

## بررسی اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر مکان‌یابی کشت پاییزه‌ی چغندر قند (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)

### Study of the climate change scenarios effect on locating of autumn sowing of sugar beet (Case Study: South Khorasan Province)

فاطمه پورصالحی<sup>۱\*</sup>، علی شهیدی<sup>۲</sup> و عباس خاشعی سیوکی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۱

ف. پورصالحی، ع. شهیدی و ع. خاشعی سیوکی. ۱۳۹۷. بررسی اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر مکان‌یابی کشت پاییزه‌ی چغندر قند (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). چغندر قند، ۳۴(۱): ۱۷-۲۹. DOI:10.22092/jsb.2018.108367.1132

#### چکیده

با توجه به اثر پدیده‌ی تغییر اقلیم بر پارامترهای اقلیمی مانند دما و بارندگی و اثر متقابل این تغییرات بر پارامترهای فیزیولوژی گیاهی به ویژه درجه روزهای رشد (GDD) و شاخص قابلیت تولید زیست توده (CBPI)، با بررسی این شاخص‌ها می‌توان، مکان مناسب کشت محصولات را تعیین نمود. این مطالعه با هدف بررسی اثر سناریوهای تغییر اقلیم  $B_1$  و  $A_2$ ، بر تعیین مکان مناسب کشت چغندر قند پاییزه در استان خراسان جنوبی با استفاده از پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و با به کارگیری نرم‌افزار LARS-WG تحت مدل گردش عمومی HADCM3 و روش وزن‌دهی ANP براساس پارامترهای اقلیمی، فیزیولوژی گیاهی، هیدروژئولوژی و توپوگرافی، در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 در دوره‌ی کشت آن در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ میلادی انجام گردید. نتایج نشان داد که به طور کلی در هر دو سناریو اکثر مناطق استان جزء مکان‌های نامناسب جهت کشت پاییزه چغندر قند محسوب می‌گردند به گونه‌ای که ۷۲/۸۱ درصد از مساحت کل استان در سناریوی  $A_2$  و ۷۱/۱۳ درصد در سناریوی  $B_1$  مناسب کشت نمی‌باشند و تنها ۲۴/۴۱، ۲/۶۹ و ۰/۰۸ درصد سطح استان در سناریوی  $A_2$  و همچنین ۲۵/۳۶، ۳/۴۵ و ۰/۰۵ درصد در سناریوی  $B_1$  به ترتیب جزء مناطق متوسط، مناسب و بسیار مناسب از لحاظ کشت برآورد گردید. همچنین بررسی روند نتایج به دست آمده از نقشه‌ی نهایی نشان داد که سناریوی  $A_2$  و  $B_1$  در آینده‌ی نزدیک (۲۰۳۰-۲۰۱۱)، به طور تقریبی از دقت یکسانی بر مکان‌یابی کشت پاییزه چغندر قند در استان خراسان جنوبی برخوردار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، درجه روزهای رشد (GDD)، شاخص قابلیت تولید زیست توده (CBPI)، نرم‌افزار LARS-WG، مدل HADCM3

Fatemehpursalehi@birjand.ac.ir

\* نویسنده مسئول. ۱- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

## مقدمه

رشد و نمو، فیزیولوژی، مورفولوژی و فنولوژی گیاهان زراعی تأثیرگذار باشد (Dehghanipour et al. 2014).

اشرف منصوری و همکاران (Ashrafmansuri et al. 2013)، امکان کشت پاییزه‌ی چغندرقد را در منطقه‌ی فسا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمارهای تاریخ کاشت، درصد بولتینگ را به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار می‌دهد. جواهری و همکاران (Javaheri et al. 2015)، با استفاده از روش AHP و نرم‌افزار GIS به پهنه‌بندی اقلیمی-زراعی امکان کشت پاییزه چغندرقد در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی پرداختند. نتایج نشان داد که در بسیاری از مناطق خراسان رضوی و نواحی مرکزی خراسان جنوبی احتمال ساقه‌وری بوته‌های چغندرقد وجود دارد. تنها در مناطق جنوب غربی استان خراسان جنوبی مجموع ساعات بهاره شدن کمتر از مقدار مورد نیاز چغندرقد می‌باشد. گرچه بارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر در طول فصل زراعی در مناطق جنوبی استان خراسان جنوبی مزیت این کاشت را در این مناطق کاهش می‌دهد.

مدل LARS-WG یکی از مولدهای داده‌های تصادفی هواشناسی است که می‌تواند برای تولید داده‌های بارش و تابش روزانه و درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیمی حال و آینده به کار رود (Semenov and Brooks 1998). سمنوف و بارو (Semenov and Barrow 2002)، در کشور انگلیس با استفاده از مدل LARS-WG سناریوهای تغییر اقلیم را بررسی و قابلیت این مدل را در شبیه‌سازی داده‌های روزانه تأیید نمودند. همچنین سمنوف (Semenov 2008)، با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۰ ایستگاه در نقاط گوناگون دنیا با اقلیم‌های متفاوت توانایی این مدل را در شبیه‌سازی رویدادهای جوی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که میانگین دمای حداکثر سالانه و مقادیر دوره برگشت بارندگی مصنوعی روزانه در محدوده‌ی اطمینان درصد داده‌های مشاهداتی قرار گرفتند، اما

