

Statistical-Spatial Analysis of Rice, Wheat And Barley Yield Variability in The Southern Shore of The Caspian Sea

HADIS SADEGHI¹ , HOSEIN MOHAMMADI^{2*} , ALIAKBAR SHAMSIPOUR³ 
, SAEED BAZGEER⁴ , MOSTAFA KARIMI⁵ , SAEED SOUFIZADEH⁶ 

1. Phd. Student, Department of Physical Geography, Faculty Of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
 - 2, Professor, Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
 - 3, Associate Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
 - 4, Assistant Professor Department Of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
 - 5, Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
 - 6, Assistant Professor, Department of Agro Ecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran
- (Received: Sep. 30, 2019- Accepted: Aug. 15, 2020)

ABSTRACT

Climatic and regional conditions have provided a good environment for agricultural development, especially in the Caspian Sea provinces. The purpose of this study is to identify the effect of climate variables on spatial analysis of grain yield and Grain cultivation capability in the southern coast of the Caspian Sea. Then, using important functions of spatial statistics including moron index and hot spots analysis of spatial patterns of rice, wheat and barley yields on the southern coast of the Caspian Sea during the statistical period of 2000-2016 were investigated. According to the results of Moran index analysis, it was determined that the yield of rice, wheat and barley were positive and close to one in the study period, indicating the clustering of the spatial distribution of the yield of the products under study. Also, based on the results of Local Indicators of Spatial Association and the analysis of hot spots, high value values or positive spatial correlation of rice yield were mainly found in Mazandaran province and high values or positive spatial correlation of wheat yield in southern parts of Golestan province and limited parts from Mazandaran Province. For yield of barley, the most areas with high positive spontaneous autocorrelation (hot spots) are mainly confined to Babolsar and Joybar cities of Mazandaran province at confidence level of 99%, Babol in 95% confidence level and Aliabad city Located in Golestan province at a confidence level of 90%. Low value of wheat and barley yields were found in the eastern and western parts of Gilan province at 99, 95 and 90 percent confidence levels.

Keywords: Caspian coastlines, yield, spatial statistics, Moran index, Hot spots analysis.

Introduction

Despite the importance and role of strategic products such as rice, wheat and barley in the economic and social conditions of the people living on the southern shore of Caspian Sea, Mazandaran province among the Caspian Sea provinces, in terms of the persistence of agricultural resources is weak and the two provinces of Gilan and Golestan, also have weak instability. Overall, the research conducted in Iran shows that most of these studies have evaluated long-term yield behavior and cultivation level of crops and identifying the effect of climate variables on crop yield. Studying the range of methods used in these studies confirms the accuracy of statistical methods in evaluating and estimating crop yield. However, a summary of the background of the research

conducted at the national level indicates that the spatial statistics techniques are not used properly. Therefore, in this research, we have tried to using important functions of spatial statistics including Moran index and analysis of hot spots of spatial patterns in the rice, wheat and barley yields during the statistical period of 2000-2016 on the southern shores of the Caspian Sea was investigated.

Materials and methods

In this study, using important functions of spatial statistics including Moran index and hot spots analysis of spatial patterns of rice, wheat and barley yield on the southern Caspian Sea shore during the statistical period of 2000-2016 were investigated. Since nonparametric tests are more appropriate for data series whose statistical distribution is not normal or contains missing data, In this study, Mann Kendall nonparametric test was used to identify the long term trend of three rice, wheat and barley crops in the study area including Golestan, Mazandaran and Gilan provinces during the period of 2000-2016. Then, the trend of spatial and temporal variations in yields of these products were analyzed for three periods of 2000-2005, 2006-2010 and 2011-2016. Also, it is important in environmental analysis to understanding how space distribution of yield data and the patterns and processes that govern it to provide proper planning and management, Therefore, in this study, spatial statistics analysis methods, including Local Indicators of Spatial Association and Hot Spot Analysis were used.

Moran index determines the degree of spatial autocorrelation between adjacent values and cells. The results of this analysis show whether the effects have been distributed randomly, scattered or clustered in space, and in this index, the values close to the number -1 are strong negative correlations and close values of +1, are strong positive correlation. Though that the Moran's I statistic is a general statistic and it is not possible to evaluate the spatial structure, the identification of local spatial clusters and the areas involved in general spatial autocorrelation, Hence, to display of the rice, wheat and barley dispersion patterns were used Local Indicators of Spatial Association (LISA) and hot spots analysis.

Results and discussion

The results of the Mann Kendall trend test showed that the average yield of rice and barley on the southern shores of the Caspian Sea has been increasing trend. For wheat, the results showed positive changes slope but non-significant in Gilan and Mazandaran provinces and negative changes slope and non-significant in Golestan province.

Changes in rice yield showed that in the first years of the statistical period (2000-2005), the highest rice yield was concentrated in the western and central parts of Mazandaran province, which subsequently , in the middle years of the statistical period (2006-2010), a increasing trend was formed towards the east of the study area. Changes in wheat yield values during the studied period clearly showed that in the early years of the statistical period (2000-2005) wheat yield was more than 3000 kg ha⁻¹ in significant parts of Golestan province. Gilan province had the lowest amount of cultivated fields (5943 hectares) compared to the other two other provinces during the statistical period, so that the areas under cultivation of barley in Gilan province in the early years of the statistical period (2000-2005) had a yield below 1000 kg / ha. According to the results of Moran index analysis, it was determined that the yield of rice, wheat and barley were positive and close to one in the study period, indicating the clustering of the spatial distribution of the yield of the products under study. Also, based on the results of Local Indicators of Spatial Association and the analysis of hot spots, high values or positive spatial autocorrelation of rice yield were mainly found in Mazandaran province and high values or positive spatial autocorrelation of wheat yield in southern parts of Golestan province and limited parts from Mazandaran Province. For yield of barley, the most areas with high positive autocorrelation (hot spots) were mainly confined to Babolsar and Joybar cities of Mazandaran province at confidence level of 99%, Babol in 95% confidence level and Aliabad city located in Golestan province at a confidence level of 90%. Low value of wheat and barley yields were found in the eastern and western parts of Gilan province at 99, 95 and 90 percent confidence levels. The Low value or negative autocorrelation (LL) rice yield patterns were observed only in Rudbar city, Gilan province.

Conclusion

According to the research findings, it was found that mainly the highest rice yields in significant parts of Mazandaran province and limited parts of Golestan province are located, while based on the results of both local Moran(LISA) and analysis Hot Spot, rice yield in Gilan province has negative spatial autocorrelation. Regarding wheat, the highest amounts of cultivation region was observed in Golestan province with an average of 360,263 thousand hectares during the statistical period that in this regard, based on the results of the local Moran pattern and hot spots analysis, it was revealed that areas with high positive spatial autocorrelation(hot spots) is limited to the southern parts of Golestan province and limited parts of Mazandaran province, including Babolsar and Joybar areas, at various confidence levels.

Keywords: Caspian coastlines, yield, spatial statistics, Moran index, Hot spots analysis.

تحلیل آماری-فضایی تغییرات عملکرد برنج، گندم و جو در سواحل جنوبی خزر

حدیث صادقی^۱، حسین محمدی^{۲*}، علی اکبر شمس پور^۳، سعید بازگیر^۴، مصطفی کریمی^۵، سعید صوفی زاده^۶
 ۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۳. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۴. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۵. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۶. استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
 (تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۸ - تاریخ تصویب: ۹۹/۵/۲۵)

چکیده

شرایط آب و هوایی و منطقه‌ای، توان‌های محیطی مناسبی برای توسعه کشاورزی به‌ویژه در استان‌های حاشیه دریای خزر فراهم کرده است. هدف پژوهش شناخت اثر متغیرهای اقلیمی با تحلیل فضایی میزان عملکرد و قابلیت کشت غلات در سواحل جنوبی دریای خزر است. پس با استفاده از توابع مهم آمار فضایی شامل شاخص موران و تحلیل لکه‌های داغ، الگوهای مکانی عملکرد برنج، گندم و جو در سواحل جنوبی دریای خزر در دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵ واکاوی شد. براساس نتایج حاصل از تحلیل شاخص موران مشخص شد که عملکرد برنج، گندم و جو در طول دوره آماری مورد مطالعه دارای ضریب مثبت و نزدیک به یک هستند که گویای خوشه‌ای بودن توزیع فضایی عملکرد محصولات مورد تحلیل است. همچنین، براساس نتایج شاخص موران محلی و تحلیل لکه‌های داغ، مقادیر با خود همبستگی فضایی مثبت عملکرد برنج عمدتاً در استان مازندران و مقادیر با خود همبستگی فضایی مثبت عملکرد گندم در بخش‌های جنوبی استان گلستان و بخش‌های محدودی از استان مازندران مشاهده شد. برای عملکرد جو بیشترین نواحی با خود همبستگی فضایی مثبت (لکه‌های داغ عملکرد) عمدتاً در سطوح اطمینان مختلف محدود به شهرستان‌های بابل و جویبار واقع در استان مازندران در سطح اطمینان ۹۹ درصد، بابل در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شهرستان علی‌آباد استان گلستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد بود. مقادیر با ارزش پایین عملکرد گندم و جو عمدتاً در بخش‌های شرقی و غربی استان گیلان در سطوح اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: آمار فضایی، تحلیل لکه‌های داغ، سواحل دریای خزر، شاخص موران، عملکرد.

