

شناسایی پیشران‌های توسعه فناوری‌های سبز نوظهور برای تحقق کشاورزی پایدار در ایران

اکبر فروزش^۱، احمدرضا کسرای^{۲*}، رضا دین‌پناه^۳ و مهدی چرمچیان لنگرودی^۴

۱-دانشجوی دکتری گروه مدیریت انتقال تکنولوژی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-استادیار گروه مدیریت صنعتی، فناوری اطلاعات و تکنولوژی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳ و ۴-دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Ahm.kasraee@iauctb.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹)

چکیده

در عصری که با نگرانی‌های روبه‌رشد زیست‌محیطی و نیاز مبرم به بازنگری در روش‌های متداول تولید محصولات کشاورزی و دستیابی به کشاورزی پایدار، نمایان شده است، بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور به‌عنوان راه‌حل نهایی ظهور کرده است. تحقیق حاضر باهدف شناسایی پیشران‌های توسعه فناوری‌های سبز نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار در ایران اجرا شد. پیشران‌ها مجموعه فعالیت‌هایی هستند که باعث حرکت و تغییر در روند اصلی یک فرایند شده و سرانجام سیاست‌های تدوین شده را مشخص می‌کنند. نوع تحقیق توصیفی - پیمایشی و جامعه آماری آن شامل خبرگان فناوری در بخش‌های دولتی، خصوصی و بهره‌برداران فناوری‌های سبز نوظهور سراسر کشور بودند که به استناد جدول کرجسی و مورگان ۳۱۴ نفر از آن‌ها با روش نمونه‌گیری تصادفی با انتساب متناسب بررسی شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پرسش‌نامه‌ای بود که روایی آن با مراجعه به متخصصین فناوری‌های کشاورزی به دست آمد و ضریب کرونباخ آلفا (۰/۹۳۱) پایایی آن را تأیید کرد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS²¹ و تکنیک تحلیل عاملی اکتشافی طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که پنج عامل شامل؛ الزام به تحقق کشاورزی پایدار و حفظ منابع پایه، توجه به کارایی و بهره‌وری در تولید، فناورانه شدن نظام تولید در کشاورزی، توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه کشاورزی و توسعه زیرساخت‌های موردنیاز فناوری‌های سبز نوظهور، ۷۵/۱۵ درصد از واریانس کل عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری‌های سبز نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار را تبیین می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل عاملی اکتشافی، توسعه فناوری، فناوری‌های سبز نوظهور، عوامل پیش‌برنده، کشاورزی پایدار.

مقدمه

به ثبات محیطی آسیب نمی‌رساند، منابع طبیعی را حفظ می‌کند و به‌طور کلی، باعث پایداری فرایند تولید و کاهش استفاده از منابع طبیعی در دستیابی به توسعه پایدار می‌شوند (Thrive, 2023). کشاورزی پایدار، ضمن اینکه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی کشاورزی تمرکز دارد، در عین حال دوام اقتصادی کشور را تضمین می‌کند و با ادغام تکنیک‌ها و فناوری نوآورانه حفاظت از منابع طبیعی را ممکن می‌سازد. از این دیدگاه، "کشاورزی پایدار" به‌صورت دستیابی به حداکثر ظرفیت باروری و تولیدی مستمر با اصل حفاظت از منابع پایه کشاورزی تعریف می‌شود. چنین مفهومی از کشاورزی پایدار، رؤیای جهانی است که با حفاظت زمین، آب و ذخائر ژنتیکی گیاهی و جانوری همراه است، تخریب زیست‌محیطی به همراه ندارد، از فناوری مناسب استفاده می‌کند، از نظر اقتصادی بالنده و پایدار و از نظر اجتماعی مورد قبول است (Kumar Singh, 2023). به‌زعم اغلب صاحب‌نظران، رسیدن به توسعه کشاورزی پایدار، نیازمند راهکارهای نوآورانه است. فناوری از دیدگاه کلان‌نگر، از جمله ابزارهای مؤثر در دستیابی به توسعه و یکی از شتاب‌دهنده‌های رشد اقتصادی کشورها محسوب می‌شود و از منظر بخشی-نگر، فناوری‌های کشاورزی شامل توسعه و استفاده از روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی ارقام مختلف گیاهی و جانوری، مدیریت تغذیه و مدیریت کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تکنولوژی‌های کاشت، داشت، آبیاری، برداشت، تبدیل، فراوری و بسته‌بندی محصولات کشاورزی، هستند که توانسته‌اند، تغییرهای بسیار شگرفی را در شیوه تولید و فراوری انواع محصولات کشاورزی ایجاد کرده، نتایج مهمی

پیشرفت‌های تکنولوژیکی به‌ویژه استفاده از مواد شیمیایی مختلف در فعالیت‌های کشاورزی، در بسیاری از موارد علی‌رغم افزایش تولید، باعث فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی، گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی، تخریب محیط‌زیست، جنگل‌زدایی و ازدست‌دادن تنوع زیستی شده و نگرانی‌هایی را در مورد تولید پایدار کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، ایجاد کرده است (Prakash & 2021). این مسائل بازنگری در روش‌های متداول تولید کشاورزی را اجتناب‌ناپذیر نموده و ضرورت استفاده بهینه از منابع و روش‌های تولید پایدار از طریق به‌کارگیری فناوری‌های سبز، را مورد توجه دست‌اندرکاران قرار داده است. فناوری سبز یک اصطلاح گسترده و زمینه‌ای برای استفاده از فناوری، علم و روش‌های نوآورانه در تولید محصولات و خدمات سازگار با محیط‌زیست و کاهش تأثیرات انسانی بر محیط طبیعی است و در فعالیت‌های کشاورزی بر روش‌هایی تأکید دارد که منابع طبیعی و محیط‌زیست حفظ شوند (Madhuri et al, 2019 ; Kenton, 2022). بنابراین فناوری سبز به‌عنوان راه‌حلی محوری در مواجهه با تشدید بحران‌های زیست‌محیطی در دنیای مدرن محسوب می‌شود که برای به‌حداقل رساندن تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست با بهره‌گیری از شیوه‌های پایدار برای کاهش ضایعات، محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای و ترویج استفاده کارآمد از منابع ارائه شده است (Gripp, 2023). از منظر کشاورزی پایدار، فناوری سبز شامل فناوری‌های دوستدار و سازگار با محیط‌زیست است که کاربرد آنها،