در شرایط اقلیمی خشک کشور، تولید محصولاتی نظیر چغندرقد به دلیل نیاز آبی نسبتاً زیاد در بهار و تابستان به ویژه در مناطقی مانند خراسان، اصفهان، فارس و کرمان با مشکل کمبود آب روبرو است. در این مناطق، برای افزایش راندمان مصرف آب راه‌های گوناگونی مطرح شده که یکی از آن‌ها تولید چغندرقد پاییزه است. تنش خشکی و کم آبی مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید چغندرقد در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران است. در برخی از مناطق استان خراسان، کم آبی و تداخل تاریخ کاشت چغندرقد با آبیاری‌های آخر غلات باعث شده است که در بخش اعظمی از مزارع، کشت این گیاه تا گرفتن آب از غلات به تأخیر بیفتد و عملکرد ریشه تا ۲۰ تن در هکتار کاهش داشته باشد. در این شرایط کشت زمستانه‌ی چغندرقد به دلیل امتیاز در رشد گیاه و استفاده از بارش‌های فصول پاییز و زمستان یکی از راه‌های افزایش تولید چغندرقد محسوب می‌شود (Ahmadi et al. 2011). تغییر اقلیم (Climate change) به نوسان در اقلیم جهانی یا در اقلیم‌های منطقه‌ای در طول زمان اشاره می‌کند و این تغییرات را در شرایط میانگین جوی یا آب و هوای متوسط (متعارف) در دوره‌های زمانی تشریح می‌کند. این تغییرات ممکن است از فرآیندهای درونی زمین یا نیروهای خارج از آن مانند نوسان‌ها در شدت نور خورشید یا در سال‌های اخیر در اثر فعالیت‌های انسانی حاصل شده باشد (Samadibrujeni and Ebrahimi 2010). کشاورزی و منابع طبیعی به شدت به آب و هوا و اقلیم وابسته‌اند. از این رو تنوع اقلیمی و تغییرات آن در کوتاه مدت (در طول دوره‌ی رشد) و دراز مدت، نقش تعیین کننده‌ای در میزان تولید و پایداری آن دارند و به همین دلیل تأثیر تغییرات اقلیمی بر آینده کشاورزی مورد توجه محققین قرار گرفته است (Nasirimahallati et al. 2006). پدیده‌ی تغییر اقلیم و اثرات آن، به عنوان یکی از چالش‌های پیش رو در مدیریت منابع آب و بخش کشاورزی شناخته شده است. تغییرات اقلیم می‌تواند بر

خواهد یافت. سعیدآبادی و همکاران (Saeed abadi et al. 2015)، با استفاده از روش دیماتل (Dematel) و تحلیل شبکه‌ای تناسب اراضی استان آذربایجان غربی را در بستر تغییرات اقلیمی جهت کشت کلزا ارزیابی نمودند. براساس نتایج به دست آمده، روش مطرح شده قابلیت الگوسازی اثر تغییرات اقلیمی در تناسب اراضی را دارد. اجرای این روش برای کشت کلزا نشان می‌دهد که تغییرات دما و بارش سبب کاهش اراضی بسیار مناسب و برای کشت این محصول مناسب است؛ به طوری که اراضی مناسب کشت این محصول از ۴۷ درصد در دوره‌ی پایه به ۳۴ درصد در آینده تغییر خواهد یافت.

فرجی سبکبار و همکاران (Faraji sabokbar et al. 2012)، با تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی، عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی دشت گریایگان فسا را تعیین نمودند. همچنین جوانی و عنابستانی (Javani and Anabestani 2015)، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکان مناسب فضای سبز روستای چنار شهرستان کلات را تعیین نمودند. نتایج حاصل از ارزیابی دقت این دو روش با استفاده از تعیین ضریب کاپا (Kafpa) نشان داده که مدل ANP با ضریب کاپای ۰/۷۱ نسبت به مدل AHP با ضریب کاپای ۰/۵۹ از دقت بالاتری برخوردار است.

با توجه به مطالعات انجام شده تا کنون در ایران مطالعه‌ای در زمینه‌ی مکان‌یابی کشت پاییزه چغندرقد با تکیه بر اثر سناریوهای تغییر اقلیم و تعیین مکان مناسب کشت این محصول در دوره‌ی آینده با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای صورت نگرفته است.

### مواد و روش‌ها

استان خراسان جنوبی با وسعتی در حدود ۸۲۸۶۴ کیلومتر مربع، ۵/۷ درصد مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان در شرق ایران، در حاشیه‌ی شمال شرقی دشت لوت واقع شده است. مساحت بیرجند، مرکز استان دارای حدود

داده‌های دمای حداکثر روزانه با دقت کمتری تولید شده بودند. مشکواتی و همکاران (Meshkati et al. 2011)، توانایی مدل LARS- WG را در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که دقت مدل LARS- WG در شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی ایستگاه- های تحت بررسی مناسب است و می‌توان از آن جهت بازسازی داده‌های هواشناسی در دوره‌های گذشته و یا پیش بینی داده‌ها برای آینده بهره جست. همچنین می‌توان از آن در جهت ارزیابی اقلیم آینده استان در مقیاس محلی استفاده نمود. بابائیان و نجفی‌نیک (Babaeeyan and Najafi nik 2006)، نیز کارایی مدل LARS-WG را در مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی چهار ایستگاه سینوپتیک مشهد، بیرجند، سبزوار و تربت‌حیدریه بررسی نمودند. نتایج بیانگر این است که این مدل می‌تواند به عنوان یک مدل ارزیابی کننده اقلیم آینده در چهار ایستگاه یاد شده مورد استفاده قرار گیرد.

در راستای تعیین اثر پدیده‌ی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی، سلیمانی نادگانی و همکاران (Soleymaninan et al. 2012)، تأثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم را بر زمان کاشت، طول دوره‌ی رشد و نیاز آبی گندم زمستانه بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم در آینده، دوره‌ی زمانی مناسب برای کاشت گندم بین ۹ تا ۲۷ روز افزایش و طول دوره‌ی رشد گیاه بین ۴ تا ۱۴ روز کوتاهتر خواهد شد. اگر چه تبخیر و تعرق روزانه‌ی گیاه در طول فصل رشد افزایش می‌یابد اما در مجموع تبخیر و تعرق کل فصل رشد گیاه به دلیل کوتاه شدن دوره‌ی رشد کاهش خواهد یافت. نصیری‌محللاتی و کوچکی (Nasiri mahallati and Kuchaki 2005) اثر پدیده‌ی تغییر اقلیم را بر شاخص‌های اگروکلیماتیک مناطق کشت گندم دیم در ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که سطح زیر کشت گندم دیم در مناطق دیم خیز کشور برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به میزان ۱۶-۲۵ و ۲۳-۳۳ درصد کاهش

بیرجند قرار گرفته است و از اطراف توسط رشته کوه‌ها محصور شده است (Hosseinzadeh 2005). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان را نشان می‌دهد.

