

## تعیین دامنه وابستگی فضایی ریسک سیستماتیک عملکرد گندم دیم در ایران: کاربرد الگوهای خودرگرسیون فضایی

مرتضی تهامی پور<sup>۱\*</sup>، حبیب‌الله سلامی<sup>۲</sup>، سعید یزدانی<sup>۳</sup>، امیرحسین چیدری<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران

۲، ۳. استاد دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران

۴. استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۹- تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۹)

### چکیده

هدف از مطالعه حاضر، تبیین الگوی وابستگی فضایی ریسک سیستماتیک عملکرد گندم دیم در ایران با بهره‌گیری از الگوهای خودرگرسیون فضایی است. به این منظور، مناطق همسایه بر اساس روش مجاورت مثلث‌بندی دلانی<sup>۱</sup> مشخص و میزان همبستگی فضایی بین عملکرد گندم دیم در این مناطق در قالب الگوهای خودرگرسیون فضایی اندازه‌گیری شد. به علاوه نقش متغیرهای اقلیمی دما و باران در توضیح بیشتر تغییرات عملکرد گندم دیم مشخص شد. نتایج نشان داد ریسک عملکرد گندم دیم در کشور ماهیت سیستماتیک دارد و مجموعه قابل توجهی از شهرستان‌های تولیدکننده این محصول را در بر می‌گیرد. همچنین شدت همبستگی فضایی بین مناطق همسایه متفاوت است. گفتنی است تغییرات متغیرهای باران و دما در ایجاد این همبستگی نقش دارند؛ به طوری که در سال‌هایی که شدت تغییرات باران و یا دما بیشتر است، همبستگی بروز تغییرات در تولید این محصول نیز افزایش می‌یابد. اطلاعات این تحقیق می‌تواند در تدوین پرتفوی بیمه‌ای بخش کشاورزی استفاده شود و ریسک بیمه‌گر را کاهش دهد.

طبقه‌بندی JEL: D81, G32.

**واژه‌های کلیدی:** الگوهای خودرگرسیون فضایی، ایران، ریسک سیستماتیک، گندم دیم.

## مقدمه

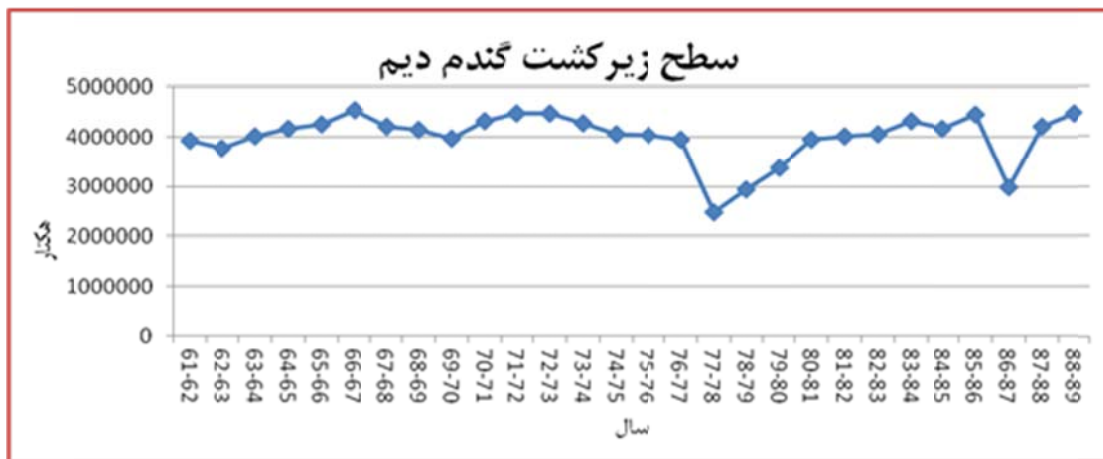
هم در بررسی خود نتیجه مشابهی را در این خصوص اعلام کرده است. از این رو لازم است دامنه ریسک سیستماتیک برای محصولات مشخص شود تا بتوان وسعت خسارات را پیش‌بینی کرد.

ریسک سیستماتیک هم از نظر دولت‌ها و هم از نگاه شرکت‌های بیمه‌ای بسیار حائز اهمیت است. Miranda & Glauber (1997) معتقدند که شکست بازار بیمه محصولات کشاورزی ناشی از سیستماتیک بودن ریسک عملکرد در این بازار است. سیستماتیک بودن ریسک عملکرد باعث تضعیف توانایی بیمه‌گر در توزیع ریسک بین مناطق مختلف می‌شود و خطر بروز خسارات بزرگ و خارج از توان بیمه‌گر را افزایش می‌دهد و همین باعث می‌شود بیمه‌گران خصوصی رغبت کمتری به وارد شدن به بیمه کشاورزی داشته باشند. بنابراین تعیین سیستماتیک بودن یا نبودن ریسک عملکرد و دامنه این ریسک برای محصولی مانند گندم که سطح زیرکشت زراعی غالب کشور را تشکیل می‌دهد، می‌تواند اطلاعات مفیدی را در خصوص چگونگی توسعه بیمه این محصول در مناطق مختلف و انتخاب پرتفوی مناسب منطقه‌ای و نیز تعیین حق بیمه مناسب فراهم آورد. به علاوه، شدت سیستماتیک بودن ریسک عملکرد گندم می‌تواند ضرورت توجه به توسعه بیمه ا تکایی را نشان دهد. مسلماً مشخص کردن دامنه ریسک سیستماتیک و در نتیجه تعیین مناطق هم‌ریسک و تعیین پرتفوی بیمه‌ای مناسب، می‌تواند هزینه‌های بیمه را کاهش دهد، از ورشکستگی بیمه‌گر جلوگیری کند و اثرگذاری این سیاست را در مدیریت ریسک افزایش دهد (Zhu et al., 2009).

گندم یکی از محصولات اساسی و عمده بخش کشاورزی است که حدود ۵۴ درصد از سطح زیرکشت محصولات سالیانه را به خود اختصاص می‌دهد. بررسی روند سطح زیرکشت و تولید گندم آبی و دیم در کشور در طول دوره ۱۳۶۱-۸۹ نشان می‌دهد که به طور متوسط در طول این دوره، ۶۳ درصد سطح زیرکشت و ۳۴ درصد تولید گندم کشور به صورت دیم بوده است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2009). از آنجا که کشت دیم به میزان بارندگی وابستگی زیادی دارد، نوسانات بارش و خشکسالی‌های متعدد باعث شده است که سطح زیرکشت گندم دیم -همان طور که در نمودار ۱ نشان داده شده- با نوسان همراه باشد.

در ایران علاوه بر کمبود ریزش‌های جوی، توزیع و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش‌ها نیز سبب بروز نوسان در تولید محصولات شده و ریسک تولید را افزایش داده است. تکرار خشکسالی یکی از نمودهای موقعیت نامناسب جغرافیایی کشور از نظر شرایط اقلیمی است که خود از پرمخاطره بودن تولید کشاورزی در ایران حکایت دارد. یکی دیگر از پدیده‌های اقلیمی که آسیب بسیاری به تولیدات کشاورزی وارد می‌کند، سرمازدگی است که مطابق آمار صندوق بیمه کشاورزی، بعد از خشکسالی مهم‌ترین ریسک اقلیمی محصولات زراعی تلقی می‌شود (Agricultural Insurance, 2009). سرمازدگی نتیجه کاهش دمای محیط به میزان کمتر از تحمل گیاهان در مقطع خاصی از رشد است و کشت محصولاتی که آستانه تحمل دمایی پایینی دارند، در مناطقی که مستعد خطر سرمازدگی و نوسانات دمایی زیاد است، باعث از بین رفتن محصولات کشاورزی می‌شود. این نگرانی‌ها درباره اثر تغییرات اقلیمی بر تولیدات کشاورزی در مناطق دیگر جهان نیز وجود دارد که از سوی محققان ابراز شده است (Bazzaz & Sombroek, 2002).

