مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
دوره ۲-۴۲، شماره ۳، ۱۳۹۰ (۳۸۸-۳۷۹)

شناسایی و تحلیل سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران

روح اله رضایی[1]*، سید محمود حسینی[2]، حسین شعبانعلی فمی[3] و علیمراد سرافرازی[4]
۱، استادیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۲ و ۳، دانشیاران گروه ترویج و آموزش کشاورزی و گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران،
٤، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کل کشور
(تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲- تاریخ تصویب: ۸۹/۱/۱٦)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران انجام گرفت. به لحاظ روش پژوهش، این تحقیق از نوع تحقیقات تحلیلی- تبینی محسوب می‌شود. جامعه آماری تحقیق را ۱۷۰ نفر از محققان مراکز و موسسات تحقیقات ملی کشاورزی تشکیل می‌دادند که با توجه به جدول کرجسی و مورگان ، تعداد ۱۲۰ نفر از آنان از طریق نمونه گیری تصادفی ساده برای انجام تحقیق انتخاب شدند. برای گردآوری داده‌ها از پرسشنامه استفاده گردید. اعتبار (روایی) پرسشنامه با نظر پانل متخصصان و صاحبنظران در زمینه موضوع مورد پژوهش مورد تایید قرار گرفت. برای تعیین قابلیت اعتماد (پایایی) ابزار تحقیق پیش‌آزمون انجام گرفت که مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر یک از مقیاس‌های اصلی پرسشنامه در حد مناسب (بالای ۰/۷۵) بود. نتایج کسب شده از تحلیل عاملی نشان داد که سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران در شش عامل رسانه‌ای و اطلاع‌رسانی، آموزشی و توسعه حرفه‌ای، تسهیم مقررات و قانونگذاری، سیاستگذاری و حمایتی، تامین مالی و نهادسازی و زیرساختی قرار می‌گیرند که این شش عامل در مجموع در حدود ٦۸/٦ درصد واریانس را تبیین می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: ایران، سازوکارهای توسعه، فناوری نانو، محققان کشاورزی.

مقدمه

عوامل متعددی در توسعه پایدار کشاورزی و تحقق اهداف مربوطه از جمله امنیت غذایی موثر می‌باشند که از این بین، فناوری‌های کشاورزی علم محور که بوسیله تحقیقات کشاورزی توسعه می‌یابند، برای افزایش یا حفظ بهره‌وری و بهبود پایداری منابع طبیعی و محیط زیست و همچنین تقویت سرمایه‌های انسانی, اجتماعی و اقتصادی کنشگران عرصه توسعه کشاورزی بویژه کشاورزان ضروری می‌باشند (Sharifzadeh, 2006). این فناوری‌ها از یک سو، موجبات نوسازی کشاورزی سنتی را فراهم نموده و امکان تولید طیف گسترده‌تری از کالاها و خدمات را میسر می‌سازند و از سوی دیگر، کنترل انسان بر منابع طبیعی و بهره‌برداری از آن را نیز بهبود می‌بخشند (Opara, 2002).

امروزه جوامع بشری در نقطه عطف انقلاب فناوری‌های نوین قرار دارند, که تغییرات بسیار شگرفی را در شیوه فعالیت‌های کشاورزی به ارمغان خواهند آورد. همگرایی فناوری‌های سه‌گانه (فناوری اطلاعات و

* نویسنده مسئول: روح اله رضایی تلفن: ۰۹۱۲-۷۴۲۵۷۸۱ E-mail: rohollahrezaei@yahoo.com

ارتباطات، فناوری زیستی و فناوری نانو) محور اصلی پیشرفت‌های تکنولوژیکی عصر حاضر محسوب می‌شود (Opara, 2002; Opara, 2004). در این میان، بسیاری از صاحبنظران و محققان، فناوری نانو را مساوی آینده دانسته و بر این باورند که متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث نانو، در دهه‌های آتی فرصتی برای رشد نخواهند داشت و شکوفایی بسیاری از فناوری‌های مهم از جمله فناوری اطلاعات و فناوری زیستی، بدون بهره‌گیری از فناوری نانو دچار اختلال خواهد شد (Soltani, 2004).