مقدمه

از جنوب به ارتفاعات البرز محدود می‌گردد و مرکز تولیدات کشاورزی است. ۹/۷۵ درصد جمعیت کل کشور و ۱۱/۰۶ درصد از سطح زیر کشت اراضی زراعی کشور را داراست. منابع آب و کشاورزی نقش اساسی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مردم این منطقه دارد

از جمله مهم‌ترین و راهبردی‌ترین محصولات کشاورزی ایران، به خصوص نواحی شمالی آن برنج، گندم و جو است. شمال ایران در نیمه جنوبی کمربند معتدله کره زمین واقع شده که از شمال به دریای خزر و

سراسری فرض صفر این است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد؛ زمانی که مقدار ارزش ویژه بسیار کوچک و مقدار z محاسبه شده بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرض صفر را رد کرد (Asadi & Karami, 2017). این شاخص عددی را به دست می‌دهد، با عنوان امتیاز استاندارد یا (z -score) که با استفاده از آن می‌توان درجه‌ی پراکنده بودن یا متمرکز بودن عوارض را در فضا اندازه‌گیری کرد. به طور کلی، مقادیر شاخص موران بین -1 تا $+1$ است که مقادیر نزدیک به عدد -1 از خود همبستگی قوی منفی، مقادیر شاخص موران نزدیک عدد $+1$ از خود همبستگی قوی مثبت برخوردارند و مقادیر نزدیک صفر هیچ خود همبستگی فضایی ندارند (Jin et al., 2018). با توجه به اینکه شاخص موران سراسری قادر به شناسایی خوشه‌های مکانی محلی و نواحی سهیم در خود همبستگی مکانی کلی نمی‌باشد، لازم است که از شاخص موران محلی که در سال ۱۹۹۵ توسط انسلین با هدف تشخیص مکان‌های محلی و پیشنهاد مکان‌های انفرادی مؤثر در پیوندهای فضایی ابداع شد، استفاده شود تا بتوان لکه‌های داغ (مقادیر با ارزش بالا) و لکه‌های سرد (مقادیر با ارزش پایین) را مشخص کرد (Hataminezhad et al., 2014; Mirzaei et al., 2018). بر این اساس، مطالعات متعددی در ایران و جهان پیرامون ارزیابی درازمدت سطح زیر کشت و عملکرد و بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر روی عملکرد محصولات کشاورزی در ایران و جهان با بهره‌گیری از تحلیل‌های آماری و فضایی انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. (Lucyanne Santos et al., 2019). سیر تغییرات مکانی و زمانی تولید و عملکرد سوپا را در منطقه ماتوپیا واقع در برزیل با استفاده شاخص موران محلی بررسی کردند و اظهار داشتند که نواحی با تولید بالا عمدتاً در غرب و بخش مرکزی منطقه متمرکز است. (Jin et al., 2018). با استفاده از شاخص موران سراسری و محلی سیر تغییرات مکانی و زمانی تولیدات کشاورزی چین را در فاصله سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ بررسی نمودند. (Akossou et al., 2016). به بررسی عملکرد ذرت در هشت منطقه آگروکلیمایی مختلف در جمهوری بنین پرداختند. (Bannayan et al., 2016). برای دستیابی

(Mohammadi et al., 2017; Shiravand & Hashemi, 2016; Azizi & Roshani, 2008). علی‌رغم اهمیت و نقش کشاورزی در زندگی مردم منطقه، استان مازندران در بین استان‌های حاشیه دریای خزر، از نظر پایداری منابع کشاورزی ضعیف و دو استان گیلان و گلستان نیز از ناپایداری ضعیف برخوردار هستند (Mansoori et al., 2014). از سوی دیگر، تغییر مؤلفه‌های اقلیمی نظیر بارش، دما، فراوانی و شدت پدیده‌های حدی مانند خشکسالی، سیلاب و طوفان‌ها به شیوه‌های مختلف بر رشد و تولید محصولات کشاورزی مناطق شمالی ایران تأثیر می‌گذارد. این در حالی است که امروزه کشاورزی به عنوان مهم‌ترین و اصلی‌ترین بخش تأمین‌کننده نیازهای خوراکی مردم جهان محسوب می‌شود و رشد روزافزون جمعیت کشور همراه با افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و همچنین افزایش قیمت جهانی محصولات کشاورزی موجب شده است که تأمین امنیت غذایی یکی از مهمترین اولویت‌های بخش کشاورزی کشور شود (Mohammadi et al., 2019; Salami & Mohtashami, 2014). از این‌رو، به منظور نظارت بر مشکل کمبود مواد غذایی، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان، نیاز به کسب آگاهی و اطلاعات به روز از کمیت، کیفیت، نوع، نحوه پراکنش محصولات دارند. بدین‌ترتیب کسب شناخت و آگاهی از کمیت و کیفیت عملکرد محصولات برنج، گندم و جو به‌منظور کمک به بهبود راهکارهای مدیریتی در مقیاس منطقه‌ای تحقیق حاضر قابل توجه است. در چنین مطالعاتی تکنیک‌های زمین‌آمار و تحلیل‌های خود همبستگی فضایی از مفیدترین و پرکاربردترین ابزارهای تحلیل تداوم فضایی هستند که به پژوهشگران در شناخت الگوهای موجود در پهنه‌های مکانی و دلایل وجودی این الگوها کمک می‌کند (Sotodeh & Alijani, 2015; Rostaei et al., 2018). روش‌های خوشه‌بندی متعددی در شناخت الگوهای حاکم بر داده‌ها وجود دارد که در این میان شاخص خود همبستگی مکانی کلی موران ($Moran's I$) از جمله روش‌های موفق در مطالعات زیست محیطی می‌باشد که قادر است درجه خود همبستگی مکانی بین مقادیر و سلول‌های مجاور هم را تعیین کند. این روش دارای دو دیدگاه سراسری و محلی می‌باشد که در موران

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش سواحل جنوبی دریای خزر است. منطقه خزری به مساحت ۶۵۹۱۲ کیلومتر مربع در شمال کشور و در بین طول جغرافیایی ۵۳° ۴۸' تا ۵۶° ۱۰' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۴۷° ۳۵' تا ۳۸° ۲۷' شمالی قرار گرفته است و از نظر تقسیمات سیاسی سه استان شمالی کشور (مازندران، گلستان و گیلان) را در بر می‌گیرد. داده‌های زراعی مورد استفاده در این پژوهش شامل عملکرد سه محصول برنج، گندم و جو برای دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵ می‌باشد که از بانک اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی تهیه شدند. شایان توجه است که در سواحل جنوبی دریای خزر برنج به صورت آبی و گندم و جو به صورت دیم و آبی کشت می‌شود که در این پژوهش برای گندم و جو متوسط عملکرد دیم و آبی در نظر گرفته شد. همچنین از آنجا که شهرستان‌های عباس‌آباد، کلاردشت، فریدون‌کنار، سوادکوه شمالی، میان‌درود، گلگاه و گمیشان فاقد طول دوره آماری مناسب جهت بررسی عملکرد محصولات بودند، در این پژوهش مورد استفاده قرار نگرفتند. با توجه به اینکه داده‌های عملکرد در طول سال‌های مختلف مربوط به ارقام مختلفی هستند، با هدف حذف اثر شدت زراعی و به‌نژادی (اختلاف در نوع رقم و مدیریت مزرعه) از تکنیک هموارسازی نمایی داده‌ها استفاده شد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نواحی منتخب در این پژوهش نشان داده شده است. نظر به اینکه، آزمون‌های ناپارامتری برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست و یا دارای داده‌های مفقود شده هستند، مناسب‌تر است، در این پژوهش، به منظور شناخت روند درازمدت عملکرد سه محصول برنج، گندم و جو در سطح ناحیه مورد مطالعه شامل استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در طول دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵ از آزمون ناپارامتری من‌کندال استفاده شد. سپس روند تغییرات مکانی و زمانی عملکرد محصولات مذکور برای سه دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۴، ۱۳۸۵-۱۳۸۹ و ۱۳۹۰-۱۳۹۵ مورد واکاوی قرار گرفت. همچنین از آنجا که در تحلیل‌های محیطی شناخت نحوه توزیع داده‌های عملکرد در فضا و الگوها و روندهای حاکم بر آن برای ارائه یک برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب

به شناخت بهتری از اثر اقلیم روی مراحل مختلف رشد گندم دیم، اثر ۶ شاخص اقلیمی را در ۵ موقعیت مکانی در شمال‌شرق ایران در طول دوره ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۸ بررسی کردند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی حاکی از این بود که در موقعیت‌های مکانی مختلف، متغیرهای مؤثر بر مراحل مختلف رشد گندم متنوع است. (Gornott & Wechsung, 2016) نیز با استفاده از مدل‌های وایزی تأثیر متغیرهای اقلیمی را بر عملکرد ذرت و گندم ارزیابی کردند. (Saito et al., 2015) با استفاده از داده‌های وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا روند عملکرد برنج را برای ۲۴ کشور آفریقایی در طول دوره آماری ۱۹۶۰-۲۰۱۲ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که، حدود ۷۴ درصد از نواحی زیر کشت برنج شاهد رشد عملکرد بیش از ۳۵ کیلوگرم در هکتار در سال بوده‌اند. همچنین در ایران مطالعات متعددی انجام شده است که از جمله آنها؛ (Zareabyaneh & Bayatvarkeshi, 2014) با استفاده از سه روش من-کندال، تخمین گر سن و رگرسیون خطی روند سه متغیر عملکرد، تولید و سطح زیر کشت را برای هفده محصول زراعی در استان خراسان رضوی بررسی کردند. به‌طور کلی، بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که اکثر مطالعات مذکور به ارزیابی رفتار درازمدت عملکرد و سطح زیر کشت محصولات زراعی و شناخت اثر متغیرهای اقلیمی بر روی عملکرد محصولات کشاورزی پرداخته‌اند. بررسی طیف روش‌های به‌کارگرفته شده در غالب مطالعات انجام شده در سطح کشور دقت روش-های آماری را در بررسی و برآورد عملکرد محصولات زراعی به اثبات می‌رساند. اما جمع‌بندی پیشینه پژوهش‌های انجام شده در سطح کشور، حاکی از عدم استفاده کافی از تکنیک‌های آمار فضایی می‌باشد. از این‌رو، در این پژوهش سعی شده است که با بکارگیری توابع مهم آمار فضایی شامل شاخص موران و تحلیل لکه‌های داغ الگوهای مکانی موجود در مقادیر عملکرد برنج، گندم و جو در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شود.

