

## بررسی تأثیر ضریب مکانیزاسیون بر بهره‌وری در بخش کشاورزی ایران (کاربرد مقایسه‌ای ARDL و الگوریتم ژنتیک)

محمد رضا زارع مهرجردی<sup>۱</sup>، ساسان اسفندیاری<sup>۲\*</sup>، احسان سپهوند<sup>۳</sup>، مجتبی نیک‌زاد<sup>۴</sup>

۱، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان،

۲، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان،

۳، دانشجوی دوره دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان،

۴، دانشجوی دوره دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی،

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۱ - تاریخ تصویب: ۹۵/۲/۲۷)

### چکیده

منابع محدود در بخش کشاورزی، به‌کارگیری فناوری مناسب جهت استفاده بهینه از منابع کمیاب با هدف تأمین امنیت غذایی را به یک ضرورت تبدیل کرده است، به‌طوری که در برنامه پنجم توسعه مقرر گردیده یک سوم رشد اقتصادی در کشور از طریق رشد بهره‌وری حاصل گردد. دستیابی به این هدف برای بخش کشاورزی در گرو توسعه مکانیزاسیون است. در همین راستا، مطالعه حاضر به بررسی تأثیر توسعه مکانیزاسیون بر رشد بهره‌وری در بخش کشاورزی پرداخته است. لذا، ابتدا با محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی برای دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۸ مورد بررسی و سپس با برآورد الگوی اقتصادسنجی و همچنین، الگوریتم ژنتیک عوامل مؤثر بر آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک ابزار قدرتمندی برای برآورد این الگوهاست. همچنین، نتایج هر دو رهیافت نشان می‌دهد که ضریب مکانیزاسیون و تسهیلات اعتباری و آموزشی، ترویجی بخش کشاورزی اثرات مثبتی بر رشد بهره‌وری داشته است. ضریب برآورده شده برای ضریب مکانیزاسیون در بلندمدت در روش ARDL برابر با ۰/۱۲۹ و در روش الگوریتم ژنتیک برابر ۰/۰۹۸ می‌باشد که نشان از تأثیر نسبتاً زیاد این متغیر بر بهره‌وری بخش کشاورزی دارد. همچنین، تغییر علامت متغیرهای شاخص قیمت و درجه باز بودن بخش از منفی به مثبت در کوتاه مدت به سمت بلندمدت بر لزوم سیاست‌های حمایتی صحیح از کشاورزان، جهت توانایی رقابت و تطبیق با شرایط اقتصادی، تأکید دارد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)،

ضریب مکانیزاسیون، بهره‌وری بخش کشاورزی.

### مقدمه

است که دلایل واقعی رشد یا کاهش بهره‌وری را کشف کنند (Vali zadehzenoor, 2010). جهان امروز با توجه به محدودیت‌های عوامل مختلف تولید، نیاز حیاتی به

بهره‌وری به‌طور عمده مشخص‌کننده درآمد حقیقی، تورم و رفاه مردم است و کوشش سیاستمداران بر آن

بهره‌وری فزون‌تر، چه در کشورهای پیشرفته و چه در کشورهای در حال پیشرفت دارد و کارشناسان و صاحب‌نظران اقتصادی نظام‌های مختلف عملاً به نحو یکسانی اهمیت موضوع افزایش بهره‌وری را مورد تاکید قرار داده‌اند. Clark (۱۹۹۸)، سطح زندگی بالای مردم آمریکا را ثمره مستقیم بهره‌وری بیشتر اقتصادی آمریکا می‌داند. Steiner & Goldner (۱۹۸۲)، عنوان می‌کنند که رویای زحمتکشان جهان، یعنی دستمزد بیشتر و ساعات کار کمتر با افزایش بهره‌وری تحقق‌پذیر می‌باشد. در کشورهای در حال توسعه موفق نظیر مالزی، بهره‌وری سهم قابل توجهی در تامین رشد اقتصادی داشته است؛ بطوری که در این کشور سهم بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) در تامین رشد تولید برنامه اول (۱۹۷۱-۹۰) حدود ۱۳ درصد و در برنامه دوم (۱۹۹۱-۲۰۰۰) حدود ۲۵/۵ درصد بوده و برنامه‌ریزی شده که در برنامه سوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰) به ۴۲/۵ درصد افزایش یابد (Management and Planning Organization, 2005).

بهره‌وری در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای توسعه‌ی پایدار است که عموماً در کشورهای در حال توسعه مانند ایران علی‌رغم توانمندی‌های بالقوه کشاورزی، به دلیل بهره‌وری پایین بخش کشاورزی آن چنان که باید اقتصادی و مقرون به صرفه نیست. در ایران، محدودیت آب به عنوان یکی از عوامل اصلی تولید در بخش کشاورزی، افزایش تولید از طریق اول را در دراز مدت محدود می‌سازد. لذا، توجه به روش دوم، یعنی بالا بردن بهره‌وری عوامل تولید ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای افزایش عرضه محصولات است. از طرفی موضوع بهره‌وری اولین بار در برنامه دوم توسعه و در قالب تبصره ۳۵ مورد توجه قرار گرفت. در برنامه سوم توسعه اقتصادی ایران هدف مشخصی برای بهره‌وری در نظر گرفته نشد. در برنامه چهارم توسعه اقتصادی کشور به مقوله بهره‌وری توجه خاص معطوف گردید و اهداف کمی معینی برای ارتقای آن در نظر گرفته شد. در این برنامه، سهم بهره‌وری کل عوامل تولید از رشد اقتصادی ۳۱/۳ درصد تعیین گردیده است (Research Planning and Agricultural Economics, 2006).

بخش کشاورزی برای تحقق امنیت غذایی جامعه، نیازمند گذر سریع از مرحله تولید معیشتی و سنتی به

مرحله تولید صنعتی و تجاری است. لذا، ضرورت دارد با اتخاذ تدابیر کارشناسانه به نوسازی همه جانبه آن پرداخت که از جمله مهم‌ترین تدابیری که می‌بایست در جریان نوسازی بخش کشاورزی به آن اهتمام ورزید، توسعه فناوری و کاربرد آن می‌باشد. برای بهبود کیفی و کمی تولید و رقابت در بازار محصولات کشاورزی، فعالان بخش چه دولتی و چه غیردولتی مجبور به انطباق خود با شرایط حاصل از کاربرد فناوری‌های نوین هستند. (Moazani & baghari, 2005). یکی از مصادیق فناوری، امر مکانیزاسیون در فعالیت‌های کشاورزی است. بنابراین، برنامه‌ریزی برای توسعه مکانیزاسیون از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در برنامه توسعه بخش کشاورزی است. در متن چشم‌انداز ابلاغی به برخورداری از دانش پیشرفته و توانایی در تولید علم و فناوری، برخورداری از سلامت و رفاه و بهره‌مندی از محیط‌زیست مطلوب، دستیابی به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح آسیای جنوب غربی، رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی، ارتقای نسبی سطح درآمد سرانه و رسیدن به اشتغال کامل (چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی) تصریح شده که توسعه مکانیزاسیون کشاورزی را توجیه می‌کند و در حداقل پانزده مورد از بندهای سیاست‌های کلی ابلاغی برای برنامه چهارم توسعه کشور به ویژه بندهای شماره ۳۷، ۴۳ و ۴۷ ذیل سرفصل امور اقتصادی، مکانیزاسیون کشاورزی می‌تواند و می‌باید ایفای نقشی مؤثر داشته باشد (General Policies of the fourth program of development of the country, 2005). براساس اهداف کمی تولیدی تعیین شده در برنامه چهارم توسعه کشور برای بخش کشاورزی، می‌باید مقدار تولید سالانه این بخش به طور متوسط معادل ۴/۶ درصد و نرخ بهره‌وری عوامل تولید معادل ۲/۲ درصد افزایش داشته باشد (Planning and Agricultural Economics Research Institute, 2005). این امر با به کار بستن روش‌ها و فناوری‌های نوین، از طریق کاربرد صحیح ادوات، تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی مناسب عملی خواهد شد (Moazani & baghari, 2005). از این‌رو، در این مطالعه به بررسی تأثیر توسعه مکانیزاسیون بر رشد بهره‌وری در بخش کشاورزی می‌پردازیم.