۱۴۲۶۵ کیلومترمربع است، و از لحاظ موقعیت جغرافیایی در مختصات ۳۲°۵۳' عرض شمالی و ۵۹°۱۲' طول شرقی قرار دارد. این شهر در شیب رشته کوه‌های باقران و تقریباً در مرکز دشت



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان جنوبی (Abbasi et al 2010)

لایه در اقیانوس ترسیم می‌شوند. تاکنون مدل‌های گردش عمومی مختلفی در مراکز مختلف تحقیقاتی تدوین و طراحی شده است. از آن جمله می‌توان به مدل‌های ECHAM4، HadCM3، CSIRO، CGCM2، 30- GFDL، NCAR و CCSR اشاره کرد (جدول ۱) (IPCC- DDC 1988).

به منظور شبیه‌سازی اقلیم کره زمین فرآیندهای اصلی اقلیمی (اتمسفر، اقیانوس، سطح زمین، یخ پوخته و زیست کره) در مدل‌های فرعی جداگانه جفت شده و مدل‌های AOGCM را تشکیل می‌دهند. روابط ریاضی این مدل‌ها در قالب شبکه‌های سه بعدی، با مقیاس مکانی افقی ۲۵۰ تا ۶۰۰ کیلومتر و ۱۰ تا ۲۰ لایه در اتمسفر و ۳۰

جدول ۱ مشخصات مدل گردش عمومی HadCM3

مرجع	سناریوهای شبیه‌سازی شده SRES	طول دوره شبیه سازی (سال)	دوره شبیه سازی گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در گذشته	دقت مکانی OGCM (درجه) (طول*عرض)	دقت مکانی AGCM (درجه) (طول*عرض)	مدل
Gordon et al. 2000	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>	دوره کنترل: ۲۴۰۰ سناریوهای SRES: ۲۰۹۹-۱۹۵۰	CO <sub>2</sub> : 1860-1989 SO <sub>4</sub> : 1860-1989	۲/۵×۳/۷۵	۲/۵×۳/۷۵	HadCM3

فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP تنها تئوری ریاضی است که امکان بررسی انواع مختلف برهمکنش‌ها، وابستگی‌ها و بازخوردها را به صورت سیستمی فراهم می‌سازد. دلیل موفقیت این روش در نحوه استخراج قضاوت‌ها و به کار بردن عملیات اندازه‌گیری ریاضی برای سنجش مقیاس‌های نسبی است. ارجحیت‌ها (به عنوان مقیاس‌های نسبی) یک بنیان عددی متقاعدکننده هستند که عملیات محاسباتی اولیه را به گونه‌ای با معنی هدایت می‌نمایند. در واقع ANP پیوند دو بخش می‌باشد: بخش اول مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه‌ای و یا سلسله مراتبی می‌باشد؛ که برهمکنش‌ها و ارتباطات متقابل را کنترل می‌کند و دومی شبکه‌ای از برتری‌ها و تأثیرگذارها میان عناصر و خوشه‌ها می‌باشد. اگرچه هم فرآیند تحلیل شبکه‌ای و هم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌ها را با مقیاسات زوجی اتخاذ می‌کنند، اما با این حال تفاوت‌هایی مابین آنها وجود دارد. اولین تفاوت آن است که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی حالت خاصی از فرآیند تحلیل شبکه‌ای است، چرا که فرآیند تحلیل شبکه‌ای، وابستگی درون خوشه‌ای (وابستگی درونی) و میان خوشه‌ای را در نظر می‌گیرد. دومین تفاوت آن است که فرآیند تحلیل شبکه‌ای ساختاری غیرخطی دارد. به طور کلی مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی چارچوب تصمیم‌گیری است که رابطه یک‌سویه و سلسله مراتبی را میان سطوح تصمیم در نظر می‌گیرد. در عوض فرآیند تحلیل شبکه‌ای نیازی به این ساختار اکیداً سلسله مراتبی و عمودی ندارد (Saati 2004).

در این مطالعه ابتدا داده‌های اقلیمی مانند دمای حداقل، دمای حداکثر، بارندگی و تعداد ساعات آفتابی به صورت روزانه از ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان جنوبی جمع‌آوری گردید (جدول ۲). داده‌های ۲۰ سال پایه به عنوان ورودی به مدل LARS-WG وارد و با انتخاب مدل گردش عمومی

(Intergovernmental Panel on Climate ,IPCC Change) در سال ۲۰۰۰ سری جدیدی از سناریوهای انتشار (SRES (Special Report an Emissions Scenarios) برای ارائه در سومین گزارش ویژه سناریوهای انتشار تدوین کرد. گروه SRES چهار خانواده سناریو با نام‌های  $A_1$ ،  $A_2$ ،  $B_1$  و  $B_2$  را برای توصیف ارتباط بین فرایندهای تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای و اُتروسول‌ها (Aerosol) و نحوه تغییرات آن‌ها طی قرن بیست و یکم در مناطق مهم کره زمین به کار گرفت (Abbasi et al. 2010; Harvey et al. 1997; Houghton et al. 1996)

مدل LARS-WG مولد آب و هوایی بر پایه روش سری‌ها است که می‌تواند به منظور شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیمی فعلی و آتی استفاده شود. این مولد با استفاده از داده‌های آب و هوایی مشاهداتی در یک ایستگاه مفروض، پارامترهای توزیع‌های احتمالاتی متغیرهای آب و هوایی و نیز تعیین رابطه بین آنها، داده‌های مربوط به دوره آینده را تولید می‌کند. در واقع هدف اصلی از کاربرد و ایجاد مدل LARS-WG برای برطرف نمودن محدودیت‌های زنجیره مارکف (Markov) است. هرچند که زنجیره مارکف یک روش مرسوم برای شبیه‌سازی پدیده بارش می‌باشد ولی قادر نیست حداکثر طول دوره خشکسالی را مدل‌سازی نماید، در حالی که این پارامتر در ارزیابی محصولات کشاورزی بعضی مناطق دنیا از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این مجموعه پارامترها با انتخاب تصادفی مقادیر از توزیع‌های مناسب برای تولید سری‌های زمانی با طول دلخواه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Danesh faraz and Razzagh pour 2014).

روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)

محصول در دوره‌ی آتی بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم استخراج گردید. پس از تعیین دما در دوره‌ی رشد چغندر قند پاییزه، پارامترهای فیزیولوژی گیاهی شامل درجه روزهای رشد (GDD) و شاخص قابلیت تولید زیست توده (CBPI) که ارتباط مستقیمی با این پارامتر هواشناسی دارند، محاسبه گردید.

HadCM3 در دو حالت سناریوی A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> طی بازه‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ خروجی‌های دما و بارندگی حاصل گردید. سپس با توجه به دوره‌ی کشت چغندر قند پاییزه در ایران (۲۰ شهریور تا ۳۰ خرداد) در سال زراعی ۹۵-۹۶، پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی از خروجی مدل جهت تعیین مکان مناسب کشت این

جدول ۲ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک در استان خراسان جنوبی

شماره ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه-دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه-دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	بیرجند	۵۹ ۱۷	۳۲ ۵۳	۱۵۰۴
۲	بشرویه	۵۷ ۲۵	۳۳ ۵۱	۸۷۹
۳	فردوس	۵۸ ۱۱	۳۴ ۰۱	۱۲۹۲
۴	خور	۵۸ ۲۶	۳۲ ۵۶	۱۱۱۷/۴
۵	نهبندان	۶۰ ۰۲	۳۱ ۳۲	۱۱۸۸
۶	قاین	۵۹ ۱۱	۳۳ ۴۴	۱۴۳۹

نشان می‌دهد براساس رابطه (۲) محاسبه گردید (De Pauw 2002).

$$CBPI_{ij} = \sum_{i=GP\ ON}^{GP\ END} (ATI)_{i,j} \quad (2)$$

در این رابطه CBPI شاخص قابلیت تولید زیست توده،  $i$  و  $j$  به ترتیب تعداد روند و گروه محصول زراعی، GP ON و GP END به ترتیب ابتدا و انتهای دوره‌ی رشد را نشان می‌دهند. در این رابطه ATI معادل درجه حرارت اصلاح شده می‌باشد که براساس معادلات رابطه (۳) محاسبه گردید.

$$ATI = 0$$

$$[T_{day} \leq T_0 \quad یا \quad T_{day} \geq T_X]$$

$$ATI = T_{day} - T_0$$

$$[T_{day} > T_0 \quad و \quad T_{day} < T_{opt1}]$$

$$ATI = \frac{T_{opt1} + T_{opt2}}{2} - T_0$$

$$[T_{day} \geq T_{opt1} \quad و \quad T_{day} \leq T_{opt2}]$$

$$ATI = T_X - T_{day}$$

$$[T_{day} > T_{opt2} \quad و \quad T_{day} < T_X]$$

### درجه روزهای رشد (Growth Degree Days)

در این مطالعه برای مشخص نمودن تاریخ دقیق شروع و پایان مراحل رشد چغندر قند پاییزه از روش درجه روزهای رشد (رابطه ۱) در هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک استان استفاده گردید (Hundal et al. 1997).

$$GDD = \sum_a^b \left( \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - T_b \right) \quad (1)$$

که در رابطه‌ی فوق GDD درجه روزهای رشد،  $T_{max}$  و  $T_{min}$  به ترتیب درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه بر حسب سانتی‌گراد،  $T_b$  درجه حرارت پایه بر حسب سانتی‌گراد و  $a$  و  $b$  به ترتیب تاریخ شروع و پایان مرحله فنولوژیکی محصول زراعی است. ( $T_b$  معادل ۵ درجه سانتی‌گراد برای چغندر قند در نظر گرفته شد (Javaheri et al. 2015)).

### شاخص قابلیت تولید زیست توده

#### (Capability of Biomass Production Index)

شاخص تولید توده زیستی که مجموع درجه حرارت مناسب رشد در طول دوره‌ی زراعی و تجمع ماده‌ی خشک را

جدول ۳ وزن نرمال محاسبه شده در نرم افزار Super decision

نام متغیر	وزن نرمال ANP
CBPI	۰/۰۲۴
GDD	۰/۱۹۵
PH	۰/۰۱۸
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۴۸
بارندگی	۰/۱۱۲
دما	۰/۲۲۴
شوری آب	۰/۰۱۹
شیب	۰/۰۵۲
فاصله از منابع آب	۰/۰۸۳
کاربری اراضی	۰/۲۲۵
مجموع	۱

با توجه به این امر که برای هر یک از مقایسات زوجی در روش ANP نرخ ناسازگاری به صورت مجزا تعیین می‌گردد، میانگین نرخ ناسازگاری مدل ایجاد شده به طور میانگین معادل ۰/۰۱۹ برآورد گردید، با توجه به کوچکتر بودن مقدار نرخ ناسازگاری از ۰/۱ می‌توان نتیجه گرفت که وزن‌های به دست آمده صحت لازم را دارا می‌باشند.

