنش بر روی گیاهان، (۵) تسهیل انتقال تکنولوژی یا یافته‌های تحقیقاتی. پهنه‌بندی زراعی بوم‌شناختی در دهه ۷۰ میلادی برای اولین بار توسط سازمان خوار و بار جهانی (فائو) برای ارزیابی زمین‌ها و تعیین پتانسیل تولید محصولات کشاورزی در مقیاس منطقه‌ای و ملی پیشنهاد شد (FAO, 1978). روش مورد استفاده کاملاً جدید و بر اساس کمی کردن اطلاعات اقلیمی، خاک و سایر عوامل فیزیکی بود. در ادامه، این روش توسط فائو و نیز سایر محققین تکامل یافت (Fisher, Francis, & Johnson, 2000) و در حال حاضر از جمله رایج‌ترین راهکارهای تعیین ویژگی‌های زراعی- بوم‌شناختی در مناطق وسیع جغرافیایی برای تولید محصولات زراعی است.

روش‌های مختلفی برای پهنه‌بندی اقلیمی وجود دارد برخی از پرکاربردترین روش‌های پهنه‌بندی زراعی-اقلیمی جهانی شامل پهنه‌بندی اقلیمی FAO، CGIAR-TAC، Prentice، Pappadakis، Köppen-Geiger، Holdridge، GAEZ-LGP، HCAEZ، SAGE، GLI و Gens می‌باشند (Koo & Dimes, 2013). به‌جز موارد ذکرشده اخیرا روش جدیدی توسط GYGA برای پهنه‌بندی اقلیمی با عنوان دامنه برون‌یابی اطلس جهانی خلأ عملکرد ارائه شده است که در واقع این روش، ترکیب ساده‌شده‌ای از روش‌های پهنه‌بندی می‌باشد. برخلاف روش‌های SAGE و GLI که برای محاسبه واحد دمایی از دمای پایه هر گیاه زراعی استفاده می‌کنند، در GYGA-ED تنها از یک دمای پایه (صفر درجه سانتی‌گراد) استفاده می‌شود. بنابراین، در این حالت یک مجموعه واحد از مناطق اقلیمی برای تمام گیاهان زراعی تهیه می‌شود که استفاده از آن را ساده‌تر می‌کند. هر دو روش GYGA-ED و GEnS مخصوص گیاه خاصی نبوده و همچنین همگنی در هر طبقه اقلیمی زیاد می‌باشد (Koo & Dimes, 2013). همچنین در روش GYGA-ED از شاخص خشکی استفاده می‌شود که مستقیماً از متغیرهای پایگاه اطلاعات هواشناسی به‌دست می‌آید. این روش دارای ۲۶۵ پهنه اقلیمی می‌باشد. تعداد بیشتر پهنه‌های اقلیمی و در نتیجه کوچک‌تر بودن آن‌ها در روش GYGA-ED باعث افزایش دقت پهنه‌بندی می‌شود. از جمله مطالعاتی که در ایران از پهنه‌بندی GYGA استفاده شده است می‌توان به بررسی عملکرد و پتانسیل و خلا تولید سیب‌زمینی (Dadrasi, Torabi, Rahimi, Soltani, & Zeinali, 2022)، سویا (Nehbandani, Soltani, Rahemi-Karizaki, Dadrasi, & Noubakhsh, 2021) اشاره نمود.

لزوم مطالعه مقدار تولید و ظرفیت هر کدام از مناطق کشور برای تولید محصولات کشاورزی با توجه به شرایط اقلیمی، شرایط مدیریتی تولید، زمین قابل‌دسترس، آب قابل‌دسترس و غیره و برنامه‌ریزی دقیق کاملا محسوس می‌باشد. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی می‌توانند در جهت تسریع روند مطالعات امنیت غذایی در کشور، کاهش هزینه‌های اجرای طرح و همچنین افزایش دقت انجام کار، به مجریان این طرح کمک شایانی کنند.

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی تولید گیاهان با هر هدفی، نیازمند داده‌های قابل‌اعتماد منطقه‌ای ازقبیل تاریخ کاشت، زمان رسیدگی رقم، تراکم بوته، اطلاعات خاک و هواشناسی می‌باشد که به‌طورکلی همه‌ی این داده‌ها برای اکثر مناطق قابل‌دسترس نمی‌باشد (Ramirez-Villegas, Challinor, 2012). پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی، می‌تواند دسترسی به این اطلاعات در سطح وسیع را تسهیل کند.

تحقیقات انجام شده در ایران در ارتباط با پهنه‌بندی و پتانسیل‌یابی محصولات زراعی به‌طور عمده بر مبنای پهنه‌بندی اقلیمی صورت گرفته است و مطالعات بسیار محدودی برای مناطق کوچک در ارتباط با پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی انجام شده است. این در حالی است که خصوصیات خاک نیز همانند اقلیم یک منطقه و همچنین اثر متقابل این دو، می‌توانند نقش زیادی بر تولید محصولات کشاورزی داشته باشند. بنابراین مطالعه حاضر با هدف پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی کشور، تعیین درصد فراوانی اراضی زراعی آبی، دیم، باغی و مراتع موجود در هر پهنه زراعی- بوم‌شناختی، تهیه و تکمیل بانک اطلاعات اقلیمی و خاک در هر پهنه برای استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی تولید گیاهان و تعیین مراکز مهم تولید محصولات کشاورزی (محصولات زراعی به تفکیک دیم و آبی و محصولات باغی) و مراتع در جهت تسهیل جمع‌آوری اطلاعات (از قبیل اطلاعات مدیریتی، اطلاعات ارقام گیاهی و غیره) و اجرای مدل‌های شبیه‌سازی تولید گیاهی در کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به‌منظور پهنه‌بندی اگرواکولوژیک اراضی کشاورزی کشور ابتدا پهنه‌های اقلیمی و خاک موجود کشور تجزیه و تحلیل شد و درصد فراوانی هرکدام از پهنه‌ها مشخص گردید. همچنین نقشه پراکنش پهنه‌های اقلیمی و خاک تهیه شد. سپس با ترکیب پهنه‌های اقلیمی و پهنه‌های خاک، پهنه‌های اگرواکولوژیک اراضی کشاورزی کشور به‌دست آمد. سپس نتایج به‌دست‌آمده از پهنه‌های اگرواکولوژیک تجزیه و تحلیل شد و درصد فراوانی هرکدام از پهنه‌های اگرواکوژیک محاسبه و نقشه پراکنش پهنه‌های اگرواکولوژیک رسم شد. در ادامه توضیح بیشتر به تفکیک ارائه شده است.

پهنه‌بندی اقلیمی کشور به روش گیگا

رویکرد GYGA[1] بهره‌گیری از یک طرح ترکیبی پهنه‌بندی به نام دامنه برون‌یابی اطلس جهانی خلأ عملکرد می‌باشد که در واقع ترکیبی از دیگر روش‌های پهنه‌بندی است (www.yieldgap.org). در این راستا، GYGA به دنبال ایجاد پهنه‌های اقلیمی با حداقل غیریکنواختی آب و هوایی است تا نیاز به اطلاعات هواشناسی را به حداقل برساند. در این روش، پهنه‌های اقلیمی بر اساس اطلاعات سه متغیر زیر از هم تفکیک می‌شوند (www.yieldgap.org/web/guest/cz-ted):

۱- واحد دمایی[2] با دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد
۲- نوسانات دمای فصلی[3]
۳- شاخص خشکی سالیانه[4]

برای یک پهنه اقلیمی مقدار GDD بیشتر نشان می‌دهد که متوسط دمایی آن پهنه اقلیمی در کل سال بالاتر است.