روش‌های الگوریتم ژنتیک در بررسی روابط بین متغیرهای معین نیز به مطالعات زیر اشاره می‌شود. Nebeiyani & alvi (2005) به بررسی تأثیر مکانیزاسیون بر رشد بخش کشاورزی در ایران پرداختند. نتایج حاکی از آن بوده است که، گرچه در طول دوره مورد بررسی ضریب مکانیزاسیون روند افزایشی داشته، اما کماکان از یک کمتر است. آنها به این نتیجه رسیدند که یک رابطه علی یک‌طرفه مثبت از اسب بخار به سمت ارزش افزوده واقعی وجود دارد، اما این اتفاق در بلند مدت صورت می‌پذیرد. بنابراین، توصیه می‌شود در برنامه‌های مدون و اجرای برنامه‌های کوتاه مدت مربوط به مکانیزاسیون بازنگری شود. Azinfar (2006) تأثیر رشد مکانیزاسیون و صادرات بر اشتغال نیروی کار در بخش کشاورزی را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در بلند مدت نرخ رشد تکنولوژی ماشینی با نرخ رشد اشتغال نیروی کار در بخش کشاورزی دارای رابطه منفی است. Po-Chi & et al (2008) در کشور چین بعد محاسبه شاخص بهره‌وری بخش کشاورزی به روش مالک کوئیست از متغیرهای اصلاحات مالیاتی روستایی، هزینه‌های بخش آموزش و پرورش روستایی و (R&D) همچنین، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های اقتصادی جهت تعیین عوامل موثر بر آن استفاده نمودند.

Akhbari (2009) در مطالعه خود با عنوان کاربرد الگوریتم ژنتیک در ترکیب پیش‌بینی‌های تورم، از این رهیافت بهره گرفته است. لذا، در مطالعه حاضر به منظور بررسی رابطه بین بهره‌وری و اثرات رشد مکانیزاسیون بر آن، از هر دو رهیافت الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده و همچنین، الگوریتم ژنتیک استفاده شده و نهایتاً به مقایسه نتایج نیز خواهیم پرداخت. Richard & Moffat (2011) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی عوامل تعیین‌کننده بهره‌وری کارخانجات صنعتی کشور بریتانیا برای دوره زمانی ۲۰۰۶-۱۹۹۷ نشان دادند که عواملی مانند ( $R\&D'$ ) به‌طور مثبت با افزایش بهره‌وری ارتباط دارد و به همین ترتیب متغیر سرمایه‌گذاری‌های خارجی و تراکم کارخانجات در یک منطقه که منجر به افزایش آرایه خدمات می‌گردد، به افزایش بهره‌وری منجر

از سوی دیگر، بررسی میزان اثرگذاری هر یک از این عوامل بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی مستلزم محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در این بخش می‌باشد که در این بین روش‌های ناپارامتری از دقت و انعطاف‌پذیری بالاتری برخوردار بوده است (Taimori & khalilian, 2001). همچنین، برآورد دقیق روابط مذکور در این مطالعه از اهمیت بالایی برخوردار است که بدین منظور از الگوهای اقتصادسنجی با توجه به محاسبه روابط و ضرایب سازگار در بلند مدت و کوتاه مدت و تعیین ضریب تعدیل در کنار روش‌های نوین الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

در واقع، امروزه با افزایش توان رایانه‌ها در ذخیره و پردازش داده و همچنین، پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه فناوری‌های اطلاعاتی به ویژه هوش مصنوعی، امکانات و قابلیت‌های سیستم‌های محاسباتی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این نرم‌افزارها با بهره‌برداری وسیع از تکنیک‌های هوش مصنوعی و به لطف سیستم‌های خبره تعبیه شده در آنها، قابلیت تجزیه و تحلیل روابط را نیز دارا هستند. الگوریتم‌های ژنتیک (GA) یکی از این تکنیک‌ها در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی و مسایل جستجو است (Rahimi & et al, 2015).

مطالعه حاضر از این طریق به دنبال یافتن روش‌های برتر در این زمینه می‌باشد. لذا، در ادامه به بررسی اعتبار در هر دو رهیافت و مقایسه نتایج در هر دو مدل نیز پرداخته می‌شود. اهمیت بهره‌وری توسط محققان نیز تشخیص داده شده است و مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته که در ادامه فقط به پاره‌ای از آنها اشاره می‌شود.

mojaverian & khaleghi (2002) در مطالعه‌ای تحت عنوان تأثیر سیاست‌های حمایتی قیمت بر بهره‌وری کل عوامل تولید محصولات بخش کشاورزی طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۸ پرداخته است. روش تحقیق در این مطالعه به دو صورت پارامتری (توابع تولید انعطاف‌پذیر) و ناپارامتری (شاخص مالک کوئیست) می‌باشد. طبق یافته‌های این مطالعه برجستگی‌های ترویج و آموزش کشاورزی و تکنولوژی تولید به منظور به-کارگیری فناوری نوین نمایان شد. در زمینه کاربرد

<sup>1</sup> research & development

ایران با استفاده از رهیافت الگوریتم ژنتیک به برآورد تابع تقاضا و پیش‌بینی آن اقدام نمودند، در این مطالعه نیز نتایج پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم ژنتیک با پیش فرض استمرار شرایط قیمتی و درآمدی تا پایان چشم اندازه بیست ساله جمهوری اسلامی ایران با حداقل خطا صورت گرفت که بر کاربرد مناسب این رهیافت تأکید می‌ورزند.

### روش تحقیق

جهت دستیابی به اهداف مورد نظر مطالعه، در مرحله اول با استفاده از شاخص مالم کوئیست بهره‌وری کل عوامل و اجزای آن طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۱ مورد محاسبه قرار گرفته است. نهاده‌های مورد استفاده جهت تولید نیز در این بخش به صورت موجودی سرمایه، نیروی کار، سطح زیر کشت (زمین) و انرژی تعریف شده‌اند. با مشخص بودن نهاده‌ها و محصولات در فعالیت مورد نظر، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تغییرات بهره‌وری کل عوامل و اجزای آن با استفاده از نرم‌افزار (DEAP2) محاسبه شده است. همچنین، در مرحله بعد جهت تبیین توسعه مکانیزاسیون بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به تعیین عوامل مؤثر بر بهره‌وری بخش کشاورزی پرداختیم. در برخی از مطالعات می‌توان به متغیرهایی همچون درجه باز بودن

اقتصاد (Coe & Helpman, 1995; Basant & Fickert, 1996; Edwards, 1997) سطح قیمت محصولات (Terluin, 1990)

و مکانیزاسیون کشاورزی (Rezaie, 2014) اشاره کرد. متغیرهایی که در این مطالعه به کار گرفته شده‌اند، از مطالعات فوق استخراج شده‌اند. نهایتاً، برای بررسی اثر ضریب مکانیزاسیون بر بهره‌وری بخش کشاورزی از معادله رفتاری زیر استفاده شده است:

می‌گردند. Michael & et al (۲۰۱۱) در مطالعه‌ی خود به محاسبه شاخص مالم کوئیست برای هر کشور پرداختند. طبق نتایج بدست آمده کشورهایی با سطوح متفاوت درآمد ملی و رشد نتایج متفاوتی را نیز در میزان شاخص  $TFP$  نشان می‌دهند و این تفاوت به عواملی از جمله درجه باز بودن تجاری هر کشور، جمعیت فعال، سطح تحصیلات، مخارج دولت و سطوح سرمایه گذاری، نرخ بهره و اهداف سیاسی هر کشور مربوط می‌باشد، به طوری که با افزایش سطح تحصیلات و آزادسازی تجاری و بتبع آن سطوح سرمایه‌گذاری بالاتر موجبات رشد بیشتری بهره‌وری کل را در اقتصاد هر کشور فراهم ساخته است. با این وجود افزایش جمعیت و نرخ بهره‌های بالاتر منجر به سطوح پایین‌تر بهره‌وری کشورها می‌گردد. Costa & et al (۲۰۱۳) درباره‌ی بهره‌وری کشاورزی و ناامنی غذایی در برزیل تحقیق کرده‌اند. آنها نتیجه گرفته‌اند که بین سطح تحصیلات سرپرست خانوار، حضور افراد زیر هجده سال در خانواده، بهره‌وری زارعین و ناامنی غذایی رابطه معنی داری برقرار است. Mehrjardi & et al (2013) در مطالعه‌ای با عنوان برآورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی با رهیافت  $(ARDL)$  و الگوریتم ژنتیک مطالعه موردی استان اصفهان، به برآورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی استان اصفهان با دو رهیافت الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده  $(ARDL)$  و الگوریتم ژنتیک پرداخته و عوامل مؤثر بر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج این مطالعه بخوبی نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک ابزار قدرتمندی برای برآورد تابع تقاضای برق است. همچنین Rahimi & et al (2015) در مطالعه خود با عنوان پیش‌بینی تقاضای انواع گوشت در مناطق شهری

#### 1. Autoregressive Distributed Lag Model

$$(TFP)_t = C_0 + \beta_1 \text{Log}(M)_t + \beta_2 \text{Log}(OPEN)_t + \beta_3 \text{Log}(EDU)_t + \beta_4 \text{Log}(PRIC)_t + \beta_5 \text{Log}(TAS)_t + \beta_6 \text{Log}(T)_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

در بخش کشاورزی،  $T_t$  تعداد تعاونی‌ها و  $M$  ضریب مکانیزاسیون،  $EDU_t$  سطح تحصیلات و آموزش،

در رابطه ۱،  $TFP_t$  شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی،  $PRIC_t$  شاخص قیمت محصولات کشاورزی،  $OPEN_t$  درجه باز بودن اقتصاد

برای بررسی اینکه رابطه بلندمدت حاصل از این روش کاذب نیست، اول فرضیه زیر مورد آزمون قرار می‌گیرد:

$$H_0: \sum_{i=1}^p \phi_i - 1 \geq 0 \quad (3)$$

$$H_1: \sum_{i=1}^p \phi_i - 1 < 0$$

فرضیه صفر بیانگر عدم وجود هم‌انباشتگی یا رابطه بلندمدت است، چون شرط آن که رابطه پویای کوتاه-مدت به سمت تعادل بلندمدت گرایش یابد، آن است که مجموع ضرایب کمتر از یک باشد. برای انجام آزمون مورد نظر باید عدد یک از مجموع ضرایب با وقفه متغیر وابسته کسر و بر مجموع انحراف متغیر ضرایب مذکور تقسیم شود.

$$\frac{\sum_{i=1}^p \hat{\phi}_i - 1}{\sum_{i=1}^p S_{\phi_i}} \quad (4)$$

اگر قدر مطلق ( $t$ ) به دست آمده از قدر مطلق مقادیر بحرانی ارایه شده توسط بنرجی، دولادو و مستر بزرگتر باشد، فرضیه صفر رد شده و وجود رابطه بلند-مدت پذیرفته می‌شود.

#### الگوی تصحیح خطا (ECM)

وجود هم‌انباشتگی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی، مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌کند. عمده‌ترین دلیل شهرت این الگوها آن است که نوسانات کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت ارتباط می‌دهد. برآورد این مدل شامل دو مرحله است:

مرحله اول: این مرحله شامل برآورد یک رابطه بلند-مدت و حصول اطمینان از کاذب نبودن آن است.

مرحله دوم: در این مرحله، وقفه پسماند رابطه بلند-مدت را به عنوان ضریب تصحیح خطا استفاده کرده و رابطه (۵) برآورد می‌شود:

$$\Delta Y_t = a + b \Delta X_t + c U_{t-1} + e_t \quad (5)$$

ضریب تصحیح خطا یعنی برآورد ضریب ( $C$ ) که در صورتیکه با علامت منفی ظاهر شود، نشانگر سرعت تصحیح خطا و میل به تعادل بلندمدت خواهد بود. این

$TAS_t$  تسهیلات و مساعدت‌ها در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد.

در این مطالعه، بهره‌وری کل عوامل یا استفاده از شاخص مالم کوئیست محاسبه شده است. در این شاخص بر خلاف دیگر شاخص‌های مهم سنجش بهره‌وری کل عوامل تولید، نظیر ترنکوئیست، نیازی به داشتن قیمت ستانده و نهاده‌ها نیست. همچنین، در این شاخص تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید به تغییرات تکنولوژیکی (انتقال مرز کارایی) و تغییرات کارایی غنی (رسیدن به مرز کارایی) قابل تفکیک است.

به‌منظور بررسی اثر توسعه مکانیزاسیون بر بهره‌وری بخش کشاورزی کشور، از مدل فوق برای دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۶ استفاده شده است. برای برآورد مدل از دو رهیافت الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) و الگوریتم ژنتیک (GA) استفاده شده که در زیر توضیح مختصری در رابطه با دو رهیافت ارایه گردیده است.

#### ۱- رهیافت (ARDL)

در این مطالعه از روش خود توضیح با وقفه‌های توزیعی (ARDL) استفاده شده است. این روش از لحاظ آماری روشی بهتر و معنی‌دارتر برای تعیین روابط همجمعی در نمونه‌های کوچک است. (Ghadak & citki, 2001). بر اساس مطالعه‌ی Pesaran et al (۲۰۰۱)، با استفاده از روش خود توضیح با وقفه‌های توزیعی و با منظور نمودن وقفه‌های مناسب، می‌توان ضرایب بلند-مدت سازگاری میان متغیرهای مورد نظر در یک مدل به دست آورد. در این روش برای هر یک از متغیرها با استفاده از معیارهایی مانند شوارز-بیزین ( $SBC$ )، آکائیک ( $AIC$ )، حنان کوئین ( $HQC$ ) و یا ضریب تعیین تعدیل شده، وقفه‌های بهینه انتخاب می‌شود (Pahlevani & et al, 2008). متدولوژی روش خود توضیح با وقفه‌های توزیعی در حالتی که متغیرها ترکیبی از متغیرهای  $I(0)$  و  $I(1)$  باشند، رابطه (۲) باز هم قابل کاربرد است.

$$Y_t = aX_t + bX_{t-1} + cY_{t-1} + u_t \quad (2)$$

ریاضی ندارد. بنابراین، می‌توان حدس زد که این الگوریتم می‌تواند پاسخ گسترده‌ی وسیعی از مسایل را بیابد.

۲- الگوریتم ژنتیک به‌طور هم‌زمان شمار زیادی از نقاط فضای پاسخ را به کار می‌گیرد. این ویژگی، احتمال گرفتار شدن الگوریتم در نقاط بهینه‌ی محلی را تا اندازه زیادی کاهش می‌دهد.

۳- الگوریتم ژنتیک همگرایی به نقطه‌ی بهینه‌ی محلی را تضمین نمی‌کند، ولی اغلب به نقاط تقریباً بهینه و پذیرفتنی همگرا می‌شود.

۴- این الگوریتم به سادگی برای پاسخ‌یابی پرسش‌هایی که شمار زیادی متغیر دارند به کار گرفته می‌شود.

۵- الگوریتم ژنتیک، ساده است و به اطلاعات کمی مانند مشتق‌های تابع هدف نیازی ندارد. در نتیجه برای بهینه‌سازی روی یک تابع هدف بسیار پیچیده، ناپیوسته یا بی‌مشتق، و یا سیستم‌هایی که تعریف ریاضی مشخصی ندارند و با شبیه‌سازی یا اعمال مستقیم پارامترها به سیستم واقعی آزموده می‌شوند، بسیار مناسب است.