ها در فضا می‌باشد و نشان می‌دهد که در کجا مقادیر زیاد یا کم پدیده‌ها در فضا به طور خوشه‌ای توزیع شده‌اند و همچنین کدام عوارض دارای مقادیری بسیار متفاوت از عوارض پیرامونشان هستند. آماره محلی موران به صورت زیر به دست می‌آید:

رابطه (۲)

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{x}) \rightarrow s_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{x})^2}{n-1}$$

که در آن x_i خصیصه عارضه i ، میانگین خصیصه مربوطه و $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j و n تعداد کل عارضه‌ها است. تحلیل لکه‌های داغ از آماره‌ی گتیس-اردجی برای کلیه‌ی عوارض موجود در داده‌ها استفاده می‌کند که با استفاده از رابطه زیر گسترش فضایی و پیوستگی خوشه‌های متمرکز را شناسایی کرده و نشان می‌دهد که مناطق با عملکرد بالای محصولات برنج، گندم و جو در کجا قرار دارند. تحلیل لکه‌های داغ یا آماره گتیس-اردجی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۳)

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - x_i \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 x_j^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j)^2}{(n-1)}}}$$

در این فرمول x_i مقدار خصیصه برای عارضه i ، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i ، j و n برابر با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. از آنجا که G_i خودش نوعی امتیاز z است، دیگر نیاز به محاسبه دوباره z نیست (Asadi & Karami, 2017; Parchomenko & Borsky., 2018). برای محاسبه و ترسیم نقشه‌ها و نمودارهای مربوطه از نرم‌افزارهای Arc GIS 10.2 و GEODA استفاده شد. در شکل ۲، روش‌شناسی مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

حائز اهمیت است، از این رو در این پژوهش از روش‌های تحلیل آمار فضایی، شامل روش تحلیل الگوی موران محلی (Local Indicators of Spatial Association)، تحلیل لکه‌های داغ (Hot Spot Analysis) استفاده شد. هدف اصلی شاخص موران (I) بررسی درجه خود همبستگی مکانی بین نقاط مجاور و نحوه توزیع داده‌ها (خوشه‌ای یا تصادفی) می‌باشد. در این آماره مقادیر مثبت (بین صفر و ۱) همبستگی مستقیم و مقادیر منفی (بین ۰ و -۱) همبستگی معکوس را نشان می‌دهد. بدین ترتیب برای دستیابی به این هدف ابتدا براساس نمره استاندارد Z و P -Value محاسبه شده، معنادار بودن شاخص مورد بررسی قرار گرفت؛ بدین صورت که در مواردی که مقدار P -Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده بزرگ بود، فرض صفر عدم خوشه‌بندی فضایی رد شد. شاخص موران برای خودهمبستگی فضایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

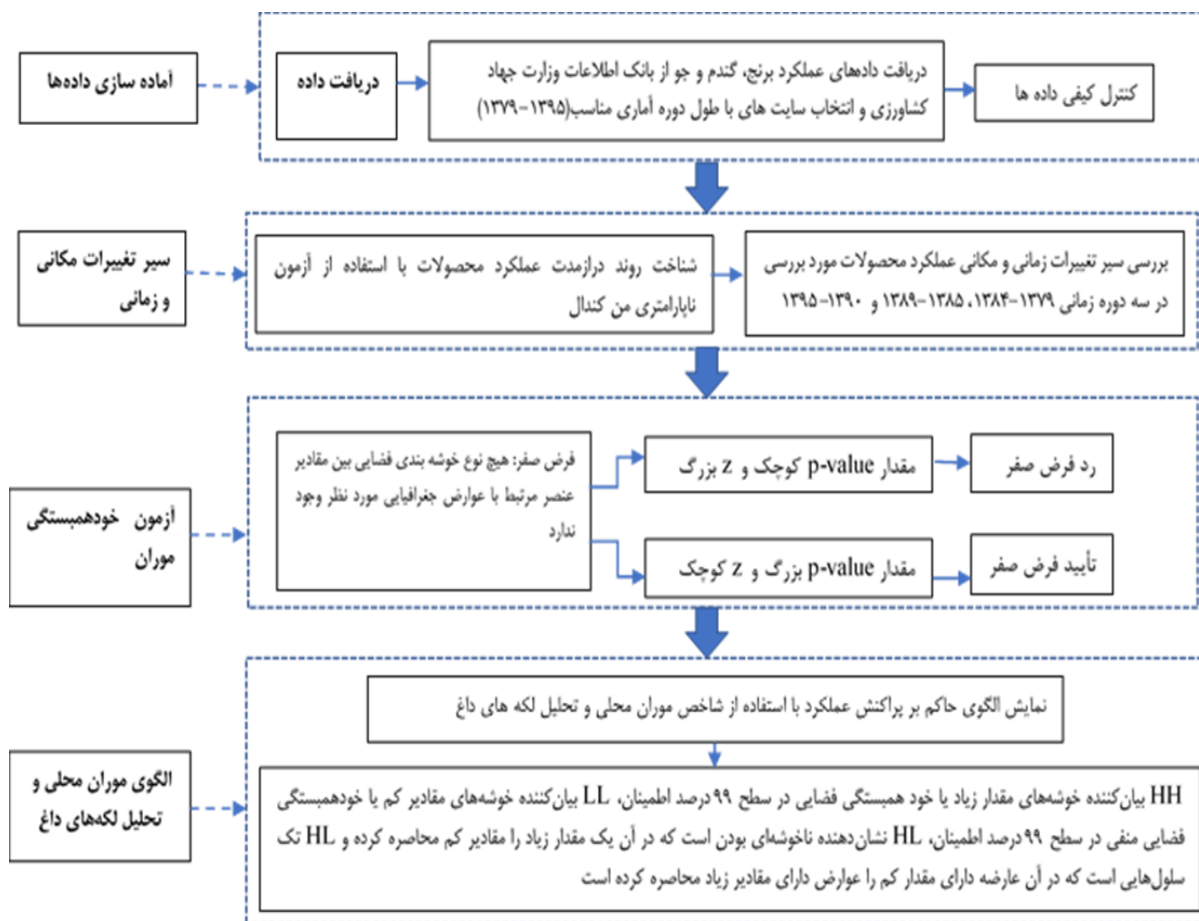
رابطه (۱)

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{s_0 \sum_{i=1}^n z_i^2}$$

اینجا z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن، z_j انحراف مقدار خصیصه عارضه j از میانگین آن، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده و s_0 جمع کل وزن‌های فضایی می‌باشد. با توجه به اینکه شاخص Moran's I آماری کلی است و امکان ارزیابی ساختار ناحیه‌ای خود همبستگی فضایی، شناسایی خوشه‌های مکانی محلی و نواحی سهیم در خود همبستگی مکانی کلی را فراهم نمی‌کند. از این رو به منظور بررسی الگوی حاکم بر پراکنش عملکرد برنج، گندم و جو از آماره‌های انسلین موران محلی (LISA) و تحلیل لکه‌های داغ استفاده شد. شاخص انسلین محلی موران از ابزارهای مفید برای نمایش توزیع آماری پدیده-



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نواحی منتخب



شکل ۲- روندنمای روش شناسی پژوهش

نتایج و بحث

سیر تغییرات مکانی-زمانی

با توجه به نتایج جدول ۱، متوسط عملکرد برنج در سواحل جنوبی دریای خزر روند افزایشی دارد. روند رشد قابل توجه عملکرد برنج در طول دوره آماری مورد

مطالعه به وضوح در شکل ۳ قابل مشاهده است. به طوری که در سطح منطقه مورد مطالعه، متوسط عملکرد برنج از ۴۰۲۰ کیلوگرم در هکتار در سال مبدأ (۱۳۷۹) به ۴۳۰۷ کیلوگرم در هکتار در سال های پایانی دوره آماری (۱۳۹۰) رسیده است که به طور متوسط رشد ۱۱ درصدی داشته است. در سال های ابتدایی دوره آماری

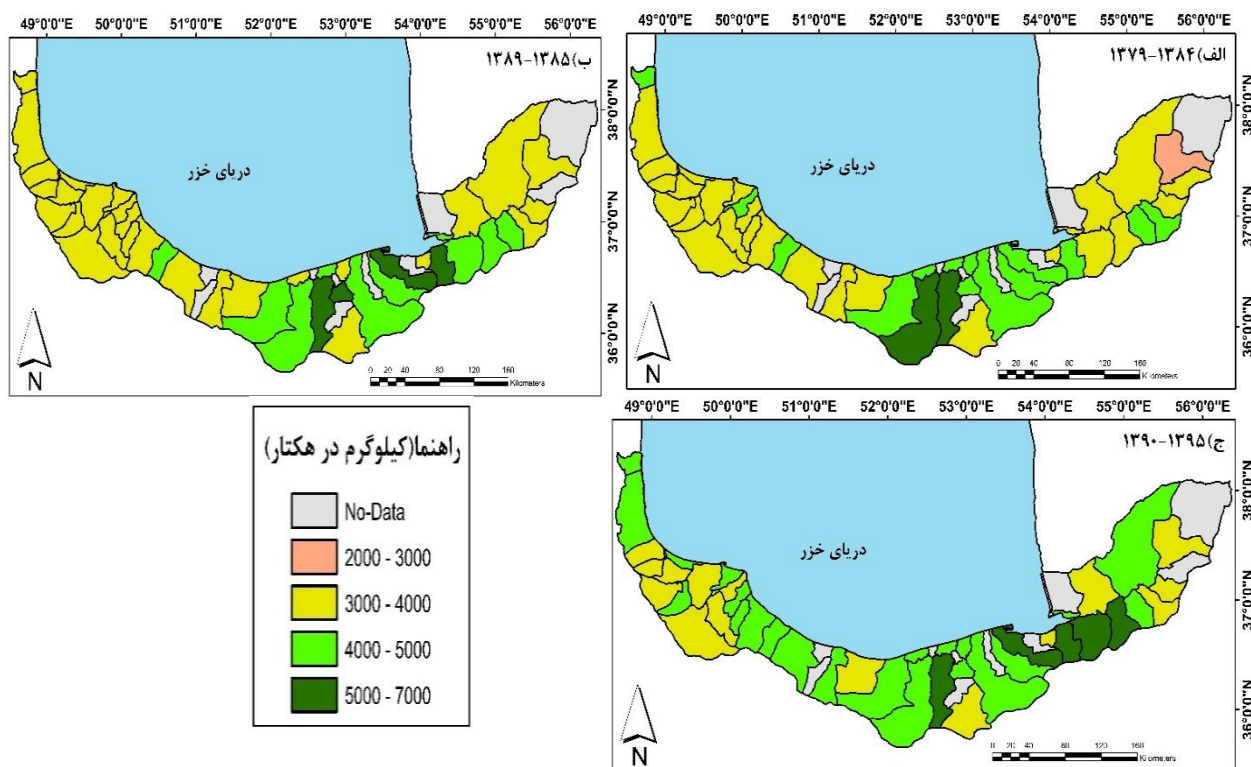
شمالی آن به علت بارش کمتر، نزدیک بودن به ناحیه نیمه خشک، و سطح زیر کشت کم به نوسانات اقلیمی حساس تر هستند. در این میان شهرستان بابل واقع در استان مازندران بالاترین میزان عملکرد را از سال مبدأ (۱۳۷۹) تا پایان دوره آماری مورد مطالعه (سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۵) با رشد ۱۰۸ درصدی دارا بود. این شهرستان دارای متوسط بارش ۶۴۵ میلیمتر (در طول دوره آماری مورد مطالعه)، رطوبت نسبی بهینه ۸۰٪-۶۰٪، بافت خاک لومی-رسی می‌باشد که مجموع این شرایط در بالا بودن میزان عملکرد برنج این شهرستان نقش به‌سزایی داشته است (شکل ۳).