متغیر نوسانات دمای فصلی در واقع همان انحراف معیار میانگین دمای ماهانه می‌باشد.

برای یک پهنه اقلیمی مقدار ضریب نوسانات دمای فصلی بزرگتر، موید این موضوع است که نوسانات دمایی در طول سال در آن پهنه اقلیمی بیشتر است. به بیان ساده‌تر، اختلاف دمایی بین سردترین و گرم‌ترین ماه از سال بیشتر است.

شاخص سوم مورد استفاده برای پهنه‌بندی به روش دامنه برون‌یابی اطلس جهانی خلأ عملکرد، یک شاخص خشکی است که با تقسیم متوسط بارندگی سالیانه بر متوسط تبخیر سالیانه و ضرب آن در ۱۰۰۰۰ حاصل می‌شود. در یک پهنه اقلیمی هرچه مقدار AI کوچک‌تر باشد آن پهنه خشک‌تر است. لازم به توضیح است که در این رابطه ضریب ۱۰۰۰۰ برای حذف اعداد اعشار و گِرد کردن مقدار عددی شاخص، استفاده شده است.

در پروژه GYGA برای محاسبه متغیرهای مورد استفاده برای پهنه‌بندی اقلیمی از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های واقعی در سرتاسر جهان استفاده شده است. این داده‌ها از بانک اطلاعاتی WorldClim استخراج شده‌اند (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005). داده‌های هواشناسی مورد استفاده در این روش برای دوره زمانی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ میلادی می‌باشد. جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد نحوه پهنه‌بندی اقلیمی جهت می‌توان به سایت (www.yieldgap.org/web/guest/cz-ted) مراجعه نمود.

جدول ۱ کلاس‌های تعریف‌شده برای هریک از متغیرهای مورداستفاده در طبقه‌بندی اقلیمی به روش GYGA را نشان می‌دهد.

1- Global Yield Gap Atlas Extrapolation Domain
2- Growing Degree Days (GDD)
3- Temperature Seasonality
4- Annual Aridity Index (AI)

پهنه‌بندی خاک بر اساس HC27

اطلاعات خاک در بیشتر مدل‌های شبیه‌سازی یکی از کلیدی‌ترین اطلاعات ورودی می‌باشد، اما به‌دست آوردن این اطلاعات در سطح گسترده بسیار دشوار می‌باشد. به‌منظور حل مشکل محدودیت اطلاعات پروفیل خاک و محدودیت مکانی اطلاعات برای استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، کو و دیمز (Koo & Dimes, 2013) اقدام به تهیه پروفیل‌های عمومی خاک بر اساس سه معیار بافت خاک، عمق ریشه و کربن آلی کردند که پاسخگوی اکثر مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است. این نقشه با نام HC27 شناخته می‌شود. ارزیابی HC27 برای شرایط ایران با مدل SSM-iCrop2 توسط نهبندانی و همکاران (Nehbandani, Soltani, Rahemi-Karizaki, Dadrasi, & Noubakhsh, 2020) گزارش شد و نتایج نشان داد ارزیابی این بانک اطلاعات خاک برای ایران قابل‌قبول است. این نقشه بر اساس بافت خاک، سه گروه رس، سیلت و شن، بر اساس عمق خاک، در سه گروه عمیق، متوسط و سطحی و بر اساس حاصلخیزی به سه گروه حاصلخیزی زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شد. در مجموع، پروفیل‌های عمومی خاک شامل ۲۷ نوع پروفیل است که از ۱ تا ۲۷ شماره‌گذاری شده‌اند که بر اساس فرمت قابل‌استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی DSSAT و APSIM تهیه شده‌اند (جدول ۲). لازم به توضیح است که فرمت اطلاعات تهیه شده در این نقشه خاک، قابل‌استفاده در مدل شبیه‌سازی SSM (Soltani & Sincler, 2012) نیز می‌باشد.

برای تهیه نقشه خاک HC27 همه مناطق جهان با شبکه‌های به اندازه ۵ دقیقه (در حدود ۱۰×۱۰ کیلومتر) شبکه‌بندی شده است. در هر شبکه با توجه به کلاس‌های سه متغیر مورد نظر (بافت خاک، عمق خاک و حاصلخیزی خاک) این نقشه خاک (شکل ۳) تولید شد.

ترکیب پهنه‌های اقلیمی و خاک و به‌دست آوردن پهنه‌های اگرواکولوژیک کشور در این مطالعه با استفاده از نقشه اقلیمی GYGA و نیز نقشه خاکHC27 و ترکیب و هم‌پوشانی این دو نقشه در نهایت پهنه‌های اگرواکولوژیک برای کل اراضی کشور به‌دست آمد. به عبارتی پهنه‌های زراعی- بوم‌شناختی که ترکیبی از پهنه‌بندی اقلیمی کشور به روش GYGA و پهنه‌بندی خاک به روش HC27 می‌باشد.

نتایج و بحث

پهنه‌بندی اقلیمی اراضی کشاورزی ایران بر اساس گیگا

براساس پهنه‌بندی اقلیمی گیگا، کشور ایران دارای ۷۲ نوع اقلیم می‌باشد (شکل ۲). اراضی کشاورزی ایران در ۶۸ اقلیم قرار گرفته‌اند. اقلیم‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی زراعت آبی کشور در آن قرار دارند شامل ۱۵ اقلیم می‌باشد که در مجموع حدود ۵۰ درصد

اراضی آبی به‌ترتیب در اقلیم‌های ۵۰۰۳، ۴۰۰۳، ۵۰۰۲، ۸۰۰۳ و ۶۰۰۳ قرار دارند. با توجه به کدهای اقلیمی بیش از ۵۰ درصد اراضی آبی در شرایط اقلیمی گرم و خشک قرار دارند. اقلیم‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی زراعت دیم کشور در آن قرار دارند شامل ۱۹ اقلیم می‌باشد که در مجموع حدود ۵۰ درصد اراضی دیم به‌ترتیب در اقلیم‌های ۴۱۰۳، ۴۰۰۳، ۳۱۰۳ قرار دارند (شکل ۱).

جدول ۱- کلاس‌های تعریف‌شده برای هر یک از متغیرهای مورد استفاده در طبقه‌بندی اقلیمی به روش دامنه برون‌یابی اطلس جهانی خلأ عملکرد

Table 1- Defined classes for each variable used in climate classification using the global atlas performance gap extrapolation domain method.

کد گیگا	GDD*	کد گیگا	شاخص خشکی** Dryness index	کد گیگا	نوسانات دمای فصلی*** Seasonal temperature changes
1000	0-2670	0	0-2695	1	0-3832
2000	2671-3169	100	2696-3893	2	3833-8355
3000	3170-3791	200	3894-4791	3	>8359
4000	3792-4829	300	4792-5689		
5000	4830-5949	400	5690-6588		
6000	5950-7111	500	6589-7785		
7000	7112-8564	600	7786-8685		
8000	8565-9311	700	8686-10181		
9000	9312-9850	800	10182-12876		
10000	>9851	900	>12877		

* محاسبه واحد دمایی بر اساس دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد

** **Dryness index**، در صورتی که این اعداد تقسیم بر ۱۰۰۰۰ شوند نسبت بارندگی سالیانه بر پتانسیل تبخیر سالیانه حاصل می‌شود.

*** **Seasonal temperature Changes** در صورتی که این اعداد بر ۱۰۰۰ تقسیم شود مقدار انحراف معیار دمای ماهانه از متوسط دمای سالیانه حاصل می‌شود.