روش‌ها و تکنیک‌های اصلاح و حفظ محیط طبیعی و دستیابی به انرژی تا محصولات تمیزکننده غیرسمی را شامل می‌شود که به سرعت در حال ظهور هستند، به دنبال حفاظت از اکوسیستم‌های خاص یا گونه‌های در معرض خطر و حفظ منابع طبیعی کمیاب با یافتن جایگزین‌های پایدارتر هستند. (Anil, 2017) فناوری سبز را دارای قابلیت می‌داند که بانفوذ بیشتر در جامعه، راه‌حل‌های بهتری برای تهدیدهایی که جهان امروز با آن مواجه است، ارائه می‌کند. (Gripp, 2023) اعتقاد دارد که فناوری‌های سبز با ترکیب علوم محیطی، شیمی، نظارت بر محیط زیست و اجزای الکترونیکی با ایجاد روش‌های جدید، برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی فعالیت‌های انسانی و ترویج استفاده کارآمد از منابع طبیعی طراحی شده است و می‌تواند چشم‌انداز اقتصادی و فناوری کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را متحول و در نتیجه تحویل سیاره‌ای سالم‌تر را برای نسل‌های آینده تضمین کند. استفاده از فناوری سبز که اغلب فناوری «پاک» یا «پایدار» نامیده می‌شود، در کشاورزی بسیار مهم است؛ زیرا برای کاهش آسیب‌های انسان بر محیط زیست عمل می‌کند و در صورت اجرای صحیح، از جمعیت انسانی روی زمین حمایت می‌کند، به توسعه کشاورزی پایدار کمک می‌کند و برای نسل‌های آینده نیز روش‌های کشاورزی موفق به ارمغان می‌آورد (Wreglesworth, 2023). به‌زعم (Kumar Singh, 2023) فناوری سبز پتانسیل ناشناخته حفظ محیط زیست و رونق اقتصادی را در کنار هم قرار می‌دهد و در شرایطی که انسان‌ها با عواقب ناشی از صنعتی شدن افسارگسیخته و کاهش

درازیایش بهره‌وری، کاهش ضایعات و بهبود کیفیت محصولات کشاورزان به ارمغان آورده‌اند. فناوری‌ها نه تنها به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نهاده‌ها و سرمایه‌ها تلقی می‌شوند، بلکه کارآمدترین عامل ارتقای بازدهی و اثربخشی دیگر منابع تولید در فعالیت‌های کشاورزی نیز به شمار می‌روند. فناوری‌های مدرن، ضمن کاستن از سختی‌های کشاورزی و افزایش سرعت و دقت انجام فعالیت‌ها، منجر به کارآمدتر شدن کشاورزی و تولید فرآورده‌هایی باکیفیت بهتر، ارزش افزوده بیشتر و هزینه تولید کمتر شده است (Emami et al., 2019).

با توسعه شیوه‌های کشاورزی مدرن و کاربرد فناوری‌های نوپدید یا نوظهور^۱ فرایندهایی در تولید کشاورزی آغاز شده است که می‌توانند تولید محصول پایدار را فراهم کنند. فناوری‌های نوظهور شامل فناوری‌هایی هستند که اولاً به سرعت در حال توسعه بوده، ثانیاً از قابلیت دیجیتالی شدن و اتصال اینترنتی بهره می‌برند، ثالثاً کاربرد آن‌ها در استفاده بهینه از منابع پایه مؤثر است و زمانی که قید "سبز" به فناوری‌های نوظهور اضافه می‌شود، انجام فعالیت‌های کشاورزی با استفاده از آن‌ها، می‌تواند اثرات سوء زیست محیطی کشاورزی را کاهش دهد، تاب‌آوری را افزایش دهد و با ارتقای سلامت محصولات و کاهش هزینه برای کشاورزان، به حفاظت از محیط زیست کمک نماید (Santiteerakul et al., 2020). از نظر (Alcorta et al., 2014) فناوری‌های سبز نوظهور فناوری‌هایی هستند که یا قبلاً به بلوغ تکنولوژیکی خاصی رسیده‌اند، اما هنوز سهم بازار نسبتاً پایینی در سراسر جهان دارند یا فناوری‌هایی که هنوز در مرحله نسبتاً اولیه بلوغ فناوری هستند. از نظر Kenton (2022) فناوری سبز نوظهور "انواع مختلفی از دانش،