تغییرات متغیرهای اقلیمی مانند دما و بارندگی از این نظر بسیار مورد توجه است که معمولاً دامنه فراگیری دارد و به مکانی خاص محدود نمی‌شود، بلکه چند منطقه را همزمان در بر می‌گیرد و در نتیجه بر تولید محصولات این مناطق تأثیر می‌گذارد. بنابراین همان طور که Zhu et al. (2009) نیز در بررسی خود نشان می‌دهند، عامل تغییر اقلیم، سبب ایجاد ریسک سیستماتیک می‌شود و کم و زیاد شدن تولید را در چند منطقه به هم مرتبط و همبسته می‌کند و به همین دلیل خسارات ناشی از تغییرات اقلیمی می‌تواند بسیار زیاد و فلج‌کننده باشد. Wang & Zhang (2003) هم بر این باورند که وسعت دامنه ریسک سیستماتیک نامحدود نیست، بلکه مزارعی که در فواصل معینی از یکدیگر قرار دارند از این نوع ریسک تأثیر می‌پذیرند. تحقیقات آنها نشان می‌دهد که اگر فاصله بین مزارع بیشتر از ۵۷۰ مایل باشد، عملکرد گندم، سویا و ذرت در ایالات متحده دیگر به صورت فضایی همبسته نخواهد بود؛ یعنی دامنه ریسک سیستماتیک برای این محصولات در یک شعاع ۵۷۰ مایلی تعریف می‌شود. Goodwin (2001)



نمودار ۱. روند سطح زیرکشت گندم دیم در کشور طی دوره ۱۳۶۱-۸۹

همچنین Salami et al. (2010) به بررسی آثار اقتصادی خشکسالی در اقتصاد ایران پرداختند. محققان در بخشی از این مطالعه اثر تغییر میزان بارندگی بر عملکرد محصولات زراعی و باغی مختلف از جمله گندم دیم و آبی را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش بارندگی در حد طبیعی نسبت به میزان بارندگی سال ۱۳۷۸-۷۹ که به معنی افزایش بارندگی از ۱۳۸/۸ میلی‌متر به ۲۴۹ میلی‌متر است، به طور قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش عملکرد محصولات زراعی و باغی می‌شود؛ به گونه‌ای که این میزان تغییرات برای گندم آبی و دیم به ترتیب ۶۷۸ و ۶۳۰ کیلوگرم است. همچنین در مطالعات خارجی، اثر تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصولات زراعی تأیید شده است. از جمله Aggarawal & Sinha (1993) به ارزیابی اثر افزایش دی‌اکسیدکربن و درجه حرارت بر عملکرد گندم در هند پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش ۲ درصدی درجه حرارت باعث کاهش عملکرد در بسیاری مناطق می‌شود که این اثر برای گندم آبی و دیم در مناطق مختلف، متفاوت است. Liangzhi et al. (2005) اثر گرم شدن زمین و تغییرات آب‌وهوایی را بر بهره‌وری گندم در چین بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که یک درصد افزایش درجه حرارت در فصل رشد به حدود ۰/۳ درصد کاهش عملکرد گندم منجر می‌شود. همچنین Matthews et al. (1997) در ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر تولید برنج در آسیا، به این نتیجه رسیدند که افزایش سطح CO<sub>2</sub> باعث افزایش عملکرد

وابستگی گندم دیم به ریزش‌های جوی باعث می‌شود تغییرات آب‌وهوایی آثار تعیین‌کننده‌ای بر میزان خسارت این محصول داشته باشد؛ به گونه‌ای که مطابق اطلاعات صندوق بیمه کشاورزی، خشکسالی و سرمازدگی مهم‌ترین ریسک‌های تولید گندم کشور بوده و حدود ۹۷ درصد سطح خسارت‌دیده را در سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷ به خود اختصاص داده است.

در خصوص ارتباط عملکرد گندم با متغیرهای اقلیمی بررسی‌های مختلفی در داخل و خارج کشور انجام شده است که همگی بر این ارتباط صحت گذاشته‌اند. از جمله مطالعات داخلی در این زمینه می‌توان به Farajzadeh Asl et al (2009) اشاره کرد که تغییرپذیری میزان عملکرد گندم را با توجه به مقدار تغییر متغیرهای اقلیمی از جمله دما و بارش در استان خراسان رضوی بررسی کردند. نتایج نشان داد که عملکرد گندم در شهرستان‌های استان خراسان رضوی براساس تغییرات داده‌های بارش و دما بین ۲۰۰ تا ۵۳۴ کیلوگرم در هکتار در مدل منطقه‌ای قابل تغییر است. Azizi & Yarahmadi (2003) نیز ارتباط بین عملکرد گندم دیم با متغیرهای اقلیمی را با استفاده از تحلیل رگرسیون برای دشت سیلاخور واقع در استان لرستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که بین عملکرد گندم دیم و متغیرهای میزان بارش پاییزه و بهاره و همچنین تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال ارتباط مستقیم وجود دارد اما بین متغیرهای تعداد روزهای یخبندان بهاری و تأخیر در اولین بارش پاییزه ارتباط معکوس برقرار است. در این زمینه

قانون اول تابلر<sup>۱</sup> مشهور است (Miller, 2004). از نظر آماری، خصوصیت یادشده بر این نکته تأکید می‌کند که همبستگی بین مشاهدات جمع‌آوری شده از مناطق نزدیک به هم، بالاتر از همبستگی بین مشاهدات مناطقی است که از هم فاصله دارند. این همبستگی در بین متغیری مانند عملکرد محصول در مناطق همسایه در قالب الگوهای خودرگرسیون خاص که الگوهای خودرگرسیون فضایی<sup>۲</sup> (مکانی) نامیده می‌شود، بیان و شدت آن در چهارچوب این الگوها با استفاده از ضریب همبستگی فضایی تعیین می‌شود.

اگر بردار مقدار عملکرد گندم در مناطق مختلف تولید با  $Y$  و ماتریس متغیرهای توضیح‌دهنده عملکرد با  $X$  نشان داده شود، الگوی کلی خودرگرسیون فضایی<sup>۳</sup> با داده‌های مقطعی که توسط Anselin (1988) ارائه شده است، به صورت زیر خواهد بود:

$$Y = \rho W_1 Y + X\beta + U$$

$$U = \lambda W_2 U + \varepsilon \quad (1)$$

$$\varepsilon \approx N(0, \sigma^2 I_n)$$

که در آن  $Y$  یک بردار  $n \times 1$  از متغیر عملکرد گندم به منزله متغیر وابسته و  $X$  یک ماتریس  $n \times k$  از متغیرهای توضیحی مانند متغیرهای دما و میزان بارش است.  $W_1$  و  $W_2$  ماتریس‌های وزنی فضایی  $n \times n$  هستند که می‌توانند طبق تعاریف همسایگی فضایی بر اساس مجاورت و یا به منزله تابعی از فاصله ایجاد شوند. پارامتر  $\rho$  خودهمبستگی فضایی را اندازه‌گیری می‌کند.  $U$  اجزای اخلاص الگو با میانگین صفر و واریانس  $\sigma^2$  است که فرض شده دارای ساختار فضایی است و  $\lambda$  ضریب همبستگی اجزای اخلاص یا خطاهای رگرسیون در مناطق مختلف است (Lesage, 1999).

الگوی بالا نشان می‌دهد که بین مناطق مختلف تولید گندم، دو نوع همبستگی مطرح است: نوع اول، همبستگی بین عملکرد گندم در مناطق مختلف است که بر اساس همسایگی در قالب ماتریس همسایگی  $W_1$  وزن داده می‌شوند و  $\rho$  شدت این همبستگی فضایی را اندازه‌گیری می‌کند. نوع دوم، همبستگی بین جزء خطا یا اجزای اخلاص در مکان‌های مختلف است که  $\lambda$  شدت این همبستگی را در رابطه با اندازه‌گیری می‌کند.

می‌شود؛ در حالی که افزایش درجه حرارت، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت.

Agricultural insurance (2008) در تحقیقی با عنوان پهنه‌بندی اقلیمی ایران از دیدگاه بیمه محصولات کشاورزی در مقابل آسیب‌های خشکسالی، سرماهای زیان‌بخش و بارش‌های سیل‌آسا، به طور غیرمستقیم به اهمیت ریسک سیستماتیک در بخش کشاورزی پرداخته و تلاش کرده است اطلاعاتی درباره وقوع خسارات ناشی از این نوع ریسک که به دلیل بارش‌های سیل‌آسا و سرماهای زیان‌بخش ایجاد می‌شود، به دست آورد. البته در این بررسی دامنه ریسک سیستماتیک و همچنین مناطقی که عملکرد تولید در آنها به طور همزمان تغییر می‌کند، مشخص نشده است.

نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات زراعی بسیار تأثیرگذارند و می‌توانند منشأ ایجاد ریسک‌های فراوانی باشند. البته باید به این نکته اشاره کرد که شناخت میزان این آثار، برای مدیریت ریسک ناشی از تغییرات متغیرهای اقلیمی کافی نیست، بلکه تعیین مناطقی که در دامنه ریسک سیستماتیک قرار می‌گیرند و اندازه‌گیری شدت همبستگی بین عملکرد در این مناطق است که می‌تواند به مدیریت ریسک‌های اقلیمی مانند سرما و خشکسالی کمک کند. به عبارت دیگر، در صورت شناسایی مناطقی که این گونه ریسک‌ها عملکرد آنها را به طور همزمان متأثر می‌کند، مدیریت ریسک آسان‌تر می‌شود، تمایل بخش خصوصی به مشارکت در این مدیریت از طریق ارائه بیمه افزایش می‌یابد و حمایت‌های دولت از تولیدکنندگان گندم در کشور نیز هدفمندتر خواهد شد.

در تحقیق پیش رو دو هدف دنبال می‌شود: یکی پاسخ به این سؤال که آیا ریسک عملکرد گندم در مناطق مختلف کشور ماهیت سیستماتیک دارد؟ و دیگر تعیین دامنه اثرگذاری ریسک سیستماتیک عملکرد گندم در این مناطق، تعیین مناطق همسایه از نظر ریسک سیستماتیک گندم در کشور.

## مواد و روش‌ها

برای مجموعه‌ای از مناطق جغرافیایی، مشاهدات مربوط به متغیرهای مختلف، از جمله عملکرد محصولات مناطق نزدیک به هم خصوصیات مشابه بیشتری در مقایسه با مناطق دورتر از هم دارند. این ویژگی در علم جغرافیا به

1. Tobler's First Law  
2. Spatial Autoregressive models  
3. General Autoregressive model

خطاهای فضایی است. بقیه متغیرها، تعاریف قبلی خود را دارند. اما اینکه کدام الگو مناسب‌تر است و همبستگی بین عملکرد محصول در مناطق مختلف را بهتر توضیح می‌دهد، موضوعی است که می‌بایست در عمل و با انجام آزمون‌هایی مشابه با رگرسیون‌های معمولی تعیین شود. در ادبیات اقتصادسنجی فضایی چندین آزمون آماری برای آگاهی از وجود همبستگی فضایی در اجزای اخلال وجود دارد که مهم‌ترین آنها آماره I موران<sup>۳</sup>، آزمون نسبت درستنمایی و آزمون ضریب لاگرانژ است.

برای تدوین الگوهای خودرگرسیون فضایی، اولین قدم ایجاد ماتریس همسایگی<sup>۴</sup> یا ماتریس وزن‌های فضایی است. برای ایجاد ماتریس وزن‌های فضایی روش‌های مختلفی مطرح شده است که مهم‌ترین آنها تعریف ماتریس وزن‌های فضایی بر اساس مجاورت<sup>۵</sup> و تعریف ماتریس به منزله تابعی از فاصله<sup>۶</sup> است (Lesage, 2004). برای مثال، همسایگی بر اساس مجاورت خطی<sup>۷</sup> این گونه تعریف می‌شود که تمام مناطقی که یک لبه<sup>۸</sup> مشترک با منطقه I دارند، همسایه این منطقه به شمار می‌آیند. انواع دیگری از مجاورت‌ها نیز وجود دارند که بر اساس حرکت مهره‌های شطرنج نامگذاری شده‌اند که مهم‌ترین آنها مجاورت «رخ‌مانند»<sup>۹</sup>، مجاورت «فیل‌مانند»<sup>۱۰</sup> و مجاورت «ملکه‌مانند»<sup>۱۱</sup> است. در مجاورت رخ‌مانند، برای عناصری که یک پهلو<sup>۱۲</sup> مشترک با منطقه بررسی دارند،  $W_{ij} = 1$  قرار داده می‌شود و بقیه عناصر ماتریس در سطر مورد بررسی، صفر می‌گیرند. در مجاورت فیل‌مانند برای عناصری که یک رأس<sup>۱۳</sup> مشترک با منطقه بررسی دارند،  $W_{ij} = 1$  قرار داده می‌شود و بقیه عناصر ماتریس، صفر می‌گیرند. در مجاورت ملکه‌مانند، برای عناصری که یک پهلو یا رأس مشترک با منطقه بررسی دارند،  $W_{ij} = 1$  قرار داده می‌شود و بقیه عناصر ماتریس، صفر می‌گیرند. هدف از تعریف‌های نامبرده، ترسیم موقعیت نقاط موجود در یک محدوده فضایی در قالب ماتریسی است که نشان‌دهنده ارتباط بین مشاهدات همسایه باشد و انتظار بر این است که با افزایش فاصله بین مشاهدات، وابستگی فضایی کاهش یابد (Lesage, 1999).

زمانی که تعداد نمونه‌ها (مکان‌ها) زیاد است، برای تعیین

با اعمال برخی محدودیت‌ها در الگوی کلی ۱ الگوهای ساده‌تری به دست می‌آید. مثلاً اگر  $X = 0$  و تغییرات اجزای اخلال متأثر از مناطق دیگر نباشد (یعنی:  $W_2=0$ )، الگوی خودرگرسیون فضایی مرتبه اول<sup>۱</sup> به فرم زیر به دست می‌آید:

$$Y = \rho W_1 Y + \varepsilon \quad (2)$$

$$\varepsilon \approx N(0, \sigma^2 I_n)$$

در این الگو که مشابه الگوی خودرگرسیونی معمولی مرتبه اول در تحلیل سری زمانی است، تغییر در تولید در هر یک از مناطق (Y)، به صورت یک ترکیب خطی از تغییر در تولید واحدهای همسایه حاصل می‌شود و نیازی به اطلاعات دیگر برای توضیح متغیر وابسته نیست. از آنجا که این الگو فاقد عرض از مبدأ است، در عمل متغیر وابسته به صورت انحراف از میانگین وارد الگو می‌شود.

حال اگر صرفاً  $W_2 = 0$  باشد، الگوی مختلط رگرسیون- خودرگرسیون فضایی حاصل می‌شود که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

$$\varepsilon \approx N(0, \sigma^2 I_n)$$

که در آن تمامی متغیرها تعاریف قبلی خود را دارند. در واقع این الگو یک الگوی رگرسیونی استاندارد است که یک متغیر که وقفه فضایی متغیر وابسته است به آن افزوده شده است.

معمولاً در تجزیه و تحلیل رگرسیون کلاسیک فرض بر این است که اجزای اخلال الگو مستقل هستند اما داده‌های فضایی اجزای اخلال ممکن است همبسته باشند و ساختار همبستگی آنها تابعی از موقعیت قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد بررسی باشد. این حالت نوع دیگری از الگوهای خودرگرسیون فضایی را به وجود می‌آورد که الگوی رگرسیون فضایی در اجزای اخلال<sup>۲</sup> نامیده می‌شود و با فرض  $W_1 = 0$  در الگوی کلی ۱ به دست می‌آید که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$Y = X\beta + U \quad (4)$$

$$U = \lambda W_2 U + \varepsilon$$

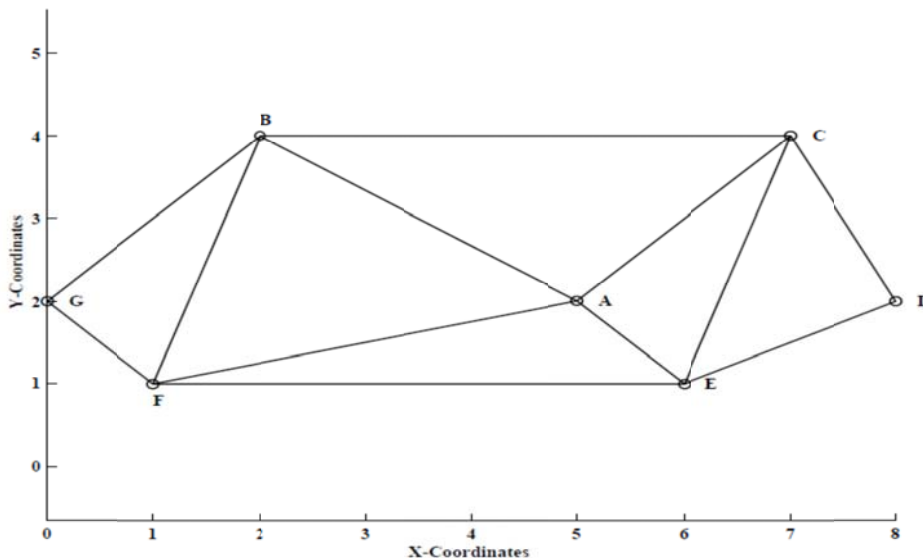
$$\varepsilon \approx N(0, \sigma^2 I_n)$$