واژه نانو[1] از ریشه یونانی dwarf به معنی کوتاه قدی و یا کوتوله مشتق شده و به ابعادی اشاره دارد که بزرگی آنها به اندازه 10^{-9} (یک میلیاردم) است (Warad and Dutta, 2006). بطور کلی، فناوری نانو را می‌توان به عنوان شناخت، کنترل و کاربرد ماده در ابعاد تقریبا" یک تا ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفت. در چنین مقیاسی مشخصه‌های منحصربفرد مواد موجب پیدایش کاربردهای نوینی می‌شوند (PCAST, 2008). در حال حاضر، جریان‌های اصلی تحقیقات در فناوری نانو بر کاربردهای آن در زمینه‌هایی همچون الکترونیک، پزشکی، علوم زیستی و ساخت ماشین‌های روبات تمرکز دارد. تجارب بدست آمده در این حوزه‌ها می‌تواند برای متحول کردن سیستم‌های کشاورزی و صنایع غذایی بکار برده شود (Parr, 2005). در واقع، علم نانو تمامی حوزه‌های علم را همچون زلزله تحت تاثیر قرار داده و علم کشاورزی نیز از این قاعده مستثنی نیست (Das et al., 2004; Schaller & Klimov, 2004; Johnson, 2006). در عرصه کشاورزی، فناوری نانو منجر به ایجاد تغییرات شگرفی در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب، امکان بازیافت مواد و استفاده مجدد از آنها شده و پساب‌ها و آلودگی را کاهش خواهد داد. توسعه فناوری‌ها در عرصه الکترونیک و مکانیک از طریق تولید نانوحسگرها زمینه را برای خودکار کردن و کنترل عملیات کشاورزی فراهم نموده است. با استفاده از این فناوری‌ها می‌توان عوامل محیطی را در گلخانه‌ها و دامداری‌ها کنترل کرد. تولید مواد جدید و کارا، پیشرفت در زمینه تولید محصولات جدید و طراحی روش‌های نوین برای تولید و نگهداری غذای سالم و حفاظت زیست محیطی از دیگر تغییرات ایجاد شده بوسیله فناوری نانو در کشاورزی خواهد بود. به همین شیوه، پیشرفت‌های اخیر در زمینه علم مواد و علم شیمی، امکان تولید ذرات نانویی را فراهم نموده است که می‌توانند بطور گسترده در حوزه‌های مختلف کشاورزی کاربرد داشته باشند (Johnson, 2006; Warad & Dutta, 2006).

تقریبا" به صورت همزمان با ورود کشورهای پیشرو در علم و فناوری به حوزه فناوری نانو، در کشور ما نیز فعالیت‌های متعددی در این زمینه طرح‌ریزی و انجام شده است. در حال حاضر، فناوری‌نانو به عنوان یکی از اولویت‌های فناوری کشور محسوب می‌شود که در سیاست‌های کلی نظام و برنامه پنج ساله چهارم مورد تأکید قرار گرفته است. در همین راستا، وزارت جهاد کشاورزی همگام با تعدادی از وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کشور اقدام به زمینه‌سازی و فعالیت در حوزه فناوری نانو نموده است (Iranian Initiative Nanotechnology, 2005). علیرغم گذشت حدود شش سال از آغاز فعالیت‌ها در این عرصه و انجام برنامه‌ها و اقدامات گوناگون، آنچنان که باید و شاید فناوری نانو و کاربردهای آن در بخش کشاورزی بسط نیافته و دستیابی و بهره‌برداری از آن برای بخش عمده‌ای از ذینفعان مختلف بخش کشاورزی هنوز میسر نشده است. از این‌رو، با وجود فعالیت‌های مقطعی صورت پذیرفته و کسب برخی دستاوردها به نظر می‌رسد که بخش کشاورزی در مقایسه با دیگر بخش‌های درگیر در حوزه فناوری نانو در کشور از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نبوده و با مشکلات و مسایل متعددی در این زمینه مواجه است. نکته قابل توجه آن است که با در نظر گرفتن چنین شرایطی، امید چندانی به بهبود وضعیت فعلی نبوده و روند رو به رشدی در این زمینه مشاهده نمی‌شود. با توجه به این مساله، بدون تردید یکی از ابتدایی‌ترین و مهمترین گام‌ها در راستای تسهیل و تسریع روند توسعه فناوری و قرار دادن آن در چارچوبی صحیح، طرح و انجام مطالعاتی در ابعاد مدیریتی بویژه در زمینه شناسایی پیش نیازها و سازوکارهای مختلف توسعه فناوری نانو در بخش