بیستم از طریق بهبود عملکردی و ناشی از به-کارگیری فناوری‌ها بوده است (Othmane Fariha *et al.*, 2023).
 تولیدات کشاورزی آمریکا از سال ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۷ را با پذیرش فناوری‌های نوظهور و شیوه‌های مدیریتی بهبود یافته مرتبط دانستند. به اعتقاد (Matthew, 2022) فناوری‌های سبز نوظهور مزایای بی‌شماری در فعالیتهای کشاورزی دارند از جمله اینکه با کاهش مصرف آب، کود و آفت‌کش‌ها، غذا را سالم می‌کنند، با کاهش تاثیر بر اکوسیستم، اساس پایداری هستند، کشاورزی را یک فعالیت شفاف‌تر و جذاب‌تر می‌نمایند، راندمان و سرعت تولید را بیشتر می‌کنند، در بهبود کارایی و به حداکثر رساندن عملکرد و افزایش بهره‌وری، رقابت‌پذیری و رشد در واحدهای تولیدی کشاورزی نقش دارند، قیمت فرآورده‌های کشاورزی را برای مصرف‌کنندگان پائین نگه دارند و به کشاورزان در مورد شرایط آب و هوایی و سایر خطرات هشدار می‌دهند. از نظر (Jerotich, 2021) فناوری‌های کشاورزی قادرند تولید فرآورده‌هایی با کیفیت بهتر، ارزش افزوده بیشتر را میسر کنند. (Othmane Friha *et al.*, 2023)
 رفع چالش‌های گرسنگی و امنیت غذایی در جهان آینده را در پایداری تولید و تحقق اصول کشاورزی پایدار با استفاده از تکنولوژی، تحقیق و توسعه می‌دانند. از نظر (Mustashkina *et al.*, 2020) دیجیتالی شدن تولیدات کشاورزی در روسیه، بر بهره‌وری نیروی کار و حفظ منابع پایه موثر بوده است. (Farooq *et al.*, 2022) به‌کارگیری حسگرها و تجهیزات در قالب فناوری اینترنت اشیا را روشی هوشمند برای پایش خودکار پارامترهایی مانند

منابع طبیعی دست‌وپنجه نرم می‌کنند، به هم‌افزایی نادیده‌ای که در فناوری سبز نهفته است، می‌پردازد.
 براین اساس؛ مفاهیم کشاورزی هوشمند، کشاورزی دقیق، کشاورزی صنعتی و کشاورزی فناوری محور، رویکردهایی از کشاورزی مدرن هستند که از طریق استفاده از فناوری‌های نوظهور برای بهبود تولید محصولات کشاورزی با تمرکز بر کاربرد بهینه منابع پایه تولید کشاورزی و حفظ منابع طبیعی محقق می‌شوند؛ بنابراین انواع فناوری‌های گلخانه‌ای، حسگرهای کنترل هوشمند میزان دما، نور، دی‌اکسیدکربن و رطوبت خاک، اینترنت اشیا، مهندسی ژنتیک، هوش مصنوعی و الگوریتم‌های پیشرفته، ربات‌های کشاورزی، هواپیماهای بدون سرنشین (پهپادهای کشاورزی)، روبات‌ها، انرژی خورشیدی و بادی، سنسجش‌زدور، کشاورزی عمودی، کشاورزی هیدروپونیک و آیروپونیک، اتوماسیون مزرعه، از جمله فناوری‌های سبز نوظهوری هستند که در کشاورزی پایدار استفاده می‌شوند (Linly & Isabel, 2023). طبق گزارش کنفرانس تجارت و توسعه سازمان ملل، فناوری‌های سبز نوظهور تا سال ۲۰۳۰ بازاری بالغ بر ۹/۵ تریلیون دلار ایجاد خواهند کرد و تقاضای سرمایه‌گذاری بیشتری در کشورهای مختلف خواهند داشت و دولت‌ها مشوق‌های مالیاتی، کمک‌های بلاعوض و یارانه‌ها را برای ترویج پذیرش فناوری‌های پایدار ارائه خواهند کرد. و بسیاری از موسسات خصوصی و سرمایه‌گذاران خطرپذیر نیز مشتاق سرمایه‌گذاری در استارت‌آپ‌های نویدبخش برای توسعه فناوری‌های سبز خواهند بود (Gripp, 2023). فائو تأیید می‌کند که منبع حدود ۷۸ درصد از کل افزایش تولید محصولات زراعی جهان در ۵۰ سال پایانی قرن

فعالیت‌های کشاورزی به ارمغان آورده‌اند. چالش اصلی توسعه فناوری‌های سبز برای تحقق کشاورزی پایدار، شکاف دانشی و بینشی موجود در دو حوزه سیاست‌گذاری و به‌کارگیری فناوری‌های سبز است. ضمن اینکه کشاورزان کشورهای در حال توسعه با چالش‌های مالی و فنی نیز مواجه هستند. در توسعه فناوری‌های سبز حوزه کشاورزی، یکی از رویکردهای اساسی و مهم، شناخت عوامل تأثیرگذار در به‌کارگیری و توسعه فناوری‌ها با هدف رسیدن به کشاورزی پایدار است؛ بنابراین مسئله اساسی پژوهش این است که توسعه فناوری‌های سبز نوظهور، چگونه با تحقق کشاورزی فناوری محور بر دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی تأثیر می‌گذارد. به بیانی دیگر کاربرد فناوری‌های سبز نوظهور، با تأثیرگذاری روی چه شاخص‌ها و معیارهایی می‌تواند مسیر دستیابی به کشاورزی پایدار را از منظر تحقق کشاورزی فناوری محور و حفاظت از منابع پایه کشاورزی هموار نماید. در همین راستا هدف کلی تحقیق؛ عبارت از شناخت پیشران‌های مؤثر در تحقق کشاورزی پایدار از طریق کاربرد فناوری‌های سبز نوظهور است و بررسی نقش و میزان اثرگذاری فناوری‌های سبز نوظهور در تحقق توسعه کشاورزی پایدار و شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر توسعه فناوری‌های سبز نوظهور در بخش کشاورزی از جمله اهداف اختصاصی آن هستند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به لحاظ دیدمان جزو پژوهش‌های کمی، از نظر میزان امکان کنترل متغیرها، شبه‌آزمایشی و بر مبنای چگونگی گردآوری داده‌های موردنیاز، پیمایشی و از نظر هدف جزو پژوهش‌های کاربردی است که به روش توصیفی