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون روند من‌کنندال برای عملکرد محصولات زراعی مورد مطالعه در طول دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵

محصولات	گلستان	مازندران	گیلان
برنج	۳/۰۱**	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
گندم	-۰/۷۸ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}
جو	۱/۷۷ ^{ns}	۲/۲۷*	۱/۵۲ ^{ns}

*** و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۹۰، ۹۵ درصد و غیر معنی‌دار

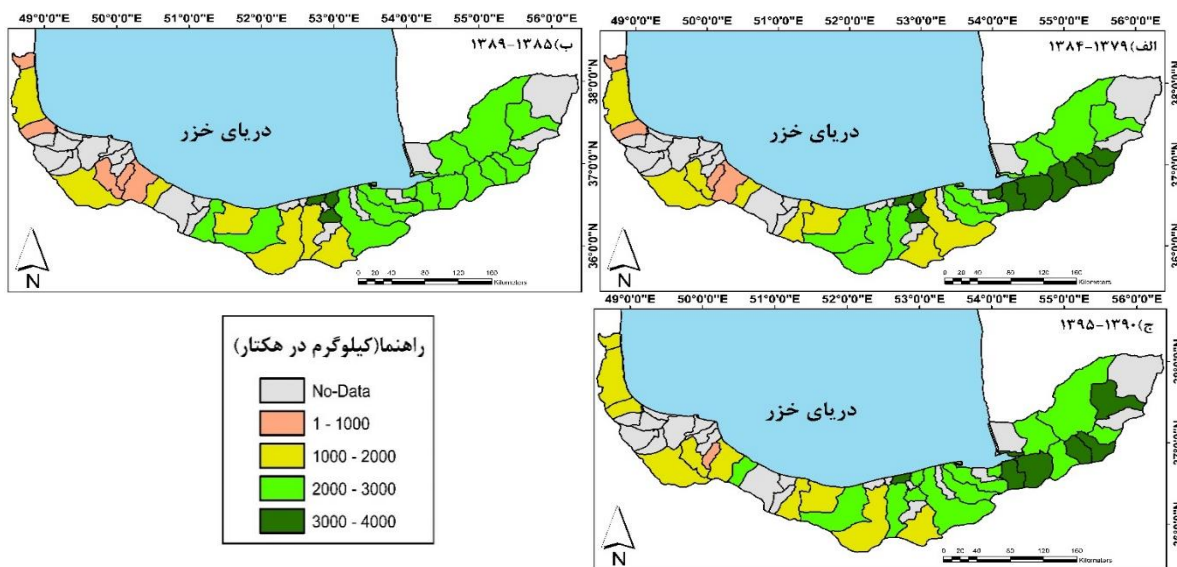
(فاصله سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۴) بالاترین میزان عملکرد برنج عمدتاً در بخش‌های غربی و مرکزی استان مازندران متمرکز بوده است که متعاقباً در سال‌های میانی دوره آماری (۱۳۸۵-۱۳۸۹) یک روند رو به رشد به سمت شرق ناحیه مورد مطالعه شکل گرفت که نه تنها شهرستان‌های بخش غربی و مرکزی استان مازندران، بلکه شهرستان‌های رامیان، علی‌آباد، گرگان، کردکوی و بندر ترکمن واقع در استان گلستان را نیز در بر گرفت. در سال‌های پایانی دوره آماری (سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵) متوسط عملکرد برنج در نواحی مختلف سواحل جنوبی دریای خزر، به‌ویژه در بخش‌های قابل توجهی از استان گلستان افزایش یافته که در همین زمینه نتایج آزمون روند من‌کنندال نیز بیانگر بیشترین روند مثبت و معنی‌دار عملکرد برنج (۳/۰۱) در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای استان گلستان بود. روند افزایشی عملکرد برنج در استان گلستان همگام با روند منفی سطح زیر کشت این محصول در مقایسه با دو استان دیگر بود که نشان‌دهنده افزایش تولید در واحد سطح و به‌کارگیری ارقام زراعی اصلاح شده و مدیریت به‌زراعی است. تولید محصول برنج در اکثر شهرستان‌های استان گلستان به‌ویژه بخش‌های



شکل ۳. تغییرات زمانی و مکانی عملکرد برنج در سواحل جنوبی دریای خزر در طول دوره‌های آماری الف) ۱۳۷۹-۱۳۸۴، ب) ۱۳۸۹-۱۳۸۵ و ج) ۱۳۹۰-۱۳۹۵

از ۳۰۰۰ هزار کیلوگرم در هکتار فرار گرفتند، تقریباً دوبرابر شد که تغییرات اخیر نشان‌دهنده کاهش تولید گندم استان گلستان در طول دوره آماری مورد مطالعه می‌باشد. در سال‌های ابتدایی دوره آماری (سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۴) بخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی استان گلستان عمدتاً بالاترین مقادیر عملکرد گندم را دارا بودند. این مناطق که عمدتاً شامل شهرستان‌های مینودشت، آزادشهر، رامیان، علی‌آباد، گرگان، کردکوی و بندرگز می‌باشند، با دارا بودن شرایطی مانند بارش بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در سال، شوری بسیار پایین و بافت لومی خاک، شیب بسیار پایین با ارتفاع زیر ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، درصد ماده آلی بالا توان قابل‌توجهی در تولید انواع محصولات زراعی را دارند (شکل ۴).

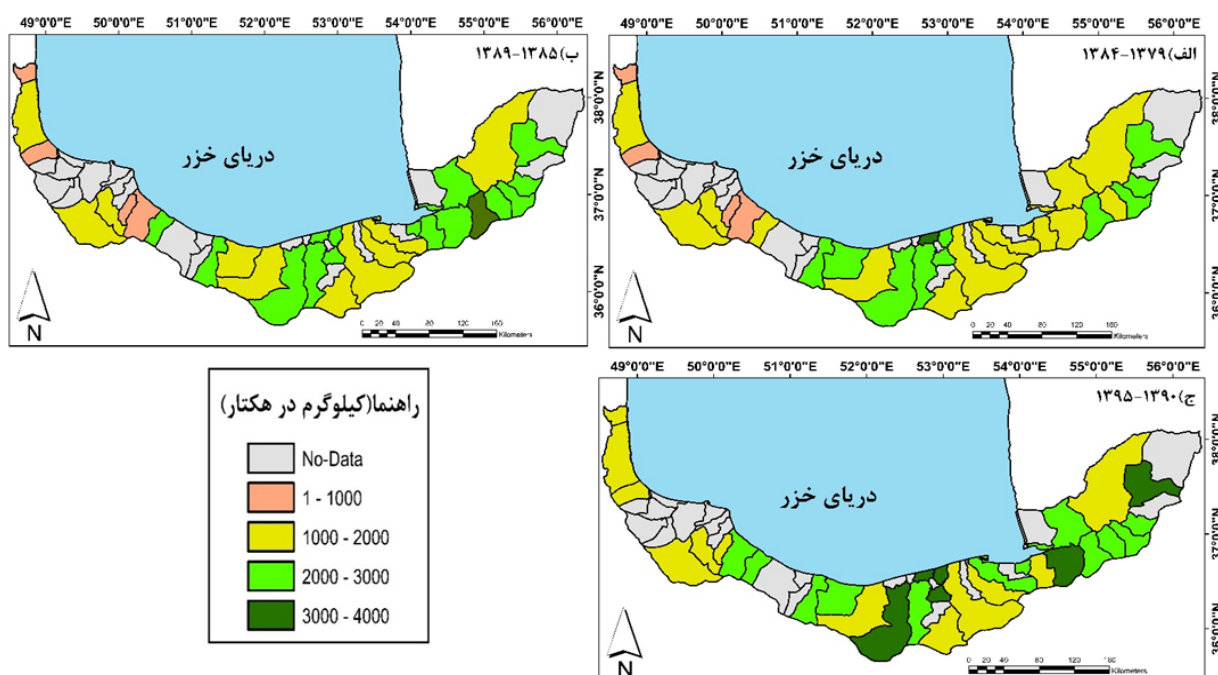
واکاوی روند تغییرات عملکرد گندم در سطح منطقه مورد مطالعه، حاکی از شیب تغییرات مثبت اما غیر معنی‌دار در استان‌های گیلان و مازندران و شیب تغییرات منفی و غیرمعنی‌دار در استان گلستان بود. نقشه تغییرات مقادیر عملکرد در طول دوره زمانی مورد مطالعه نیز به روشنی نشان داد که در استان‌های مازندران و گیلان، تعداد نواحی که به تدریج در طول دوره زمانی (۱۳۷۹-۱۳۹۵) در طبقات عملکردی بالاتر قرار گرفته اند، افزایش یافته است (شکل ۴). عملکرد گندم در بخش‌های قابل توجهی از استان گلستان در سال‌های ابتدایی دوره آماری (سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۴) به‌طور متوسط بیش از ۳۰۰۰ هزار کیلوگرم در هکتار بود اما به تدریج در طول سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۹ و ۱۳۹۰-۱۳۹۵، درصد نواحی که در طبقه عملکرد کمتر