جدول ۲- پروفایل‌های خاک حاصل از ترکیب کلاس‌های متغیرهای موجود در جدول ۱ و کد آن‌ها در نقشه خاک HC27

Table 2- Soil profiles resulting from the combination of variable classes in Table 2 and their codes in the HC27 soil map

شماره پروفیل	کد پروفیل	شماره پروفیل	کد پروفیل	شماره پروفیل	کد پروفیل
1	Clay HF180	10	Loam HF180	19	Sand HF180
2	Clay HF120	11	Loam HF120	20	Sand HF120
3	Clay HF060	12	Loam HF060	21	Sand HF060
4	Clay MF180	13	Loam MF180	22	Sand MF180
5	Clay MF120	14	Loam MF120	23	Sand MF120
6	Clay MF060	15	Loam MF060	24	Sand MF060
7	Clay LF180	16	Loam LF180	25	Sand LF180
8	Clay LF120	17	Loam LF120	26	Sand LF120
9	Clay LF060	18	Loam LF060	27	Sand LF060

براین اساس بیش از ۵۰ درصد اراضی دیم در شرایط اقلیمی سرد و نیمه‌خشک قرار دارند. اقلیم‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی باغی کشور در آن قرار دارند شامل ۲۰ اقلیم می‌باشد که درمجموع بیش از ۵۰ درصد اراضی باغی به‌ترتیب در اقلیم‌های ۴۱۰۳، ۳۱۰۳، ۴۰۰۳ و ۵۰۰۲ قرار دارند (شکل ۳).

بنابراین براین اساس بیش از ۵۰ درصد اراضی باغی در شرایط اقلیمی سرد و نیمه‌خشک قرار دارند. همچنین اقلیم‌هایی که بیش از یک درصد از مراتع کشور در آن قرار دارند شامل ۱۵ اقلیم می‌باشد که درمجموع بیش از ۵۰ درصد مراتع به‌ترتیب در اقلیم‌های ۶۰۰۳، ۷۰۰۲، ۵۰۰۲ و ۶۰۰۲ قرار دارند. با توجه به کدهای اقلیمی بیش از ۵۰ درصد مراتع در شرایط اقلیمی گرم و خشک قرار دارند (شکل ۱).

براساس پهنه‌بندی خاکHC27، کشور ایران دارای ۹ کد خاک می‌باشد (شکل ۳)، کد خاک‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی زراعت آبی کشور در آن قرار دارند شامل ۶ کد خاک می‌باشدکه در مجموع بیش از ۵۰ درصد اراضی آبی در کد خاک ۵ و ۱۷ قرار داشته و بافت خاک غالب آن‌ها رسی و لومی است. کد خاک‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی زراعت دیم کشور در آن قرار دارند شامل ۵ کد خاک می‌باشند که در مجموع بیش از ۵۰ درصد اراضی دیم در کد خاک ۵ و قرار داشته و بافت خاک غالب آن‌ها رسی و لومی است کد خاک‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی باغی کشور در آن قرار دارند شامل ۶ کد خاک می‌باشد که درمجموع بیش از ۵ درصد اراضی باغی در کد خاک‌های ۵ و ۱۲ قرار داشته و بافت خاک غالب آن‌ها

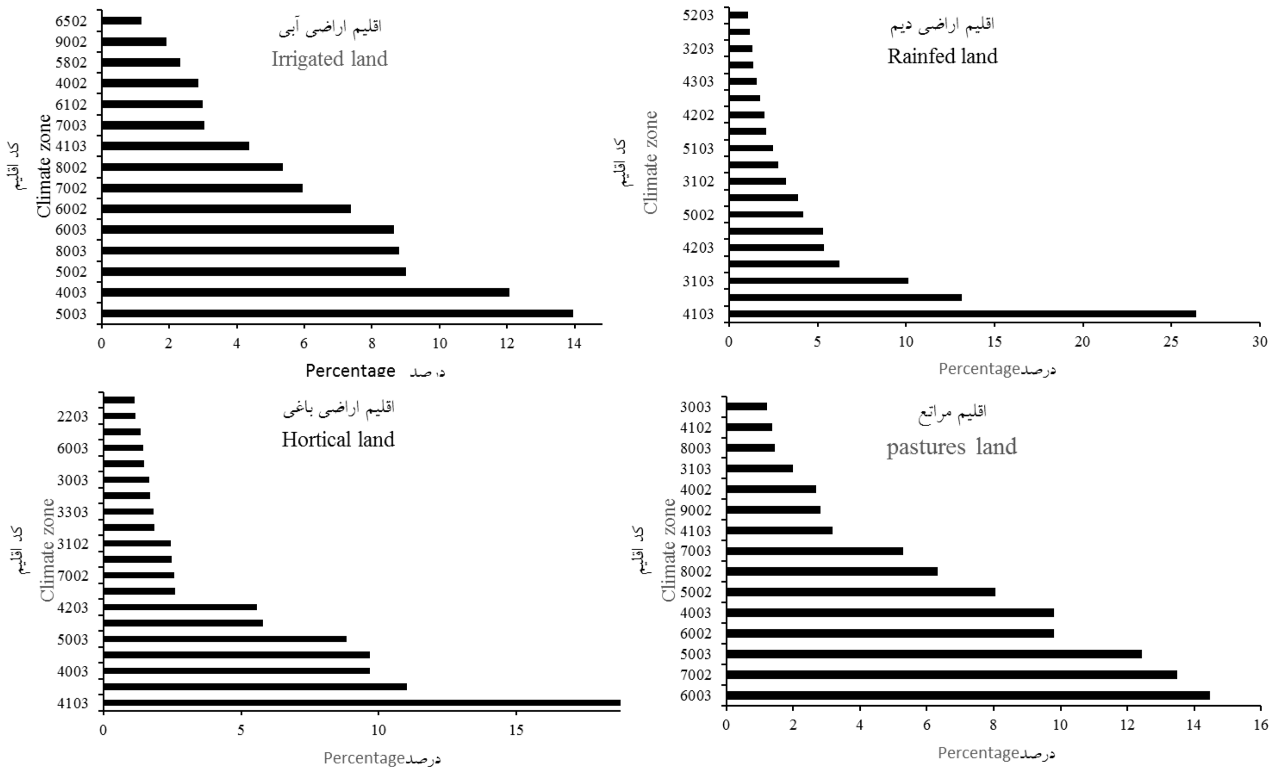
رسی و لومی است. همچنین، کد خاک‌هایی که بیش از یک درصد از مراتع کشور در آن قرار دارند شامل ۵ کد خاک می‌باشد؛ درمجموع بیش از ۵۰ درصد مراتع در کد خاک‌های ۵ و ۱۷ قرار داشته و بافت خاک غالب آن‌ها رسی و لومی است (شکل ۴).

پهنه‌بندی اگرواکولوژیک

در این مطالعه با استفاده از نقشه اقلیمی GYGA و نیز نقشه خاک HC27 و ترکیب و هم‌پوشانی این دو نقشه در نهایت ۱۹۸ پلی گون یا پهنه برای کل اراضی کشور به‌دست آمد (شکل ۵). به عبارتی پهنه‌های زراعی- بوم‌شناختی که ترکیبی از پهنه‌بندی اقلیمی کشور به روش GYGA و پهنه‌بندی خاک به روش HC27 می‌باشد (شکل ۵). مجموع مساحت پهنه‌های اگرواکولوژیک کشور ۱۵۰۹۹۴۵۵/۳۹هکتار به‌دست آمد.