1 . Nano

کشاورزی می‌باشد. با در نظر گرفتن موارد طرح شده، تحقیق حاضر با هدف کلی "شناسایی و تحلیل سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران" انجام گرفت.

در این بخش، با توجه به هدف و محدوده موضوعی تحقیق، به مرور برخی از مطالعات انجام گرفته پرداخته شده است. هرچند بایستی به این نکته اشاره نمود که تاکنون مطالعه مشخصی در زمینه موضوع مورد پژوهش در بخش کشاورزی در داخل و خارج از کشور صورت نگرفته و بیشتر مطالعات در بخش‌ها و صنایع دیگر بوده است.

در مطالعه‌ای که به بررسی عوامل موثر در اشاعه و پذیرش فناوری‌های کشاورزی پرداخته شده است (Semwanga et al., 2004)، نتایج تحقیق حاکی از آن بود که عواملی همچون سیاست‌های دولت، ارایه برنامه‌های مشاوره فنی، توسعه زیرساخت‌ها و دسترسی به بازار و سیاست‌های اعتباری و آموزشی مهمترین نقش را در اشاعه و پذیرش فناوری‌های کشاورزی دارند. علاوه بر آنها، عوامل دیگری مانند ویژگی‌های فناوری، روش‌های مورد استفاده برای اشاعه آن و ترویج کشاورزی نیز می‌توانند در فرایند توسعه و بسط یک فناوری تاثیرگذار باشند. در برنامه عملیاتی[1] پنج ساله اروپا (۲۰۰۹- ۲۰۰۵) در حوزه علم نانو و فناوری‌نانو موارد زیر به عنوان الزامات و سازوکارهای اصلی توسعه فناوری‌نانو در بخش‌ها و صنایع گوناگون در اروپا مورد توجه و تاکید قرار گرفته‌اند: افزایش سرمایه‌گذاری و هماهنگی برنامه‌های R&D بمنظور تقویت مراکز علمی، بهبود و تقویت زیرساختارها بویژه مراکز تعالی برای تامین همزمان نیازهای صنایع و سازمان‌های R&D، تقویت برنامه‌های کارآموزی و آموزشی بین رشته‌ای کارکنان و پرسنل R&D همراه با ارایه برنامه‌های آموزش کارآفرینی برای آنان، تلفیق ملاحظات اجتماعی در فرایند R&D بویژه در مراحل ابتدایی توسعه فناوری‌نانو و برقراری و ترغیب یک گفتگوی باز و شفاف با عامه مردم، در نظر گرفتن مباحث مربوط به سلامت عموم، ایمنی و سلامت شغلی کارکنان، ریسک‌های زیست محیطی و حقوق مربوط به مصرف کنندگان محصولات نانویی در تمامی مراحل توسعه فناوری، توجه و مشارکت در توافقات و همکاری‌های بین‌المللی.