با همپوشانی لایه‌های رستری ایجاد شده، نقشه‌ی نهایی در نرم افزار ARCGIS 9.3 تهیه گردید. پس از بررسی لایه‌ی نهایی ایجاد شده تحت سناریوی A2 در دوره‌ی کشت پاییزه چغندرقد که براساس دوره‌ی اول (۲۰۳۰-۲۰۱۱) انتخاب شد، ۷۲/۸۱، ۲۴/۴۱، ۲/۶۹ و ۰/۰۸ درصد از مساحت کل استان به ترتیب جزء مناطق نامناسب، متوسط، مناسب و بسیار مناسب برآورد شدند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با احتمال رخداد سناریوی B<sub>1</sub>، مناطق بسیارمناسب، مناسب، متوسط و نامناسب کشت به ترتیب ۰/۰۵، ۳/۴۵، ۲۵/۳۶ و ۷۱/۱۳ درصد از کل مساحت استان خراسان جنوبی را به خود اختصاص می‌دهند. مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر با نتایج حاصل از تحقیقات جواهری و همکاران (Javaheri et al. 2015) که حاکی از وجود شرایط متوسط کشت پاییزه چغندرقد در بخش وسیعی از مساحت استان (معادل ۴۷/۹۸ درصد) می‌باشد، نشان

که در آن Tday، T0، Topt1، Topt2 و Tx به ترتیب معادل دمای روزانه، دمای پایه‌ی رشد، حد پایین دمای آستانه (که بیش از آن سرعت تجمع ماده‌ی خشک به حداکثر می‌رسد)، حد بالای دمای آستانه (که بیش از آن سرعت تجمع ماده‌ی خشک کاهش می‌یابد) و دمایی که در بالاتر از آن هیچ گونه تجمع ماده‌ی خشک اتفاق نمی‌افتد، می‌باشد که مقادیر آنها به ترتیب ۵، ۱۵، ۲۰ و ۳۳ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد (De Pauw et al. 2000).

بعد از تعیین پارامترهای اقلیمی و فیزیولوژی گیاهی، نقشه‌ی رستری پارامترهای توپوگرافی شامل کاربری اراضی، شیب و ارتفاع از سطح دریا و همچنین پارامترهای هیدروژئولوژی مانند شوری، PH آب و فاصله از منابع آب در نرم‌افزار Arc Gis 9.3 تهیه گردید. بعد از ایجاد نقشه‌های رستری، به تهیه‌ی پرسشنامه‌های متعدد برای تعیین وزن‌های اولیه بر اساس مقایسات زوجی پارامترها به عنوان ورودی در نرم‌افزار Super decision تهیه گردید (جدول ۳) و مدل تحلیل شبکه‌ای با هدف تعیین مکان مناسب کشت پاییزه چغندرقد در محیط نرم‌افزار مورد نظر ساخته شد.

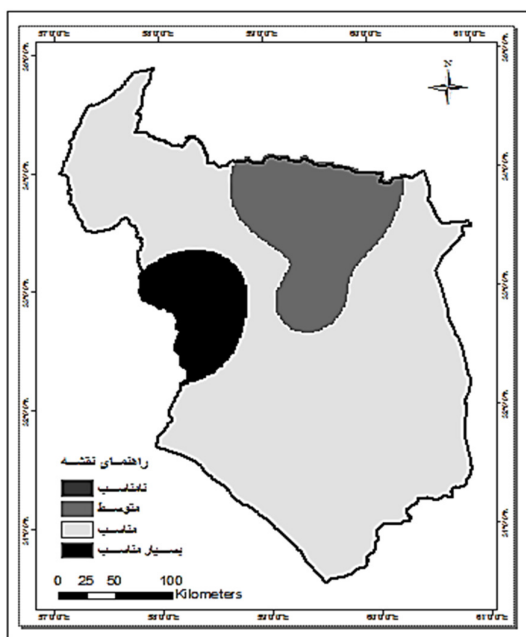
با مشخص شدن وزن نرمال هر یک از لایه‌های رستری در نظر گرفته شده با استفاده از همپوشانی لایه‌ها در نرم‌افزار Arc Gis 9.3، مکان مناسب کشت پاییزه چغندرقد بر اساس هر یک از دو سناریوی A<sub>2</sub> و B<sub>1</sub> تعیین گردید.

## نتایج و بحث

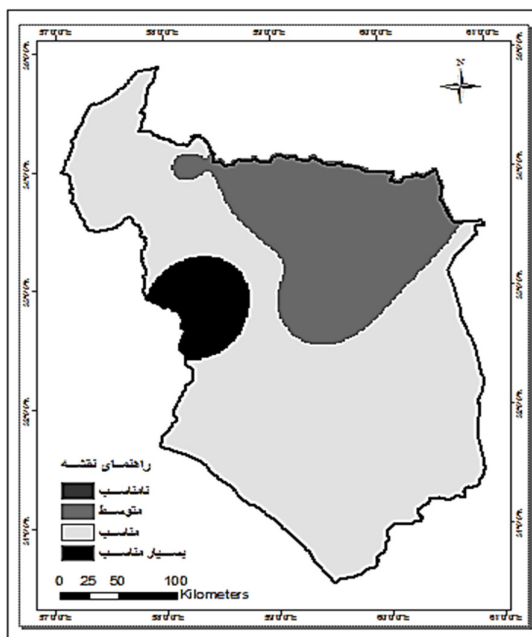
در این مطالعه پس از دریافت پارامترهای خروجی از مدل لارس (LARS-WG) تحت دو سناریوی A<sub>1</sub> و B<sub>2</sub> با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، وزن نرمال تمامی پارامترهای در نظر گرفته شده در تحقیق محاسبه گردید. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

که این اختلاف جزئی میان دو سناریو  $A_2$  و  $B_1$  را می‌توان به اختلاف در پارامترهای دما، بارندگی، GDD و CBPI در سناریوهای مذکور نسبت داد (شکل‌های ۹-۲). بنابراین نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عمده‌ی سطح استان برای کشت این محصول (در صورت وقوع پدیده‌ی تغییر اقلیم) مناسب نخواهد بود و تنها حدود ۲۵ درصد از سطح استان، شرایط متوسطی جهت کشت برخوردار می‌باشد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مکان‌های مناسب کشت پاییزه‌ی چغندر قند در سطح استان را نشان می‌دهند.