۶- الگوریتم ژنتیک در پایان می‌تواند به‌جای یک پاسخ، مجموعه‌ای از پاسخ‌های بهینه را ارائه کند. این ویژگی در مسائل بهینه‌سازی چندهدفی اهمیت دارد. در الگوریتم‌های ژنتیک ابتدا به‌طور تصادفی یا الگوریتمیک، چندین جواب برای مسئله تولید می‌کنیم. این مجموعه جواب را جمعیت اولیه می‌نامیم. هر جواب را یک کروموزوم می‌نامیم. سپس با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک پس از انتخاب کروموزوم‌های بهتر، کروموزوم‌ها را باهم ترکیب کرده و جهشی در آنها ایجاد می‌کنیم. در نهایت، جمعیت فعلی را با جمعیت جدیدی که از ترکیب و جهش در کروموزوم‌ها حاصل می‌شود، ترکیب می‌کنیم. تا بدین ترتیب به جواب‌های بهینه دست یابیم.

در این راستا به منظور برآورد مدل مورد نظر با استفاده از الگوریتم ژنتیک، رابطه ۶ به صورت زیر بیان شده است:

ضریب نشان می‌دهد در هر دوره چند درصد از عدم تعادل متغیر وابسته تعدیل شده و به سمت رابطه بلند-مدت نزدیک می‌شود (Tashkini, 2006).

## ۲- رهیافت الگوریتم ژنتیک (GA)

تئوری بهینه‌سازی نحوه بدست آوردن بهترین را بررسی می‌کند. بدین منظور بایستی چگونگی اندازه‌گیری و تفاوت میان مطلوب و نامطلوب را تشخیص داد. تئوری بهینه‌یابی، بررسی نقاط بهینه و روش‌های پیدا کردن آن است، که الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm - GA) تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی جهت بهینه‌سازی و مسایل جستجو است. مختصراً گفته می‌شود که الگوریتم ژنتیک (GA) یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود ورودی است و راه‌حلها طبق یک الگو کدگذاری می‌شوند که تابع (fitness) نام دارد هر راه حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

الگوریتم‌های ژنتیک یکی از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی است که ایده آن برگرفته از طبیعت می‌باشد. الگوریتم‌های ژنتیک برای روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی در حل مسایل خطی، محدب و برخی مشکلات مشابه بسیار موفق بوده‌اند. در واقع، الگوریتم ژنتیک هر مسئله‌ای بهینه‌سازی را به صورت یک مسئله تکامل در نظر می‌گیرد. این الگوریتم برای یافتن مقدار بهینه پارامترها، دسته‌ای از مقادیر ممکن برای آنها را به صورت تصادفی به عنوان یک جمعیت اولیه انتخاب کرده، سپس با انجام فرآیند تکامل بر روی این جمعیت، کم کم آنها را طوری تغییر می‌دهد که به مقدار بهینه برسد.

الگوریتم ژنتیک ویژگی‌هایی دارد که آن را در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های بهینه‌سازی، متفاوت و برتر ساخته است. این ویژگی‌ها و تمایزات را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

۱- الگوریتم ژنتیک می‌تواند به جای به کارگیری از متغیرها از به رمز درآمدی آن‌ها، یعنی کروموزوم‌ها، استفاده کند. در نتیجه نیازی به تعریف مساله به صورت

$$(TFP)_t = C_0 + \beta_1 \text{Log}(M)_t + \beta_2 \text{Log}(OPEN)_t + \beta_3 \text{Log}(EDU)_t + \beta_4 \text{Log}(PRIC)_t + \beta_5 \text{Log}(TAS)_t + \beta_6 \text{Log}(T)_t + \varepsilon_t \quad (۶)$$

$\beta_1$ ها عامل‌های وزنی هستند که به وسیله (GA) تصمیم‌گیری شده و با تابع هدف و شایستگی بهینه-سازی می‌شوند.

به منظور بررسی تأثیر توسعه ضریب مکانیزاسیون بر بهره‌وری در بخش کشاورزی ایران، از مدل ۱ و ۶ برای برآورد تابع مورد بحث در این تحقیق از مدل (ARDL) بر اساس معیار شوارتز بیزین و همچنین، رهیافت لگوریتیم ژنتیک استفاده شده است. همچنین برای تخمین مدل و انجام آزمون‌های مربوطه، از بسته‌های نرم‌افزاری (Eviews 3)، (Matla) و (Microfit 4.1) استفاده گردید. داده‌های مورد نیاز این مطالعه، برای افق زمانی ۱۳۹۲-۱۳۶۶، از مرکز آمار ایران، وزارت جهاد کشاورزی، مرکز اطلاعات سری‌زمانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و همچنین، مرکز خوار و بار جهانی (FAO) جمع‌آوری گردیده‌اند.

### نتایج و بحث

#### ۱- رهیافت (ARDL)

در این قسمت با استفاده از مدل‌های روش‌های بیان شده ابتدا شاخص بهره‌وری عوامل تولید در بخش کشاورزی مورد محاسبه قرار گرفت. برای بررسی و تحلیل تأثیر مکانیزاسیون و سایر متغیرهای مدل بر رشد بهره‌وری در بخش کشاورزی ابتدا با توجه به ماهیت متغیرهای مدل در این تحقیق از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته، از طریق ضابطه‌های آکائیک، شوارتز-بیزین و حنان- کوئیک برای تعیین طول وقفه‌ی بهینه استفاده می‌گردد. نتایج مربوط به ایستایی متغیرها در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) نتایج آزمون ایستایی با استفاده از آزمون‌های دیکی-فولر تعمیم یافته و فیلیپس پرون

با عرض از مبدا و روند		با عرض از مبدا و بدون روند		متغیرها	
آماره Phillips- Perron	آماره ADF	وقفه بهینه	آماره Phillips- Perron	آماره ADF	وقفه بهینه
-۶/۷۲۱***	-۶/۵۷۱***	۱	-۶/۲۹۹**	-۶/۲۹۷***	۱
-۶/۴۹۰**	-۵/۹۱۹**	۱	۶/۰۸۳**	-۶/۰۵۶**	۱
-۲۴/۲۶۵***	-۳/۶۵۲۱**	۰	-۹/۹۵۶۲**	-۲/۷۵۲*	۰
-۷/۳۶۵۲*	-۲/۵۲۱۴**	۱	-۷/۳۵۲۴*	-۲/۱۸۹*	۱
-۱۲/۳۵۶***	-۲/۸۷۴۲*	۱	-۶/۶۵۳۱***	-۳/۴۴۲**	۱
-۶/۲۵۱۳**	-۳/۵۶۲۷**	۰	-۱۲/۳۸۸*	-۲/۶۵۲*	۰
-۸/۴۴**	-۳/۹۸**	۰	-۷/۶۵**	-۳/۸۷***	۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب معناداری معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد می‌باشند

قبل بیان شد، می‌توانیم از الگوی (ARDL) برای تخمین پارامترها استفاده کنیم. با توجه به روش برآورد، فرم کلی معادله (ARDL) برای تحقیق حاضر به صورت زیر است.

همان طور که از نتایج حاصل از آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته پیداست، تمام متغیرها با لگاریتم گیری، در سطح  $I(0)$  و  $I(1)$  ایستا شدند پس طبق آنچه در قسمت

$$(TFP) = C_0 + \sum_{j=1}^n \beta_1 \text{Log}(M)_{t-j} + \sum_{j=0}^n \beta_2 \text{Log}(OPEN)_{t-j} + \sum_{j=0}^n \beta_2 \text{Log}(EDU)_{t-j} \quad (7)$$

$$\sum_{j=0}^n \beta_3 \text{Log}(PRICE)_{t-j} + \sum_{j=0}^n \beta_2 \text{Log}(TAS)_{t-j} + \sum_{j=0}^n \beta_4 \text{Log}(T)_{t-j} + \varepsilon_t$$

در نهایت حداکثر وقفه مدل برابر (۲) انتخاب شد. در پایان، مدل اولیه مطابق معیار شوارتز-بیزین به عنوان بهترین مدل برآوردی به وسیله نرم افزار (Microfit 4.1) انتخاب شد. نتایج این مدل در جدول (۲) آمده است.