CO₂، PH، رطوبت، دما و آبیاری گلخانه‌ها از راه دور و در نتیجه افزایش بهره‌وری تولید معرفی کردند. Morara et al., (2020) اولین قدم مهم در بازیابی اعتماد کشاورزان خرده مالک به فناوری‌های مدرن کشاورزی در کشور کنیا را ارائه خدمات آموزشی و ترویجی به آنها دانستند. (Khoshkhoy et al., 2023) فناوری‌های نوین را در کاهش میزان نیروی کار و هزینه تولید، مدیریت چالش‌های تغییر اقلیم و آلودگی آب و محیط زیست و پسماند سم‌های دفع آفت موثر دانستند. از دیدگاه (Etemadi et al., 2022) کشاورزان جوان‌تر با دسترسی بیشتر به اعتبارات و مشارکت بالاتر در گروه‌های اجتماعی و همچنین آگاهی بیشتر و درک بالاتر خطر نسبت به تغییرات اقلیمی گرایش بیشتری به اتخاذ راهبردهای هوشمند به اقلیم از طریق به‌کارگیری فناوری‌های مدرن دارند. علی‌رغم اینکه پذیرش فناوری‌های سبز نوظهور در ابتدا می‌تواند پرهزینه باشد، اما مزایای درازمدت آن‌ها؛ هم از نظر زیست‌محیطی و هم از نظر اقتصادی و اجتماعی، قابل توجه است. با توجه به قابلیت‌های فناوری سبز در افزایش عملکرد و ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی، الزامات تحقق کشاورزی پایدار در کاهش نگرانی‌های زیست-محیطی، شناسایی عوامل پیش‌برنده و تأثیرگذار یا پیشران‌های مؤثر در توسعه فناوری‌های سبز نوظهور از اهمیت و ضرورت برخوردار است. عوامل پیشران مجموعه فعالیت‌هایی هستند که باعث حرکت و تغییر در روند اصلی یک فرایند شده و سرانجام سیاست‌های تدوین شده را مشخص می‌کنند. فناوری‌های کشاورزی همگام با اوج انقلاب فناوری‌های نوین، تغییرات شگرفی را در شیوه

کروناخ آلفا (۰/۹۳۱) تأیید شد؛ بنابراین پرسش‌نامه ساخته شده دارای روایی همگرا و پایایی مناسبی است. پس از گردآوری و دسته‌بندی داده‌ها، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش آمار توصیفی و استنباطی در محیط نرم‌افزار PSS²¹ استفاده شد. در آمار توصیفی از آماره‌های درصد، میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار و ضریب تغییرات استفاده شد و در بخش آمار استنباطی، از تکنیک تحلیل عاملی اکتشافی برای استخراج مهم‌ترین ابعاد تأثیرگذار بر گسترش کشاورزی پایدار با کاربرد فناوری‌های سبز نوظهور بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های به دست آمده، ۷۱/۳ درصد پاسخگویان مرد و ۲۸/۷ درصد نیز زن هستند. ۳۱ درصد در بخش دولتی و حوزه توسعه کاربرد فناوری‌های کشاورزی، ۲۵/۵ درصد در بخش خصوصی و شرکت‌های عرضه کننده فناوری‌های نوظهور و ۴۳/۵ درصد نیز در بخش عمومی به عنوان بهره‌برداران فناوری‌های سبز نوظهور در تولید محصولات کشاورزی فعالیت دارند. از نظر مدرک تحصیلی، ۲۳/۲ درصد دکتری، ۴۶/۸ درصد کارشناسی ارشد، ۲۵/۸ درصد کارشناسی و ۴/۲ درصد کاردانی هستند. نمونه مورد بررسی دارای میانگین سنی ۴۳ سال با کمینه و بیشینه ۲۴ و ۶۱ سال و میانگین سابقه شغلی ۱۷ سال با کمینه و بیشینه ۳ و ۴۵ سال هستند و بیشترین فراوانی در گروه سنی ۳۶ تا ۴۵ و گروه سابقه شغلی ۱۱ تا ۲۰ سال قرار دارند. بررسی ضریب تغییرات عوامل تأثیرگذار بر توسعه فناوری‌های سبز نوظهور نیز نشان‌دهنده این امر بود که بیش نیروی انسانی کشاورزی، توسعه کشاورزی صادرات محور و بازار

- پیمایشی در سال ۱۴۰۲ انجام شده است. جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان حوزه‌های مطالعات، سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، تأمین، تولید و عرضه فناوری‌ها و تجهیزات مدرن کشاورزی و همچنین بهره‌برداران فناوری‌های نوظهور با ماهیت سبز در سراسر کشور هستند که بر پایه جدول (Krejcie & Morgan, 1970)، تعداد ۳۱۴ نفر از آن‌ها به عنوان نمونه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. به منظور دستیابی به نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای با انتساب متناسب استفاده شد. به گونه‌ای که بر مبنای حجم جامعه آماری در هر یک از حوزه‌های کاری (بخش دولتی، شرکت‌های فناور و بهره‌برداران فناوری‌های کشاورزی)، نمونه متناسب به هر یک از حوزه‌های مرتبط در ۳۱ استان کشور اختصاص یافت. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه محقق ساخته گردآوری شدند که برای استخراج متغیرها و تدوین آن‌ها از منبع‌های مختلفی از جمله بررسی اسناد و منابع منتشر شده داخلی و خارجی و همچنین انجام مصاحبه با خبرگان فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی استفاده شده بود. پرسش‌نامه نهایی، افزون بر ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای نمونه مورد بررسی در مقیاس‌های اسمی و فاصله‌ای (۶ گویه)، شامل عوامل تأثیرگذار و پیامدهای توسعه فناوری‌های سبز نوظهور (۳۰ پرسش) در مقیاس رتبه‌ای بود که هر یک از پرسش‌ها با بازه لیکرت (ارزش ۵ برای گزینه خیلی زیاد و ارزش ۱ برای گزینه خیلی کم) سنجش شدند. روایی شکلی پرسش‌نامه با استفاده از نظرسنجی از متخصصان در حوزه پژوهش و پایایی ابزار اندازه‌گیری از طریق محاسبه همسانی درونی سوالات با استفاده از ضریب

پسندی محصولات کشاورزی بیشترین اولویت را در توسعه فناوری‌های نوظهور دارند (جدول ۱).