که در آن  $W_2$  ماتریس وزنی فضایی و  $\lambda$  ضریب همبستگی

1. The First-order spatial Autoregressive model  
3. Moran's I-statistic  
5. Contiguity  
8. Edge  
11. Queen contiguity

2. The spatial errors model  
4. Neighbouring matrix  
6. Distance  
7. Linear contiguity  
9. Rook contiguity  
10. Bishop contiguity  
12. Side  
13. Vertex

خصوصیت هستند که هیچ نقطه‌ای در فضای محاط‌شده به وسیله دایره‌ای که از سه ضلع مثلث می‌گذرد، قرار نمی‌گیرد. مطابق تعریف مجاورت دلانی، همسایه‌ها به منزله دو نقطه‌ای تعریف می‌شوند که در رأس یک مثلث مشترک قرار می‌گیرند. بنابراین مشاهدات همسایه برای نقطه A در شکل ۱ برای ایجاد ماتریس وزن‌های فضایی عبارت است از نقاط E, C, B, F و G (Lesage, 2004).



شکل ۱. نمایش شیوه مثلث‌بندی دلانی در تعریف ماتریس وزن‌های فضایی بر اساس مجاورت

نزدیک‌ترین مشاهدات و شکل‌دهی ماتریس همسایگی، استفاده از روش مثلث‌بندی دلانی<sup>۱</sup> برای تعریف مجاورت توصیه شده است (Lesage, 2004). برای نشان دادن این روش، فرض کنید موقعیت هفت منطقه تولید گندم در کشور به صورت شکل ۱ باشد. در این شکل موقعیت مناطق با طول و عرض جغرافیایی نشان داده شده و مثلث‌بندی دلانی بر اساس تمرکز روی نقطه A صورت گرفته است. در این روش، فضا به مثلث‌هایی تقسیم شده است که دارای این

ترتیب می‌توان ادامه داد و K همسایه برای نقطه A تعیین کرد. مجدداً برای ایجاد ماتریس وزن‌های فضایی می‌توان برای ستون‌های متناظر نقاط E, C و D در سطر مربوط به نقطه A عدد یک قرار داد و برای بقیه نقاط به همین شکل ماتریس را ایجاد کرد. روش تعریف ماتریس وزنی فضایی با روش فاصله، امکان تعیین تعداد دلخواه و مناسب از همسایه‌ها را با توجه به مسئله مورد بررسی فراهم می‌آورد (Lesage, 2004).

ماتریس W یا ماتریس وزن‌های فضایی، یک ماتریس مربعی است که تعداد سطر و ستون آن برابر با تعداد مکان‌ها یا مناطق تولید محصول (گندم) است. مؤلفه  $W_{ij}$  در این ماتریس نشان‌دهنده ارتباط بین مکان i و j است و در صورتی که مکان i با مکان j همسایه باشد، مؤلفه مد نظر ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر می‌گیرد. اگر فرض شود که کل مناطق تولید گندم شامل پنج منطقه

برای تعریف ماتریس همسایگی، ستون‌های متناظر مربوط به نقاط E, C, B, F در سطر مربوط به نقطه A عدد یک می‌گیرند و برای بقیه نقاط سطر A، صفر قرار داده می‌شود.

روش دیگر در تعریف ماتریس همسایگی فضایی، استفاده از معیار فاصله بین نقاط برای تعیین نزدیک‌ترین مشاهدات به نقطه در دست بررسی است. به عبارت دیگر، همسایگی بر اساس فاصله به این شکل است که مناطقی که نزدیک‌ترین فاصله با منطقه مورد نظر را دارند، همسایه آن تلقی می‌شوند. بر اساس فاصله اقلیدسی<sup>۲</sup>، به راحتی می‌توان فاصله هر نقطه مانند نقطه A در شکل ۱ را از تمام مشاهدات دیگر به دست آورد و سپس آنها را بر اساس اندازه مرتب کرد. بنابراین در شکل ۱ نزدیک‌ترین همسایه به نقطه A طبق معیار فاصله، نقطه E است. نزدیک‌ترین همسایه دوم C و نزدیک‌ترین همسایه سوم نقطه D است و به همین

1. Delaunay triangularization

2. Euclidean

در تحقیق پیش رو الگوی همبستگی فضایی عملکرد گندم دیم در سطح شهرستان‌های کشور بررسی می‌شود. به عبارت دیگر، مجموعه شهرستان‌هایی که در دامنه ریسک سیستماتیک قرار می‌گیرند، یعنی عملکرد محصول گندم در آنها دارای همبستگی است، مشخص می‌شوند. حال سؤال این است که برای این شهرستان‌ها همسایگی در چه بستری تعیین شود؟ آیا همسایگی برای شهرستان‌های یک استان تعیین شود؟ آیا بدون توجه به اینکه شهرستان‌ها در کدام استان قرار دارند، همسایگی در سطح کشور تعیین شود؟ در واقع هر دو مورد در ادبیات موضوع دیده می‌شود و می‌تواند مبنا قرار گیرد اما مبنای مناسب‌تر این است که شهرستان‌ها از نظر اقلیمی (خشک، نیمه‌خشک و ...) گروه‌بندی شوند و تقسیم‌بندی اقلیمی، بستر تعیین همسایگی قرار گیرد.

برای پهنه‌بندی اقلیمی مناطق مختلف، شاخص‌های متعددی در بررسی‌ها ارائه شده است که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به روش دومارتن<sup>۲</sup> اشاره کرد. در این روش برای تعیین وضعیت اقلیم و پهنه‌بندی آن، بین درجه حرارت و مقدار بارندگی رابطه تجربی  $I = P / (T + 10)$  برقرار شده است که در آن I ضریب خشکی، P متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر و T متوسط درجه حرارت سالانه بر حسب درجه سانتی‌گراد است. بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده برای I، شش نوع اقلیم به صورت جدول ۱ از یکدیگر متمایز می‌شود:

جدول ۱. کلاسه‌بندی اقلیم‌ها بر اساس شاخص خشکی دومارتن

ردیف	نوع اقلیم	ضریب دومارتن
۱	خشک	< ۱۰
۲	نیمه‌خشک	۱۰-۱۹/۹
۳	مدیترانه‌ای	۲۰-۲۳/۹
۴	نیمه‌مرطوب	۲۴-۲۷/۹
۵	مرطوب	۲۸-۳۴/۹
۶	بسیار مرطوب	> ۳۵

مأخذ: Ahmadian et al, 2002

در این بررسی، اطلاعات سطح زیرکشت، تولید و عملکرد گندم دیم تمام شهرستان‌های کشور و همچنین اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی این شهرستان‌ها در طول دوره ۱۰ ساله ۱۳۷۹-۸۸ استفاده شده و با بهره‌گیری از شاخص دومارتن، برای تمام سال‌ها، پهنه‌بندی اقلیمی صورت گرفته است که مبنای بررسی الگوهای خودرگرسیون

باشد، ماتریس همسایگی مطابق تعریف مجاورت خطی به شکل ماتریس ۱ تعریف می‌شود که یک ماتریس ۵×۵ است و عناصر قطر اصلی در آن صفر هستند.