می‌دهد که وقوع پدیده‌ی تغییر اقلیم و اثر آن بر دما و بارندگی و به تبع آن پارامترهای مؤثر بر کشت این محصول به ویژه درجه‌روزی رشد (GDD) و شاخص قابلیت تولید زیست توده (CBPI)، سبب تبدیل مساحت زیادی از استان (معادل ۷۲/۸۱ درصد در سناریوی  $A_2$  و ۷۱/۱۳ درصد در سناریوی  $B_1$ ) به منطقه‌ی نامناسب جهت کشت خواهد شد. همچنین با توجه به مساحت‌های تعیین شده می‌توان نتیجه گرفت که مناطق مناسب کشت پاییزه چغندر قند در دوره‌ی آینده‌ی نزدیک (دوره‌ی اول) در هر دو سناریو دارای روند تقریباً یکسانی هستند

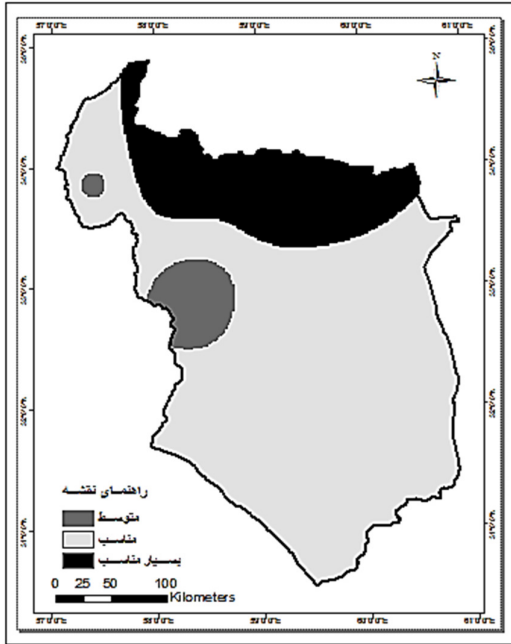


شکل ۳ نقشه پهنه‌بندی دمای استان جهت کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی  $B_1$  (۲۰۱۱-۲۰۳۰)

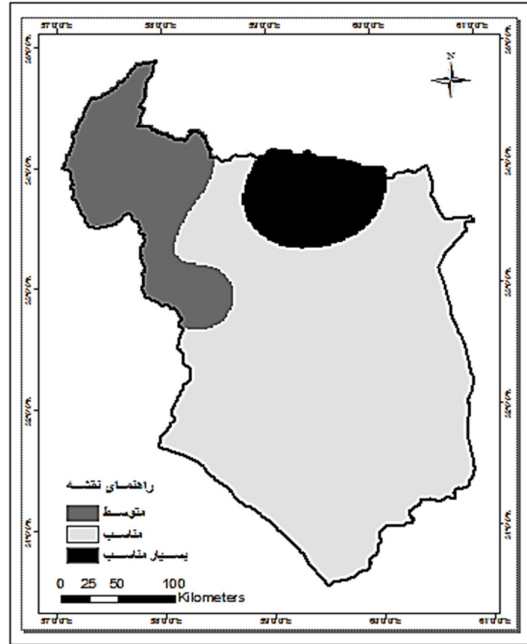


شکل ۲ نقشه پهنه‌بندی دمای استان جهت کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی  $A_2$  (۲۰۱۱-۲۰۳۰)

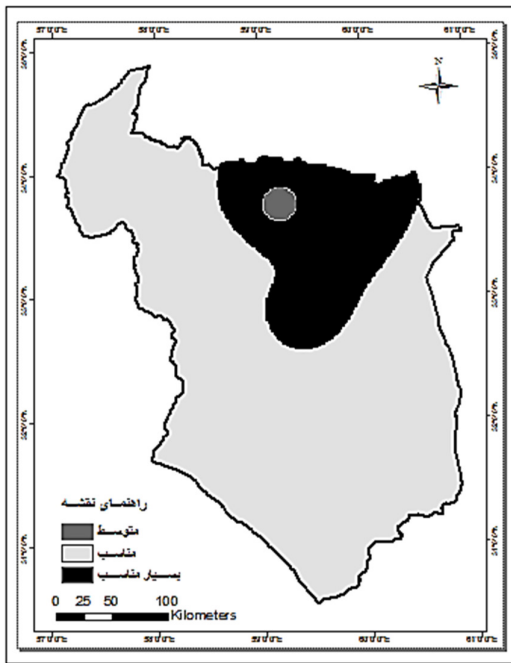




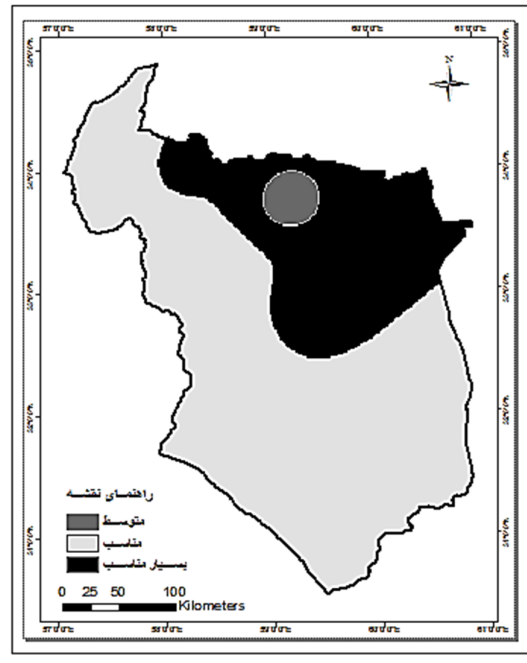
شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی بارندگی استان جهت کشت پاییزه‌ی چغندرقد تحت سناریوی B<sub>1</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



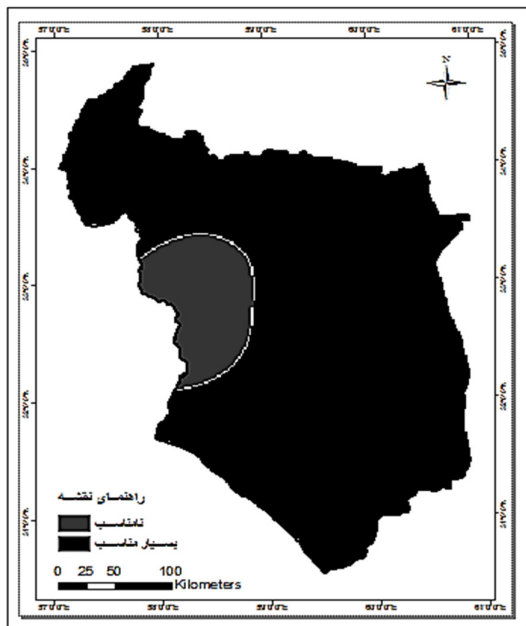
شکل ۴ نقشه پهنه‌بندی بارندگی استان جهت کشت پاییزه‌ی چغندرقد تحت سناریوی A<sub>2</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