جدول ۱- اولویت‌های تأثیرگذار بر توسعه فناوری‌های سبز نوظهور در دستیابی به کشاورزی پایدار

رتبه	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	گویه
۱	۰/۱۴۶	۰/۶۳۹	۴/۳۷	تغییر بنش نیروی انسانی کشاورزی
۲	۰/۱۵۰	۰/۶۶۴	۴/۴۱	توسعه کشاورزی صادرات محور
۳	۰/۱۵۲	۰/۶۵۷	۴/۳۳	بازار پسندی محصولات کشاورزی
۴	۰/۱۵۳	۰/۶۵۹	۴/۲۹	افزایش عملکرد کشاورزی
۵	۰/۱۵۵	۰/۶۹۲	۴/۴۶	توسعه کشاورزی سلامت محور
۶	۰/۱۵۶	۰/۶۸۰	۴/۳۶	آمایش و نیازسنجی فناوری سبز
۷	۰/۱۵۸	۰/۷۲۲	۴/۵۶	ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران
۸	۰/۱۵۹	۰/۷۰۵	۴/۴۴	کاهش سختی فعالیت کشاورزی
۹	۰/۱۶۸	۰/۷۱۸	۴/۲۷	جذابیت کشاورزی برای جوانان تحصیل کرده
۱۰	۰/۱۶۹	۰/۷۳۲	۴/۳۳	ترویج تولید فناورانه در کشاورزی
۱۱	۰/۱۷۰	۰/۷۲۹	۴/۲۹	اشتغال متخصصین در کشاورزی
۱۲	۰/۱۷۵	۰/۷۳۰	۴/۱۷	انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار
۱۳	۰/۱۷۶	۰/۷۳۶	۴/۱۷	نفوذ فناوری در نظام تولید کشاورزی
۱۴	۰/۱۷۹	۰/۷۷۲	۴/۳۲	افزایش آگاهی بهره‌برداران از فناوری‌ها
۱۵	۰/۱۸۳	۰/۷۷۲	۴/۲۱	افزایش درآمد بهره‌برداری کشاورزی
۱۶	۰/۱۸۵	۰/۷۷۳	۴/۴۵	سازگاری با تغییرات اقلیمی
۱۷	۰/۱۸۷	۰/۷۶۱	۴/۰۷	کمک به پایداری منابع پایه کشاورزی
۱۸	۰/۱۸۹	۰/۸۲۳	۴/۳۶	تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری
۱۹	۰/۱۹۱	۰/۷۸۵	۴/۰۹	استفاده بهینه نهاده‌های مصرفی
۲۰	۰/۱۹۲	۰/۷۸۶	۴/۰۹	اهمیت کشاورزی فناوری محور
۲۱	۰/۱۹۴	۰/۸۱۱	۴/۱۷	بهبود مدیریت فرایند تولید در کشاورزی
۲۲	۰/۱۹۶	۰/۸۲۸	۴/۲۳	حفاظت از منابع طبیعی
۲۳	۰/۱۹۷	۰/۸۲۳	۴/۱۷	استفاده از رسانه‌های کشاورزی
۲۴	۰/۱۹۸	۰/۷۷۹	۳/۹۳	تحول‌خواهی جامعه کشاورزی
۲۵	۰/۲۰۰	۰/۷۸۹	۳/۹۴	فرهنگ فناوری‌گرایی در کشاورزی
۲۶	۰/۲۰۴	۰/۸۳۵	۴/۰۹	توسعه واحدهای کشاورزی فناورانه
۲۷	۰/۲۰۵	۰/۸۵۲	۴/۱۴	عزم و اراده ملی برای توسعه فناوری
۲۸	۰/۲۰۶	۰/۸۶۳	۴/۱۹	توجه به سهم آیندگان از منابع طبیعی
۲۹	۰/۲۱۲	۰/۸۶۲	۴/۰۶	استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور
۳۰	۰/۲۱۳	۰/۸۸۳	۴/۱۵	هماهنگی سازمان‌های ملی و کشوری

اکتشافی بررسی شد. در این زمینه، ۲۴ متغیر وارد تحلیل شدند. در تحلیل عاملی انجام شده، میزان واریانس درون داده‌ها که می‌تواند توسط عوامل تبیین شود، با آزمون KMO سنجیده شد و مقدار آن ۰/۷۶۹ به دست آمد. همچنین، آزمون بارتلت

تحلیل عاملی پیشران‌های توسعه فناوری‌های نوظهور برای تحقق پایداری در کشاورزی مطابق با چارچوب نظری تحقیق، عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری‌های کشاورزی از دیدگاه خبرگان فناوری و با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی

معنی‌دار بود و نشان می‌دهد داده‌ها برای تحلیل عاملی تأیید می‌شوند (جدول ۲).

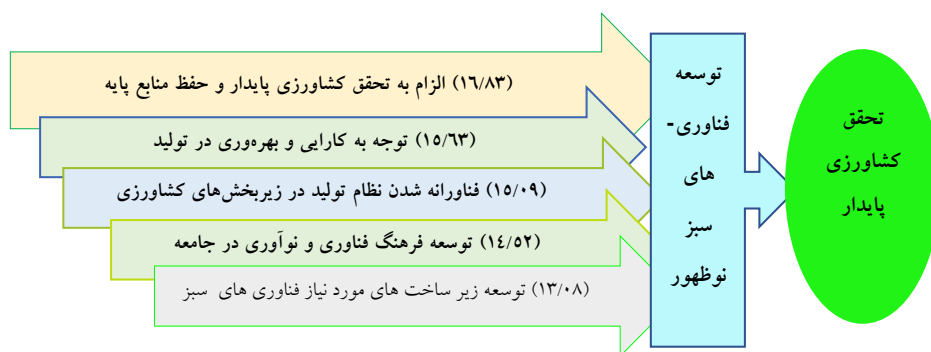
جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون بارتلت و KMO