تعداد وقفه‌های بهینه برای هر یک از متغیرهای توضیح دهنده را می‌توان به کمک یکی از ضوابط آکائیک، شوارتز-بیزین، حنان کوئین و یا  $R^2$  مشخص کرد.

جدول (۲) نتایج حاصل از الگوی اولیه تابع بهره‌وری بخش کشاورزی

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t
C	۱۲۰/۲۵***	۲۰/۲۱۵	۵/۹۴
TFP (-1)	۰/۸۱۳***	۰/۰۸۲	۹/۱۵
TFP (-2)	۰/۶۶۰***	۰/۰۴۹	۱۳/۴۶
M	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۱۳۹
OPEN	-۰/۳۸۳*	۰/۳۱۹	-۱/۲۰
OPEN (-1)	-۰/۱۱۰***	۰/۰۴۷	-۲/۲۹
OPEN (-2)	-۰/۱۲۷***	۰/۰۲۷	-۴/۵۸
PRICE	-۰/۰۱۰***	۰/۰۰۲	-۵/۰۱۷
PRICE (-1)	-۰/۴۳۷**	۰/۲۴۵	-۱/۷۸
EDU	۰/۰۰۲***	۰/۰۰۱	۲/۴۹
TAS	-۰/۳۳۰***	۰/۱۱۸	-۲/۷۹
TAS (-1)	۰/۱۴۲	۰/۲۲۰	۰/۶۴۸
TAS (-2)	۰/۵۹۲***	۰/۱۸۴	۳/۲۲
T	-۰/۲۵۷***	۰/۰۴۷	-۵/۴۶۹
	F= ۲۶/۱۸۲***	R <sup>2</sup> = ۰/۹۳۱	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

\* و \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد

که نشان از قدرت توضیح دهنده‌گی بالای مدل دارد. از طرفی، به دلیل نزدیک بودن مقادیر ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده به یکدیگر مشکل ورود متغیر اضافی در مدل وجود نداشته است. به همین ترتیب در جدول (۳) فرض عدم وجود خود همبستگی سریالی، شکل تبعی صحیح، نرمال بودن و عدم وجود واریانس ناهمسانی در این مدل تایید می‌شود. با توجه به نتایج ارائه شده، مدل برآورد شده دارای شرایط صحیح آماری است.

با توجه به نتایج به دست آمده از تخمین مدل اولیه در جدول (۲)، متغیرهای تعداد تعاونی‌های تولید، تسهیلات و مساعدت‌ها، درجه باز بودن اقتصادی، سطح تحصیلات و آموزش و شاخص قیمت در بخش کشاورزی معنی دار شده‌اند. این در حالی است که متغیر ضریب مکانیزاسیون تأثیر معناداری بر بهره‌وری در بخش کشاورزی نداشته است. مطابق نتایج جدول (۲)، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده به ترتیب برابر با ۰/۹۳۱ و ۰/۸۹۶ و آماره f برابر با ۲۶،۱۸ می‌باشند که

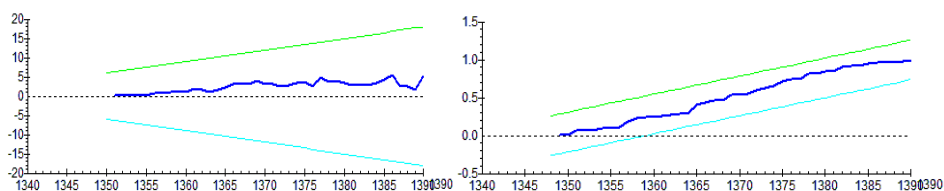


جدول (۳) ویژگی‌های مدل برآورد شده توسط الگوی *ARDL*

آزمون	آماره F	سطح معنی‌داری	آزمون فرض
همبستگی سریالی جملات پسماند	۰/۹۵۲	۰/۲۴۳	جملات اخلاص به طور سریالی ناهمبسته هستند.
تصریح مدل	۳/۲۴۶	۰/۲۱۶	معادله صحیح تصریح شده است.
نرمالیت	۲/۶۵۰	۰/۳۶۴	جملات پسماند دارای توزیع نرمال هستند.
ناهمسانی واریانس	۱/۲۰۱	۰/۱۲۶	جملات پسماند دارای واریانس همسان هستند.

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نمودار شماره ۲، وجود ثبات ساختاری بر اساس آزمون‌های *CUSUM* و *CUSUMQ* بررسی شد. نتایج بدست آمده از این آزمون نشان از پایداری ضرایب برآوردی داشته و به علت قرار گرفتن در فاصله اطمینان ۹۵ درصد، شکست ساختاری در مدل وجود ندارد.



نمودار (۱) آزمون ثبات ساختاری

خطوط سمت راست معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه آماره محاسباتی از نظر قدر مطلق از مقدار بحرانی بنرجی، دولاو و مستر (۵۳/۵-) در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشتر است. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلند مدت پذیرفته نمی‌شود. حال که وجود رابطه بلند مدت تأیید گردید، به بررسی این رابطه می‌پردازیم. نتایج مدل بلند مدت در جدول (۴) گزارش شده است.

بعد از تخمین معادله کوتاه‌مدت و قبل از بررسی رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای موجود در الگو، آزمون وجود همجمعی بلندمدت در بین متغیرهای موجود انجام شده است.

$$t = \frac{(1.312 + 0.660) - 1}{0.082 + 0.049} = -7/41$$

جدول (۴) نتایج تخمین معادله بلند مدت تابع بهره‌وری بخش کشاورزی

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t
C	عرض از مبدا	۰/۹۶۲	۶/۴۶
$\log(M)$	ضریب مکانیزاسیون	۰/۱۲۹***	۲/۲۶
$\log(OPEN)$	درجه باز بودن اقتصاد در بخش کشاورزی	۰/۱۱۳	۰/۵۴۳
$\log(PRICE)$	شاخص قیمت محصولات کشاورزی	۰/۰۶۳***	۳/۸۷
$\log(EDU)$	سطح تحصیلات و آموزش در بخش کشاورزی	۰/۱۰۹***	۵/۳۱
$\log(TAS)$	سطح تسهیلات و مساعدت‌ها در بخش کشاورزی	۰/۱۵۵**	۱/۹۹
$\log(T)$	تعداد تعاونی‌ها در بخش کشاورزی	-۰/۹۸۵***	-۴/۳۲

ماخذ: یافته‌های تحقیق

\* و \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد

بر اساس نتایج جدول ۴، در بلندمدت متغیرهای لگاریتم ضریب مکانیزاسیون، تسهیلات و مساعدت‌ها، شاخص قیمت در بخش کشاورزی، سطح تحصیلات و آموزش و همچنین درجه باز بودن اقتصاد بر بهره‌وری در بخش کشاورزی تاثیر مثبت و معناداری داشته‌اند، در حالی که متغیر تعداد تعاونی‌های تولید از نظر آماری تأثیر منفی و معناداری بر بهره‌وری در بخش کشاورزی دارد. طبق جدول شماره (۴)، مشاهده می‌شود که متغیر تسهیلات و مساعدت‌ها در بخش کشاورزی، همانند حالت اولیه، دارای اثر مثبت و البته معنی‌داری بر این شاخص است. در واقع در حالت بلند مدت، این حمایت به عنوان یک تشویق به مصرف و ایجاد الگوی تولید منجر به تشویق کشاورزان به تولید بیشتر و با کیفیت‌تر می‌گردد و موجبات بهبود مزیت نسبی تولیدات بخش را فراهم می‌آورد که در نهایت، این تغییرات، بهره‌وری بخش در وضعیت مطلوبی قرار خواهد گرفت. رشد تسهیلات اعتباری به بخش کشاورزی در بلند مدت با هدف افزایش سود بلندمدت، افزایش حجم تولیدات کشاورزی، و کاهش خطرات سوء تغذیه و امنیت غذایی که به عنوان مشوقی برای سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی محسوب می‌شود، توانسته به خوبی بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی نیز اثرگذار باشد. در واقع تسهیلات دولتی در بخش کشاورزی با گسترش فناوری‌های سرمایه‌بر، روش‌های نوین تولید و همچنین ایجاد تسهیلات زیر بنایی مانند راه، ساختمان و شبکه‌های آب، برق و غیره به بخش کشاورزی موجبات رشد بهره‌وری را در بخش کشاورزی فراهم می‌آورد. شاخص قیمت محصولات کشاورزی در بلند مدت خلاف حالت اولیه اثر مثبت اما غیرمعنی‌دار بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی دارد. عدم معنی‌داری این متغیر در مدل به نوعی می‌تواند قابل قبول باشد زیرا که با افزایش سطح عمومی قیمت محصولات، از یک سو در بلند مدت می‌تواند برای کشاورزان به عنوان مشوقی برای بهبود وضعیت تولید و استفاده از نهاده‌ها در جهت افزایش راندمان تولید باشد. از سوی دیگر، افزایش قیمت محصول منجر به افزایش قیمت نهاده‌های تولید شده و این افزایش قیمت نهاده‌ها باعث افزایش هزینه‌ها شده و موجب می‌گردد که