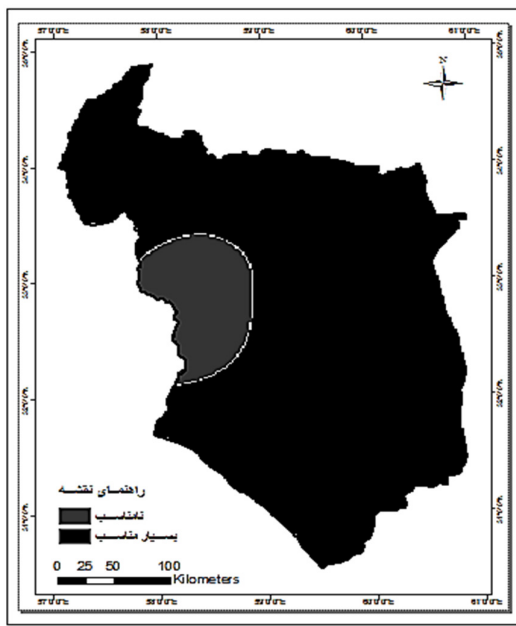
شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی GDD جهت کشت پاییزه‌ی چغندرقد تحت سناریوی B<sub>1</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



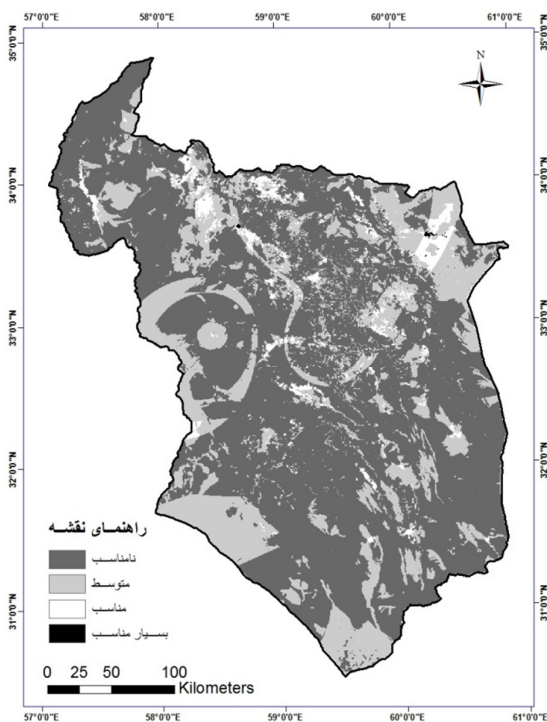
شکل ۶ نقشه پهنه‌بندی GDD جهت کشت پاییزه‌ی چغندرقد تحت سناریوی A<sub>2</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



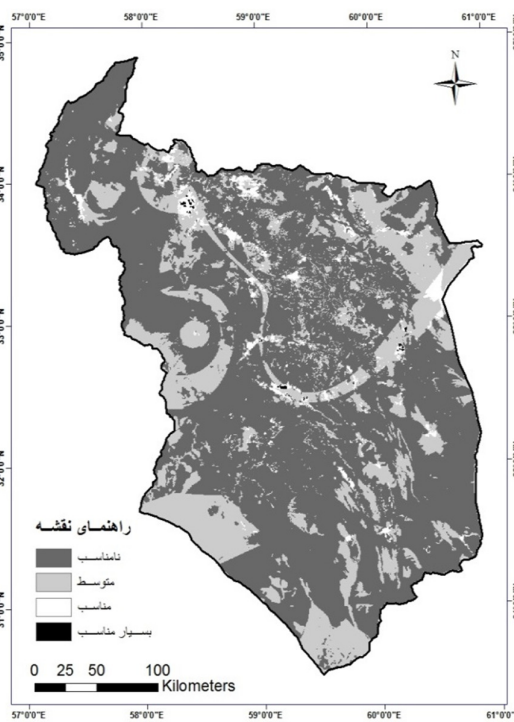
شکل ۹ نقشه پهنه‌بندی CBPI جهت کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی B<sub>1</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



شکل ۸ نقشه پهنه‌بندی CBPI جهت کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی A<sub>2</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



شکل ۱۱ نقشه پهنه بندی اگروکلیماتیک کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی B<sub>2</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)



شکل ۱۰ نقشه پهنه بندی اگروکلیماتیک کشت پاییزه‌ی چغندر قند تحت سناریوی A<sub>2</sub> (۲۰۱۱-۲۰۳۰)

**نتیجه گیری**

آمده حاکی از آن است که در صورت وقوع تغییر اقلیم در استان خراسان جنوبی، این استان مکان بسیار مناسبی برای کشت نمی‌باشد و فقط درصد کمی از مساحت آن (معادل ۲۵ درصد) می‌تواند با شرایط متوسطی تحت کشت این محصول قرار گیرد.