در مطالعه‌ای که در زمینه مدیریت فناوری نانو انجام گرفت، سازوکارهای زیر در جهت توسعه پایدار و ایمن فناوری نانو در صنایع مختلف پیشنهاد شده است: تشکیل یک ساختار فرابخشی بمنظور مدیریت فرایند توسعه فناوری‌نانو در بخش‌های مختلف، تشویق ذینفعان به انجام فعالیت‌های مرتبط با مدیریت ریسک مواد نانو مقیاس، تاکید بر تدوین و اجرای سازوکارهای مختلف اطلاع‌رسانی و پاسخگویی و ایجاد شفافیت در سطوح اجتماعی و درگیر کردن عامه مردم در بحث‌های اخلاقی و اجتماعی، شبکه‌سازی و مشارکت دادن تمامی گروه‌های ذینفع در فرایند توسعه فناوری نانو اعم از صنعت، دولت، محققان، مردم، گروه‌های سیاسی و بخش خصوصی، تشکیل پایگاه‌ها و بانک‌های اطلاعاتی در حوزه فناوری نانو، مرور و تجدیدنظر در قوانین و استانداردهای موجود در سایر زمینه‌ها بمنظور اصلاح و بکارگیری آنها در حوزه فناوری نانو (Aigrain and Mumenthaler, 2006). در تحقیق دیگری به بررسی مهارت‌ها و آموزش‌های مورد نیاز نیروی انسانی در حوزه فناوری نانو پرداخته شده است (Snigh, 2007). نتایج کسب شده از تحقیق نشان داد که در خصوص بهترین شیوه آموزش، بیشتر پاسخگویان آموزش حین کار را مورد توجه قرار داده‌اند. در ارتباط با برنامه‌ها و مهارت‌های لازم برای فناوری نانو، پاسخگویان برگزاری دوره‌های کارآموزی، کسب قابلیت‌های فنی، کسب مهارت‌های مدیریتی، مهارت‌های زبان را ضروری ارزیابی نموده‌اند. همچنین در این تحقیق سازوکارهایی از قبیل تشویق و ایجاد انگیزه لازم برای محققان و مدیران جهت شرکت در کنفرانس‌ها و همایش‌های مرتبط با فناوری نانو، اعزام محققان به دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در سطوح بین‌المللی در حوزه فناوری نانو و برگزاری دوره‌های آموزشی داخلی و خارجی کوتاه مدت عمومی و تخصصی برای محققان، بمنظور ارایه برنامه‌های آموزشی در زمینه فناوری نانو در سازمان‌ها و موسسات مختلف پیشنهاد شده است. در گزارشی که در سال ۲۰۰۷ تحت عنوان راهبرد فناوری نانو در اروپا منتشر شده است، بر تدوین برنامه‌های

1 . Action plan

آموزشی و تاکید بر حوزه‌های چندرشته‌ای، تدوین استانداردهای بین‌المللی، تامین مالی و فراهم آوردن زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و نهادسازی، بررسی ابعاد اجتماعی در حوزه فناوری نانو و درگیر کردن عامه مردم در بحث‌های اخلاقی مرتبط، تدوین قوانین و مقررات مرتبط بویژه در حوزه مالکیت معنوی، بررسی ابعاد زیست محیطی و ایمنی نانوذرات، انجام توافقات و همکاری‌های بین‌المللی، در فرایند توسعه فناوری نانو بمنظور تسریع آن تاکید شده است (Hellsten, 2007).

در تحقیقی که در حوزه سیاستگذاری علم و فناوری نانو توسط شورای علم و فناوری بریتانیا (۲۰۰۷) انجام گرفت، سازوکارهای زیر به عنوان نکات کلیدی برای دولت پیشنهاد شده است: ایجاد یک ساختار مدیریتی بمنظور پاسخگویی در مقابل برنامه‌ها و فعالیت‌های انجام گرفته، تعیین اولویت‌های فناوری نانو در سطح ملی و هدایت تحقیقات بمنظور تمرکز در حوزه‌های مشخص شده، حمایت از صنایع مختلف برای ورود به عرصه فناوری نانو، حمایت و تامین مالی تحقیقات مرتبط با بررسی پیامدهای زیست محیطی، سلامتی و ایمنی فناوری نانو، مطالعه ابعاد اجتماعی و اخلاقی فناوری نانو و طرح‌ریزی گفتگوها و مباحث گسترده مابین عامه مردم، متخصصان و سیاستگذاران، شبکه‌سازی بین افراد، سازمان‌ها و صنایع درگیر در حوزه فناوری نانو (Council for Science and Technology, 2007).