شکل ۴. تغییرات زمانی و مکانی عملکرد گندم در سواحل جنوبی دریای خزر در طول دوره‌های آماری الف) ۱۳۷۹-۱۳۸۴، ب) ۱۳۸۹-۱۳۸۵ و ج) ۱۳۹۰-۱۳۹۵

به دریا، ارتفاع کم از سطح دریا (۲۱- متر)، بافت خاک رسی که امکان جذب بالای آب و مواد غذایی را فراهم می‌کند، موجب شده که شهرستان بابلسر از نظر تولید محصولات زراعی دارای تنوع بالایی باشد. عملکرد جو به تدریج به سمت سال‌های پایانی دوره آماری مورد مطالعه، علاوه بر شهرستان بابلسر در نواحی مختلفی از منطقه مورد مطالعه به ویژه در بخش‌های قابل توجهی از استان مازندران و همینطور استان گلستان به بیش از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. بخش‌های شمالی استان گلستان به علت بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر، متوسط تبخیر سالانه بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال، توزیع نامناسب بارش، شوری بالای خاک به علت رسوبگذاری دریای خزر، سیلاب‌های فصلی، وزش باد، پساب کارخانجات و مدیریت نادرست زراعی، بالا بودن میزان EC خاک به ویژه در شهرستان‌های آق‌قلا، گنبد کاووس و بندر ترکمن برای کشت محصولاتی مانند گندم و جو که حساسیت زیادی به چنین شرایطی ندارند، مناسب‌تر می‌باشد.

نتایج آزمون روند من‌کندال برای عملکرد جو نشان داد که در طول دوره آماری مورد مطالعه عملکرد جو در سواحل جنوبی دریای خزر روند افزایشی داشته است که در این میان استان مازندران بیشترین میزان روند افزایشی و معنی‌دار را در سطح اعتماد ۹۰ درصد (۲/۲۷) دارا بود (جدول ۱). استان گیلان کمترین میزان سطح زیر کشت جو (۵۹۴۳ هزار هکتار) را در مقایسه با دو استان دیگر در طول دوره آماری مورد مطالعه داشت. با توجه به شکل ۵ اکثر نواحی تحت کشت جو در استان گیلان در سال‌های ابتدایی دوره آماری (سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۹) عملکرد زیر ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند، اما در سال‌های پایانی دوره آماری (سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰) تمام نواحی تحت کشت جو در این استان در طبقات عملکردی بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار قرار گرفتند. در سال‌های ابتدایی دوره آماری (سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۹) شهرستان بابلسر بیشترین میزان عملکرد جو را دارا بود. عواملی مانند بارش فراوان (به طور متوسط ۹۲۴ میلی‌متر)، دمای متعادل، نزدیکی



شکل ۵. تغییرات زمانی و مکانی عملکرد جو در سواحل جنوبی دریای خزر در طول دوره‌های آماری الف) ۱۳۸۴-۱۳۷۹، ب) ۱۳۸۹-۱۳۸۵ و ج) ۱۳۹۵-۱۳۹۰

آمار فضایی

با توجه به اهمیت راهبردی سه محصول برنج، گندم و جو، با استفاده از روش‌های تحلیل آمار فضایی شامل شاخص موران (*Moran's I*)، شاخص موران محلی (*LISA*)، تحلیل لکه‌های داغ (*Getis-Ord*) تغییرات عملکرد محصولات مذکور بررسی شده است.

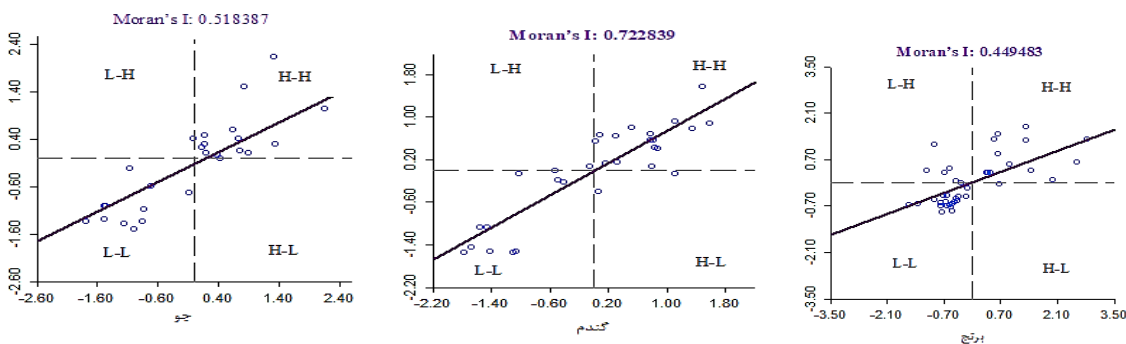
- شاخص موران (*Moran's I*)

در جدول ۲ نتایج خروجی تحلیل خود همبستگی فضایی موران ارائه شده است. با توجه به اینکه مقدار شاخص موران برای عملکرد برنج، گندم و جو مثبت و نزدیک به یک است می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها دارای خود همبستگی فضایی هستند. همچنین با استناد

به بالا و مثبت بودن امتیاز استاندارد *Z* و بسیار کوچک بودن مقدار *P-Value* می‌توان فرضیه نبود خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها را رد کرده و نتیجه گرفت که دارای خوشه‌بندی فضایی با ارزش بالا هستند. چنانچه قرار بود داده‌های عملکرد برنج، گندم و جو به-طور نرمال در فضا پخش شده باشند، شاخص باید به-ترتیب مقادیر منفی $-0/024390$ و $-0/033333$ اختیار می‌نمود. همچنین در شکل ۶، نمودار پراکندگی موران با استفاده از نرم‌افزار *GEODA* نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود برای بیشتر نواحی ارزش‌ها در چارک‌ها بالا-بالا و پایین-پایین واقع شده‌اند.

جدول ۲. خروجی آماره موران برای عملکرد برنج، گندم و جو

P-value	Z-Score	واریانس	شاخص مورد	شاخص	محصول
۰/۰۰۰۰۰۲	۴/۷۹۳۷۵۴	۰/۰۰۹۷۷۲	-۰/۰۲۴۳۹۰	۰/۴۴۹۴۸۳	برنج
۰/۰۰۰۰۱	۵/۴۸۸۸۶۸	۰/۰۱۸۹۷۹	-۰/۰۳۳۳۳۳	۰/۷۲۲۸۳۹	گندم
۰/۰۰۰۰۵۸	۴/۰۱۹۵۱۵	۰/۰۱۸۸۴۰	-۰/۰۳۳۳۳۳	۰/۵۱۸۲۸۷	جو



شکل ۶. نمودار پراکنندگی موران برای عملکرد برنج، گندم و جو در سواحل جنوبی دریای خزر

شاخص موران محلی (LISA)

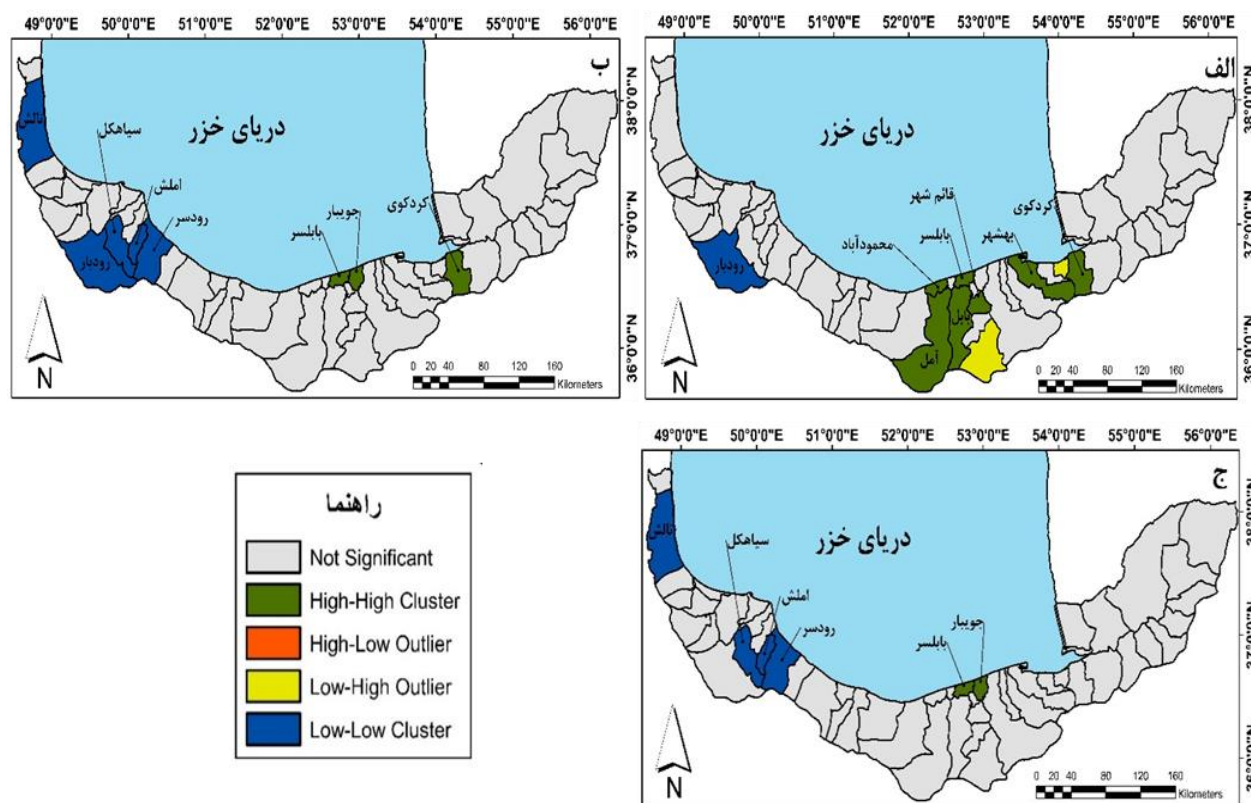
دریا از جمله در شهرستان رودبار (۲۲۰ متر) که با کاهش چگالی هوا موجب کاهش تعداد پنبه مؤثر در بوته، تعداد دانه در بوته و در نهایت کاهش عملکرد می-شود، می‌باشد. میزان عملکرد اراضی برنج استان گیلان علی‌رغم اینکه این استان مرطوب‌ترین استان کشور و همچنین مرطوب‌ترین استان در سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد، پایین بود که عمدتاً به دلیل پراکنش نامناسب زمانی بارش و عدم تطابق آن با فصل کشت برنج بیشتر توسط شبکه آبیاری و زه‌کشی سفیدرود آبیاری می‌شود که در سال‌های اخیر آورد رودخانه در محل سد سفیدرود به نصف تقلیل یافته است. از سوی دیگر مقدار فسفر قابل استفاده در ۴۰٪ از اراضی برنج استان گیلان به‌ویژه در اراضی شهرستان شفت کمتر از حد بحرانی (۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مقدار پتاسیم در