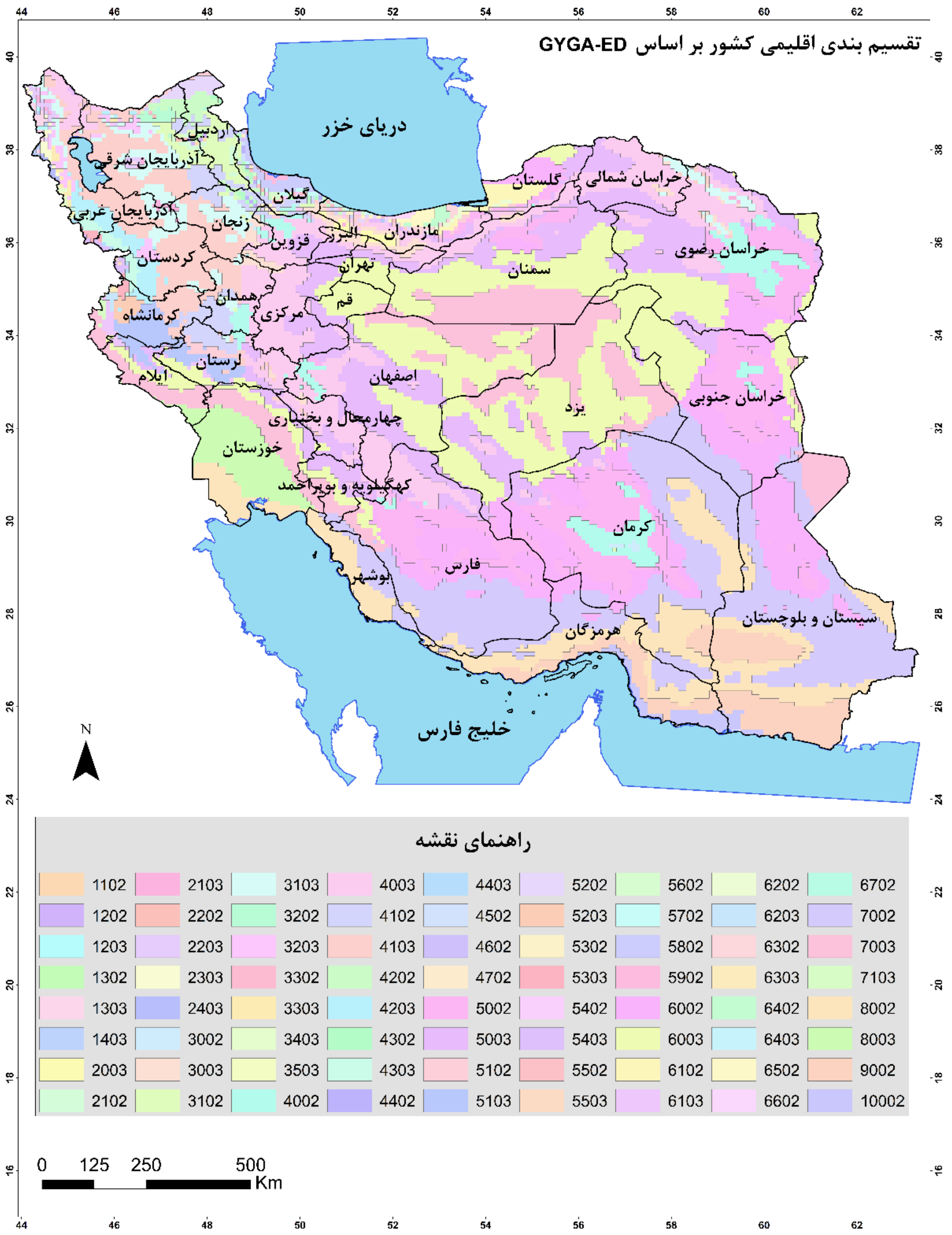
براساس پهنه‌بندی کشور بر اساس خاک HC27 و اقلیم GYGA، کشور ایران دارای ۱۹۸ پهنه اگرواکولوژیکی می‌باشد، پهنه‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی کشاورزی کشور در آن قرار دارند شامل۲۸ پهنه می‌باشد که در مجموع حدود ۸۰ درصد اراضی کشاورزی و در این پهنه‌ها قرار دارد (شکل ۶). بیشترین درصد فراوانی (۱۱/۸۵ درصد) مربوط به پهنه با کد اگرواکولوژیک ۵-۴۱۰۳ بود که ۱۷۸۹۹۶۵/۸ هکتار از اراضی کشاورزی را پوشش داد. همچنین پس از آن کد اگرواکولوژیک ۵-۵۰۰۳ دارای بیشترین درصد فراوانی (۷/۲۸درصد) می‌باشد که ۱۱۰۰۵۹۹/۲۵ هکتار از اراضی کشاورزی کشور را در بر می‌گیرد. نتایج نشان داد پهنه‌های اگرواکولوژیک ۵-۴۰۰۳ و ۵-۳۱۰۳ به‌ترتیب ۴/۹۳و ۴/۳۵درصد از کل پهنه‌های اگرواکولوژیک کشور را در برمی‌گیرند و به‌ترتیب شامل ۷۴۵۲۴۸/۴۳و ۶۵۷۱۲۷/۵۳هکتار از اراضی کشاورزی کشور می‌باشند. پس از آن کدهای ۵-۶۰۰۳ (۳/۵۸ درصد)، ۱۴-۴۰۰۳ (۳/۵۳ درصد)، ۱۷-۸۰۰۳ (۳/۴۷ درصد)، ۱۷-۵۰۰۲ (۳/۳۰ درصد) و ۱۲-۴۲۰۳ (۳/۲۸درصد) بیشترین درصد فراوانی را داشتند (شکل ۶).

همچنین درصد فراوانی پهنه‌های اگرواکولوژیک ۸-۸۰۰۳، ۵-۷۰۰۲، ۱۷-۵۰۰۳، ۸-۸۰۰۲، ۵-۵۰۰۲ و ۱۷-۴۰۰۳ به‌ترتیب ۲/۸۲ درصد (۴۲۶۰۰۴/۶۷هکتار)، ۲/۸۰ درصد (۴۲۴۱۴۰/۴۰هکتار)، ۲/۲۶ درصد (۳۴۲۳۲۶/۵۳هکتار)، ۲/۲۵ درصد (۳۴۰۰۳۶/۳۹هکتار)، ۲/۰۹ درصد (۳۱۶۲۷۹/۴۵هکتار) و ۲/۰۸ درصد (۳۱۴۳۱۳/۲۷هکتار) بود. نمودار فراوانی پهنه‌های اگرواکولوژیک در شکل ۶ نشان داده شده است.



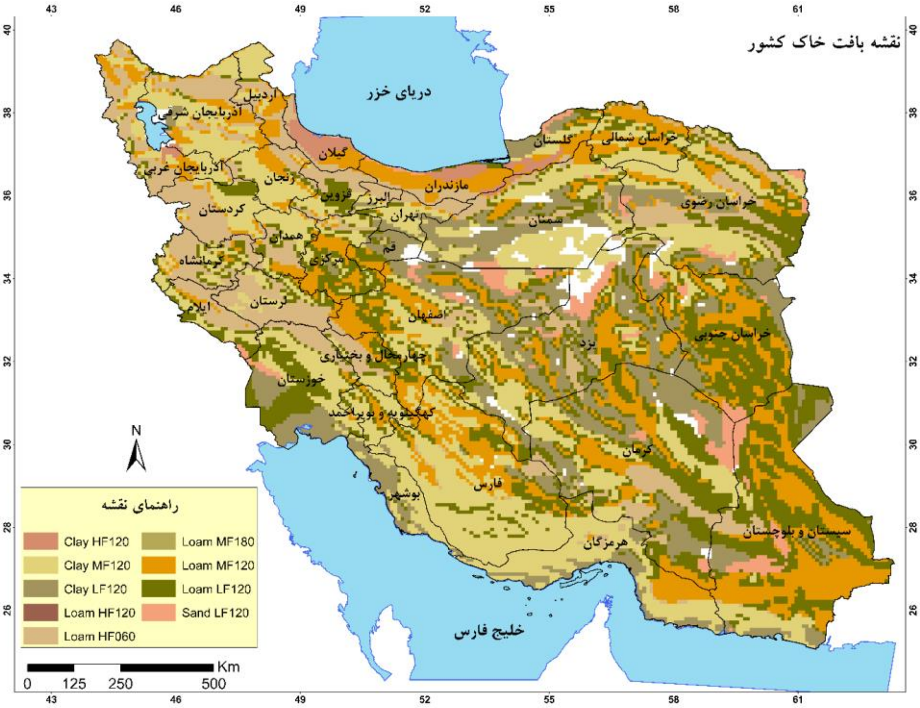
شکل ۱- درصد فراوانی کدهای اقلیمی گیگا در اراضی آبی، باغی، دیم و مراتع کشور