وضعیت جدید پس از افزایش قیمت‌ها نسبت به حالت قبلی از لحاظ سودآوری تضعیف شده و انگیزه‌ای برای کشاورزان در زمینه افزایش راندمان تولید ایجاد نکند. همچنین، متغیر درجه باز بودن اقتصاد در حالت بلند مدت، بر خلاف کوتاه مدت که دارای اثر منفی بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی بود، دارای اثر مثبت و معنی‌داری است. آزادی تجاری محصولات کشاورزی موجب خروج کالاهای دارای عدم مزیت نسبی از دایره تولید داخلی می‌شود، اما در بلند مدت، حس کشاورزان در رقابت پذیری تولیداتشان با کالاهای مشابه وارداتی موجب تقویت کیفیت و مزیت نسبی محصولات داخلی شده و موجب بهبود شرایط استفاده از نهاده‌های تولیدی در شکلی کارا تر و بهره‌ورتر می‌گردد. همچنین در بلند مدت آزادی تجاری در بخش کشاورزی موجب ورود تکنولوژی‌های جدید به کشور می‌گردد که به عنوان یکی از نهاده‌های تولیدی و عوامل موثر و تعیین کننده در تولید، موجبات افزایش و بهبود بهره‌وری بخش کشاورزی را فراهم می‌سازد. مطالعات دیگری مانند Hoseini et al (2012) و karbasi & Piry (2009) نیز اثر مثبت و معنی‌دار درجه باز بودن بخش کشاورزی را بر آن تایید کرده‌اند. اما رشد تعاونی‌های تولید در بخش کشاورزی بدون افزایش قدرت رقابتی و چانه‌زنی کشاورزان خرده‌پا و نبود امکانات و شرایط لازم جهت استفاده از تکنولوژی‌های نوین و مدیریت یکپارچه تولید و از همه مهم‌تر هماهنگی و توسعه فرهنگ تعاونی‌ها در بین زارعین در بلند مدت به بهبود بهره‌وری بخش کشاورزی منجر نخواهد شد. متغیر تحصیلات و آموزش در بخش کشاورزی نیز در بلند مدت اثر مثبت و معنی‌داری با ضریب بزرگتر را نشان می‌دهد که این خود گواه بر این موضوع می‌باشد که بهبود وضعیت زیربنایی و تحقیقات و حمایت‌های پایدار آموزشی، ترویجی بخش کشاورزی در کوتاه مدت موجب بهبود اندکی در وضعیت تولید می‌گردد و در بلند مدت سبب رشد تکنولوژی و روش‌های جدید تولید با افزایش بهره‌وری می‌شود. نهایتاً، همانطور که مشاهده می‌شود در بلند مدت رشد تکنولوژی تولید از طریق بهبود ضریب مکانیزاسیون در بخش کشاورزی اثر مثبت و معنی‌داری را نسبت به

خطا ( $ECM$ ) را فراهم می‌کند. الگوی تصحیح خطا در واقع نوسانات کوتاه مدت متغیرها را به مقادیر بلند مدت آن‌ها ارتباط می‌دهد و سرعت نزدیک شدن به رابطه تعادلی بلندمدت در صورت بروز نوسانات کوتاه مدت در متغیرها را، فراهم می‌آورد. این معادله به صورت رابطه (۸) تخمین زده شده است.

حالت کوتاه‌مدت بر بخش کشاورزی دارد، که خود نشأت گرفته از اهمیت رشد سرمایه‌گذاری در رشد تکنولوژی و مکانیزه کردن تولید در بخش کشاورزی همراه با ایجاد فرهنگ و دانش بومی و ترویج آن به زارعین جهت هماهنگ شدن با این تغییرات در بلند مدت است. در ادامه وجود رابطه هم جمعی بین مجموع‌های از متغیرهای اقتصادی زمینه استفاده از مدل های تصحیح

$$\begin{aligned} \Delta(TFP) = & 140.15 \Delta C_0 - 0.560 \Delta(TFP)_1 + 0.034 \Delta \text{Log}(M) \\ & (23/875) \quad (0/129) \quad (0/024) \\ & -0.383 \Delta \text{Log}(OPEN) + 0.127 \Delta \text{Log}(OPEN)_1 + 0.001 \Delta \text{Log}(PRICE) \quad (0/184) \\ & (0/319) \quad (0/277) \\ & +0.002 \Delta \text{Log}(EDU) - 0.330 \Delta \text{Log}(TAS) - 0.592 \Delta \text{Log}(TAS)_1 \\ & (0/001) \quad (0/180) \quad (0/184) \\ & -0.257 \Delta \text{Log}(T) - 0.261 \text{Ecm}_{t-1} \\ & (0/471) \quad (0/089)^{***} \end{aligned} \quad (8)$$

جمعیت را می‌سازند. در این مطالعه هدف، یافتن بهترین عامل‌های وزنی است که برای مدل مذکور با ۵ پارامتر بهینه‌یابی می‌شود، به طوری که در این مدل ۵ ژن داریم و تعداد کروموزوم‌ها مجموعه‌ای ۱۰۰ تایی است. کروموزوم از طریق تکرارهای متوالی تولید شده و در هر تولید با معیارهای شایستگی ارزیابی می‌شوند که این معیار با تابع ( $objective$ ) تعریف شده در رابطه (۵)، محاسبه می‌شود. تعداد تکرار تا رسیدن به شرط توقف ۲۰۰۰ می‌باشد. نتایج حاصل از برآورد ضرایب مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک در جدول ۴ آمده است.

ضریب  $ECM(-I)$  در رابطه (۸)، که از نظر آماری در سطح ۹۹ درصد به طور کامل معنی‌دار و منطق بر تئوری است، نشان می‌دهد که در هر دوره ۲۶/۱ درصد از خطای عدم تعادل تعدیل شده و به سمت روند بلند مدت خود نزدیک می‌گردد ( $Pahlvani et al, 2008$ ). به عبارت دیگر، تعدیل کامل نتایج حاصل از اجرای هر سیاست اقتصادی بر بهره‌وری بخش کشاورزی کمتر از چهار سال زمان نیاز خواهد داشت.

