دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هشتم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۷ (۱۳-۱)

ارزیابی وجود رابطه علی بین توسعه مکانیزاسیون و تولید شلتوک در استان گیلان: کاربرد سری داده‌های ترکیبی و الگوی علیت- گرنجری

محمد کریم معتمد[1]* و محمد کاوسی کلاشمی[2]

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۴

چکیده

توسعه مکانیزاسیون در فرایند تولید برنج می‌تواند نقش شایان توجهی در غلبه بر دشواری‌های تولید این محصول مهم و محدودیت‌های اقلیمی و زمانی زراعت داشته باشد. بهبود وضعیت درآمدی کشاورزان، افزایش تولید و آثار رفاهی مثبت بر بازار برنج از نتایج مهم توسعه مکانیزاسیون و کشت مکانیزه شلتوک محسوب می‌شود. طی سال‌های اخیر انواع ماشین‌آلات کشاورزی فعال در زراعت برنج در شهرستان‌های ۱۶ گانه استان گیلان افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد تحلیل علیت - گرنجری و کاربرد سری داده‌های ترکیبی مربوط به ۱۶ شهرستان برای ۱۶ سال (۹۵-۱۳۸۰)، با هدف ارزیابی محرک‌بودن تعداد انواع ماشین‌آلات فعال شامل تراکتور، تیلر، نشاکار، وجین‌کن، دروگر، خرمنکوب پشت‌تیلری، خرمنکوب پشت‌تراکتوری و کمباین بر تولید شلتوک در شهرستان‌های مختلف استان گیلان انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که تعداد ماشین‌آلات مورد بررسی، علیت گرنجر تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان است. بیش‌ترین و کم‌ترین اثرگذاری انواع ماشین آلات مورد بررسی بر میزان تولید شلتوک به‌ترتیب مربوط به خرمنکوب پشت‌تراکتوری و تعداد وجین‌کن بود. توجه به شدت اثرگذاری انواع ماشین‌آلات کشاورزی بر میزان تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان می‌تواند چارچوبی مناسب برای برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی توسعه مکانیزاسیون در زراعت برنج فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: الگوی DH، زراعت برنج، کشت مکانیزه، میزان درآمد کشاورزان

۱- دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
* نویسنده مسئول: motamed@guilan.ac.ir

مقدمه

برقراری امنیت غذایی در جامعه بشری نیازمند توجه بیشتر به گذار از کشاورزی سنتی- معیشتی به صنعتی- تجاری مبتنی بر مکانیزاسیون است. مکانیزاسیون عهده‌دار شدن و انجام دادن فعالیت‌های کشاورزی توسط منابع غیر انسانی است (Ellis,1990). بالا رفتن سن نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی و افزایش هزینه‌های تولید سنتی نیاز به توسعه مکانیزاسیون جهت کاهش هزینه‌ها و زمان تولید، تسهیل عملیات کشاورزی و افزایش تولید را آشکار می‌کند (Kohansal and Mansoori, 2013). توسعه مکانیزاسیون با افزایش سطح زیر کشت، ایجاد شرایط فشرده و تراکم (چندکشتی)، افزایش سرعت عملیات اجرایی روی زمین، بهبود عملیات زراعی و به‌زراعی منجر به افزایش تولید و درآمد کشاورزان و در نهایت افزایش درآمد بخش کشاورزی و بهبود نقش آن در اقتصاد ملی می‌شود (Nabiean and Naeini, 2007). وجود رابطه علی مثبت از اسب بخار (سطح مکانیزاسیون) به سمت ارزش افزوده واقعی بخش کشاورزی و اثرگذاری مثبت بلندمدت ضریب مکانیزاسیون بر رشد بهره‌وری، تولید، درآمد و امنیت غذایی خانوارهای روستایی مورد تأکید بسیاری از پژوهشگران داخلی قرار گرفته است (Nabiean and Naeini, 2007; Esfandiari *et al.*, 2016; Zare Mehrjerdi *et al.*, 2017). از این‌رو، توجه به توسعه مکانیزاسیون در زراعت محصولات راهبردی می‌تواند نقش مهمی در خودکفایی، بهبود وضعیت کشاورزان و رونق مالی بخش کشاورزی داشته باشد. این مسئله در اسناد بالادستی کشور از جمله در بندهای ۳۷، ۴۳ و ۴۷ سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی به‌روشنی مورد تاکید قرار گرفته است (Fourth Economic, Social and Cultural Development Program, 2005).

مکانیزاسیون کشاورزی یا فناوری مکانیکی به‌عنوان روش و ابزار تولید نقش مهمی در تولیدات کشاورزی ایفا می‌کند. فناوری‌های مکانیکی با غلبه بر محدودیت‌های فنی و اقلیمی از یک سو و محدودیت‌های زمانی از سوی دیگر، گسترش تولید بخش کشاورزی را میسر کرده‌اند. در حقیقت فناوری‌های مکانیکی سبب کاربردی شدن دستاوردهای تحقیقاتی در شاخه‌های مختلف کشاورزی می‌شود. در نتیجه، مکانیزاسیون کشاورزی از یک انتخاب و یک جایگزینی ساده ماشین به جای نیروی کار به ضرورتی جهت افزایش بهره‌وری استفاده از سایر نهاده‌ها تبدیل شد (Amjadi and Chizari, 2007). در ایران از چندین دهه گذشته ماشین‌های کشاورزی وارد فرایند تولید شده و بخش جدایی‌ناپذیر ساختار کشاورزی شده‌اند (Rahimi *et al.*, 2016). میزان تأمین ماشین‌آلات طی برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ایران با آنچه از پیش مصوب شده بود به‌لحاظ تعداد و ترکیب متفاوت است و حتی نتوانسته جوابگوی میزان استهلاک ماشین‌آلات موجود در کشور باشد (Amjadi and Chizari, 2007). سیاست‌های مکانیزاسیون شامل تمامی مواردی است که سرعت و جهت پذیرش فناوری‌های مکانیکی توسط کشاورزان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ellis,1990). سیاست مکانیزاسیون در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران شامل مداخله مستقیم و غیرمستقیم دولت در تصمیم‌گیری کشاورزان در زمینه انتخاب انرژی، ماشین‌آلات و تجهیزات و تجارت بین‌المللی آنها است (Binswanger, 1987). اتخاذ سیاست مناسب توسط دولت در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی همواره بحث برانگیز بوده است و عرضه نامناسب ماشین‌آلات از یک سو و استهلاک ادوات کشاورزی از سوی دیگر سبب شده است تا وضعیت کشاورزی ایران با وضعیت مطلوب فاصله داشته باشد (Amjadi, 2005).