این مطالعه با هدف بررسی اثر این پدیده بر مکان‌یابی کشت پاییزه‌ی چغندرقد در آینده در استان خراسان جنوبی انجام گردید. مقایسه‌ی سناریوهای اقلیمی A2 و B2 در آینده‌ی نزدیک نتایج تقریباً مشابهی را از نظر مکان مناسب کاشت چغندرقد پاییزه نشان می‌دهد. همچنین نتایج به‌دست

**References:****منابع مورد استفاده:**

- Abbasi F, Malbusi SH, Babaeian A, Asmari M, Borhani R. Climate Change Prediction of South Khorasan Province During 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO-G Data. Journal of Water and Soil. 2010; 24(2): 218-233. (in Persian, abstract in English)
- Abbasi F, Babaeian E, Habibinokhandan M, Golimokhtari L, Malbusi Sh, Askari ShA. Evaluation of the impact of climate change on precipitation and temperature in the decades ahead, with the help of the MAGICC-SCENGEN model. Natural Geography Research. 2010; (72): 91-109. (in Persian)
- Ahmadi M, Fathollah Taleghani D, Mahzuni SJ, Shahbazi H. Exploring the possibility of autumn sowing of sugar beet in south of the Khorasan Razavi province. Improvement Institutes and preparation of sugar beet seed, 2011; Organization of research, education and promoting of agriculture, Final report, No. 91/41200. (in Persian, abstract in English)
- Ashrafmansouri GhR, Sharifi M, Hamdi F. Study of autumn sowing of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) in Fasa area. Journal of Sugar beet. 2013; 71-84.
- Babaeian e, Najafinik Z. Introduction and evaluation of LARS-WG for modeling meteorological parameters Khorasan province, statistical period (1961-2003). Two-Quarterly Scientific-extension Niwar, 2006; (62-63): 49-65. (in Persian)
- Daneshfaraz R, Razzaghpour H. Evaluation of Climate Change Impacts on Potential Evapotranspiration in the West Azerbaijan Province. Geographical Space. 2014; 14:199-211. (in Persian)
- Dehghanipour AH, Tajrishi M, Araghinezhad SH. Quantifying the impact of climate change on rain-fed wheat cultivation in the catchment area of Urmia. 5th national Conference on Water Resources Management; Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; 2014. (in Persian)
- De pauw E. An Agro-ecological exploration of the Arabian Peninsula. ICARDA. 2002; Aleppo, Syria, 77 pp. ISBN, 92-9127-119-5.
- De Pauw E, Göbel W, Adam H. Agro-meteorological aspects of agriculture and forestry in the arid zones. Agricultural and Forest Meteorology, 2000; 103:43-58.

- Faraji sabokbar HA, Nasiri H, Hamzeh M, Talebi S, Rafiei Y. Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (case study: Garbaygan Plain of Fasa). *Geography and Environmental Planning*. 2012; 44 (4): 143-166. (in Persian)
- Gordon C, Cooper C, Seinor CA, Banks H, Gregory JM, Johns TG, Mitchell JFB, Wood RA. The simulation of SST, Seas ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Center coupled model without flux adjustment. *Climate Dynamics*. 2000; 16(2):147-168.
- Harvey LDD, Gregory J, Hoffert M, Jain A, Lal M, Leemans R, Raper SBC, Wigley TML, de Wolde J. An introduction to Simple Climate models used in the IPCC Second Assessment Report: IPCC Technical Paper 2 (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs and M. Noguer), Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997; Geneva, Switzerland, pp. 50.
- Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K, eds, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, New York, 1996; pp. 572.
- Hosseinzadeh M. *Geomorphological abilities in Birjand urban development*. 2005; Tehran University, Faculty of Geography. Natural Geography Department. (in Persian)
- Hundal SS, Singh R, Dhaliva LK. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum L.*) in Punjab. *Journal of Agricultural Sciences*. 1997; 67: 265-268.
- IPCC-DDC , 1988; <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>
- IPCC-TAGCIA. Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. 1999. eds. Carter TR, Hulme M, Lal M, Version 1, 69pp. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment. Harvey LDD, Gregory J, Hoffert M, Jain A, Lal M, Leemans R, Raper SBC, Wigley TML, de Wolde J. An introduction to Simple Climate models used in the IPCC Second Assessment Report: IPCC Technical Paper 2 (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs and M. Noguer), Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997; Geneva, Switzerland, pp. 50.
- Javaheri MA, Ramrudi M, Asgharipour MR, Dehmardeh M, Ghaemi AR. Agroclimatic zonation for evaluating autumn sugar beet sowing feasibility in Khorasan Razavi and Khorasan-e-Jonobi Provinces. *Journal of Sugar beet*. 2015; 31(1): 17-31.
- Javani Kh, Anabestani AA. Comparison analysis multi-Criteria Decision methods AHP and ANP in locating of rural green spaces Case Study: Chenar Village of Kalat city. *Journal of Spatial Planning*. 2015; 19(4):1-31.
- Meshkati AM, Kordjazi M, Babaeian A. Review and evaluate LARS model in the simulation of meteorological data Golestan province during 1993-2007 gregorian. *Journal of Applied Research of Geographic Sciences*. 2011; 16(19): 81-96.
- Nasirimahallati M, Kuchaki A. Effects of climate change on agro climatic indices in rainfed wheat production areas of Iran. *Journal of Iranian agricultural research*. 2005; 3(2): 291-303. (in Persian)

- Nasirimahallati M, Kuchaki A, Kamali GH, Marashi H. Effect of climate change in agroclimatic indices of iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2006; 20(7): 71-82. (in Persian)
- Saaty TL. Decision making the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Systems Science and Systems Engineering*, 2004; 13(1): 1-34.
- Saeedabadi R, Najafi MS, Abkharabat SH. Land suitability evaluation in the context of climate change (case study: rapeseed cultivation in West Azarbaijan province). *Physical geography research quarterly*. 2015; 47(4): 563-582. (in Persian)
- Samadi borujeni H, Ebrahimi AA. Drought consequences and ways to deal with it (in Chahar mahal and Bakhtiari). *Water Resources Research Center (University of Shahre kord)*. 2010; The first edition, the second season (meteorological drought and its evaluation indicators), pp 65. (in Persian)
- Semenov MA. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 2008; 35, 203-212.
- Semenov MA, Brooks RJ. Comparison of the WGEN and LARSWG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research*, 1998; 10: 95-107.
- Semenov MA, Barrow EM. LARS-WG A stochastic weather generator for use in climate impact studies. *User Manual*, 2002; Version 3.0: 28.
- Solaimaninanadegani M, Parsinezhad M, Araghinezhad SH, Massahbavani AR. Occurrence of climate change and its effect on sowing date, length of growing cycle and evapotranspiration of winter wheat (case study: Behshahr). *Journal of Water and Soil*. 2012; 6(10): 11-20. (in Persian)