با توجه به اینکه خروجی تحلیل خود همبستگی فضایی موران ($Moran's I$) آماری کلی و به صورت عددی است، برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر عملکرد برنج، گندم و جو در ناحیه خزری از شاخص موران محلی (LISA) استفاده شد که نتایج آن در شکل ۷ ارائه شده است. در این شکل HH بیانگر عملکرد بالا در تعداد معینی از شهر و شهرهای مجاور آن، HL بیانگر عملکرد بالا در تعداد معینی از شهر و عملکرد پایین در شهرهای مجاور آن، LH بیانگر عملکرد پایین در تعداد معینی از شهرها و عملکرد بالا در شهرهای اطراف آن و LL نشان‌دهنده عملکرد پایین در تعداد معینی از شهرها و شهرهای مجاور آن است. شاخص موران محلی برای عملکرد برنج سه خوشه HH ، LL و LH را نشان داد؛ مقادیر با ارزش زیاد یا خود همبستگی فضایی مثبت HH به میزان ۱۶٪ از کل مساحت ناحیه خزری عمدتاً در بخش مرکزی و شرقی استان مازندران و همینطور شهرستان کردکوی واقع در استان گلستان مشاهده شد. شرایط اقلیمی مناسب برای افزایش بیوماس مانند بارش فراوان و دمای متعادل، شیب بسیار پایین با ارتفاع زیر ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، وضعیت مناسب ماده آلی خاک و بافت خاک مناسب (لومی تا لومی رسی) از دلایل قرارگیری این مناطق در خوشه HH برای عملکرد برنج است. الگوی مقادیر عملکرد برنج با ارزش کم یا خود همبستگی منفی (LL) تنها در شهرستان رودبار واقع در استان گیلان مشاهده شد. مقادیر پایین میزان عملکرد برنج در مناطق جنوبی استان گیلان به دلیل کاهش بارش در این نواحی، بالا بودن میزان تشعشع ورودی، میزان کم شاخص سطح برگ، افزایش ارتفاع از سطح

۶۸ درصد از اراضی به‌ویژه در مناطق نیمه غربی استان مانند فومن و شفت کمتر از حد بحرانی (۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. مجموع این شرایط به همراه کمبود ماده آلی خاک در بسیاری از اراضی برنج استان گیلان موجب شده است که این استان علی‌رغم شرایط اقلیمی مناسب برای افزایش بیوماس، متوسط EC و PH مناسب برای رشد گیاه برنج (به ترتیب ۰/۸۹ و ۶/۷) از خلأ عملکرد برنج به‌ویژه در بخش‌های جنوبی برخوردار باشد (Pirdashti et al., 2018; Homaei et al., 2017; Davargar et al., 2015; Bakhshandeh et al., 2017). نواحی خوشه LH برنج نزدیک خوشه بالا-بالا (HH) در شهرستان‌های سوادکوه (استان مازندران) و بندرگز (استان گلستان) ملاحظه گردید.

وسیع و حاصلخیز در قسمت جلگه‌ای از مناطق حاصلخیز کشاورزی ایران می‌باشد. استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در کشور است و عمده‌ترین محصولات تولیدی این استان گندم و جو می‌باشد. اما تغییرات مکانی بارندگی و توزیع زمانی نامناسب آن که کشت گندم و جو را در مراحل انتهایی رشد با کمبود بارندگی و تنش خشکی مواجه می‌کند، شوری بالای خاک به‌ویژه در قسمت‌های شمالی آن و دیگر نوسانات محیطی و مدیریتی موجب افزایش خلأ بین عملکرد پتانسیل و واقعی گندم و جو در استان گلستان شده است. الگوی *LL* یا خود همبستگی فضایی منفی که نمایان کننده مقادیر پایین عملکرد گندم و جو است عمدتاً در بخش‌های قابل‌توجهی از استان گیلان توزیع یافته است.

با توجه شکل ۶، نتایج تحلیل شاخص موران محلی دو خوشه *HH* و *LL* را برای عملکرد گندم و جو نشان داد. الگوی مقادیر عملکرد با ارزش زیاد یا خود همبستگی مثبت *HH* برای محصول گندم در نواحی با آب‌وهوایی مرطوب و زمین‌های مسطح شامل شهرستان‌های بابلسر و جویبار در استان مازندران و شهرستان کردکوی واقع در استان گلستان مشاهده شد. برای جو مساحت مناطق فاقد الگو نسبت به برنج و گندم بیشترین مقدار را دارا بود (۹۰٪)، به‌طوری‌که الگوی مقادیر با ارزش زیاد یا خود همبستگی مثبت *HH* تنها در شهرستان‌های جویبار و بابلسر واقع در استان مازندران ملاحظه گردید. استان مازندران با توجه به موقعیت خاص اقلیمی، تنوع آب و هوایی، برخورداری از بارش فراوان و توزیع مناسب آن در طول سال و دشت‌های



شکل ۷. نتایج پراکنش الگوی موران محلی عملکرد (الف) برنج، (ب) گندم و (ج) جو در ناحیه خزری در طول دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵

تحلیل لکه‌های داغ (Getis-Ord)

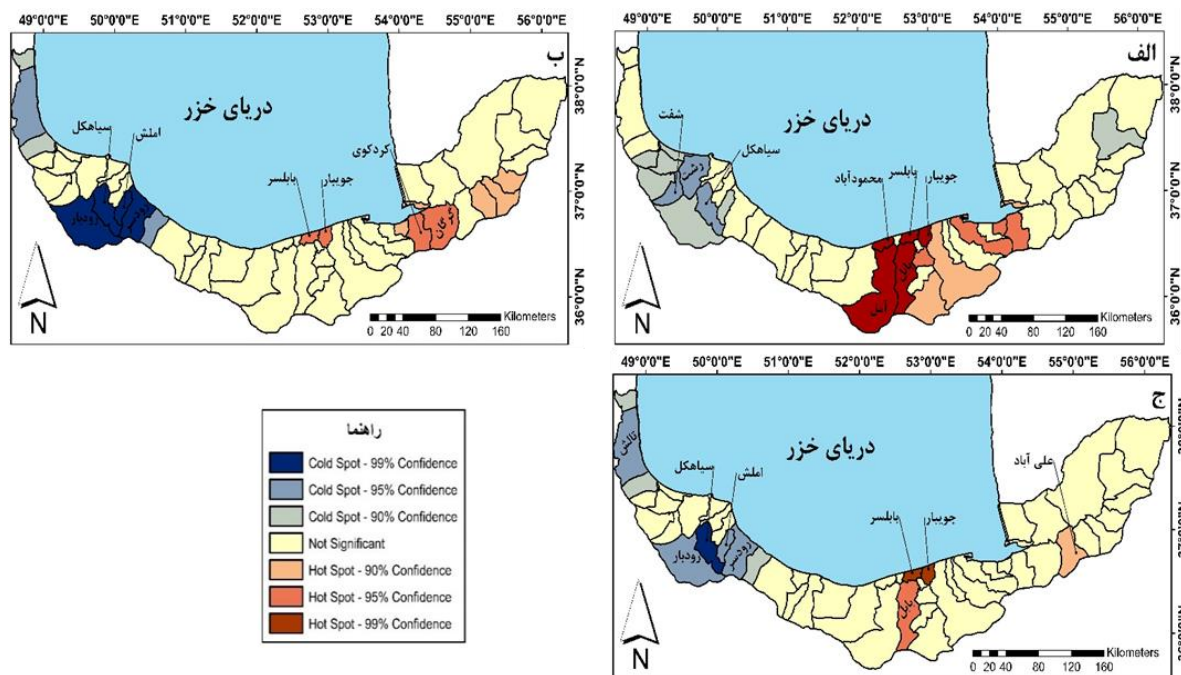
سرد عملکرد برنج در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد) دارای پتانسیم کل کمتری نسبت به دیگر شهرستان‌ها می‌باشند و از این‌رو استفاده از کودهای پتاسیمی در این مناطق اهمیت بیشتری می‌باشد. علاوه بر عوامل مذکور، توزیع بارش از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی است که به دلایلی از جمله در دسترس بودن آب کافی در مراحل مختلف مهم رشد ظرفیت ذخیره‌سازی بی‌اثر خاک در طول رخدادهای بارندگی فراوان و نادر بیش از میزان بارش مهم است. این در حالی است که استان گیلان علی‌رغم اینکه مرطوب‌ترین استان کشور است پراکنش نامناسب زمانی بارش دارد، به طوری که بارش مطابق با فصل کشت برنج نمی‌باشد. مجموع عوامل مذکور و دیگر نوسانات مدیریتی و محیطی موجب بروز خلأ عملکرد برنج در این استان شده است (شکل ۸).