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از لحاظ میزان و درجه کنترل، غیرآزمایشی و از نظر نحوهٔ گردآوری داده‌ها، از نوع تحقیقات میدانی محسوب می‌شود. جامعه آماری تحقیق شامل ۱۷۰ نفر از محققان شاغل در ۲۲ مرکز تحقیقات ملی کشاورزی (وابسته به وزارت جهاد کشاورزی) در سطح کشور بود که با توجه به جدول کرجسی و مورگان ، در حدود ۱۲۰ نفر از آنان برای انجام تحقیق انتخاب شدند. برای انتخاب نمونه‌ها، با در نظر گرفتن پراکنش تقریبا" یکسان محققان در مراکز و موسسات مورد مطالعه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. لازم به ذکر است که این افراد از محققانی بودند که طی سال‌های اخیر به اشکال گوناگون (به صورت عملی و یا نظری) در برنامه‌ها و تحقیقات مربوط به فناوری نانوی کشاورزی در زمینه‌ها و حوزه‌های مختلف درگیر بوده و از دانش و اطلاعات کافی در زمینه موضوع مورد پژوهش برخوردار بودند.

پرسشنامه تحقیق شامل ۴۷ گویه بود که با نظر کمیته تحقیق و مرور ادبیات نظری و پیشینه تحقیق موجود در زمینه مورد پژوهش، گویه‌های همگن (به لحاظ مفهومی و محتوایی) در شش بخش مجزا طبقه‌بندی و نامگذاری شده و در قالب پرسشنامه مورد ارزیابی و سنجش پاسخگویان قرار گرفتند (جدول ۱). برای اندازه‌گیری هر یک از بخش‌ها، از مقیاس نمره‌دهی ۱۱ درجه‌ای (صفر= کمترین و ۱۰= بیشترین) استفاده گردید. روایی[1] پرسشنامه با نظر پانل متخصصان و صاحبنظران در زمینه موضوع مورد پژوهش مورد تایید قرار گرفت و برای تعیین اعتبار[2] پرسشنامه، پیش آزمون (خارج از نمونه اصلی) انجام گرفت که مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر یک از بخش‌ها در حد مناسب (بالای ۰/۷۵) بود (جدول ۱). برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده از تحلیل عاملی استفاده شد.

1 . Validity
2 . Reliability

جدول۱ - بخش‌های اصلی پرسشنامه و میزان آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هریک از آنها

ردیف	بخش های اصلی پرسشنامه	میزان آلفای کرونباخ
۱	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای اطلاع‌رسانی و آگاهی سازی	۰/۹۳
۲	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای آموزشی	۰/۹۴
۳	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای قانونی	۰/۸۴
۴	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای سیاستگذاری	۰/۷۹
۵	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای تامین مالی	۰/۸۹
۶	دیدگاه پاسخگویان نسبت به میزان اهمیت سازوکارهای زیرساختی و نهادسازی	۰/۹۱

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر، به منظور دسته‌بندی "سازوکارهای توسعه فناوری‌نانو در بخش کشاورزی ایران" و تعیین مقدار واریانس تبیین شده توسط هر کدام از متغیرها در قالب عامل‌های دسته‌بندی شده، از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد.

به منظور تشخیص مناسب بودن داده‌های مربوط به مجموعه متغیرهای مورد تحلیل در خصوص سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران، از آزمون بارتلت و شاخص KMO بهره گرفته شد. معنی‌داری آزمون بارتلت در سطح اطمینان ۹۹ درصد و مقدار مناسب KMO (جدول ۲)، حاکی از همبستگی و مناسبت متغیرهای مورد نظر برای انجام تحلیل عاملی بود.

جدول ۲- مقدار KMO و آزمون بارتلت و سطح معنی‌داری

مجموعه مورد تحلیل	مقدار KMO	مقدار بارتلت	سطح معنی‌داری(Sig.)
سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران	۰/۸۷۸	۴۹۱۱/۸۳۴	۰/۰۰۰