(۵)

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

پس از تشکیل ماتریس همسایگی، برای حذف اثر تعداد نابرابر همسایه‌ها در سطرها، از مفهوم استاندارد کردن مرتبه اول<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. استاندارد کردن به این معنی است که هر کدام از عناصر ماتریس بر جمع عناصر سطر متناظر تقسیم شود (لسیچ، ۱۹۹۹). ماتریس استاندارد ماتریس همسایگی W که با C نشان داده می‌شود به صورت ماتریس ۲ است:

(۶)

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 \end{pmatrix}$$

همان‌طور که گفته شد، ایجاد ماتریس وزن‌های فضایی استاندارد شده، برای ایجاد یک متغیر توضیحی از متغیر وابسته (عملکرد گندم) در مناطق مختلف است تا بتوان تغییرات y به منزله متغیر وابسته را در فضایی از مکان‌ها یا مناطق تولید توضیح داد ( $y_i = f(y_j) \quad i \neq j$ ). این موضوع با فرض وجود پنج منطقه کشت گندم دیم، در قالب روابط ماتریسی ۳ به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

(۷)

$$\begin{pmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ y_3^* \\ y_4^* \\ y_5^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ y_3^* \\ y_4^* \\ y_5^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_2 \\ y_1 \\ 1/2y_4 + 1/2y_5 \\ 1/2y_3 + 1/2y_5 \\ 1/2y_3 + 1/2y_4 \end{pmatrix}$$

همسایگی انتخاب شد. برای برآورد الگوهای خودرگرسیون و تعریف ماتریس همسایگی از توابع نرم افزار MATLAB استفاده می شود.

برای تعیین مهم ترین متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گندم در مناطق مختلف کشور، پس از انطباق موقعیت شهرستان ها با ایستگاه های هواشناسی کشور، از اطلاعات ایستگاه های سینوپتیک، کلیماتولوژی و تبخیرسنجی شهرستان های کشور برای استخراج متغیرهای اقلیمی استفاده می شود. برای این منظور با استناد به مطالعات صورت گرفته در زمینه ارتباط عملکرد محصولات زراعی و متغیرهای اقلیمی در داخل و خارج کشور، ۷۴ متغیر به صورت ماهانه، فصلی و سالانه تعریف و استفاده شد. جدول ۲ این متغیرها را نشان می دهد.

فضایی قرار می گیرد. به عبارت دیگر، ضریب همبستگی فضایی بین مناطق هر اقلیم اندازه گیری و مقایسه می شود. با توجه به تعداد قابل ملاحظه شهرستان هایی که در آنها گندم تولید می شود، تعریف ماتریس همسایگی فضایی در این بررسی بر اساس روش مجاورت مثلث بندی دلانی و با استفاده از طول و عرض جغرافیایی شهرستان های مختلف است. در روش مجاورت دلانی بر اساس شیوه مثلث بندی، نزدیک ترین همسایه ها به هر مشاهده انتخاب می شوند و برخلاف روش فاصله، تعداد مشخصی همسایه برای هر مشاهده به مدل تحمیل نمی شود، لذا با توجه به اینکه شناخت قبلی از وضعیت ساختار فضایی عملکرد گندم در کشور وجود نداشته و همچنین منطقه بندی خاصی از نظر جغرافیایی مد نظر این بررسی نبوده است، روش مجاورت دلانی در بستر تقسیم بندی اقلیمی برای تعیین

جدول ۲. متغیرهای اقلیمی تعریف شده برای بررسی ساختار فضایی عملکرد گندم در کشور

شرح متغیرها	واحد	نام متغیرها
ارتفاع از سطح دریا	متر	$X_1$
میزان بارندگی ماهانه برای ۱۲ ماه سال	میلی متر	$X_2 - X_{13}$
نسبت بارندگی فصل به بارندگی سال برای چهار فصل	نسبت	$X_{14} - X_{17}$
مجموع بارندگی فصل برای چهار فصل سال	میلی متر	$X_{18} - X_{21}$
جمع بارندگی سالانه	میلی متر	$X_{22}$
شاخص استاندارد بارش (SPI) <sup>۱</sup> ماهانه برای ۱۲ ماه سال	بدون واحد	$X_{23} - X_{34}$
شاخص استاندارد بارش (SPI) سالانه	بدون واحد	$X_{35}$
متوسط درجه حرارت ماهانه برای ۱۲ ماه سال	درجه سانتی گراد	$X_{36} - X_{47}$
اختلاف حداکثر و حداقل دمای ماهانه برای ۱۲ ماه سال	درجه سانتی گراد	$X_{48} - X_{59}$
متوسط درجه حرارت سالانه	درجه سانتی گراد	$X_{60}$
متوسط اختلاف حداکثر و حداقل دمای سالانه	درجه سانتی گراد	$X_{61}$
فاکتور بارندگی (RF) <sup>۲</sup> ماهانه برای ۱۲ ماه سال	میلی متر بر درجه سانتی گراد	$X_{62} - X_{73}$
فاکتور بارندگی (RF) سالانه	میلی متر بر درجه سانتی گراد	$X_{74}$

مأخذ: داده ها و محاسبات تحقیق

بالاتر برای این شاخص بر اساس طبقه بندی Mckee et al (1993) به معنی کاهش میزان خشکی است. همچنین فاکتور بارندگی (RF) از تقسیم بارندگی بر حسب میلی متر بر درجه حرارت بر حسب سانتی گراد به دست می آید. Gracanic (1950) بر اساس اعداد حاصل از شاخص فاکتور بارندگی، وضعیت اقلیم را درجه بندی کرد. بر این اساس، مقادیر بالاتر برای این شاخص به معنی کاهش خشکی (یا

شاخص استاندارد بارش که یکی از متغیرهای مطالعه در نظر گرفته شده، یکی از مهم ترین و کاربردی ترین شاخص های خشکسالی است که توسط Mckee et al (1993) ارائه شده است. این شاخص به صورت  $SPI = (P_i - \bar{P}) / \sigma$  محاسبه می شود که در آن  $P_i$  مقدار بارندگی در زمان  $i$ ،  $\bar{P}$  متوسط بارندگی و  $\sigma$  انحراف استاندارد بارندگی در دوره زمانی مورد نظر است. مقادیر



در کشور است. اما از آنجا که هدف، بررسی ماهیت سیستماتیک ریسک عملکرد گندم دیم و تعیین دامنه اثرگذاری آن در شرایط بروز خطری مثل خشکسالی است، باید سال‌های مواجهه با خشکسالی انتخاب و وجود همبستگی فضایی بین عملکرد گندم دیم در آنها با سال‌های غیرخشک مقایسه شود.

به این منظور، با استفاده از اطلاعات حاصل از نتایج پهنه‌بندی اقلیمی با شاخص دومارتن، ۷۱ شهرستان پیشگفته به دو دسته تقسیم شدند؛ به این ترتیب که شهرستان‌های مشترک اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک برای سال‌های ۱۳۷۹-۸۸ (۳۸ شهرستان) در گروه پهنه خشک و ۳۳ شهرستان باقیمانده که عمدتاً در طول سال‌های مختلف در اقلیم مدیترانه‌ای و مرطوب هستند، در پهنه غیرخشک قرار می‌گیرند.

سپس برای بررسی وضعیت خودهمبستگی فضایی در این شهرستان‌ها در هر سال، ابتدا بر اساس تعریف مجاورت دلانی ماتریس همسایگی فضایی به تفکیک دو پهنه خشک و غیرخشک ایجاد شد و سپس با استفاده از الگوی خودرگرسیون فضایی مرتبه اول (FAR) (رابطه ۲)، ضریب همبستگی فضایی بین شهرستان‌های تولیدکننده گندم دیم در هر پهنه اقلیمی اندازه‌گیری شد. جدول ۳ نتایج برآورد این الگو را نشان می‌دهد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی فضایی ( $\rho$ ) بین مناطق تولید گندم دیم در اقلیم خشک در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و برای بقیه سال‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. مثبت بودن ضریب همبستگی فضایی در این دو سال بیانگر آن است که عملکرد گندم شهرستان‌های مناطق اقلیم خشک در سال‌های یادشده با یکدیگر همبسته‌اند. بر اساس اطلاعات صندوق بیمه کشاورزی، سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ گندم دیم بیشترین سطح خسارت‌دیده را نسبت به کل سطح زیرکشت تجربه کرده و عامل آن نیز ریسک خشکسالی بوده است. بر این اساس، همبسته بودن عملکرد مناطق مشخص‌شده در پهنه خشک در این دو سال نشان می‌دهد که ریسک خشکسالی یک ریسک سیستماتیک است که وقوع آن مناطق قابل توجهی را درگیر می‌کند و بر عملکرد این گروه از شهرستان‌ها به طور همزمان اثر می‌گذارد. شدت این همبستگی با ضریب همبستگی فضایی ( $\rho$ ) بیان می‌شود که مقدار آن در سال‌های ۱۳۸۴ و

افزایش رطوبت) است و در واقع این شاخص اثر هر دو متغیر بارندگی و دما را نشان می‌دهد.