Figure 1- Percentage of Giga climate codes in irrigated, garden, rainfed and pasture lands of IRAN



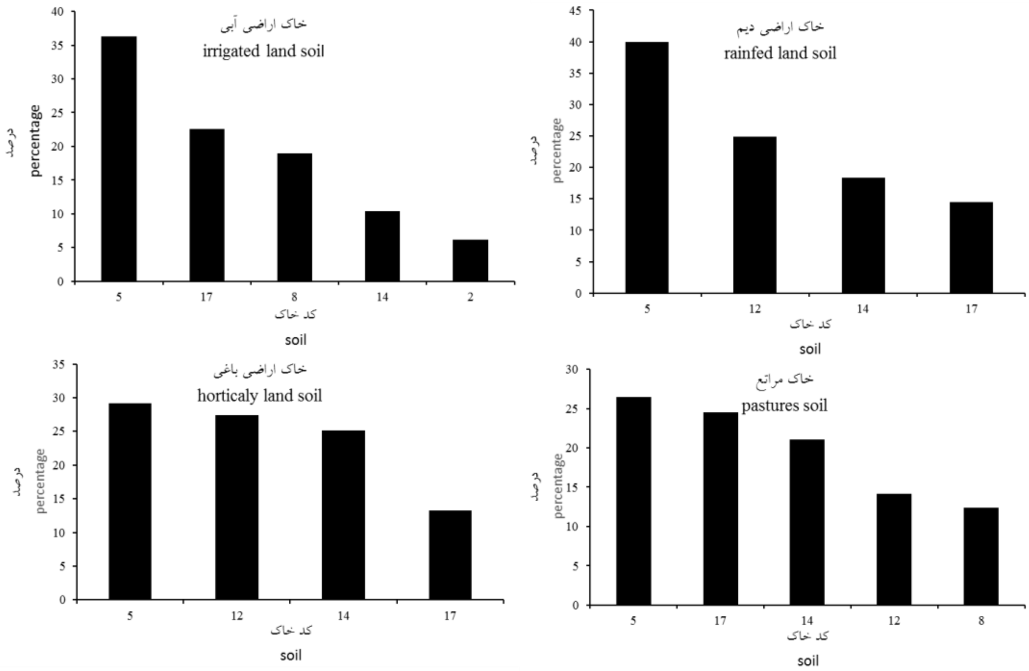
شکل ۲- پهنه‌بندی اقلیمی ایران براساس گیگا

Figure 2- Climaticzoning of Iran based on GYGA (Soltani, 2018)



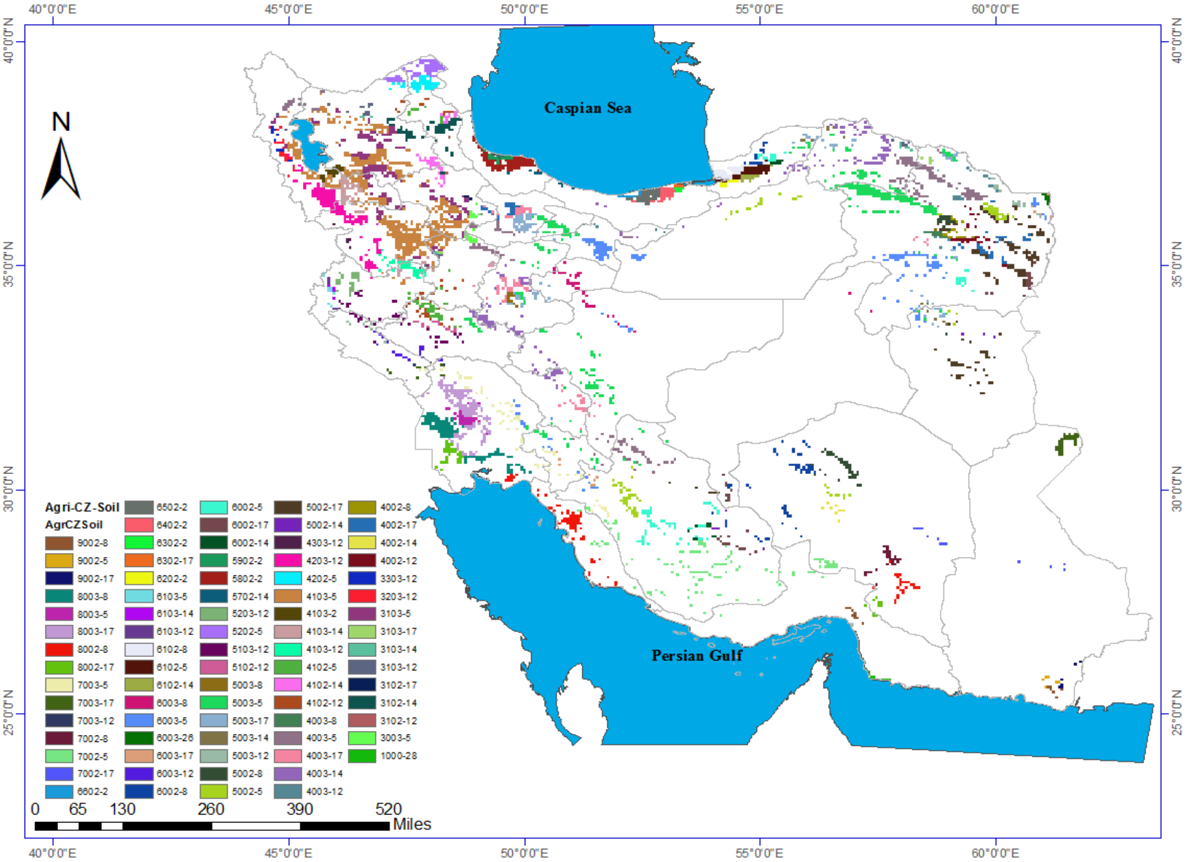
شکل ۳- نقشه مربوط به اطلاعات و بافت خاک کشور

Figure 3- Map related to information and soil texture of IRAN (Koo & Dimes, 2013)