با توجه به ذائقه مردم ایران، برنج به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای روزانه کشور و کالایی ضروری در سبد مصرفی خانوارهای ایرانی محسوب می‌شود. جایگاه این محصول در رژیم غذایی خانوارهای ایرانی بی‌نظیر است، به‌طوری که مصرف سرانه آن از ۲۸ کیلوگرم در سال ۱۳۵۰ به ۴۱ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ رسید که دلایلی چون افزایش قیمت نفت در دهه ۵۰، افزایش دستمزد نیروی کار در بخش صنعت، بالا رفتن قدرت خرید مردم و گسترش شهرنشینی از عمده آن‌ها محسوب می‌شود (Shahabadi and Beygi, 2012). آمارها بیانگر نقش عمده برنج در تأمین کالری روزانه مورد نیاز ایرانیان است. سرانه مصرف برنج در اروپا تنها ۱۶ گرم در روز است، اما به‌طور متوسط این مقدار در قاره آسیا ۲۵۳ گرم در روز بوده و در ایران نیز سرانه روزانه مصرف این ماده غذایی ۱۱۰ گرم است (Abdi *et al.*, 2015). با توجه به تقاضای داخلی و میزان تولید برنج در کشور، ایران همواره یکی از واردکنندگان بزرگ برنج در دنیا محسوب می‌شود، به‌طوری که بعد از فلیپین دومین کشور بزرگ واردکننده این محصول در دنیا می‌باشد (Mousavi and Esmaeili, 2011). آمارها نشان می‌دهند که ترجیح غذایی مصرف‌کنندگان ایرانی برای برنج ایرانی

پایدار بوده است و واردات انواع برنج خارجی نتوانسته است ترجیحات مصرف‌کنندگان ایرانی را برای این محصول تغییر دهد (Salami and Kavoosi-Kalashami, 2011). برنج ایرانی و کیفیت آن اهمیت ویژه‌ای برای مصرف‌کننده ایرانی دارد و داشتن صفات بهتر موجب داشتن تقاضا و پرداخت بالاتر برای این محصول می‌شود (Heydari Kamalabadi *et al.*, 2016). بنابراین، برنامه‌ریزی برای استفاده از تمامی ظرفیت‌های تولید برنج در کشور و افزایش مقدار تولید شلتوک، اقتصادی و به‌لحاظ مالی قابل توجیه است.

استان گیلان یکی از قطب‌های اصلی تولید برنج در ایران محسوب می‌شود. سطح زیر کشت برنج در این استان بالغ بر ۲۳۸ هزار هکتار و مقدار تولید شلتوک حاصل از آن بیش از یک میلیون تن برآورد می‌شود (Jihad-Agriculture Organization of Guilan Province, 2016). کاهش هزینه تولید برنج یکی از برنامه‌های مهم سازمان جهادکشاورزی در استان گیلان است که راهکار اصلی این مقوله توسعه مکانیزاسیون است. توسعه مکانیزاسیون و تولید مکانیزه برنج علاوه بر کاهش ۵۰ درصدی هزینه تولید، رنج تولید این محصول راکم کرده و رغبت نیروی کار جوان روستایی برای ادامه این رشته فعالیت را افزایش می‌دهد. تجربه موفق مکانیزاسیون در زراعت برنج در کشور اندونزی می‌تواند دورنمای روشنی را پیش‌روی توسعه مکانیزاسیون در استان گیلان قرار دهد. این کشور توانست با توسعه مکانیزاسیون تولید شلتوک را ۲۰۰ درصد افزایش و هزینه تولید این محصول در واحد سطح را ۵۰ درصد کاهش دهد (Indonesia Agriculture Ministry, 2016).

طی سال‌های اخیر حجم ماشین‌آلات فعال کشاورزی در زراعت برنج در شهرستان‌های ۱۶ گانه استان گیلان رشد قابل توجهی یافته است. تا کنون بررسی و مطالعه‌ای در خصوص میزان، جهت و چگونگی اثرگذاری تعداد انواع ماشین‌آلات کشاورزی فعال در این شهرستان‌ها بر تولید شلتوک صورت نگرفته است. پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد تحلیل علی در پی ارزیابی محرک بودن تعداد انواع ماشین‌آلات فعال شامل تراکتور، تیلر، نشاکار، وجین‌کن، دروگر، خرمنکوب پشت‌تیلری، خرمنکوب پشت‌تراکتوری وکمباین بر تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان می‌باشد. نتایج و یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌تواند نقش شایان توجهی در ارزیابی موفقیت برنامه‌های توسعه مکانیزاسیون در سطح استان گیلان داشته باشد.