اندازه کفایت نمونه‌گیری	۰/۷۶۹
آزمون بارتلت	۵
درجه آزادی	۲۵۳
معنی‌داری	۰/۰۰۰

مقدار ویژه، درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل و درصد تجمعی واریانس تبیین شده در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس جدول مذکور بیشترین مقدار ویژه مربوط به عامل تحقق توسعه کشاورزی پایدار است (۲/۵۵۲) که ۱۶/۸۳ درصد واریانس عامل‌های مربوط به متغیرهای پیش‌برنده توسعه کشاورزی پایدار با به‌کارگیری فناوری‌های سبز را در ایران تبیین می‌کند. پس از آن، به ترتیب عامل توجه به کارایی و بهره‌وری در تولید (۱۵/۶۳٪)، عامل فناورانه شدن نظام تولید در زیربخش‌های کشاورزی (۱۵/۰۹٪)، عامل توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه (۱۴/۵۲٪) و نوآوری در نهایت عامل توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری‌های سبز (۱۳/۰۸٪) قرار دارد که این پنج عامل در مجموع ۷۵/۱۵ درصد واریانس را تبیین می‌کنند. جدول ۳ و شکل ۱ عوامل به‌دست آمده از ماتریس دوران یافته را همراه با میزان بار عاملی هر یک از متغیرها در عامل‌های استخراج شده نمایان می‌کند. شایان ذکر است نوع دوران مورد استفاده در این تحلیل، واریماکس بود. (جدول ۳).

جدول ۳- عامل‌های مربوط به متغیرهای پیش‌برنده توسعه کشاورزی پایدار با به‌کارگیری فناوری‌های سبز نوظهور

عامل	نام عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده	درصد تجمعی واریانس تبیین شده
۱	الزام به تحقق کشاورزی پایدار و حفظ منابع پایه	۲/۵۵۲	۱۶/۸۳	۱۶/۸۳
۲	توجه به کارایی و بهره‌وری در تولید	۲/۳۰۹	۱۵/۶۳	۳۲/۴۶
۳	فناورانه شدن تولید در زیربخش‌های کشاورزی	۳/۰۸۳	۱۵/۰۹	۴۷/۵۵
۴	توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه	۲/۷۸۵	۱۴/۵۲	۶۲/۰۷
۵	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری‌های سبز	۲/۸۳۱	۱۳/۰۸	۷۵/۱۵



شکل ۱ - بارعاملی پیشران‌های پنجگانه تاثیرگذار در توسعه فناوری‌های نوظهور برای تحقق کشاورزی پایدار (منبع: یافته‌های تحقیق)

نام‌گذاری عامل‌های تأثیرگذار

فناورانه کشاورزی، تحول‌خواهی جامعه کشاورزی و ترویج تولید فناورانه در کشاورزی عامل فناورانه شدن نظام تولید در زیر بخش‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهند که در مجموع ۱۵/۰۹ درصد از عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری کشاورزی را تبیین می‌کنند. توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه عامل دیگری است که متغیرهای استفاده از رسانه-های کشاورزی، فرهنگ فناوری‌گرایی کشاورزی، تغییر بینش نیروی انسانی شاغل در بخش کشاورزی، ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران، افزایش آگاهی بهره‌برداران از فناوری‌ها و جذابیت کشاورزی برای جوانان تحصیل‌کرده را شامل می‌شود و ۱۴/۵۲ درصد واریانس کل را تبیین کرد. آخرین عامل عبارت است از توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری‌های سبز با تبیین ۱۳/۰۸ درصد واریانس کل که از متغیرهای عزم و اراده ملی برای توسعه فناوری، آمایش و شناخت نیازهای فناوری، هماهنگی سازمان‌های ملی کشور، فعالیت استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور، بهبود مدیریت فرایند تولید در کشاورزی تشکیل یافته است (جدول ۴).

به‌استناد انتساب متغیرها به عامل‌های مستخرج، نام‌گذاری عامل‌ها به شرح زیر صورت گرفت: عامل تحقق توسعه کشاورزی پایدار و حفظ منابع پایه شامل متغیرهای؛ توجه به حفاظت از منابع طبیعی و تحقق کشاورزی پایدار، توجه به سهم آیندگان از منابع طبیعی، کمک به پایداری منابع پایه (آب، خاک) در کشاورزی، انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار، استفاده بهینه نهاده‌های پایه، سازگاری با تغییرات اقلیمی و تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری‌های نوظهور است که ۱۶/۸۳ درصد از واریانس توسعه فناوری کشاورزی را تبیین کرد. عامل تأثیرگذار دیگر که شامل متغیرهای توسعه کشاورزی سلامت‌محور، توسعه کشاورزی صادرات محور، افزایش عملکرد کشاورزی، بازار پسندی محصولات کشاورزی، کاهش سختی فعالیت کشاورزی و افزایش درآمد و سودآوری کشاورزی است، با عنوان توجه به کارایی و بهره‌وری در تولید نام‌گذاری شد که ۱۵/۶۳ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند. متغیرهای اشتغال متخصصین در کشاورزی، نفوذ فناوری در نظام تولید کشاورزی، اهمیت کشاورزی فناوری محور، توسعه واحدهای

جدول ۴- متغیرها و بار عاملی عوامل پیش‌برنده توسعه کشاورزی پایدار با به‌کارگیری فناوری‌های سبز نوظهور