از طرفی با توجه به اینکه کشت گندم در کشور عمدتاً به صورت پاییزه است، مطابق نظرهای کارشناسی، انتظار بر این است که افزایش رطوبت (افزایش باران یا کاهش دما) در ماه‌های مهر و اوایل آبان که زمان کاشت گندم در مناطق مختلف است، اثر مثبت بر عملکرد گندم داشته باشد. همچنین افزایش بارندگی و کاهش خشکی در فروردین و اردیبهشت که زمان رشد رویشی گیاه در مرحله جوانه‌زنی و گل‌دهی است، می‌تواند اثر مستقیم بر افزایش عملکرد گندم داشته باشد. در مقابل انتظار می‌رود بارندگی در تیر و مرداد که زمان برداشت گندم در مناطق مختلف است، باعث افت عملکرد شود. بنابراین برای انتخاب متغیرهای مناسب از بین مجموعه متغیرهای نامبرده، از معیارهایی همچون ضریب همبستگی بین عملکرد مناطق و متغیرهای اقلیمی، نبود همخطی بین متغیرها، معنی‌داری ضرایب متغیرها در الگوهای مورد بررسی و تطابق علامت و اثر متغیرها با وضعیت موجود کشت گندم دیم و نظرهای کارشناسی استفاده می‌شود.

داده‌های لازم شامل سری زمانی عملکرد گندم دیم و سری زمانی متغیرهای میزان بارندگی ماهانه و همچنین متوسط، حداکثر و حداقل دمای ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی در سطح شهرستان‌های کشور است که اطلاعات عملکرد سال‌های ۱۳۷۹-۸۸ از دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی (ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی) و وزارت نیرو (ایستگاه‌های تبخیرسنجی) گرفته شده است.

## نتایج و بحث

برای بررسی ساختار همبستگی فضایی عملکرد گندم دیم در کشور، ابتدا یک پانل متوازن شامل ۷۱ شهرستان که در طول دوره ۱۳۷۹-۸۸ به طور مداوم به کشت گندم دیم مبادرت کرده‌اند، ایجاد شد. سپس بر اساس شاخص دومارتن، این شهرستان‌ها پهنه‌بندی شدند. نتایج این پهنه‌بندی نشان می‌دهد که شدت خشکی در مناطق تولید گندم دیم در کشور در طول سال‌های مورد نظر، متفاوت است اما حداقل ۶۵ درصد این شهرستان‌ها در هر سال، در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده شرایط اقلیمی نامناسب و پرمخاطره بودن تولید گندم دیم

۱۳۸۶ به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۵۳ بوده است. افزایش ناگهانی درصد سطح خسارت دیده گندم دیم از کل سطح زیرکشت این محصول در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که

افزایش شدت کمبود باران در برخی سال‌ها می‌تواند به سیستماتیک بودن ریسک ناشی از خشکسالی بینجامد.

جدول ۳. نتایج برآورد الگوی خودرگرسیون فضایی مرتبه اول برای پهنه‌های اقلیمی تولید گندم دیم در کشور

سال / اقلیم	پهنه اقلیمی خشک		پهنه اقلیمی غیرخشک	
	ضریب همبستگی (rho)	آماره t	ضریب همبستگی (rho)	آماره t
۱۳۷۹	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۴۷	۱/۶
۱۳۸۰	۰/۴۱	۱/۴	۰/۲۷	۰/۸
۱۳۸۱	۰/۱۱	۰/۳	۰/۳۷	۱/۱۵
۱۳۸۲	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۳۵	۱/۰۹
۱۳۸۳	۰/۴۲	۱/۴۴	۰/۲۷	۰/۷۹
۱۳۸۴	۰/۵۳	*۲/۰۷	-۰/۱۳	-۰/۳۱
۱۳۸۵	۰/۴	۱/۳۷	۰/۱۸	۰/۴۹
۱۳۸۶	۰/۵۶	*۲/۲۸	۰/۰۳	۰/۰۷
۱۳۸۷	۰/۴۴	۱/۵۳	۰/۲۹	۰/۸۴
۱۳۸۸	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۴۶

مأخذ: محاسبات تحقیق \* - معنی‌دار در سطح ۵ درصد

این نتیجه برای مناطق غیرخشک معنی‌دار نیست و عملکرد گندم دیم در شهرستان‌های این پهنه (شامل ۳۳ شهرستان اسلام‌آباد غرب، الیگودرز، بانه، بروجرد، بروجن، پیرانشهر، خدابنده، خرم‌آباد، خلخال، ساری، سپیدان، سقز، شهرکرد، شیراز، فریدن، فیروزکوه، قروه، کازرون، کبودرآهنگ، کلپیر، کهگیلویه، گرگان، گنبد کاووس، لردگان، ماکو، مریوان، مشگین‌شهر، ممسنی، مهاباد، نهاوند، نوشهر، نیر و هشترود) مستقل از یکدیگر است. به عبارت دیگر، در شهرستان‌های این منطقه عامل بروز ریسک یعنی خشکسالی به گونه‌ای نیست که در یک زمان شهرستان‌های متعددی را درگیر کند و به آنها خسارت بزند.

شهرستان‌های مشخص شده در ستون دوم جدول، شهرستان‌های همسایه جلوی آن مشخص شده است. نتایج جدول ۳ نشان داد که ضریب همبستگی فضایی بین مجموعه شهرستان‌های اقلیم خشک در سال ۱۳۸۶، ۰/۵۶ بوده ولی بر اساس ستون آخر جدول ۴ این ضریب بین هر مجموعه از همسایگی‌ها متفاوت است و بسته به شدت تغییرات متغیرهای اقلیمی در شهرستان‌های همسایه از ۰/۳۹ تا ۰/۷۱ نوسان دارد.

اطلاعات صندوق بیمه کشاورزی نشان داد که خشکسالی در سال ۱۳۸۶، حدود ۷۴ درصد سطح خسارت دیده گندم دیم را به خود اختصاص داده است. بنابراین برای تعیین اثر عوامل اقلیمی بارندگی و درجه حرارت بر تغییرات عملکرد گندم دیم در ماه‌ها و فصل‌های مختلف، الگوی مختلط رگرسیون - خودرگرسیون فضایی و الگوی رگرسیون فضایی در اجزای اخلاص (روابط ۳ و ۴ در قسمت مواد و روش‌ها)، برای ۳۸ شهرستان اقلیم خشک در سال ۱۳۸۶ برآزش شد.

اما برای پاسخ به این سؤال که در اقلیم خشک چه شهرستان‌هایی همسایه به حساب می‌آیند و شدت همبستگی عملکرد بین آنها چقدر است، بر طبق ماتریس وزن‌های فضایی تعریف شده با روش مثلث‌بندی دلانی، همسایه‌های هر شهرستان تعیین و ضریب همبستگی فضایی بین هر مجموعه همسایگی محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. گفتنی است برای هر یک از