مواد و روش‌ها

گسترش استفاده از سری داده‌های ترکیبی (Panel datasets) سبب توجه بیشتر به جمع‌آوری و تحلیل این نوع از داده‌ها توسط بانک‌های اطلاعاتی و پژوهشگران شد. امروزه ماهیت داده‌های ترکیبی از سری با تعداد مقطع (Cross) زیاد و تعداد دوره‌های زمانی (Time series) کم به سری با تعداد زیاد مقطع و دوره زمانی تغییر یافته است. بر اثر این تغییر ماهیت توجه به الگوسازی‌هایی نظیر علیت (Causality) که پیش از این امکان آن وجود نداشت، روزافزون شد. نخستین بار دومیترسکیو و هرلین (Dumitrescu and Hurlin, 2012) فرایندی را برای تعمیم الگوسازی علیت- گرنجری (Granger-causality) در سری داده‌های ترکیبی با نماد DH پیشنهاد کردند و سپس لوپز و وبر (Lopez and Weber, 2017) الگوی تجربی این فرایند و ساز و کار پیاده‌سازی آن را فراهم آوردند.

بررسی و تحلیل وجود رابطه علیت بین سری‌های زمانی توسط گرنجر (Granger, 1969) توسعه داده شد. در این الگو فرض شد دو سری زمانی x_t و y_t مانا هستند. سپس، الگوی زیر به‌منظور بررسی علیت گرنجری بودن x_t برای y_t مورد برازش قرار گرفت:

$$y_t = \alpha + \sum_{k=1}^{K} \beta_k y_{t-k} + \sum_{k=1}^{K} \gamma_k x_{t-k} + \varepsilon_t \quad (۱)$$

در این رابطه، α جزء ثابت، β_k و γ_k ضرایب رگرسیون، k بیانگر وقفه‌های زمانی و ε_t مولفه باقیمانده یا همان خطای رگرسیون می‌باشد. ایده اصلی در این آزمون این است که اگر مقادیر گذشته x (x_{t-k}) مقادیر کنونی y (y_t) را حتی زمانی که مقادیر گذشته y (y_{t-k}) نیز در الگو در نظر گرفته شده باشند، به‌صورت معنی‌دار پیش‌بینی کند، می‌توان ادعا کرد که x دارای اثر علی روی y است. به‌لحاظ آماری این ایده (بررسی وجود رابطه علی) بر مبنای استفاده از آماره محاسباتی F و آزمون برقراری فرضیه صفر $H_0: \gamma_1 = ... = \gamma_K = 0$ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر فرضیه رد شود، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه علی از داده‌های x به داده‌های y وجود دارد و برعکس در صورت عدم رد این فرضیه، وجود این رابطه علی تایید نمی‌شود.

در رهیافت DH، شکل تعمیم یافته این آزمون برای دو سری داده ترکیبی ایجاد می‌شود تا رابطه علی بین سری داده‌های یادشده مورد آزمون قرار گیرد (Lopez and Weber, 2017):

(۲)

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ik} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^{k} \gamma_{ik} X_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}$$

در این رابطه، $x_{i,t}$ و $y_{i,t}$ مشاهدات مربوط به دو متغیر مانا برای مقطع i و دوره زمانی t هستند. تعداد وقفه k برای تمامی مقاطع یکسان لحاظ می‌شود و داده ترکیبی مورد بررسی باید متوازن (Balanced) باشد. در آزمون DH فرضیه صفر بررسی وجود رابطه علی به‌صورت $H_0: \gamma_{i1} = \ldots = \gamma_{ik} = 0 \ , \ i = 1,\ldots,N$ است که بیانگر عدم وجود رابطه علی برای تمامی مقاطع در داده ترکیبی می‌باشد. بر اساس این فرضیه، رابطه علی می‌تواند برای تعدادی از مقاطع، و نه ضرورتاً تمامی مقاطع، وجود داشته باشد. همچنین، فرضیه جایگزین (H_1) این آزمون به قرار زیر است (Dumitrescu and Hurlin, 2012):

(۳)

$$H_0: \gamma_{i1} = \ldots = \gamma_{ik} = 0 \ , \ i = 1,\ldots,N$$

$$\gamma_{i1} \neq 0 \text{ or } \ldots \text{ or } \gamma_{ik} \neq 0 \ , \ i = N_1 + 1,\ldots,N$$

در این رابطه، $N_1 \in [0 \ , \ N-1]$ معلوم نمی‌باشد. اگر مقدار N_1 صفر باشد، رابطه علی برای تمامی مقاطع پانل وجود دارد، در غیر این صورت رابطه علی برای تمامی مقاطع وجود ندارد و فرضیه H_1 به H_0 تبدیل می‌شود.

در ساز و کار پیشنهادی DH، رابطه ۲ برای N مقطع برازش می‌شود و آزمون‌های F برای k فرضیه خطی $\gamma_{i1} = \ldots = \gamma_{iK} = 0$ صورت می‌گیرد تا مقادیر W_i که به آن آماره استاندارد تعدیل‌شده والد (Wald Standard Adjusted Statistics) اطلاق می‌شود، تعیین شود. در نهایت، مقدار میانگین آماره‌های والد مقاطع ($\overline{W}$) به صورت زیر محاسبه می‌شود (Dumitrescu and Hurlin, 2012):

$$\overline{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} W_i \qquad (۴)$$

آماره محاسباتی رایج برای تحلیل وجود رابطه علی در سری داده ترکیبی $\overline{Z}$ است. اگر N تعداد مقاطع، T تعداد دوره‌های زمانی مورد بررسی و K تعداد وقفه‌های الگوی علیت باشد، با فرض اینکه آماره‌های والد (W_i) دارای توزیع مستقل و یکنواخت در مقاطع مورد بررسی هستند، می‌توان نشان داد که آماره استاندارد شده $\overline{Z}$ زمانی که نخست $T \to \infty$ و سپس $N \to \infty$ (T در قیاس با N بزرگ باشد) از توزیع استاندارد تبعیت می‌کند (Paramati and *et al.*, 2016, 2017):

$$\overline{Z} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (\overline{W} - K) \ \rightarrow \ N(0,1) \qquad (۵)$$