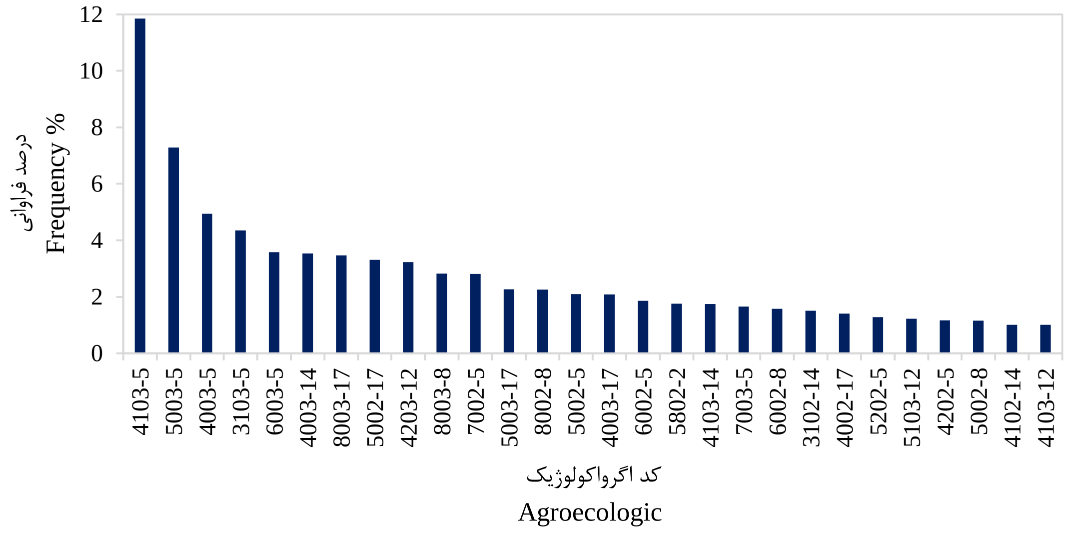
شکل ٤- درصد فراوانی کدهای خاک HC27 در اراضی آبی، باغی، دیم و مراتع کشور

Figure 4- The frequency of HC27 soil codes in irrigated, garden, rainfed and pasture lands of IRAN



شکل ٥- پهنه‌بندی اگرواکولوژیک اراضی کشاورزی کشور

Figure 5- Agro-ecological zoning of agricultural lands in IRAN



شکل ٦- درصد فراوانی پهنه‌های اگرواکولوژیک کشور

Figure 6- Frequency percentage of agro-ecological zones in IRAN

بـر اسـاس تعریـف سـازمان خـوار و بـار جهـانی، پهنـه‌بنـدی اگرواکولوژیک عبارت است از: تفکیک واحـدهای اراضـی بـر اسـاس ویژگی‌های خاک، شکل اراضی، ویژگی‌های اقلیمی با توجه به نیازهای گیاهان زراعی و سامانه مدیریت کشـاورزی موجـود در منطقـه مـورد

مطالعه (FAO, 2002). هر واحد اکولوژیک دارای ترکیبی مشابه از محدودیت‌ها و پتانسیل‌ها می‌باشد که تعیین پتانسیل تولید در هر واحد و برنامه‌ریزی استفاده از این واحدها بر اساس ویژگی‌های، محدودیت‌ها و پتانسیل‌های موجود انجام می‌گیرد (FAO, 1996). پهنه‌بندی اگرواکولوژیک با به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف در تلفیق و تولید اطلاعات و بر اساس روش مهندسی اگرواکولوژیک، چارچوبی علمی برای برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از اراضی را فراهم می‌کند. پهنه‌بندی اکولوژی کشاورزی شامل چهار مرحله اصلی تلفیق داده‌ها و اطلاعات موجود، تولید اطلاعات جدید با توجه به هدف مورد نظر، ارزیابی پتانسیل تولید و برنامه‌ریزی استفاده از اراضی است. در کشور ما به دلیل عدم شناخت ویژگی‌های اگرواکولوژیک در هر منطقه و عدم رعایت عوامل تناسب اراضی، امکان تعیین الگوی کشت و برنامه‌ریزی مناسب برای فعالیت‌های کشاورزی در راستای کشاورزی پایدار وجود ندارد و از این نظر هر ساله خسارت زیادی به بخش کشاورزی وارد گردیده و با گذشت زمان با پدیده تخریب اراضی و کاهش تولید در واحد سطح مواجه خواهد شد. به‌طور کلی اولین قدم در رفع چالش موجود در رابطه با برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک است که به مدیریت پایدار منابع کشاورزی می‌انجامد. در کشور ایران این نوع مطالعات که اساس توسعه و برنامه‌ریزی‌های زراعی را تشکیل می‌دهد، به‌جز موارد بسیار محدود انجام نگرفته است و لازم است که برای تمام مناطق مستعد کشاورزی انجام گیرد تا توسعه کاشت محصولات زراعی، افزایش عملکرد، اصلاح الگوی کاشت، تعیین میزان سازگاری گیاهان جدید در یک منطقه وسیع و تعیین پتانسیل تولید مناطق مختلف و در نهایت برنامه‌ریزی طولانی‌مدت میسر گردد. همچنین نتایج حاصل از پهنه‌بندی اگرواکولوژیک را می‌توان در برنامه‌ریزی توسعه کشاورزی در شرایط آینده مورد استفاده قرار داد.

پهنه‌بندی در تعمیم و کاربرد این نتایج در نواحی مشابه کمک نموده و انتقال تکنولوژی یا یافته تحقیقاتی را تسریع و تسهیل می‌نماید. اگر کشت یک رقم خاص در یک پهنه مناسب باشد، به احتمال زیاد کشت همین رقم در سایر پهنه‌های مشابه نیز مناسب خواهد بود و یا این‌که با توصیه‌ای مشابه در پهنه‌های مشابه، عملکرد قاعدتاً باید در همه این پهنه‌ها مشابه باشد. نصیری محلاتی و کوچکی (Nasiri Mahalati & Kokhaki, 2009) با استفاده از مدل شبیه‌سازی WOFOST و داده‌های آمار هواشناسی درازمدت درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه، تشعشع روزانه و خصوصیات گیاه زراعی اقدام به شبیه‌سازی تولید گندم در استان خراسان نمودند و با استفاده از نتایج شبیه‌سازی استان خراسان را از نظر پتانسیل تولید گندم پهنه‌بندی کردند.

محققان هدف بررسی خصوصیات زراعی- بوم‌شناختی، برآورد پتانسیل عملکرد سیب‌زمینی و محدودیت‌های افزایش آن و پهنه‌بندی مناطق کاشت آن در آرژانتین، بیان داشتند که پهنه‌بندی اگرواکولوژیک ابزار مناسبی برای برآورد عملکرد، تخمین تاریخ کاشت در مناطق مختلف و تخمین پتانسیل عملکرد غده است (Caldiz, 2001). برای برنامه‌ریزی استفاده از منابع آبی در سریلانکا با پهنه‌بندی کشاورزی-بوم‌شناختی مناطق دارای پوشش گیاهی، بیان داشتند که اولاً این مناطق به‌شدت تحت تاثیر عوامل محیطی بوده و ثانیاً با توجه به ارتباط این مناطق با چرخه هیدرولوژی، به‌خصوص در حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها، پهنه‌بندی اگرواکولوژیک ابزار مناسبی برای تعیین ضرورت مصرف آب برای تولید غذا، در مقابل اهمیت آن برای طبیعت می‌باشد (Muthuwatta, & Chemin, 2003).

محققان با روش تحلیل خوشه‌ای فصول طبیعی استان کرمانشاه را بر مبنای داده‌های درجه حرارت حداکثر، حداقل و متوسط روزانه چهار ایستگاه به‌عنوان نماینده طی دوره آماری پانزده ساله مطالعه کردند و به این نتیجه دست یافتند که سال به دو فصل نسبتاً طولانی گرم و سرد تقسیم می‌شود؛ همچنین ایشان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای منطقه آذربایجان را در شمال غرب کشور بر مبنای دماهای میانگین حداقل و حداکثر و دماهای میانگین ماهانه به چهار ناحیه تقسیم کردند (Zolfaqhari & Moradi, 2005).