مناطق گندم‌کاری اقلیم شمال از شرایط مستعدی برای زراعت این محصول برخوردار هستند که با توجه به شکل ۸ شهرستان‌های جویبار و بابل در استان مازندران و شهرستان‌های گرگان و کردکوی در استان گلستان دارای الگوی عملکردی بالا در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شهرستان‌های رامیان، آزادشهر، مینودشت، بندرگز و بندرترکمن دارای الگوی عملکردی بالا در سطح اطمینان ۹۰ درصد بودند. مساحت زیادی از نیمه شمالی استان گلستان دارای آب‌وهوای نیمه خشک بوده که در برخی از این نواحی بارندگی سالیانه حتی به کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسد. همچنین بالا بودن میزان EC خاک، پایین بودن مواد آلی و آهکی بودن خاک موجب نامناسب شدن خاک به‌ویژه در بخش‌های شمالی و حاشیه رود قره‌سو برای کشاورزی شده است. از سوی دیگر بافت سبک خاک در بخش غربی و کشت متراکم محصولاتی با عملکرد بالا در برخی از مناطق مرکزی استان موجب کاهش سطح پتانسیم خاک در این نواحی شده است که مجموع این عوامل موجب پایین بودن عملکرد متوسط مزارع در این نواحی شده است، به نحوی که برخی از مزارع در بعضی سال‌ها هیچ‌گونه عملکردی از مزارع خود برداشت نمی‌کنند. برای عملکرد جو، بیشترین مقادیر در استان‌های مازندران و گلستان در طول دوره آماری مورد مطالعه مشاهده شد، به طوری-

ابزار تحلیل خود همبستگی فضایی موران نشان داد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند و بدین ترتیب مناطقی که دارای خود همبستگی فضایی مثبت (خوشه‌های با مقادیر عملکرد بالا) و منفی (خوشه‌های با مقادیر عملکرد پایین) تعیین شد. اما به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر از شاخص تحلیل لکه‌های داغ استفاده شد. توزیع مکانی عملکرد برنج در سراسر ناحیه خزری نشان داد که امتیازهای مثبت یا لکه‌های داغ عملکرد محصول برنج عمدتاً در شهرستان‌های جویبار، بابل، محمودآباد، بابل و آمل در سطح اطمینان ۹۹ درصد، شهرستان‌های قائم‌شهر، بهشهر، کردکوی و بندرگز در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شهرستان‌های سوادکوه، ساری و بندر ترکمن در سطح اطمینان ۹۰ درصد محدود شده است. استان مازندران با متوسط ۲۰۹۶۹۹ هزار هکتار در طول دوره آماری مورد مطالعه بیشترین میزان سطح زیر کشت برنج را در سطح منطقه مورد مطالعه دارا بود. همچنین موقعیت خاص اقلیمی، تنوع آب‌وهوایی و برخورداری از توزیع مناسب بارش سالانه و دشت‌های وسیع در قسمت جلگه‌ای در افزایش عملکرد کل برنج این استان نقش بسزایی داشته است. با دور شدن از مناطق میانی خزر به سمت شرق و غرب ناحیه خزری تعداد الگوهای عملکردی پایین (لکه-های سرد عملکرد برنج) افزایش یافت. با توجه به شکل-های ۳ و ۸، اختلاف زیاد بین عملکرد مورد انتظار با عملکرد واقعی که موجب بروز لکه‌های سرد عملکرد برنج در بخش‌های قابل‌توجهی از استان گیلان علی‌رغم برخورداری از شرایط اقلیمی مرطوب شده است، شایان توجه است. کربن آلی خاک یکی از شاخص‌های عمومی شناخت حاصلخیزی خاک است که در شهرستان‌های سیاهکل، رشت، املش و رودبار در استان گیلان دارای میانگین کمتر از دو درصد است (لکه‌های سرد عملکرد برنج در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد). از سوی دیگر مقدار پتانسیم خاک‌های استان گیلان به دلیل بارندگی زیاد و همچنین کشت متراکم برای مدت طولانی نسبت به مناطق دیگر که دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک است، کمتر می‌باشد که در این میان شهرستان‌های شفت، فومن، صومعه‌سرا، ماسال و بندر انزلی (لکه‌های

در سطح اطمینان ۹۹ درصد، بابل در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شهرستان علی آباد واقع در استان گلستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد بود.

که براساس تحلیل لکه‌های داغ مشخص شد که نواحی با خود همبستگی فضایی مثبت بالا (لکه‌های داغ عملکرد) عمدتاً در سطوح اطمینان مختلف محدود به شهرستان‌های بابل و جویبار واقع در استان مازندران



شکل ۸. نتایج پراکنش عملکرد (الف) برنج، (ب) گندم و (ج) جو بر اساس شاخص *Getis-Ord* در ناحیه خزری در طول دوره‌ی آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

پتانسیل بالای آن ضروری است. در همین زمینه et Allahyari al., (2013) نیز با تأکید بر اشباع سطح زیر کشت برنج و محدودیت گسترش اراضی شالیکاری در استان گیلان به استفاده روش‌های نوین مانند بذرهای اصلاح شده تأکید نمودند. در خصوص گندم، بیشترین میزان سطح زیر کشت منطقه، در استان گلستان با متوسط ۳۶۰۲۶۳ هزار هکتار (به تفکیک ۱۵۰۰۵۰ هزار هکتار آبی و ۲۱۰۲۱۳ هزار هکتار دیم) در طول دوره آماری مورد مطالعه مشاهده شد، که در همین راستا براساس نتایج شاخص الگوی موران محلی و تحلیل لکه‌های داغ آشکار شد که، نواحی با خود همبستگی فضایی مثبت بالا (لکه‌های داغ عملکرد) عمدتاً در سطوح اطمینان مختلف به بخش‌های جنوبی استان گلستان و بخش‌های محدودی از استان مازندران شامل شهرستان‌های بابل و جویبار محدود شد. Hajjarpoor et al., (2017) نیز در پژوهش خود به وجود خلأ عملکرد گندم

در پژوهش مناطق مهم تولید برنج، گندم و جو با استفاده از روش‌های تحلیل آمار فضایی در طول دوره آماری ۱۳۷۹-۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. براساس یافته‌های تحقیق مشخص شد که عمدتاً بالاترین مقادیر عملکرد برنج در بخش‌های قابل توجهی از استان مازندران و بخش‌های محدودی از استان گلستان واقع می‌باشد، در حالی که براساس نتایج هر دو شاخص موران محلی و تحلیل لکه‌های داغ، عملکرد برنج در استان گیلان از خودهمبستگی فضایی منفی برخوردار می‌باشد. در همین زمینه Pirdashti et al., (2018) به خلأ عملکرد برنج در دشت فومنات به میزان ۲/۸۶ تن در هکتار (۳۷/۳ درصد) اشاره نمودند. از این رو به نظر می‌رسد که لزوم به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین کشاورزی برای کاهش اثرات منفی عوامل اقلیمی و غیراقلیمی به منظور افزایش تولید برنج در این استان با توجه به

بیشترین میزان خلأ عملکرد گندم (بالای ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) دارد (Koocheki et al., 2016). برای عملکرد جو، بیشترین مقادیر در استان‌های مازندران و گلستان در طول دوره آماری مورد مطالعه مشاهده شد، به طوری که براساس تحلیل لکه‌های داغ مشخص شد که نواحی با خودهمبستگی فضایی مثبت بالا (لکه‌های داغ عملکرد) عمدتاً در سطوح اطمینان مختلف محدود به شهرستان‌های بابلسر و جویبار واقع در استان مازندران در سطح اطمینان ۹۹ درصد، بابل در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شهرستان علی آباد واقع در استان گلستان در سطح اطمینان ۹۰ درصد بود. مقادیر با ارزش پایین عملکرد گندم و جو عمدتاً در بخش‌های شرقی و غربی استان گیلان در سطوح اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد قرار گرفت. در طول دوره آماری مورد مطالعه کمترین میزان سطح زیر کشت جو در منطقه به استان گیلان اختصاص داشت (۵۹۴۲ هزار هکتار) که با توجه به نتایج به دست آمده، خوشه‌های با ارزش مقادیر منفی (لکه‌های سرد عملکرد جو) در سطوح مختلف اطمینان در این استان واقع شد. بروز تنش خشکی در مراحل پایانی رشد به علت توزیع نامناسب زمانی بارش در اراضی دیم، کاهش آورد رودخانه در محل سد سفیدرود در طول سال‌های اخیر، شیب زیاد زمین در نواحی مرتفع استان و همین‌طور بافت سبک خاک در خاک‌های واقع در حوضه آبخیز پارودبار موجب بروز محدودیت‌های برای کشت جو در این استان شده است (Khaledian et al., 2015). در سطح منطقه مورد مطالعه، الگوی خوشه‌ای مقادیر زیاد عملکرد جو (لکه-های داغ عملکرد) محدود به شهرستان‌های بابلسر و جویبار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، بابل در سطح اطمینان ۹۵ درصد و علی آباد در سطح اطمینان ۹۰ درصد بود.