در شرایطی که T محدود و رابطه $T > 5 + 3K$ برقرار باشد، آماره محاسباتی استاندارد شده تقریبی $\tilde{Z}$ که از توزیع نرمال استاندارد تبعیت می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lopez and Weber, 2017):

$$\tilde{Z} = \sqrt{\frac{N}{2K} \times \frac{T - 3K - 5}{T - 2K - 3}} \times \left[\frac{T - 3K - 3}{T - 3K - 1} (\overline{W} - K) \right] \ \rightarrow \ N(0,1) \qquad (۶)$$

آزمون فرضیه وجود رابطه علیت- گرنجری در داده‌های ترکیبی با استفاده از دو آماره یادشده صورت می‌گیرد. در شرایطی که مقدار N و T بزرگ باشد، $\overline{Z}$ به کار گرفته می‌شود و در حالتی که N بزرگ اما T در قیاس با آن کوچک باشد، کاربرد $\tilde{Z}$ ارجحیت دارد (Dumitrescu and Hurlin, 2012).

اطلاعات مربوط به سری داده‌های ترکیبی مورد استفاده در الگوسازی پژوهش حاضر شامل مقدار تولید شلتوک (تن)، تعداد تراکتور فعال، تعداد تیلر فعال، تعداد نشاکار فعال، تعداد دروگر فعال، تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری فعال، تعداد خرمنکوب پشت‌تراکتوری فعال، تعداد وجین‌کن فعال و تعداد کمباین فعال به تفکیک ۱۶ شهرستان استان گیلان طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۸۵ از گزارش‌های وضعیت برنج‌کاری سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان اخذ شد. برای تحلیل داده‌ها در این تحقیق نیز از بسته نرم‌افزاری STATA12 استفاده شد.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی ابعاد سری‌های داده‌های ترکیبی و ویژگی‌های آن‌ها، در گام نخست آمار توصیفی این داده‌ها استخراج و در جدول ۱ ارایه شد. با توجه به مشاهدات موجود برای سری‌های ترکیبی مورد استفاده می‌توان ادعا کرد که داده‌های ترکیبی از نوع متوازن شدید (Strongly balanced) هستند. تعداد مقاطع موجود در سری‌ها معادل n=۱۶ (تعداد شهرستان‌های استان گیلان) و تعداد سال‌های رکورد شده نیز برابر با T=۱۶ (سال‌های ۹۵-۱۳۸۰) بود. از این‌رو، کل حجم داده موجود برای هر سری ترکیبی معادل ۲۵۶ (N) بود.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی سری داده‌های ترکیبی مورد استفاده در الگوسازی

Table 1. Descriptive statistics of panel data series used in modeling

	Panel data	Mean	Std. dev.	Minimum	Maximum	Observations
Paddy production (ton)	Total	67441.19	68139.49	9438	401970	N = 256
	Between		60764.45			n = 16
	Within		34174.08			T = 16
Tractor numbers	Total	1362.29	1604.94	12	8813	N = 256
	Between		876.56			n = 16
	Within		1361.13			T = 16
Two wheel tractor numbers	Total	20432	24160.8	88	152767	N = 256
	Between		17912.84			n = 16
	Within		16785.39			T = 16
Transplanting machine numbers	Total	460.31	729.1	0	4809	N = 256
	Between		502.86			n = 16
	Within		541.84			T = 16
Mower machine numbers	Total	414.59	515.97	8	3091	N = 256
	Between		422.94			n = 16
	Within		312.84			T = 16
Threshing machine for two wheel tractors numbers	Total	8067.79	9420.76	180	57618	N = 256
	Between		7879.75			n = 16
	Within		5505.7			T = 16
Threshing machine for tractors numbers	Total	727.45	823.37	3	4431	N = 256
	Between		416.96			n = 16
	Within		717.15			T = 16
Cultivation machine numbers	Total	13.29	33.09	0	205	N = 256
	Between		13.86			n = 16
	Within		30.24			T = 16
Combine harvester numbers	Total	88.82	198.67	0	1276	N = 256
	Between		83.04			n = 16
	Within		181.6			T = 16

جدول ۲- بررسی وجود ریشه واحد در سری داده‌های ترکیبی
Table 2. Investigating the existence of unit roots in panel data series

Panel data	t-statistics value	P-value
Paddy production (ton)	-16.93	0.00
Tractor numbers	-23.61	0.00
Two wheel tractor numbers	-37.11	0.00
Transplanting machine numbers	-30.88	0.00
Mower machine numbers	-14.37	0.00
Threshing machine for two wheel tractors numbers	-16.03	0.00
Threshing machine for tractors numbers	-11.66	0.00
Cultivation machine numbers	-32.15	0.00
Combine harvester numbers	-28.62	0.00

به‌منظور ارزیابی وجود ریشه واحد در سری داده‌های ترکیبی مورد استفاده در الگوسازی استفاده از آزمون لوین، لین و چو (Levin, Lin & Chu) مدنظر قرار گرفت. در تمامی آزمون‌ها فرضیه عدم وجود ریشه واحد در سری داده ترکیبی رد شد. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که تمامی سری داده‌های ترکیبی مورد استفاده در الگوسازی در سطح داده ایستا هستند. با توجه به الزام برقراری رابطه $T > 5$ $K) + 3K$ تعداد وقفه متغیر توضیحی در رابطه برازش شده است) در برازش الگوهای علیت گرنجری سری داده‌های ترکیبی، وقفه بیشینه ممکن برای هر مورد بررسی در این مطالعه معادل ۳ می‌باشد. به‌منظور تعیین وقفه بهینه در هر مورد بررسی، شاخص‌های اطلاعات (Information criteria) آکائیک (Akaike) با نماد AIC، بیزین (Bayesian) با نماد BIC و هنان- کوئین (Hannan-Quinn) با نماد HQIC مدنظر قرار گرفت. پس از برازش ۹ الگوی مختلف (سه شاخص اطلاعات با لحاظ سه طول وقفه) برای هر مورد بررسی رابطه علیت گرنجری، الگوی برتر با لحاظ کمینه‌سازی مقدار شاخص‌های اطلاعات، انتخاب و آماره محاسباتی DH برای الگوی برتر محاسبه شد (جدول ۳).