در ایالت هیماچال پرادش هند با استفاده از رهیافت سیستم اطلاعات جغرافیایی به پهنه‌بندی اراضی دارای پتانسیل کشت غلات (گندم[1]- جو[2]- ذرت[3] و برنج[4]) پرداختند. در این پژوهش مشخص شد که نواحی واجد پتانسیل کشت گندم معادل ۴۱۰ هزار هکتار است، در حالی‌که عملاً سطح زیرکشت این محصول در این ایالت ۳۶۰ هزار هکتار می‌باشد، بنابراین افزایش ۱۳ درصدی در سطح زیرکشت این محصول قابل‌انتظار است. به‌طور مشابه این رقم در مورد محصولات جو و برنج به‌ترتیب ۳۸۴ و ۲۲ هزار هکتار برآورد شد. بر عکس سطح زیرکشت ذرت به میزان ۱۰ درصد (معادل ۳۱ هزار هکتار) بیش از آن‌چه مناسب کشت این محصول بود تشخیص داده شد (Bagat *et al.*, 2009).

در بررسی عملکرد پتانسیل و خلا عملکرد سیب‌زمینی در استان گلستان از پهنه‌بندی اقلیمی GYGA استفاده نمودند و با انتخاب ۲۲ ایستگاه و روش درون‌یابی در نرم‌فزار Arc GIS توانستند برآورد درستی از مقدار عملکرد واقعی برای هر شهرستان و به دنبال آن عملکرد پتانسیل و خلا عملکرد داشته باشند (Dadrasi, Torabi, Rahimi, Soltani, & Zeinali, 2021). محققان در مطالعه‌ای مناطق دیم استان فارس را بر اساس شاخص‌های اگروکلیماتیک

1- *Triricum aestivum*
2- *Hordium Vulgar*
3- *Zea Mayz*
4- *Oryza sativa*

(بارندگی و تبخیر و تعرق) پهنه‌بندی کردند (Sadeghi, Kamgar-Haghighi, Sepaskhah, Khalili, & Zand-Parsa, 2002).

در دهه ۷۰ میلادی سازمان خوار و بار جهانی پهنه‌بندی اگرواکولوژیک را به‌عنوان روشی برای تعیین قابلیت‌های زراعی و محیطی در مقیاس منطقه‌ای و ملی پیشنهاد نمود. در ادامه این روش توسط فائو (FAO, 1996) و نیز سایر محققین (Bouman & Lansigan, 1994; Fischer *et al*., 2000; Caldiz *et al*., 2001) تکامل یافت و در حال حاضر از جمله رایج‌ترین راهکارهای تعیین خصوصیات اگرواکوزیک در مناطق وسیع جغرافیایی برای تولید محصولات زراعی است. با توسعه مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان، بانک‌های اطلاعاتی مربوط به داده‌های آب و خاک و اقلیم و سیستم اطلاعات جغرافیایی، محققین تلاش گسترده‌ای را برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیک محصولات مختلف در مقیاس منطقه‌ای آغاز کرده‌اند (Van Lanen, Van DiepenReinds, De Koning, Bulens, & Bregt, 1992)، در این روش با تقسیم کردن یک منطقه جغرافیایی به واحدها یا پهنه‌هایی همگن با حداکثر شباهت از نظر خصوصیات خاک و اقلیم، عملکرد پتانسیل محصول زراعی در هر پهنه به‌وسیله یک مدل شبیه‌سازی پیش‌بینی‌شده و با انتقال نتایج به محیط GIS نقشه پتانسیل عملکرد در مقیاس منطقه‌ای تهیه می‌شود (Fischer *et al*., 2000).

پهنه‌بندی آگرواکولوژیک یک پایگاه اطلاعاتی جامع ایجاد می‌کند که می‌توان بر اساس آن اقدام به برنامه‌ریزی انطباق فعالیت‌های زراعی با شرایط بوم‌شناختی موجود در هر منطقه نمود (Ghaffari, 2008). پهنه‌بندی اگرولوژیک می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر از منابع و اراضی مورد استفاده قرار گیرد (FAO, 2002) هدف از پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی فراهم آوردن یک پایگاه جامع و کامل از ویژگی‌های منابع زمینی به‌منظور برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی بهره‌برداری بهینه از آن‌ها از طریق تعیین ویژگی‌ها و مشخص نمودن پتانسیل موجود و محدودیت‌های اراضی می‌باشد (FAO, 1996).

در این تحقیق پس از پهنه‌بندی اگرواکولوژیک اراضی کشاورزی کشور تعداد ۱۹۸ پهنه به‌دست آمد که پس از محاسبه‌ی مساحت تحت پوشش هر پهنه، در نهایت تعداد ۲۸ پهنه اگرواکولوژیک دارای درصد فراوانی بالای یک درصد بوده و روی هم رفته حدود ۸۰ درصد (۱۱۸۱۳۵۱۸/۶۶هکتار) از اراضی کشاورزی کشور را تحت پوشش قرار می‌دهند. از این پهنه‌های اقلیمی به‌دست‌آمده می‌توان برای مطالعات امنیت غذایی و محاسبه و تعیین ظرفیت تولید هر منطقه استفاده کرد. از طرفی باتوجه به این‌که در مطالعات کشاورزی نیاز به اطلاعات وسیع و جامع درمورد اقلیم و خاک برای هرکدام از مناطق می‌باشد و دسترسی به این اطلاعات معمولا هزینه‌بر و وقت‌گیر می‌باشد، استفاده از پهنه‌های اگرواکولوژیک حاصل از این تحقیق می‌تواند نیاز به این اطلاعات را مرتفع کند.

بنابراین سیاست‌گذاران و مدیران بخش کشاورزی می‌توانند از این پهنه‌ها در مطالعات تحلیل امنیت غذایی و تعیین مراکز مهم تولید گیاهی (باتوجه به خصوصیات اگرواکولوژیک هر پهنه) و تعیین ظرفیت تولید و نوع محصول مناسب هر پهنه در کشور بهره گیرند. همچنین محققان می‌توانند از نتایج حاصل از این تحقیق به‌عنوان اطلاعات پایه در مطالعات شبیه‌سازی با مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی در راستای تعیین عملکرد، میزان تولید و بهره‌وری آب و غیره در هرکدام از این پهنه‌های اگرواکولوژیک استفاده کنند.

با توجه به فواید پهنه‌بندی و کاربردهای متعدد آن دارای سابقه طولانی‌مدتی می‌باشد. مطالعه‌ی حاضر نیز در همین راستا انجام شد که نتایج آن پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی کشور، تعیین درصد اراضی زراعی آبی، دیم، باغی و مراتع موجود در هر پهنه زراعی- بوم‌شناختی، تعیین مراکز مهم تولید محصولات کشاورزی (محصولات زراعی به تفکیک دیم و آبی و محصولات باغی) و مراتع در جهت مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منابع و اراضی کشاورزی کشور می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین پهنه‌های اگرواکولوژیک اصلی تولید محصولات کشاورزی در کشور انجام شد تا بتوان مطالعات شبیه‌سازی و سایر مطالعات را در مکان اصلی تولید در هر استان انجام داد. بنابراین نیاز است که بدانیم مراکز اصلی تولید هر استان کجا بوده، چه اقلیم و خاکی داشته و چه ایستگاه هواشناسی شاخص آن منطقه می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از نقشه اقلیمی گیگا، پهنه‌های اقلیمی اراضی آبی، دیم، باغی و مراتع کشور مشخص شد. بر این اساس، بیش از ۵۰ درصد اراضی آبی به‌ترتیب در اقلیم‌های ۵۰۰۳، ۴۰۰۳، ۵۰۰۲، ۸۰۰۳ و ۶۰۰۳ قرار دارد. همچنین اراضی دیم به‌ترتیب در اقلیم‌های ۴۱۰۳، ۴۰۰۳ و ۳۱۰۳ قرار دارند. همچنین، با استفاده از نقشه خاک HC27، پهنه‌های خاک در اراضی آبی، دیم، باغی و مراتع کشور مشخص شد. براین اساس، بیش از ۵۰ درصد اراضی آبی در کد خاک ۵ و ۱۷؛ اراضی دیم در کد خاک ۵ و ۱۲؛ اراضی باغی در کد خاک‌های ۵ و ۱۲ و مراتع در کد خاک‌های ۵ و ۱۷ قرار داشتند. با ترکیب پهنه‌های اقلیمی و پهنه‌های خاک، پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی کشور انجام شد که نهایتا ۱۹۸پهنه به‌دست آمد. پهنه‌هایی که بیش از یک درصد از اراضی کشاورزی کشور در آن قرار دارند شامل ۲۸ پهنه می‌باشد که در مجموع حدود ۸۰ درصد اراضی کشاورزی و در این پهنه‌ها قرار دارد (شکل ۷). بیشترین درصد فراوانی (۱۱/۸۵ درصد) مربوط به پهنه با کد اگرواکولوژیک ۵-۴۱۰۳ بود که ۱۷۸۹۹۶۵/۸هکتار از اراضی کشاورزی را پوشش داد. همچنین پس از آن کد اگرواکولوژیک ۵-۵۰۰۳ دارای بیشترین درصد فراوانی