جدول ۴. همسایه‌های مشخص شده برای هر شهرستان در ماتریس وزن‌های فضایی

ردیف	شهرستان	همسایه‌های شهرستان بررسی شده						ضریب همبستگی		
۱	اراک	بستان آباد	بوئین زهرا	پلدختر	ساوه	قم	گچساران	ملایر	همدان	۰/۷۱
۲	اردبیل	اهر	پارس آباد	سراب	قزوین	میانه	نمین			۰/۵۶
۳	ارومیه	آذرشهر	بستان آباد	خوی	شبستر	کامیاران	مراغه			۰/۵۸
۴	اسفراین	پارس آباد	ترت حیدریه	زنجان	شاهرود	شیروان	قوچان	نیشابور		۰/۶۳
۵	اهر	اردبیل	پارس آباد	تبریز	جلفا	سراب				۰/۵۱
۶	آذرشهر	ارومیه	تبریز	شبستر	مراغه					۰/۴۵
۷	بستان آباد	اراک	ارومیه	پلدختر	کامیاران	کن‌گان	گچساران			۰/۵۷
۸	بوئین زهرا	اراک	تاکستان	ساوه	قزوین	همدان				۰/۵۱
۹	بیجار	تاکستان	تکاب	کامیاران	میانه	همدان				۰/۵۲
۱۰	پارس آباد	اردبیل	اسفراین	اهر	جلفا	خوی	زنجان	قوچان	نمین	۰/۶۹
۱۱	پلدختر	اراک	بستان آباد	کامیاران	ملایر					۰/۴۵
۱۲	تاکستان	بوئین زهرا	بیجار	قزوین	میانه	همدان				۰/۵۰
۱۳	تبریز	اهر	آذرشهر	جلفا	سراب	شبستر	مراغه			۰/۶۰
۱۴	ترت جام	ترت حیدریه	فریمان	کن‌گان	مشهد					۰/۵۱
۱۵	ترت حیدریه	اسفراین	ترت جام	شاهرود	فریمان	کن‌گان	نیشابور			۰/۶۰
۱۶	تکاب	بیجار	کامیاران	مراغه	میانه					۰/۴۳
۱۷	جلفا	اهر	پارس آباد	تبریز	خوی	شبستر				۰/۵۳
۱۸	خوی	ارومیه	پارس آباد	جلفا	شبستر					۰/۴۶
۱۹	زنجان	اسفراین	پارس آباد	شاهرود	قزوین	قم	نمین			۰/۵۴
۲۰	ساوه	اراک	بوئین زهرا	قزوین	قم					۰/۴۳
۲۱	سراب	اردبیل	اهر	تبریز	مراغه	میانه				۰/۵۰
۲۲	شاهرود	اسفراین	ترت حیدریه	زنجان	قم	کن‌گان	گچساران			۰/۵۶
۲۳	شبستر	ارومیه	آذرشهر	تبریز	جلفا	خوی				۰/۵۶
۲۴	شیروان	اسفراین	قوچان	نیشابور						۰/۳۹
۲۵	فریمان	ترت جام	ترت حیدریه	مشهد	نیشابور					۰/۵۰
۲۶	قزوین	اردبیل	بوئین زهرا	تاکستان	زنجان	ساوه	قم	میانه	نمین	۰/۶۸
۲۷	قم	اراک	زنجان	ساوه	شاهرود	قزوین	گچساران			۰/۵۶
۲۸	قوچان	اسفراین	پارس آباد	شیروان	مشهد	نیشابور				۰/۵۵
۲۹	کامیاران	ارومیه	بستان آباد	بیجار	پلدختر	تکاب	مراغه	ملایر	همدان	۰/۶۹
۳۰	کن‌گان	بستان آباد	ترت جام	ترت حیدریه	شاهرود	گچساران				۰/۵۴
۳۱	گچساران	اراک	بستان آباد	شاهرود	قم	کن‌گان				۰/۵۰
۳۲	مراغه	ارومیه	آذرشهر	تبریز	تکاب	سراب	کامیاران	میانه		۰/۶۳
۳۳	مشهد	ترت جام	فریمان	قوچان	نیشابور					۰/۵۱
۳۴	ملایر	اراک	پلدختر	کامیاران	همدان					۰/۴۵
۳۵	میانه	اردبیل	بیجار	تاکستان	تکاب	سراب	قزوین	مراغه		۰/۶۲
۳۶	نمین	اردبیل	پارس آباد	زنجان	قزوین					۰/۴۲
۳۷	نیشابور	اسفراین	ترت حیدریه	شیروان	فریمان	قوچان	مشهد			۰/۶۳
۳۸	همدان	اراک	بوئین زهرا	بیجار	تاکستان	کامیاران	ملایر			۰/۵۸

مأخذ: محاسبات تحقیق

واریانس<sup>۱</sup> استفاده شد. نتایج نشان داد که بین متغیرهای SPI ماهانه، همخطی شدید وجود دارد. بین متغیرهای

برای انتخاب مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار از بین مجموعه متغیرهای نامبرده، ابتدا وجود همخطی بین متغیرهای توضیحی مد نظر قرار گرفت و به این منظور از آزمون تجزیه

ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۳۸ است. اما همان طور که قبلاً اشاره شد، علاوه بر همبستگی فضایی بین عملکرد گندم در مناطق مختلف، اجزای اخلاص الگو نیز ممکن است همبسته باشند. الگوی رگرسیون فضایی در اجزای اخلاص در دو ستون آخر نشان می‌دهد که ضریب همبستگی اجزای اخلاص که با  $\lambda$  نشان داده می‌شود، معنی‌دار نیست. برای تأیید نبود همبستگی فضایی در اجزای اخلاص از آزمون آماره I موران، آزمون ضریب لاگرانژ و آزمون نسبت درست‌نمایی استفاده شد که جدول ۶ نتایج این آزمون‌ها را نشان می‌دهد.

فاکتور بارندگی با متوسط بارندگی و درجه حرارت ماهانه نیز همخطی وجود دارد. بنابراین در نهایت پس از رفع مشکلات همخطی و حذف متغیرهای غیرمعنی‌دار، الگوهای نهایی برآزش شد که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی فضایی بین وقفه‌های مکانی متغیر وابسته (عملکرد گندم) در مکان‌های مختلف) که با  $\rho$  نشان داده می‌شود، در الگوی خودرگرسیون فضایی مرتبه اول و الگوی مختلط رگرسیون-خودرگرسیون فضایی معنی‌دار و مثبت بوده و مقدار آن به

جدول ۵. نتایج برآورد الگوهای مختلف خودرگرسیون فضایی برای مناطق تولید گندم در اقلیم خشک سال ۱۳۸۶

الگوی رگرسیون فضایی در اجزای اخلاص		الگوی مختلط رگرسیون-خودرگرسیون فضایی		الگوی خودرگرسیون فضایی مرتبه اول		شرح متغیرها	
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	علامت	نام متغیر
**۵/۷۷	۷۷۹/۴	**۲/۰۰	۴۰۶/۱۷	--	--	const	ضریب ثابت
**۲/۰۶	۳۲/۷	**۲/۱۷	۳۴/۱۳	--	--	Rffar	فاکتور بارندگی فروردین
-۱/۴۵	-۱۱/۷	-۱/۵۹	-۱۱/۵۶	--	--	Btir	بارندگی تیر
*۱/۷۱	۳/۴	*۱/۶۳	۲/۹۷	--	--	Bmhr	بارندگی مهر
--	--	**۱/۹۵	۰/۳۸	**۲/۲۱	۰/۵۶	rho	ضریب همبستگی وقفه‌های متغیر وابسته
۱/۴۱	۰/۳۲	--	--	--	--	lambda	ضریب همبستگی اجزای اخلاص
۰/۳۴		۰/۳۵		۰/۲۵		R-squared	ضریب تعیین
-۲۶۰/۱۵		-۲۵۹/۱۵		-۵۱۳/۵۶		Log-likelihood	لگاریتم درست‌نمایی

مأخذ: محاسبات تحقیق \*\* - معنی‌دار در سطح ۵ درصد \* - معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد

جدول ۶. نتایج آزمون آماره‌های مختلف برای بررسی خودهمبستگی فضایی در اجزای اخلاص

توصیف متغیر	مقدار آماره	سطح احتمال نهایی
آماره آی موران Moran I-statistic	۵۴/۱	۱۲/۰
آماره ضریب لاگرانژ LM test	۷۸/۰	۳۸/۰
آماره نسبت درست‌نمایی LR test	۱۳/۱	۲۹/۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

بودن ضریب همبستگی، سیستماتیک بودن رفتار ریسک عملکرد گندم در کشور را تأیید می‌کند. همچنین در الگوی مختلط رگرسیون-خودرگرسیون فضایی برآوردشده، ضریب متوسط بارندگی ماه مهر و فاکتور بارندگی فروردین مثبت و معنی‌دار بوده که مطابق انتظار است. ضریب فاکتور بارندگی فروردین بیانگر آن است که یک واحد افزایش نسبت بارندگی به درجه حرارت (که باعث کاهش خشکی هوا می‌شود) در فروردین نسبت به میانگین درازمدت آن حدود ۳۴ کیلوگرم عملکرد گندم را افزایش می‌دهد. ضریب

بر اساس نتایج جدول ۶ هیچ کدام از آماره‌ها معنی‌دار نیستند و فرضیه صفر مبنی بر نبود همبستگی فضایی در اجزای اخلاص تأیید می‌شود. بنابراین با توجه به نبود همبستگی فضایی در اجزای اخلاص، نیازی به برآورد الگوی کلی خودرگرسیون فضایی نیست و الگوی مختلط رگرسیون-خودرگرسیون فضایی ارائه‌شده در جدول ۵ الگوی نهایی تلقی می‌شود. مطابق نتایج این الگو، معنی‌دار

۱. در صورتی که سطح احتمال نهایی بزرگ‌تر از ۰/۰۵ باشد، وابستگی فضایی در اجزای اخلاص رد می‌شود.