بار عاملی	متغیرها	عامل	ردیف
۰/۹۱۱	توجه به حفاظت از منابع طبیعی	الزام به تحقق کشاورزی پایدار و حفظ منابع پایه	۱
۰/۹۰۸	توجه به سهم آیندگان از منابع طبیعی		
۰/۸۷۴	انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار		
۰/۷۹۸	استفاده بهینه نهاده‌های پایه		
۰/۷۸۶	سازگاری با تغییرات اقلیمی		
۰/۳۸۰	کمک به پایداری منابع پایه (آب، خاک) کشاورزی		
۰/۳۵۳	تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری		
۰/۸۹۸	توسعه کشاورزی سلامت‌محور		
۰/۸۸۱	توسعه کشاورزی صادرات محور		
۰/۸۷۱	افزایش عملکرد کشاورزی		
۰/۸۱۲	بازار پسندی محصولات کشاورزی		
۰/۵۲۹	کاهش سختی فعالیت کشاورزی		
۰/۴۹۲	افزایش درآمد و سودآوری کشاورزی		
۰/۸۸۱	اشتغال متخصصین در کشاورزی		
۰/۷۸۰	نفوذ فناوری در نظام تولید کشاورزی	فناورانه شدن نظام تولید در زیربخش‌های کشاورزی	۳
۰/۷۸۶	اهمیت کشاورزی فناوری محور		
۰/۶۷۴	توسعه واحدهای فناورانه کشاورزی		
۰/۴۵۷	تحول‌خواهی جامعه کشاورزی		
۰/۳۸۹	ترویج تولید فناورانه در کشاورزی		
۰/۷۷۱	استفاده از رسانه‌های کشاورزی		
۰/۷۲۶	فرهنگ فناوری‌گرایی کشاورزی		
۰/۷۱۶	بیش نیروی انسانی کشاورزی		
۰/۵۹۴	ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران		
۰/۵۶۸	افزایش آگاهی بهره‌برداران از فناوری‌ها		
۰/۴۹۶	جذابیت کشاورزی برای جوانان تحصیل‌کرده	توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه	۴
۰/۵۶۴	عزم و اراده ملی برای توسعه فناوری		
۰/۵۲۱	هماهنگی سازمان‌های ملی کشور		
۰/۴۶۲	استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور		
۰/۵۶۱	آمایش و شناخت نیازهای فناوری		
۰/۴۶۱	بهبود مدیریت فرایند تولید در کشاورزی	توسعه زیر ساخت‌های موردنیاز	۵

نتیجه‌گیری

فناوری‌های سبز نوظهور راه‌حلی مناسب برای تحقق پایداری در کشاورزی و داشتن آینده‌ای سالم‌تر برای نسل‌های آینده است. این پژوهش باهدف تبیین پیشران‌های اثرگذار بر توسعه فناوری‌های سبز نوظهور برای دستیابی به کشاورزی

توسعه‌شتابان جهان در دهه‌های اخیر تضعیف و تخریب منابع طبیعی و وارد شدن آسیب بسیار به محیط‌زیست در ابعاد جهانی را در پی داشته‌است؛ بنابراین توجه به ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی فرایند توسعه ضرورتی حیاتی بوده و استفاده از

در ایران وجود دارد. ضمن اینکه سودمندی فناوری سبز با تولید محصولات سلامت‌محور و بازارپسند و افزایش کمیت و کیفیت محصولات که در این پژوهش و پژوهش‌های پیشین با اطمینان بالایی مورد تأیید قرار گرفت، تا اندازه زیادی مشوق اصلی سرمایه‌گذاران برای سرمایه‌گذاری در حوزه کشاورزی با فناوریهای سبز است. توسعه فناوری-های سبز در حوزه فعالیت‌های کشاورزی فناورانه علاوه بر کمک به حفاظت از منابع پایه کشاورزی، برای ورود جوانان تحصیل‌کرده به بخش تولید محصولات کشاورزی زمینه‌سازی می‌کند.

قدردانی

بدین‌وسیله تیم پژوهش از کارشناسان و مدیران بخش دولتی، شرکت‌های فناوری و بهره‌برداران واحدهای فناورانه بخش کشاورزی در سراسر کشور که با ارائه نظرات خود بر کیفیت و غنای پژوهش افزودند، قدردانی می‌نماید.

پایدار در ایران با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی اجرا شد. نتایج نشان داد؛ فناوری‌های سبز نوظهور با تاثیرگذاری بر عواملی همچون؛ تحقق توسعه کشاورزی پایدار، فناورانه شدن نظام تولید در واحدهای کشاورزی، توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه روستایی و کشاورزی و توسعه زیرساخت‌های موردنیاز برای گسترش فناوری‌های سبز، ۷۵/۱۵ درصد از واریانس کل عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری‌های سبز نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار در ایران را تبیین می‌کنند. این نتایج تا اندازه زیادی با نتایج تحقیقات

(Matthew, 2022؛ Santiteerakul *et al.*, 2020) *et al.*, 2020؛ Jerotich 2021؛ Wreglesworth, 2023 Boehlje & Langemeier,؛ Mustashkina *et al.*, 2023؛ Farooq *et al.*, 2022؛ 2020 *et al.*, 2022؛ Morara *et al.*, 2020؛ hoshkhoy (Othmane Friha *et al.*, 2023؛ Etemadi و همپوشانی دارد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان گفت: زمینه و شرایط مناسبی برای توسعه فناوری‌های سبز در بستر کشاورزی فناورانه

REFERENCES

- Alcorta, L., Eichhammer, W., and Walz, R. 2014. Emerging Green Technologies for the Manufacturing Sector, *UNIDO publications*, www.unido.org.
- Anil, B. M. 2017. Emerging Green Technologies, *Research and Reviews Journal of Medical and Health Science*, RRJMHS, 61, April 2017
- Boehlje, M. and Langemeier, M. 2021. "Importance of New Technologies for Crop Farming." *farmdoc daily* (11):32, *Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana Champaign, March 5*, *Permalink* :https://farmdocdaily
- Emami, J., Hosseini Thabiat, S. M., and Abdulahi, A. A. 2019. The role of new technologies in agricultural development, Planning Research Institute, Agricultural Economics and Rural Development, *Ministry of Jihad-Agriculture, Tehran, Iran*. (In Farsi).
- Etamadi, M., Mousavi S.N., and Amini Fard, A. 2021. Evaluating the factors influencing the acceptance of smart agricultural solutions to the climate with an emphasis on the characteristics of social and psychological capital, *Journal of Agricultural Economics*/Volume 16/Number 1/Pages 1-33 (In Farsi.)
- Farooq, M. Sh., Shamilya Riaz, A. A., Tariq, U., and Yousaf B. Z. 2020. Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review" *Electronics* 9(2). <https://doi.org/10.3390/electronics>.