در آزمون این فرضیه، فرض صفر (H_0) به علیت گرنجری نبودن و فرض مقابل (H_1) به علیت گرنجری بودن تعداد تراکتور برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان اشاره دارد. بر اساس مقدار به‌دست آمده برای شاخص‌های اطلاعات در برازش‌های نه‌گانه، وقفه سه در معیارهای AIC و HQIC و وقفه یک در معیار BIC به عنوان طول وقفه بهینه انتخاب شد (جدول ۳). آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال معنی‌دار مرتبط با آن‌ها بیانگر رد فرض صفر و علیت گرنجری بودن تعداد تراکتور می‌باشد و از این‌رو، تعداد تراکتور محرک تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان است.

جدول ۳- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد تراکتور و تولید شلتوک در استان گیلان
Table 3. Investigating the existence of Granger-causality between tractor number and paddy production in Guilan province

Information Criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	3	$\overline{Z} = 25.43$	0.00
HQIC	3	$\tilde{Z} = 8.19$	0.00
BIC	1	$\overline{Z} = 3.79$	0.00
		$\tilde{Z} = 2.29$	0.02

در آزمون تعداد تیلر (جدول ۴)، فرض صفر (H_0) علیت گرنجری نبودن تعداد تیلر برای تولید شلتوک و فرض جایگزین (H_1) علیت گرنجری بودن تعداد تیلر برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان بود. وقفه دو در معیارهای AIC و HQIC و وقفه یک در معیار BIC به عنوان طول وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری انتخاب شد. مقدار آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال مرتبط با آن‌ها در حالت استفاده از معیارهای AIC و HQIC بیانگر رد فرض صفر و علیت گرنجری بودن تعداد تیلر برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان بود. در معیار BIC آماره $\overline{Z}$ بیانگر رد فرض صفر در سطح احتمال یک درصد است، اما آماره $\tilde{Z}$ این فرضیه را رد نکرد. شایان توجه است که کاربرد آماره $\tilde{Z}$ وقتی که تعداد سال‌ها در قیاس با تعداد مقاطع سری داده ترکیبی، کوچک‌تر باشد مطلوب است. از این‌رو، در شرایط این تحقیق نتایج حاصل از آماره $\overline{Z}$ مناسب می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که هر سه معیار شاخص اطلاعات مورد استفاده در پژوهش حاضر بر علیت گرنجری بودن تعداد تیلر به‌عنوان محرک تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان تأکید دارند.

جدول ۴- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد تیلر و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 4. Investigating the existence of Granger-causality between two wheel tractor numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	2	$\overline{Z} = 11.00$	0.00
HQIC	2	$\tilde{Z} = 5.72$	0.00
BIC	1	$\overline{Z} = 2.58$	0.004
		$\tilde{Z} = 1.62$	0.10

نتایج حاصل از آزمون فرضیه تعداد نشاکار به‌عنوان علیت گرنجری تولید شلتوک (جدول ۵) نشان داد که برای تمام معیارهای اطلاعات مورد استفاده (AIC، HQIC و BIC) طول وقفه دو به‌عنوان وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری انتخاب شد. مقدار آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال معنی‌دار مرتبط با آن‌ها برای تمامی موارد سه گانه کاربرد معیار اطلاعات، بیانگر رد فرض صفر و علت گرنجری بودن تعداد نشاکار به‌عنوان محرک تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان می‌باشد.

جدول ۵- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد نشاکار و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 5. Investigating the existence of Granger-causality between transplanting machine numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	2	$\overline{Z} = 11.39$	0.00
HQIC	2		
BIC	2	$\tilde{Z} = 5.94$	0.00

در آزمون تعداد دروگر، فرض صفر (H_0) علیت گرنجری نبودن تعداد دروگر برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان و فرض مقابل (H_1) به علیت گرنجری بودن تعداد دروگر برای تولید شلتوک اشاره دارد. مقدار حاصل برای شاخص‌های اطلاعات سه‌گانه نشان داد که وقفه یک، طول وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری است (جدول

۶). مقدار آماره‌های DH شامل $\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$ و سطح احتمال مرتبط با آن‌ها بیانگر رد فرض صفر و علیت گرنجری بودن تعداد دروگر برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد آماری می‌باشد. از این‌رو، تعداد دروگر در شهرستان‌های استان گیلان محرک تولید شلتوک است.

جدول ۶- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد دروگر و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 6. Investigating the existence of Granger-causality between mower machine numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	1	$\overline{Z} = 3.69$	0.00
HQIC	1		
BIC	1	$\tilde{Z} = 2.22$	0.03

در آزمون تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری، فرض صفر (H_0) به علیت گرنجری نبودن و فرض جایگزین (H_1) به علیت گرنجری بودن تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان اشاره دارد. مقدار حاصل برای شاخص‌های اطلاعات AIC، HQIC و BIC نشان داد که طول وقفه بهینه برای الگوسازی علیت گرنجری سری داده‌های ترکیبی مورد مطالعه، وقفه یک است (جدول ۷). مقدار آماره‌های محاسباتی DH شامل $\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$ و سطح احتمال آن‌ها نشان دهنده رد فرض صفر و علیت گرنجری بودن تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری برای تولید شلتوک به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد بود. از این‌رو همانند سایر ماشین‌آلات مورد بررسی، تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری نیز محرک تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان است.