در بخش‌های شمالی استان گلستان و (et al., 2017) Kamkar به وجود خلأ عملکرد گندم بین ۴/۸ تا ۳/۵ تن در هکتار در حوضه‌ی قره‌سوی استان گلستان تأکید نمودند که به نظر می‌رسد عوامل محدود کننده‌ای مانند شوری بالای خاک موجب کاهش میزان عملکرد در این نواحی شده که لزوم به‌کارگیری مدیریت مناسب آب و رقم مناسب را به منظور افزایش عملکرد گندم در این نواحی ضروری می‌سازد. با افزایش ارتفاع از سطح دریا از شمال به جنوب استان گلستان بارش افزایش و دما کاهش می‌یابد که به تناسب آن میزان عملکرد گندم در این نواحی افزایش می‌یابد. اما روند این افزایش همواره به صورت خطی نمی‌باشد چرا که در نواحی جنوبی استان گلستان به دلیل وجود رشته کوه البرز و شیب زیاد منطقه بافت خاک دارای کیفیت پایینی بوده که در اثر انجام خاکورزی نامناسب و وقوع باران‌های شدید خاک این مزارع فرسایش یافته است (Mosaedi and Kahe, 2008; Kazemi et al., 2014; Roshani and Gharanjiki, 2015; Bay et al., 2012; Mahmoudan et al., 2017). عملکرد گندم استان گلستان با در نظر گرفتن حدود بهینه مدیریتی در شرایط آبی، دیم پرمحصول و دیم کم محصول به ترتیب حدود ۴۲، ۳۱ و ۵۰ درصد با عملکرد واقعی منطقه فاصله دارد که برای به حداقل رساندن این خلأ باید بهبود مدیریت مزارع گندم نظیر آبیاری، تقسیط کود نیتروژن، انتخاب رقم زراعی مناسب، تاریخ کاشت به عنوان یک راهبرد اساسی در اولویت قرار گیرد (Dastan et al., 2018; Kamkar et al., 2017). مقادیر با ارزش پایین عملکرد گندم (لکه-های سرد عملکرد) عمدتاً در بخش‌های شرقی و غربی استان گیلان در سطوح اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد قرار گرفت. سطح زیر کشت گندم استان گیلان در مقایسه با دو استان دیگر در طول دوره آماری مورد مطالعه کمترین مقدار را دارا بود (۱۱۸۶۴ هزار هکتار) و از سوی دیگر این استان به همراه استان لرستان

REFERENCES

- Allahyari, M.S., Keshavarz, F., Azarmi Sehsari, z., khayati, M., 2013. Factors affecting the non-acceptance of cultivating high-yielding rice cultivars among farmers in Gilan province. *Agricultural Extension and Education Research*.4, 99-122.
- Akossou, A., Attakpa, E., Fonton, N., Sinsin, B., Bosma, R., 2016. Spatial and temporal analysis of maize (*Zea mays*) crop yields in Benin from 1987 to 2007. *Agricultural and Forest Meteorology*.220, 177-189.
- Asadi, M. and Karami, M., 2017. Representation of Temperature Variability in Fars Province Using Spatial Statistics. *Geographical Researches Quarterly*. 1, 64-75.

4. Azizi, G., Roshani, M., 2008. Using Mann-Kendall Test to Recognize of Climate Change in Caspian Sea Southern Coasts. *Physical Geography Research Quarterly*. 64., 13-28.
5. Bakhshandeh, E., Fathi, N., Pirdashti, H., Nasiri, M., 2017. Effect of weather temperature and solar radiation on grain yield and yield components of rice under different local climates in Mazandaran province. *Journal of Crops Improvement*. 1, 163-176.
6. Bannayan, M., Mousavi-Baygi, M., Ashraf, B., AsadiOskuei, E., 2016. Assessment of climatic indices limiting rained wheat yield. *Ecological Indicators*. 62, 298-305.
7. Bay, N., Montazeri, M., Gadnomkar, A., Ataei, H., 2012. The Study of Potential of Dry Farming Wheat Cultivation in Golestan Province by Using Geographic Information System (GIS). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 4, 19-42.
8. Dastan, S., Yousefian, M., Soltani, A., Ajam Norouzi, H., 2018. Estimation of yield gap in local rice cultivars by using CPA and BLF methods (Case study: Mazandaran province, Sari region). *Journal of Crop Production Research*. 3, 255-288.
9. Davargar, N., Zare, A., Shakori, M., Rezaei, L., Kavosi, M., Shiekh Eslam, H., Shahnazari, M., Kohneh, E., Shirinfekr, A., Bonyadi, I., Adibi, S., Moshir, E., Khodashenas, A., Shokri, H., Darighgoftar, F., Rahimi, A., Agili, A., 2015. Fertility Status of Paddy Soils in Guilan Province. *Land Management Journal*. 1, 1-13.
10. Gornott, Ch. and Wechsung, F., 2016. Statistical regression models for assessing climate impacts on crop yields: A validation study for winter wheat and silage maize in Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*. 217, 89-100.
11. Hajjarpoor, A., Kashiri, H., Soltani, A., Ainehband, A., Nazeri, M., Zienali, E., 2017. Determination of the optimum managements ranges in order to increasing wheat yield in Golestan province. *Journal of Crops Improvement*. 3, 577-590.
12. Hataminezhad, H., Poorahmad, A., Mansourian, H., Abbas Rajaei, S., 2014. Spatial Analysis of Quality of Life Indicators in Tehran City. *Human Geography Research Quarterly*. 4, 29-56.
13. Homae, M., Sadooghi, L., Noroozi, A., Asadi Kapourchal, S., 2017. Estimating rice yield using VSM model and satellite images in Guilan province. *Cereal Research*. 3, 397-410.
14. Jin, G., Li, z., Deng, X., Yang, J., Chen, D., Li, W., 2018. An analysis of spatiotemporal patterns in Chinese agricultural productivity between 2004 and 2014. *Ecological Indicators*. 62, 1-10.
15. Kamkar, B., Badsar, M., Soltani, A., Abdi, O., 2017. Yield gap estimation in wheat-grown fields using GIS and RS approach and SSM model (A case study: Qaresso basin, Gorgan, Iran). *Cereal Research*. 2, 195-215.
16. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., Sadeghi, S., 2014. Agro-Ecological Zoning of Golestan Province Lands for Soybean Cultivation Using Geographical Information System (GIS). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 4, 21-40.
17. Khaledian, M., Zare, N., Pirmoradian, N., Rezaei, M., 2015. Assessment of rice yield under different irrigation treatments over a long-term weather data with CropSyst model. *Water Management in Agriculture*. 1, 49-56.
18. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mansoori, H., Moradi, R., 2016. Effect of Climate and Management Factors on Potential and Gap of Wheat Yield in Iran with Using WOFOST Model. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2, 244-256.
19. Mansoori, H., Nassiri Mahallati, M., Moradei, R., Koocheki, A., 2014. Assessing Sustainable Agriculture Development Status in Iran and Offering of Sustainability Approaches. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 4, 179-197.
20. Lucyanne Santos, A.M., Eyji Sano, E., Luis Bolfe, E., Nascimento Santos, J.F., Sales dos Santos, J., Brito Silva, F., 2019. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990-2015). *Land Use Policy*. 80, 57-67.
21. Mahmoudan, S., kamkar, B., abdi, O., bagherani, N., 2017. Comparison of wheat yield between common and modern management wheat cropping systems using Geographical Information System approach. *Journal of Crop Production*. 2, 178-198.
22. Mirzaei, R., Nadian, M., Soltani Mohammadi, S., 2018. Application of Moran's I Autocorrelation in Spatial-Temporal Analysis of PM2.5 Pollutant (A case Study: Tehran City). *Journal of Environmental Health Engineering*. 3, 197-213.
23. Mohammadi, H., Azizi, G.H., Rabbani, F., 2017. Long-term prediction of the climate variables in northern shore of Iran on uncertainty of global climate models. *Journal of Geographic Space*. 56, 93-113.
24. Mohammadi, Y., Shalalvand, M., Rezapour, K. (2018). Determining an Optimal Agronomic Cropping Pattern in Productive Units by analyzing the Regional and National Comparative Advantages. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 49(4), 719-734

25. Mosaedi, A., Kahe, M., 2008. The Assessing Precipitation Effects on Yield Productions of Wheat and Barley in Golestan Province. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 4, 206-218.
26. Parchomenko, A. and Borsky, S., 2018. Identifying phosphorus hot spots: A spatial analysis of the phosphorus balance as a result of manure application. *Journal of Environmental Management.* 214, 137-148.
27. Pirdashti, H., Aghaeipour, N., Zavareh, M., Asadi, H., Bahmanyar, M.A., 2018. Yield gap analysis of rice in relation to soil properties in Foumanat plain. *Journal of Crop Production.* 4., 159-172.
28. Roshani, G. and Gharanjiki, A., 2015. Digital mapping of soil fertility for agricultural service centers of Golestan province using Kriging method. *Journal of Agricultural Engineering.* 2, 87-99.
29. Rostaei, SH., Karim Zadeh, H., Zadvali, F., 2018. A comparative study of the use of classical statistical analysis and spatial statistics to measure the extent of urban poverty (Case study: Tabriz Metropolitan). *Journal Management System.* 31, 153-166.
30. Saito, K., Dieng, I., Toure, A., Somado, E., Wopereis, M., 2015. Rice yield growth analysis for African countries over 1960–2012. *Global Food Security.* 5, 62-69.
31. Salami, H., Mohtashami, T. (2014). The projection model of Iran's crop production in 2025. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 45(4), 585-599.
32. Shiravand, H. and Hashemi, M.N., 2016. Study the effects of climate change on sustainable national security. *National Conference on passive Defense& Sustainable Development*, 3th-4th October, Tehran, Iran. pp. 691- 703.
33. Sotodeh, F. and Alijani, B., 2015. The Relationship between Spatial Distribution of Heavy Precipitation and Pressure Patterns in Guilan Province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards.* 1, 63-73.
34. Zarebyaneh, H., Bayatvarkeshi, M., 2014. Statistical Analysis of Long-Term Trend of Performance, Production and Cultivated Area of 17 Field Crops Khorasan Razavi Province. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 3, 403-416.