عامل‌های استخراج شده مجموعه مورد تحلیل یعنی سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران، همراه با مقدار ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی در جدول (۳) ارایه شده است. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول، عامل نخست از بین شش عامل استخراجی تحت عنوان رسانه‌ای و اطلاع‌رسانی با مقدار ویژه ۹/۸۳۲ به تنهایی تبیین کننده ۲۱/۸۴۹ درصد واریانس کل مجموعه مورد تحلیل بود. پس از آن، عامل دوم با نام آموزشی و توسعه حرفه‌ای با مقدار ویژه ۷/۲۶ توانسته است ۱۶/۱۳۳ درصد واریانس مجموعه را تبیین نماید. عامل‌های سوم (تسهیم مقررات و قانونگذاری)، چهارم (سیاستگذاری و حمایتی) و پنجم (تامین مالی) با مقادیر ویژه ۴/۹۵۴، ۴/۴۵۵ و ۲/۵۱۸ به ترتیب ۱۱/۰۱، ۹/۹ و ۵/۸۱۸ درصد واریانس کل را تبیین نموده‌اند. در نهایت، عامل ششم یعنی نهادسازی و زیرساختی نیز با کسب مقدار ویژه ۱/۸۷۹ در حدود ۳/۹۸۳ درصد واریانس کل را تبیین نموده است. بطور کلی، این شش عامل در مجموع ۶۸/۵۶۴ درصد کل واریانس را تبیین نمودند که حاکی از میزان واریانس بالای تبیین شده توسط عامل‌های استخراج شده دارد.

جدول ۳- عامل‌های استخراج شده همراه با مقدار ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی آنها

ردیف	عامل‌ها	مقدار ویژه	درصد واریانس مقدار ویژه	درصد واریانس تجمعی
۱	رسانه‌ای و اطلاع‌رسانی	۹/۸۳۲	۲۱/۸۴۹	۲۱/۸۴۹
۲	آموزشی و توسعه حرفه‌ای	۷/۲۶	۱۶/۱۳۳	۳۷/۹۸۲
۳	تسهیم مقررات و قانونگذاری	۴/۹۵۴	۱۱/۰۰۹	۴۸/۹۹۱
۴	سیاستگذاری و حمایتی	۴/۴۵۵	۹/۹۰۰	۵۸/۸۹۱
۵	تامین مالی	۲/۵۱۸	۵/۸۱۸	۶۴/۷۰۹
۶	نهادسازی و زیرساختی	۱/۸۷۹	۳/۹۸۳	۶۸/۵۶۴

وضعیت قرارگیری مجموعه متغیرهای مرتبط با سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران، با توجه به عوامل استخراج شده با فرض واقع شدن متغیرهای دارای بار عاملی بزرگتر از ۰/۵ پس از چرخش عامل‌ها به روش وریماکس و نامگذاری عامل‌ها، در جدول (۴) ارایه شده است.

جدول ۴- متغیرهای مربوط به هر یک از عوامل و میزان بارهای عاملی بدست آمده از ماتریس چرخش یافته