است که انجام آن پیشنهاد می‌شود. سوم، حق بیمه گندم دیم بر اساس اقلیم‌های مختلف تعیین شود و هر نوع تقسیم‌بندی دیگر از جمله تقسیم‌بندی جغرافیایی نقشی در تعیین حق بیمه نداشته باشد. چهارم، این نتایج نشان می‌دهد که بخش خصوصی به راحتی می‌تواند در اقلیم غیرخشک وارد بازار بیمه کشاورزی شود زیرا ریسک سیستماتیک که مانع اصلی ورود بخش خصوصی است، در این اقلیم مشاهده نمی‌شود. در نهایت، این امکان فراهم است که نوعی بیمه گروهی و از جمله بیمه شاخص آب‌وهوایی در بین شهرستان‌های همسایه ایجاد شود.

از آنجا که بسیاری از تصمیم‌سازی‌ها و سیاستگذاری‌ها در بخش کشاورزی بر پایه تحلیل داده‌هایی است که دارای بعد مکان هستند (مانند سیاست‌های قیمتی، تعرفه‌ای، حمایت‌های تولید و اشتغال در سطح استان‌ها و مناطق مختلف تولید کشور) و با توجه به اثر متقابل و وابستگی فضایی بین مناطق مختلف، در نظر نگرفتن ارتباطات فضایی می‌تواند صحت و دقت تحلیل‌ها و تصمیم‌های منتج از مطالعات را خدشه‌دار کند. بنابراین توصیه می‌شود در سیاستگذاری‌های منطقه‌ای به‌ویژه در مسائل مربوط به مدیریت ریسک کشاورزی، از رویکرد اقتصادسنجی فضایی که در این تحقیق نمونه‌ای از آن برای بررسی شدت و دامنه وابستگی فضایی ریسک سیستماتیک عملکرد گندم دیم در سطح شهرستان‌های کشور ارائه شد، استفاده شود.

## REFERENCES

- Aggarawal, P. K. & Sinha, S. K. (1993). Effect of Probable Increase in Carbon Dioxide and Temperature on Wheat Yields in India, *Journal of Agricultural Meteorology*, 48(5), 811-814.
- Agricultural insurance (2009). Annual performance evaluation report of the Agricultural Insurance.
- Agricultural insurance (2008). The project of Iran climatic zoning of view crop insurance against drought damage, frost harmful and precipitation.
- Ahmadian, J., Sheybani, D., Araghi, H., Shirmohamadi, R. & Mojarad, M. (2002). Climate classification for water resources management in the sustainable development of agriculture in Iran. *Proceedings of the Eleventh Conference*

متوسط بارندگی تیر ماه در جدول ۵ منفی است و نشان می‌دهد که افزایش بارندگی در این ماه اثر منفی بر تغییرات عملکرد دارد؛ به نحوی که یک واحد افزایش بارندگی در این ماه نسبت به میانگین درازمدت آن ۱۱/۵ کیلوگرم افت عملکرد گندم دیم در مناطق بررسی شده را به دنبال دارد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج بررسی، در سال ۱۳۸۶ که مطابق اطلاعات صندوق بیمه کشاورزی، قسمت عمده‌ای از سطح زیرکشت خسارت‌دیده گندم دیم مربوط به عامل خشکسالی است، بین شهرستان‌های تولیدکننده گندم دیم در اقلیم خشک کشور، همبستگی فضایی وجود دارد ولی در اقلیم غیرخشک (اقلیم مدیترانه‌ای و مرطوب) این همبستگی وجود ندارد. بنابراین وجود ریسک سیستماتیک در اقلیم خشک تأیید می‌شود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود: نخست، در پوشش بیمه محصول گندم دیم به این موضوع توجه شود و پرتفوی بیمه گندم نه بر اساس تقسیم‌بندی‌های سیاسی-جغرافیایی که بر مبنای تقسیم‌بندی‌های اقلیمی و با توجه به همسایگی‌های مشخص شده صورت پذیرد. دوم، در پرتفوی بیمه گندم دیم، شهرستان‌های واقع در اقلیم مدیترانه‌ای و مرطوب (اقلیم غیرخشک) می‌بایست سهم قابل ملاحظه‌ای داشته باشند تا از بروز خسارات مالی هنگفت و ورشکستگی بیمه‌گر جلوگیری شود. تعیین سهم هر یک از اقلیم‌ها و در نتیجه پرتفوی بهینه در یک بررسی جداگانه قابل تعیین

*of the Iranian National Committee on Irrigation and Drainage.*

- Anselin, L. (1988), spatial econometrics; methods and models, (Dord Drecht: Kluwer Academic Publishers).
- Azizi, GH. & Yarahmadi, D. (2003). Investigating Wheat yield and climatic parameters using a regression model, Case studies desert Silakhor. *Geographical Studies*, 44, 23-29.
- Bazzaz, F. A. & Sombroek, W.G. (2002). Effects of global climate change on agricultural production. Translated by Mehdi Nasiri Mahallati, Ali Reza Kochehi and Parviz Rezvani Moghaddam. Ferdowsi University of Mashhad.
- Farajzadeh Asl, M., Kashki, A. & Shayan, S. (2009). Rain fed wheat yield variability analysis by climate change approach

- (Region of Khorasan). *Journal of Human Sciences MODARES*, 13(13), 227-256.
- Goodwin, B., (2001). Problems with Market Insurance in Agriculture, *American Journal of Agricultural Economics*, 83: 643-649.
- Gracanin, M. (1950), Monthly rain-factors and their significance in pedological investigations, *Jornal of Poljop. Znan. Smot.* , 12, 51-67.
- Lesage, J. (1999). Spatial econometrics, department of economic university of Toledo.
- Lesage, J. (2004). Maximum likelihood estimation of spatial regression models, <http://www.spatial-econometrics.com>
- Liangzhi, Y., Mark, W. Cheng, F. & Stanly, W. (2005). Impact of global warming on Chinese Wheat productivity, International Food Policy Research Institute, Ept Discussion paper, 143-158.
- Matthews, R. B., Kropff, M. J. Horie, T. & Bachelet, D. (1997). Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation, *Journal of Science*, 143-156.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993). Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, *American Meteorological Society*, 179-184.
- Miller, H. J., (2004). Tobler's first law and spatial analysis. *Annals of the Association of American Geographers*. 94, 284-295.
- Ministry of Jihad-e-Agriculture (2009). *Statistical Yearbook of Agriculture, Planning and Economic Affairs*, Office of Statistics and Information Technology.
- Miranda, M.J. & Glauber, J.W. (1997). Systemic Risk, Reinsurance, and Failure of Crop Insurance Markets. *American Journal of Agricultural Economics*, N,79: 206-215.
- Salami, H., Shahnooshi, N. and Thomson, K.J. (2009) the economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of linear programming and macro econometric modeling approaches, *Ecological Economics*, 68: 1032-1039.
- Wang, H. & Zhang, H. (2003). On the Possibility of a Private Crop Insurance Market: a Spatial Statistics Approach, *Journal of Risk and Insurance*, 70: 111-124.
- Zhu Y., Ghosh S. K. & Goodwin B. K. (2009). Directional Spatial Dependence and Its Implications for Modeling Systemic Yield Risk, *Agricultural & Applied Economics Association*, Milwaukee, Wisconsin, July 26-29, 2009.