- Gripp, M. 2023. What is Green Technology and can Developing Countries Afford it? FUTURIZE publications Ltd <https://www.futurize.studio>.
- Linly, K., and Isabel, S. 2023. New Agriculture Technology in Modern Farming, <https://www.plugandplaytechcenter.com>
- Jerotich, R. 2021. Impacts of Technology on Agriculture (Agri Tech Preneur), <https://mundash.blogspot.com>
- Kenton, W. 2022. What Is Green Tech? How It Works, Types, Adoption, and Examples, https://www.investopedia.com/terms/g/green_tech.asp
- Kumar Singh, A. 2023. The Unseen Synergy: Unveiling the Environmental and Economic Advantages of Green Technology, <https://www.linkedin.com/pulse/unseen-synergy-unveiling-environmental-economic-advantages>.
- Khoshkholi, M., Vahdati, M., Salehi, K., Azizi, H., Eshghi, M., Haghghi, S., Grigorian V., and Tafzali, M. L. 2023. Solutions for localization of new technologies in Iran's horticulture industry, *Journal of Strategic Researches in Agricultural Sciences and Natural Resources* 8(1), pp 17 – 28 (In Farsi).
- Madhuri, G., Swati, T., and Swati, S. 2019. Green technology for sustainable agriculture development, green technology, www.researchjournal.co.in, *Rashtra Kirish* Volume 14, Issue 1 June, 2019, 121-122, ISSN-0974-0759.
- Matthew, N.O.S. 2022. Emerging Green Technologies, <https://www.routledge.com/Emerging-Green-Technologies/Sadiku/p/book/DOI> <https://doi.org/10.1201/9780429344213>
- Morara, N., Mark, N. and Russell, A. 2020. Attitudes and Perceptions of Smallholder Farmers Towards Agricultural Technologies in Western Kenya. Department of Agricultural Sciences Education and Communication West Lafayette, Indiana May 2020 URL: <https://doi.org/10.25394/pgs.12268901.v1>
- Mustashkina, D. A., Karpova, N., Makarov, V. A. S., and Khannanov, M. M. 2020. Agricultural development using digital technologies, International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, *Human Resources*" FIES, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700042>
- Othmane Friha, M., Amine F., and Lei, Sh. 2021. Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies *Iee/Caa Journal Of Automatic Sonica*, 8(4).
- Prakash Sharma, I., and Kanta, Ch. 2021. Green Technology in Relation to Sustainable Agriculture: A Methodological Approach, *Book Renewable Energy and Green Technology, eBook ISBN 9781003175926*.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003175926-3>
- Wreglesworth, R. 2023. 11 Green Technologies and Techniques in Agriculture, <https://innovateco.com/11-green-technologies-and-techniques-in-agriculture>.
- Santiteerakul, S., Sopadang, A., Yaibuathet, K. T., and Tamvimol, K. 2020. The Role of Smart Technology in Sustainability Agricultural, 2020, 12, 4640; doi:10.3390/su12114640 www.mdpi.com/journal/sustainability. Thrive, P. 2023. Top of Form Bottom of Form
Green Technology: Improving Agricultural Practices, <https://blog.strive2thrive.earth/green-technology-improving-agricultural-practices>.



Identifying the Development Drivers of Emerging green Technologies to Realize Sustainable Agriculture in Iran

Akbar Forouzesh¹, Ahmad Reza Kasraee^{2*}, Reza Dinpanah³ and Mehdi Chermchian Langeroudi⁴

¹ Ph.D Student, Department of Technology Transfer Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Industrial Management, Information Technology and Technology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^{3,4} Associated Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran

* Corresponding Author's Email: Ahm.kasraee@iauctb.ac.ir
(Received: January. 30, 2024 – Accepted: March. 19, 2024)

ABSTRACT

The era that has been exposed by increasing environmental concerns and the urgent need to review the conventional methods of producing agricultural products and achieving sustainable agriculture, the use of emerging technologies has emerged as the final solution. The current research was carried out with the aim of identifying the drivers of the development of emerging green technologies to achieve sustainable agriculture in Iran. Drivers are a set of activities that cause movement and change in the main process of a process and finally determine the formulated policies. The type of descriptive-survey research and its statistical population included technology experts in the public and private sectors and users of emerging green technologies all over the country, 314 of them based on the table of Karjesi and Morgan by random sampling. were checked by proportional assignment. The data collection tool was a questionnaire, the validity of which was obtained by referring to experts in agricultural technologies, and the Cronbach's alpha coefficient (0.931) confirmed its reliability. Data were classified by SPSS₂₁ software and exploratory factor analysis technique. The results showed that five factors include; The commitment to implement sustainable agriculture and preserve basic resources, Attention to efficiency and productivity in production, the technologicalization of the production system in agriculture, the development of technology and innovation culture in the agricultural society, and development of the infrastructure required for emerging green technologies, 75/15 percentage of the total variance of the factors promoting the development of emerging green technologies to achieve sustainable agriculture is explained.

Key words: Exploratory factor analysis, Technology development, Emerging green technologies, Driving factors, Sustainable agriculture.