عامل‌ها	متغیرها	بار عاملی
رسانه ای و اطلاع‌رسانی	دوبله و پخش فیلم‌های آموزشی و ترویجی خارجی در زمینه فناوری نانو در کشاورزی	۰/۸۷۹
	تدوین *جزوات و بروشورهای ترویجی* در زمینه فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی برای مخاطبان مختلف	۰/۸۶۸
	تقویت و گسترش فعالیت *رسانه‌های مطبوعاتی* در زمینه ترویج فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۸۲۸
	تعامل گسترده و هدفمند وزارت جهاد کشاورزی با صدا و سیما جهت آماده‌سازی و پخش برنامه‌های *رادیویی و تلویزیونی* مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی	۰/۸۱۶
	به‌روز رسانی و توسعه *سایت اینترنتی* فناوری نانو وزارت جهادکشاورزی (agronano.ir)	۰/۸۰۲
	حمایت از ساخت و تولید فیلم‌های آموزشی در قالب‌های مختلف اعم از مستند، میزگرد و ... در زمینه فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی	۰/۷۷۸
	حمایت و ارایه تسهیلات لازم جهت برپایی *نشست‌های علمی دانشجویی* اعم از سخنرانی، سمینار، سمپوزیوم و ... در حوزه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۷۴۷
	توسعه *نشریات علمی دانشجویی* در حوزه فناوری نانو در کشاورزی	۰/۷۴۲
	برگزاری *جلسات هم‌اندیشی*(Think Tank) در زمینه کاربرد فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۷۰۵
	چاپ و انتشار *نشریات تخصصی* در حوزه فناوری نانو در کشاورزی	۰/۶۷۶
	تقویت *شبکه اطلاع‌رسانی* وزارت جهادکشاورزی (به لحاظ ساختاری و سخت‌افزاری) جهت اطلاع‌رسانی و گسترش فرهنگ فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۶۴۲
	زمینه‌سازی و ارایه مشوق‌های مناسب در راستای حمایت از برگزاری *سمینارها و همایش‌های* مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی	۰/۵۸۰
	حمایت از برگزاری *نمایشگاه‌های داخلی* و زمینه‌سازی جهت شرکت دست‌اندرکاران بخش کشاورزی در نمایشگاه‌های خارجی مرتبط با فناوری نانو در کشاورزی	۰/۵۸۲
	تشکیل و راه‌اندازی *بانک‌های اطلاعاتی* در زمینه فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۵۵۸
آموزشی و توسعه حرفه ای	برگزاری دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در خصوص فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی برای آموزشگران دوره‌های متوسطه عمومی و کشاورزی	۰/۸۳۶
	برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای آموزشگران مراکز آموزش کشاورزی در زمینه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۷۸۹
	اعزام اعضای هیات علمی دانشکده‌های کشاورزی در رشته‌های مرتبط با فناوری نانو به دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در خارج از کشور	۰/۷۷۵
	تشویق و ایجاد انگیزه لازم برای اعضای هیات علمی دانشکده‌های کشاورزی جهت شرکت در کنفرانس‌ها و همایش‌های داخلی و بین‌المللی مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی	۰/۶۹۹
	برگزاری دوره‌های آموزشی- توجیهی برای دست‌اندرکاران و مسولان رسانه‌های جمعی بویژه واحدهای فعال در بخش کشاورزی در راستای آشناسازی آنان با فناوری نانو	۰/۶۸۴
	گنجاندن دروس لازم (*حداقل* یک درس) در مقاطع مختلف دوره‌های آموزش عالی کشاورزی در زمینه آشنایی با فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی	۰/۶۴۵
	سوق دادن پایان‌نامه‌ها و تحقیقات دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری رشته‌های کشاورزی و بعضا" غیر کشاورزی به موضوعات نانو از طریق ارایه تسهیلات و حمایت از طرح‌های مرتبط	۰/۵۹۴
	راه‌اندازی دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه فناوری نانو در گرایش‌های مختلف کشاورزی	۰/۵۲۸
تسهیم مقررات و قانونگذاری	تنظیم و اجرای قوانین مرتبط با نحوه *معدوم کردن بقایای* محصولات نانو از منظر حفظ محیط زیست (نظیر سموم آفت‌کش نانویی)	۰/۸۵۹
	تدوین و اجرای قوانین مرتبط با *پروتکل‌های* تولید محصولات نانویی بخصوص در حوزه غذا از نگاه سلامت انسان (نظیر کنترل کیفیت و انجام تست‌های لازم در محیط‌های کنترل شده قبل از تولید انبوه)	۰/۸۴۵
	تدوین و اجرای قوانین خاص *حقوق مصرف‌کننده* محصولات نانو کشاورزی با توجه به احتمال بروز برخی مسمومیت‌ها در انسان	۰/۷۸۵
	تدوین و زمینه‌سازی برای اجرای قوانین مربوط به *استانداردسازی* محصولات فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۸۳۷
	تدوین و اجرای قوانین و مقررات خاص در زمینه *ایمنی* (Safety) محصولات تولیدی نانو در بخش کشاورزی بویژه محصولات شیمیایی	۰/۷۱۵

ادامه جدول (۴)