جدول ۷- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد خرمنکوب پشت‌تیلری و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 7. Investigating the existence of Granger-causality between threshing machine for two wheel tractors numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	1	$\overline{Z} = 3.90$	0.00
HQIC	1		
BIC	1	$\tilde{Z} = 2.37$	0.02

در مورد تعداد خرمنکوب پشت‌تراکتوری، فرض‌های صفر (H_0) و مقابل (H_1) به‌ترتیب علیت گرنجری نبودن و بودن تعداد خرمنکوب پشت‌تراکتوری برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان است. وقفه یک در معیارهای AIC و BIC و وقفه دو در معیار HQIC به‌عنوان طول وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری انتخاب شد (جدول ۸). آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال معنی‌دار مرتبط با آن‌ها در حالت استفاده از معیارهای اطلاعات یادشده بیانگر رد فرض صفر در سطح احتمال یک درصد و بنابراین علیت گرنجری بودن تعداد خرمنکوب پشت‌تراکتوری برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان بود.

جدول ۸- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد خرمنکوبپشتتراکتوری و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 8. Investigating the existence of Granger-causality between threshing machine for tractors numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	1	$\overline{Z} = 4.02$	0.00
BIC	1	$\tilde{Z} = 2.46$	0.01
HQIC	2	$\overline{Z} = 8.37$	0.00
		$\tilde{Z} = 4.19$	0.00

در آزمون تعداد وجین‌کن نیز فرض صفر (H_0) علیت گرنجری نبودن و فرض مقابل (H_1) علیت گرنجری بودن تعداد وجین‌کن برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان است. وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری در تمام معیارهای مورد بررسی، طول وقفه سه بود (جدول ۹).

آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال آن‌ها برای تمامی موارد بررسی شده بیانگر رد فرض صفر و علیت گرنجری بودن تعداد وجین‌کن برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان بود.

جدول ۹- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد وجین کن و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 9. Investigating the existence of Granger-causality between cultivation machine numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	3	$\overline{Z} = 3313.57$	0.00
HQIC	3		
BIC	3	$\tilde{Z} = 1179.91$	0.00

آخرین آزمون مورد بررسی مربوط به وجود رابطه علیت گرنجری تعداد کمباین برای تولید شلتوک در استان گیلان بود. نتایج حاصل از این آزمون نشان داد که برای تمام معیارهای مورد استفاده (AIC، HQIC وBIC) طول وقفه سه به عنوان وقفه بهینه در الگوسازی علیت گرنجری بود (جدول ۱۰). مقدار آماره‌های محاسباتی DH ($\overline{Z}$ و $\tilde{Z}$) و سطح احتمال مرتبط با آن‌ها برای تمامی معیارهای سه‌گانه مورد بررسی بیانگر رد فرض صفر و از این‌رو علیت گرنجری بودن تعداد کمباین برای تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان بود.

جدول ۱۰- بررسی وجود رابطه علیت گرنجری بین تعداد کمباین و تولید شلتوک در استان گیلان

Table 10. Investigating the existence of Granger-causality between combine harvester numbers and paddy production in Guilan province

Information criteria	Optimal number of lags	DH statistics	P-value
AIC	3	$\overline{Z} = 452.93$	0.00
HQIC	3		
BIC	3	$\tilde{Z} = 160.53$	0.00

به‌منظور تعیین شدت و جهت اثرگذاری هر یک از محرک‌های فوق بر تولید شلتوک در استان گیلان، محاسبه کشش وزنی این علیت‌های گرنجری مدنظر قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که مقدار کشش وزنی تعداد تراکتور، تیلر، نشاکار، دروگر، خرمنکوب پشت‌تیلری، خرمنکوب پشت‌تراکتوری، وجین‌کن و کمباین به‌ترتیب برابر با ۱/۱۹، ۰/۳۷، ۰/۱۹، ۰/۱۱، ۰/۷۲، ۱/۴، ۰/۰۵ و ۰/۳۹ درصد است. از این‌رو، اثرگذاری تعداد تمامی این ماشین‌ها بر تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان مستقیم و مثبت است. اثرگذاری تعداد تراکتور وخرمنکوب پشت‌تراکتوری بر تولید شلتوک، کشش‌پذیر بود و با افزایش یک درصدی مقدار این ماشین‌آلات در سطح شهرستان‌های استان گیلان مقدار تولید شلتوک نیز به‌ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۴ درصد افزایش می‌یابد. بر این اساس، بیش‌ترین اثرگذاری انواع ماشین‌آلات مورد بررسی با توجه به مقدار کشش وزنی حاصل مربوط به خرمنکوب پشت‌تراکتوری است. از سوی دیگر، اثرگذاری تعداد تیلر، نشاکار، دروگر، خرمنکوب پشت‌تیلری، وجین‌کن و کمباین بر تولید شلتوک، کشش‌ناپذیر است و با افزایش یک درصدی مقدار این ماشین‌آلات در سطح شهرستان‌های استان گیلان مقدار تولید شلتوک نیز به‌ترتیب ۰/۳۷، ۰/۱۹، ۰/۱۱، ۰/۷۲، ۰/۰۵ و ۰/۳۹ درصد افزایش می‌یابد. کم‌ترین اثرگذاری با توجه به مقادیر حاصل برای کشش وزنی مربوط به تعداد وجین‌کن است، به‌نحوی‌که با افزایش یک درصدی تعداد این ماشین در سطح شهرستان‌های استان گیلان، تولید شلتوک تنها ۰/۰۵ درصد افزایش می‌یابد. در بین ماشین‌آلات دارای اثرگذاری کشش‌ناپذیر نیز بیشترین اثر به خرمنکوب پشت‌تیلری تعلق دارد، به‌طوری که با افزایش یک درصدی تعداد این ماشین در شهرستان‌های استان گیلان، تولید شلتوک ۰/۷۲ درصد افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری کلی