## ۲- رهیافت الگوریتم ژنتیک ( $GA$ )

اولین مرحله حل یک مسأله با استفاده از الگوریتم ژنتیک، رمزگذاری متغیرهاست که این متغیرها با رشته‌هایی از ۰ و ۱ ارایه می‌شوند که مجموعه این رشته‌ها

جدول (۵) نتایج برآورد ضرایب مدل با الگوریتم ژنتیک

متغیر	lnM	lnOPEN	lnEDU	lnPRIC	lnTAS	lnT	$C_0$
ضریب	۰/۰۹۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۸۷	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۹	۶/۳۰۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تأثیر منفی و معناداری بر بهره‌وری در بخش کشاورزی دارد. لذا، نتایج در هر دو رهیافت ( $GA$ ) و ( $ARDL$ ) به هم نزدیک است. همچنین، نتایج نشان داد که درصد خطا در الگوریتم ژنتیک و رهیافت ( $ARDL$ ) به ترتیب

همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، متغیرهای لگاریتم ضریب مکانیزاسیون در کنار سایر متغیرهای الگو تأثیر مثبت و معناداری داشته‌اند، در حالی که متغیر تعداد تعاونی‌های تولید از نظر آماری

برابر ۰/۰۳۷ و ۱/۴۷۲ می‌باشد، که بیانگر برتری و دقت الگوریتم ژنتیک در برآورد مدل مورد نظر است.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف این مطالعه بررسی تأثیر ضریب مکانیزاسیون بر بهره‌وری در بخش کشاورزی با استفاده از داده‌های سری زمانی برای دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۶ است. به این منظور برای برآورد مدل از دو رهیافت الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) و الگوریتم ژنتیک (GA) استفاده شد. استفاده از روش‌های نوین و کارآمد به منظور برآورد دقیق توابع در اقتصادسنجی دارای اهمیت بالایی می‌باشد. در این مطالعه نیز روشی نوین در برآورد توابع با روش‌های معمول در اقتصادسنجی مقایسه گردید و اختیار سنجی مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ضرایب برآوردی در هر دو رهیافت در جدول‌های (۳) و (۴) میانگین درصد خطا برای رهیافت الگوریتم ژنتیک کمتر از رهیافت (ARDL) بوده و همانطور که مشاهده شد، الگوریتم ژنتیک توانایی تطبیق بیشتر با مقادیر مشاهده شده را داشته و روشی کارا تر و دقیق‌تر برای برآورد مدل می‌باشد. همچنین، سرعت بالای پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک و نیاز به داده‌های کمتر و دقت بالاتر نسبت به روش‌های اقتصادسنجی، از دیگر مزایای الگوریتم ژنتیک می‌باشد که این رهیافت را از الگوهای اقتصادسنجی متمایز می‌نماید. بدین منظور استفاده از رهیافت الگوریتم ژنتیک در برآورد توابع مختلف اقتصادی به منظور ارائه دقیق‌تر نتایج پیشنهاد می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از هر دو رهیافت متغیرهای لگاریتم ضریب مکانیزاسیون، تسهیلات و مساعدت‌ها، درجه باز بودن اقتصادی، شاخص قیمت در بخش کشاورزی و سطح تحصیلات و آموزش بر بهره‌وری در بخش کشاورزی تأثیر مثبت و معناداری داشته‌اند، در حالی که متغیر تعداد تعاونی‌های تولید از نظر آماری تأثیر منفی و معناداری بر بهره‌وری در بخش کشاورزی نداشته‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل تأثیر مکانیزاسیون بر این شاخص در بلندمدت و کوتاه مدت حاکی از آن است که متغیر ضریب مکانیزاسیون در بخش کشاورزی باعث رشد تکنولوژی تولید کشاورزان و استفاده از روش‌های نوین و محصولات جدید، منجر به افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی می‌گردد. این امر با ارتقاء کیفیت

تولیدات و کاهش هزینه‌های تولید با نوآوری جدید، مصارف بهینه‌تر انرژی و همچنین، کاهش ضایعات تولیدی بخش کشاورزی همراه خواهد بود و در جهت امنیت غذایی پایدار می‌باشد. اثر سیاست‌های گسترش تعاونی‌های تولید در جهت ادغام مزارع کوچک و یکپارچه‌سازی اراضی با هدف گسترش مکانیزاسیون و ارایه تسهیلات نوین به بخش کشاورزی به علت عدم هماهنگی لازم بین سایر سیاست‌ها و تعاونی‌های تولید، مدیریت ناکارآمد و نداشتن تجربه لازم اثر منفی را بر بهره‌وری بخش کشاورزی نشان می‌دهد چرا که قبل از شکل‌گیری تعاونی‌های تولید، کشاورزان در مساحت‌های زراعی خود سطوح بالاتری از کارایی را در استفاده از نهاده‌های تولید خود دارا بوده‌اند. با توجه به تأثیر مثبت تسهیلات اعتباری و آموزشی بر بهره‌وری در بخش کشاورزی می‌توان گفت رشد این تسهیلات به بخش کشاورزی در بلند مدت با هدف افزایش سود بلندمدت، افزایش حجم تولیدات کشاورزی، و کاهش خطرات سوء-تغذیه و امنیت غذایی که به عنوان مشوقی برای سرمایه‌گذاری و رشد تولیدات در بخش کشاورزی محسوب می‌شود، توانسته به خوبی بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی نیز اثرگذار باشد. در واقع، تسهیلات دولتی و ترویجی در بخش کشاورزی با گسترش فناوری‌های سرمایه‌بر، روش‌های نوین تولید و همچنین، ایجاد تسهیلات زیر بنایی مانند راه، ساختمان و شبکه‌های آب، برق و غیره به بخش کشاورزی موجبات رشد بهره‌وری را در بخش کشاورزی فراهم می‌آورد.

علامت منفی متغیرهای شاخص قیمت و درجه باز بودن اقتصاد در حالت اولیه و بلند مدت دو یافته جالب توجه در این مطالعه می‌باشد که پیشنهاد می‌گردد این علامت‌ها بیشتر مورد توجه سیاست‌گذاران و تحلیل‌گران قرار بگیرد. به طوری که باز شدن مرزها در کوتاه مدت از موجبات تحریک جز دوم شاخص باز بودن یعنی واردت می‌باشد، زیرا که دستیابی به بازارهای هدف صادراتی در کوتاه مدت بسیار مشکل است. از سوی دیگر، محصولات وارداتی در کوتاه مدت جایگزین محصولات داخلی شده و با کاهش انگیزه سبب کاهش بهره‌وری می‌شود، ولی در بلند مدت دسترسی به بازارهای جدیدتر در گرو افزایش بهره‌وری است. لذا، پیشنهاد می‌شود که در

تکنولوژی مربوط به مکانیزاسیون وارداتی است، لذا یکی از کارهای دولت، حمایت از واردکنندگان مکانیزاسیون کشاورزی در برابر نوسانات نرخ ارز است. دولت بایستی حاشیه امنیتی برای این دسته از واردکنندگان را فراهم کند تا بتواند در شرایط نوسانی نرخ ارز، تأثیر منفی شوک ارزی بر واردات مکانیزاسیون کشاورزی کاهش یابد. از دیگر برنامه‌های دولت در جهت حمایت از توسعه مکانیزاسیون می‌تواند این موارد باشد: حمایت از تعاونی‌های مربوط به مکانیزاسیون کشاورزی، تنوع مکانیزاسیون، سوسپید سوخت، اعطای اعتبارات بانکی ویژه به بخش مکانیزاسیون، حمایت از تحقیقات علمی در رابطه با مکانیزاسیون و تجاری کردن این تحقیقات، افزایش آگاهی بخشی به کشاورزان در رابطه با استفاده از روش‌های مکانیزه کشاورزی از طریق تبلیغات، صدا و سیما، دانش‌آموختگان رشته ترویج و آموزش کشاورزی و غیره، رفع موانع اداری در اعطای تسهیلات مربوط به مکانیزاسیون کشاورزی و حمایت از تولیدکنندگان داخلی تولید مکانیزاسیون کشاورزی. جلوگیری از واردات بی‌رویه برخی محصولات کشاورزی که سبب دلسردی کشاورزان و در نهایت کاهش بهره‌وری آن‌ها می‌گردد. همچنین افزایش حمایت‌های دولت در زمینه‌هایی که منجر به افزایش بهره‌وری و بهبود مدیریت واحدها می‌گردد همچون تحقیقات و توسعه زیربنایی کشور در این شرایط لازم است، مورد توجه قرار بگیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود پایش عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری در هر یک از بخش‌های مرتبط در کشور انجام و اهداف کمی و کیفی برای ارتقاء آنها برای سال‌های برنامه مشخص و اعلام عمومی شده و پیگیری عملیاتی و مدیریتی شود که در این راستا استفاده از الگوهای نوین هوشمند که با دقت و بهینه‌سازی‌های دقیق‌تر و مطابق با شرایط واقعی بخش کشاورزی از جمله الگوریتم‌های ژنتیکی توصیه می‌گردد.