(۷/۲۸درصد) می‌باشد که ۱۱۰۰۵۹۹/۲۵هکتـار از اراضـی کشـاورزی کشور را در بر می‌گیرد.
هرکدام از این پهنه‌ها دارای کد اقلیمی و خاک متفاوت هستند که نشان‌دهنده‌ی شرایط خاص تولید آن پهنه می‌باشد. از این پهنـه‌هـای اگرواکولوژیک می‌تـوان جهـت بهبـود مطالعـات و اتخـاذ تصـمیمات مدیریتی- زراعی، تهیه و تکمیل بانک اطلاعات اقلیمی و خاک در هر پهنه برای استفاده در مدل‌های شـبیه‌سـازی تولیـد گیاهـان، تسـهیل جمع‌آوری اطلاعات (از قبیل اطلاعات مدیریتی، اطلاعات ارقام گیاهی و غیره) و اجرای مدل شبیه‌سازی تولید گیـاهی بـه‌منظـور اسـتفاده در مطالعات مرتبط با امنیت غذایی کشور استفاده نمود.

References

1. Bagat, M. R., Sharda, S., Sood, C., Rana, R. S., Kalia, V., Pradhan, S., Immerzeel, W., & Shrestha, B. (2009). Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. *Indian Society Remote Sensing Journal*, *37*, 233-240. https://doi.org/10.1007/s12524-009-0018-6
2. Bouman, B. A. M., & Lansigan, F. P. (1994). Agroecological zonation, characterization, and optimization of rice-based cropping systems. SARP Research Proceedings, Wageningen and Los Banos, p.1-8.
3. Caldiz, D. O. (2001). Agro-ecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina and Forest Meteorology. 109, 311-320. Available online: www.elsevier.com. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00231-3
4. Dadrasi, A., Torabi, B., Rahimi, A., Soltani, A., & Zeinali, E. (2021). Determination of Potato (*Solanum tuberosum* L.) yield gap in Golestan Province. *Journal of Agroecology*, *12*(4), 613-633. (in Persian). https://doi.org/10.22124/CR.2022.20959.1696
5. Dadrasi, A., Torabi, B., Rahimi, A., Soltani, A., & Zeinali, E. (2022). Modeling Potential production and yield gap of potatoe using modelling and GIS approaches. *Ecological Modeling*, *471*, 110050. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110050
6. Fisher, J. W., Francis, L. J., & Johnson, P. (2000). Assessing spiritual health via four domains of spiritual well-being: the SH4DI. *Pastoral Psychology*, *49*, 133-145. https://doi.org/10.1023/A:1004609227002
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1996). Agro-Ecological Zoning: Guidelines. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1997). Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development, FAO, Rome, Italy. 212.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2002). World Agriculture: Towards 2015/2030: Summary Report. FAO, Rome, Italy.
10. Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C., & Buytaert, W. (2006). Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: a case study for quinoa. *Agricultural and Forest Meteorology*, *139*, 399-412. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.018
11. Ghaffari, A. (2008). Agroclimatic zoning of Iran, rainfed crop production areas with particular emphasis to agroecological characterization. Report, Agricultural Extension, Education and Research Organization (AEERO), Dryland Agricultural Research Institute (DARI). ICARDA Technical Report.
12. Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal Climatology*, *25*, 1965-1978. https://doi.org/10.1002/joc.1276
13. Khajehpour, M. R. (2006). *Industrial plants* (second edition). Academic Jihad Publications of Isfahan Industrial Unit.
14. Koo, J., & Dimes, J. (2013). HC27 Generic Soil Profile Database, http://hdl.handle.net/1902.1/20299, Harvard Dataverse, V2.
15. Muthuwatta, L., & Chemin, Y. (2003). Vegetation growth zonation of Sirlanka for improved water resources planning. *Agricultural Water Management*, *58*, 123-143.
16. Nasiri Mahalati, M., & Kokhaki, A. (2009). Agro-ecological zoning of wheat in Khorasan province: estimation of yield potential and gap. *Agricultural Researches of Iran*, *7*, 695-709.
17. Nehbandani, A. R., Soltani, A., Taghdisi Naghab, R., Dadrasi, A., & Alimagham, S. M. (2020). Assessing HC27 Soil Database for Modeling Plant Production. *International Journal of Plant Production*. https://doi.org/10.1007/s42106-020-00114-4
18. Nehbandani, A., Soltani, A., Rahemi-Karizaki, A., Dadrasi, A., & Noubakhsh, F. (2021). Determination of soybean yield gap and potential production in Iran using modeling approach and GIS. *Journal of Integrative Agriculture*, *20*(2), 395-407. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63180-X
19. Norwood, Charles, A. (2000). Dry land Winter Wheat as Affected by Previous Crops, Agronomy Journal.
20. Ramirez-Villegas, J., & Challinor, A. (2012). Assessing relevant climate data for Agricultural applications. agricultural forest meteorology 161, 26-45. https://doi.org/10.7910/dvn/25626
21. Rasouli, S. J., & Qaemi, A. R. (2010). Rapeseed cultivation zoning based on temperature and climate needs using

GIS in Khorasan provinces. *Electronic Journal of Crop Production, 1*. https://doi.org/10.22126/ATIC.2022.7903.1056
22. Sadeghi, A. R., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Khalili, D., & Zand-Parsa, Sh. (2002). Regional classification for dryland agriculture in southern Iran. *Journal of Arid Environments, 50*, 333-341. https://doi.org/10.1006/jare.2001.0822
23. Seppelt, R. (2000). Regionalised optimum control problems for agroecosystem management. *Ecological Modelling, 131*, 121-132. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00270-2
24. Soltani, A., & Sinclair, T. R. (2012). Modeling Physiology of Crop Development. Growth and Yield, CABI, Wallingford, UK.
25. Van Lanen, H. A. J., Van DiepenReinds, G. J., De Koning, G. H. J., Bulens, J. D., & Bregt, A. K. (1992). Physical land evaluation methods and GIS to explore the crop growth potential and its effects within the European communities. *Agricultural Systems, 39*, 307-328. https://doi.org/10.1016/0308-521X(92)90102-T
26. Williams, C. L., Liebman, M., Edwards, J. W., James, D. E., Singer, J. W., Arritt, R., & Herzmann, D., (2008). Patterns of regional yield stability in association with regional environmental characteristics. *Crop Science, 48*, 1545-1559. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.12.0837
27. Zolfaqhari, H., & Moradi, F. (2005). Investigation of thermal comfort in Kermanshah province. *Geography and Regional Development*, 43-89.