لازمه تدوین برنامه‌های الگوی توسعه، شناخت دقیق وضع موجود، امکانات بالفعل و بالقوه و تجزیه و تحلیل درست آن‌ها است. مکانیزاسیون، مجموعه‌ای از علوم و فنون کاربردی مدرن است که با سه شاخص درجه مکانیزاسیون، سطح مکانیزاسیون و ظرفیت مکانیزاسیون محاسبه می‌شود. سطح توسعه مکانیزاسیون رابطه نزدیکی با توسعه هر جامعه دارد و توسعه نیافتگی آن نشان‌دهنده حاکمیت کشاورزی سنتی، معیشتی و بازدهی اندک تولید آن است. بنابراین، توسعه مکانیزاسیون برای گذر از کشاورزی سنتی به صنعتی ضروری است و با اعمال سیاست‌های مستقیم و غیرمستقیم دولتی همراه خواهد بود. سیاست‌هایی که بر سرعت، پذیرش و توسعه آن تا کید دارد و الگوی کشت، اندازه بهره‌برداری، ویژگی‌های فردی- حرفه‌ای بهره‌برداران، میزان و مصرف نهاده‌ها و روش تولید در آن تاثیر دارد. برای دستیابی به اهداف سیاست‌های مکانیزاسیون توصیه می‌شود:

۱- به ویژگی‌های اقتصادی، جغرافیایی، اجتماعی و فرهنگی منطقه توجه شود. کشورهای در حال توسعه نیازمند تطابق این نوآوری با وضعیت موجود خود هستند. این امر نیازمند داشتن برنامه منسجم و مدون و شناسایی چالش‌ها، رسالت‌ها و تحلیل کارشناسانه است.

۲- علاوه بر برنامه‌های آموزشی و خدمات پشتیبانی- حمایتی، ایجاد یک ساختار مشخص و سازمان‌یافته برای افزایش کارایی و بهره‌وری ماشین‌آلات ضروری است تا منجر به انجام به موقع عملیات کشاورزی، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش بهبود کیفیت محصولات و کمک به تجارتی شدن کشاورزی شود.

۳- پذیرش تکنولوژی ماشینی (توسعه مکانیزاسیون) از استراتژی‌های توسعه اقتصادی است (افزایش سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح و....) که آثار آن ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی جامعه را نیز متاثر خواهد کرد. تیاز است هماهنگی مناسب و منطقی بین برنامه‌های تو سعه ابعاد سه‌گانه فوق صورت گیرد.

۴- سیاست‌های دولت در برنامه‌های اول تا پنجم در بخش مکانیزاسیون موفق نشد و جوابگوی میزان اسطهلاک ماشین‌آلات نیز نبود. علت عدم تحقق ضریب مکانیزاسیون در برنامه‌های توسعه آن، کمبود سرمایه‌گذاری در مکانیزاسیون، مدیریت فنی ناکارا و نبود برنامه‌های مدون برای تولید و رشد قیمت این ادوات بیشتر از شاخص‌های قیمت تضمینی محصولات کشاورزی بوده است که منجر به کاهش ضریب مکانیزاسیون شد و کشاورزان را وادار به استفاده از ماشین‌آلات فرسوده کرد.

ماشین‌آلات جزو اصلی ساختار توسعه مکانیزاسیون در بخش کشاورزی است که با مداخله مستقیم و غیرمستقیم دولت همراه است. فناوری قابل دسترس، امکان انتخاب فناوری مورد نیاز، سطح مناسب فناوری، سطح توان ماشینی مزرعه و بودجه‌های زراعی می‌توانند دستیابی به اهداف تعیین شده برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت توسعه را امکان‌پذیر سازند.

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تعداد تمامی ماشین‌آلات مورد بررسی شامل تراکتور، تیلر، نشاکار، دروگر، خرمنکوب پشت‌تیلری، خرمنکوب پشت‌تراکتوری، وجین‌کن و کمباین علیت گرنجری تولید شلتوک در شهرستان‌های استان گیلان هستند. از این‌رو، تمامی این نهاده‌ها و توسعه کاربرد آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید برنج در استان گیلان داشته باشد. اثرگذاری تعداد تمامی این ماشین‌ها بر تولید شلتوک در استان گیلان مستقیم و مثبت است. بیش‌ترین اثرگذاری انواع ماشین‌آلات مورد بررسی با توجه به مقدار کشش وزنی حاصل مربوط به خرمنکوب پشت‌تراکتوری بود، به‌طوری که با افزایش یک درصدی تعداد این ماشین، میزان تولید شلتوک ۱/۴ درصد افزایش می‌یابد. در مقابل، کم‌ترین اثرگذاری مربوط به تعداد وجین‌کن بود، به‌نحوی‌که با افزایش یک درصدی تعداد این ماشین در سطح شهرستان‌های استان گیلان، تولید شلتوک تنها ۰/۰۵ درصد افزایش می‌یابد.

References

Abdi, F., Atarodi Kashani, Z., Mirmiran, P. and Esteki, T. 2015. Surveying global and Iranian food consumption patterns: a review of the literature. **Journal of Fasa University of Medical Sciences** 5 (2): 159-167. (In Persian with English Abstract).