صورت تمایل به باز نمودن مرزهای اقتصادی برنامه‌های مشخصی در جهت حمایت از بخش کشاورزی انجام گیرد که تعیین قیمت تضمینی مناسب و قابل رقابت با قیمت‌های وارداتی و همچنین، تشکیل بورس کالایی به منظور افزایش اعتماد بهره‌برداران و شفافیت قیمت‌ها در بازار برای آن دسته از کالاهای کشاورزی که امکان پذیر است، از این دسته از برنامه‌هاست. اما بهترین روش برای جلوگیری از صدمه به بخش کشاورزی در صورت بروز این اتفاق، جلوگیری از واردات بی‌رویه برخی محصولات کشاورزی است که سبب دلسردی کشاورزان و در نهایت کاهش بهره‌وری آن‌ها می‌گردد. همچنین، با توجه به اثر مثبت متغیر قیمت که شاخصی از وضعیت بی‌ثباتی اقتصاد و افزایش ریسک درآمدی و قیمتی برای کشاورزان می‌باشد نیز مانعی بر ورود تکنولوژی مکانیزه و بهبود بهره‌وری بخش کشاورزی می‌باشد که در صورتی که با حمایت‌های جهت‌دار و حفظ سطح درآمدی کشاورزان در مقایسه سایر بخش‌های اقتصاد و رعایت نسبت درآمدی برای محصولات مختلف همراه باشد، می‌تواند در بلندمدت به افزایش انگیزه و مشوقی برای تولید بیشتر و کسب سود بیشتر و تابع آن استفاده از متدها و تکنولوژی پیشرفته‌تر با سطوح بهره‌وری بالاتر همراه باشد. در این راستا توجه بیشتر به رشد سطح آموزش و توانایی کاربرد فناوری و سیستم‌های مکانیزه تولید در بخش کشاورزی در کنار ارتقاء سطح مدیریتی زارعین در این بخش، جهت بهبود رشد بهره‌وری بخش کشاورزی، گویا باید بیشتر مورد توجه قرار بگیرد تا بتوان از سطح نامطلوب فعلی که منجر به عدم دستیابی به آرمان‌های برنامه‌های چهارم و پنجم توسعه در این بخش گردیده است به سطوح بالاتری از سهم بهره‌وری در رشد تولید بخش کشاورزی دست یابیم.

با توجه به تأثیر مثبت ضریب مکانیزاسیون بر بهره‌وری در بخش کشاورزی در حالت اولیه و بلندمدت، دولت بایستی در رابطه با توسعه مکانیزاسیون قدم‌های بهتر و محکم‌تری بردارد. به دلیل اینکه بیشتر

## REFERENCES

1. Akhbari, M. (2009). Application of genetic algorithms combined inflation forecasts. *Collection of Economic Research*, Central Bank of the Islamic Republic of Iran, (23).
2. Azifar, A. (2006). The impact of mechanization growth and exports on employment and labor in agriculture. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36 (5): 12-31.

3. Basant, R & Fickert, B. (1996). The Effects of R&D, Foreign Technology Purchase, and Domestic International Spillovers on Productivity in Indian Firms. *Review of Economic and Statistics* 78:187-99.
4. Clark, M. (1998). *Measuring Productivity From Vertically Inter Grated Sectors*, University Of Castilia.
5. Coelli, T.J & Rao, D.S.P. (2003). *Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries*. 1980-2000. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, the University of Queensland.
6. Costa, L., V., Gomes, M. F. M. & Davi, A. S. L. (2013). Food Security and Agricultural Productivity in Brazilian Metropolitan Regions. *Procedia Economics and Finance*, 5: 202-211.
7. Coe, D. & Helpman, E. (1995). International R&D Spillover. *European Economic Review*, 39: 859-87
8. Edwards, S. (1997). Openness, Productivity and Growth: What Do We Really Know? *Working Paper No. 5978*, National Bureau of Economic Research, March.
9. Fare, R.S and Grosskopf, M.N & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *American Economic Review*, 84: 66-83.
10. Goldberg, D.E. (1989). Genetic Algorithm In Search, *Optimization And Machine Learning*, Addis On-Wesley, Harlow, England".
11. Ghatak, S. & Siddiki, J. (2001). The Use of ARDL Approach in Estimating Virtual Exchange Rates in India. *Applied Statistics*, 28: 573- 588.
12. Michael, D., Moral, B & ouattra, B. (2011). TFP Growth and Its Determinants. Nonparametrics and Model. *Working paper in Spain*.
13. Management and Planning Organization. (2005). *development plan*. Tehran. (In Farsi).
14. Management and Planning Organization. (2006). a series of economic reports and monitoring and the performance of five-year economic development Plan".
15. Moazani, S. & Javadi, A. (2005). The first project report (document) National Agricultural Mechanization Development.
16. Mojaverian, M. & Khaleghi, M. (2002). The Impact of Price Support Policies on Total Factor Productivity in the Agricultural Sector. *Conference on Agriculture and the National Development*.
17. Nofersti, M. (2000). *Unit root and co-integration in econometrics*. Institute for Cultural Services expressive, 9 N 2 F / 5/29 HA.
18. Nbeian, S. & Alvi, M. (2008). The effect of mechanization on the agricultural sector's growth. *Journal of Agricultural Economics*, 1(3): 250-243.
19. Po-Chi, C., Ming-Miin, Y., Ching-Cheng, C & Shih-Hsun, H. (2008). *Total Factor Productivity Growth in China's Agricultural Sector*, Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.
20. Pahlavani, M., Dahmarde, N., & Hosseini, S. M. (2007). Estimates of export and import demand functions in the economy of Iran using the convergence. *Journal of Economic Value*, 3, 101-120. ( In Farsi).
21. Pesaran, H.M. & B. Pesaran (1997). *Working With microfit 4.0: an introduction to econometrics*, Oxford University Press, Oxford.
22. Rezaie, A. (2014). The Effect of Mechanization on Production, Productivity and Technical Efficiency of Khorramabad. *Master Thesis*, University of Zabol, Faculty of Agriculture. ( In Farsi).
23. Richard, H & Moffat, J. (2011). *Plant- level Determinants of Total Factor Productivity in Great Britain 1997- 2006*, University of Glasgow.
24. Rhaimibaigi, S., Kohansal, M. & Dorandish, A. (2015). Forecast demand for meat in urban areas of Iran using genetic algorithm approach. *Agricultural Economics*, 8(3), 64-49.
25. Research planning and agricultural economy. (2006). *The process of transformation of agricultural policy in Iran*. Tehran, Ministry of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Economic Planning, managing and regulating the processing of research findings.
26. Steiner & Goldner, (1982) . New Currents in Productivity Analysis: Where Do Know? *American Economic Review*, 1(46).
27. Sadghi, h., Valfghari, M. & Hidarzadhe, M. (2010). Estimate the demand for gasoline in the transportation sector using genetic algorithms. *Energy Economics Studies Quarterly*, VI(21), 27-1.
28. Terluin, I.J. (1990). Comparison of Real Output, Productivity and Price Levels in Agriculture in the EC: A Reconnaissance, *Onderzoekverslag 69*. Agricultural Economics Research Institute LIE, the Hague, Netherlands.
29. Valizadehzenoor, P. (2010). *Labor, capital and total factor*. Economic Research of the Central Bank of the Islamic Republic of Iran, Office review of economic policies.
30. ZareMehrzjerdi, M., Faramarz fil Abadi, F. & Dargeh, F. (2013). The estimated electricity demand in the agricultural sector with ARDL approach and genetic algorithm Isfahan region. *Agriculture and Development*, the twentieth year, No. 8.