Fourth Economic, Social and Cultural Development Program. 2005. General policies of the fourth economic, social and cultural development program of the Islamic Republic of Iran. (In Persian).

Amjadi, A. 2005. The effect of mechanization on Iran's agriculture sector considering sector production technology. Ph. D. Dissertation, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian).

Amjadi, A. and Chizari, A. H. 2007. Agriculture mechanization status in Iran. **Agricultural Economics and Develop**ment 55: 155-182. (In Persian with English Abstract).

Binswanger, H. P. 1987. Agricultural mechanization: Issues and options. The World Bank Report.

Dumitrescu, E. I. and Hurlin, C. 2012. Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. **Economic Modeling** 29 (4): 1450-1460.

Ellis, F. 1990. Agricultural policies in developing countries. Cambridge University Press.

Esfandiari, S., Sepahvand, E. and Mehrabi, H. 2016. Investigating the impact of agricultural mechanization on the food security of rural families in Iran. **Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research** 47 (3): 609-618. (In Persian with English Abstract).

Granger, C. W. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica** 37 (3): 424-438**.**

Indonesia Agriculture Ministry. 2016. Rice production report.

Jihad-e-Agriculture Organization of Guilan Province. 2016. Rice production report. Jihad-e-Agriculture Organization of Guilan Province, Rasht, Iran. (In Persian).

Heydari Kamalabadi, R., Nabizadeh, M., Mojaverian, S. M., Khankeshipor, Gh. and Deziani, S. 2016. Effective factors on rice consumption of Rasht County's urban households. **Agricultural Economics and Development** 96: 109-126. (In Persian with English Abstract).

Kohansal, M. R. and Mansoori, H. 2013. Socio-economic factors affecting agricultural machines ownership by farmers in Khorasan-Razavi province in Iran. **Journal of Agricultural Mechanization** 1 (1): 53-59. (In Persian with English Abstract).

Lopez, L. and Weber, S. 2017. Testing for Granger causality in panel data. University of Neuchatel, Institute of Economic Research, IRENE Working paper 17-03.

Mousavi, S. H. and Esmaeili, A. 2011. Analyzing the effect of rice import tariff on Iran's rural and urban social poverty and welfare. **Agricultural Economics** 5 (3): 143-167. (In Persian with English Abstract).

Nabiean, S. and Naeini, S. N. 2007. Evaluating the effect of mechanization on the growth of Iran agriculture. Proceedings of 6th Biennial Conference of Iranian Agricultural Economics, October 30-31, 2007, Mashhad University, Mashhad, Iran. (In Persian).

Paramati, S. R., Apergis, N. and Ummalla, M. 2017. Financing clean energy projects through domestic and foreign capital: The role of polit**i**cal cooperation among the EU, the G20 and OECD countries. **Energy Economics** 61: 62-71**.**

Paramati, S. R., Ummalla, M. and Apergis, N. 2016. The effects of foreign direct investment and stock market growth on clean energy use across a panel of emerging market economies. **Energy Economics** 56: 29- 41**.**

Rahimi, R., Yazdani, S. and Mohammadinejad, A. 2016. Evaluation of welfare effects of mechanization policies on Iran's sugar bean industry (seemingly unrelated panel equations application). **Economics** 30: 121-139. (In Persian with English Abstract).

Salahuddin, M., Alam, K. and Ozturk, I. 2016. The effects of internet usage and economic growth on CO_2 emissions in OECD countries: A panel investigation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 62: 1226-1235**.**

Salami, H. and Kavoosi-Kalashami, M. 2011. Assessment of structural change in Iranian consumers' preference for rice commodity basket using revealed preference and K-W test. **Agricultural Economics and Development** 25 (1): 90-99. (In Persian with English Abstract).

Shahabadi, A. and Beygi, A. 2012. Determining rice market supply and demand in Iran. **Agricultural Economics Research** 4 (1): 139-160. (In Persian with English Abstract).

Zare Mehrjerdi, M., Esfandiari, S. and Nikzad, M. 2017. Investigating the effect of mechanization on productivity of the Iranian agricultural sector (using acomparative approach of autoregressive distributed lag model and genetic algorithms). **Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research** 48 (1): 9-22. (In Persian with English Abstract).

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 1, Spring 2018 (1-13)

Evaluation of causal relationship between mechanization development and paddy production in Guilan province: Application of panel data and Granger-casual model

Mohammad Karim Motamed[1*] and Mohammad Kavoosi Kalashami[2]

Received: September 27, 2017 Accepted: December 5, 2017

Abstract

The development of mechanization in the rice production process can play an important role in overcoming the difficulties of producing this product, climate and agricultural constraints. Improving farmer's income status, increasing production and positive welfare effects on the rice market are important results of mechanization and paddy mechanized cultivation. In recent years, the number of agricultural machinery active in rice cultivation in the 16 cities of Guilan province has increased significantly. The present study use Granger-causal analysis and panel data series of 16 cities for 16 years from 2011 to 2016, following the evaluation of the stimulus of the number of active machines including tractors, two wheel tractor, transplanting machine, mower machine, threshing machine for two wheel tractors, threshing machine for tractors, cultivation machine and combine harvester on paddy production in different cities of Guilan province, Iran. The results showed that the number of different investigated machines were Granger cause of paddy production in Guilan province. The greatest influence of the types of machines studied on the amount of paddy production belongs to threshing machine for tractors and the least impact on the volume of production of this product belongs to the number of cultivation machine. Considering the severity of the impact of various types of agricultural machinery on the amount of rice production in the cities of Guilan province could provide a suitable framework for planning and prioritizing the development of mechanization in rice cultivation.

Keywords: DH model, Rice cultivation, Mechanized cultivation, Farmer's income status

1. Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Economic, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agricultural Economic, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
* Corresponding author: motamed@guilan.ac.ir