سیاستگذاری و حمایتی	تشویق پژوهشگران به تولیدات علمی در نشریات داخلی و بین المللی در زمینه فناوری نانو در بخش کشاورزی	۰/۷۸۴
	حمایت مالی از نخبگان پژوهشی در بخش کشاورزی برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی در عرصه فناوری نانو	۰/۷۰۸
	کمک و حمایت مالی از محققانی که مایل به تشکیل بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs) با استفاده از نتایج طرح‌های تحقیقاتی نانو در بخش کشاورزی می‌باشند	۰/۷۰۴
	افزایش سهم اعتبارات مربوط به فناوری نانو جهت حمایت از پژوهش‌های مرتبط در بخش کشاورزی	۰/۶۹۹
	فراهم نمودن انگیزه‌های مادی و معنوی برای محققان، طرح‌های تحقیقاتی و موسسات برتر در حوزه‌های اولویت‌دار وزارت جهادکشاورزی در خصوص فناوری نانو	۰/۶۶۴
	تشکیل کمیته‌های تخصصی مشترک بین وزارت جهادکشاورزی با صنایع مختلف و پیشرو در زمینه فناوری نانو	۰/۵۰۴
تامین مالی	اعطای کمک‌های بلاعوض دولتی برای حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی و تولیدی مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی	۰/۷۵۱
	اعطای وام و تسهیلات لازم در راستای تامین سرمایه بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs) فعال در حوزه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۶۳۲
	اعطای وام‌های بلند مدت برای تشویق جدی سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های تحقیق و توسعه (R&D) فناوری نانوی کشاورزی	۰/۶۰۳
	پرداخت یارانه‌های اقتصادی مناسب به بنگاه‌ها و واحدهای فعال در زمینه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۵۸۲
	بخشودگی‌های مالیاتی یا کاهش نرخ مالیات برای بنگاه‌ها و شرکت‌های خصوصی فعال در زمینه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۵۷۶
نهادسازی و زیرساختی	ایجاد کمیته‌های تخصصی متشکل از اساتید مجرب و علاقمند از رشته‌های مختلف کشاورزی جهت فعالیت در حوزه فناوری نانوی کشاورزی	۰/۷۱۹
	ایجاد مراکزی در دانشگاه‌ها جهت حمایت، هماهنگی و تسهیلگری فعالیت‌های علمی، آموزشی و پژوهشی مرتبط با فناوری نانو	۰/۷۱۷
	تقویت تجهیزات آزمایشگاه‌های عضو شبکه زیرساخت در وزارت جهادکشاورزی	۰/۶۴۸
	آماده‌سازی و تجهیز آزمایشگاه‌های موسسات تحقیقاتی تابعه وزارت جهادکشاورزی جهت پیوستن به شبکه ملی زیرساخت‌ها	۰/۶۱۱

بحث و نتیجه‌گیری

بدون تردید، درک عمومی و نگرش نسبت به یک فناوری در حال ظهور می‌تواند تاثیر عمیقی را بر دامنه استفاده و کاربرد آن فناوری داشته باشد. نگرش و درک اشتباه و حتی نبود یک درک عمومی نسبت به یک فناوری خاص، منجر به واکنش منفی افراد در مورد آن فناوری می‌شود (Knight & Pierce, 2003; Friedman & Egold, 2005; Mills & Fledderman, 2005; Aigrain & Mumenthaler, 2006; Cobb & Macoubrie, 2006). این موضوع بر اهمیت و ضرورت برنامه‌های اطلاع‌رسانی و آگاهی‌سازی تاکید دارد که همواره به عنوان یکی از مولفه‌های اصلی فرایند توسعه فناوری نانو در کشورهای پیشرو مورد توجه برنامه‌ریزان و سیاستگذاران قرار گرفته است، به نحوی که از آن به عنوان دروازه‌های طلایی ورود به عرصه فناوری نانو یاد می‌نمایند. این موضوع با توجه به یافته‌های کسب شده از تحلیل عاملی که در آن عامل "رسانه‌ای و اطلاع رسانی" در اولویت نخست قرار گرفته است، مورد تایید قرار گرفته است. اهمیت عامل وارد شده در تحلیل، در مطالعات متعددی همچون Aigrain & Mumenthaler (2006)، Hellsten (2007) و Council for Science and Technology (2007) نیز مورد تاکید واقع شده است.

پر واضح است که تدوین برنامه‌های آموزشی منسجم به منظور تامین منابع انسانی متخصص و آموزش دیده و توسعه حرفه ای آنها، به عنوان یکی از مهمترین پیش نیازها و الزامات توسعه فناوری نانو محسوب می‌شود که عدم توجه به آن می‌تواند فرایند توسعه فناوری با شکست مواجه سازد. این موضوع در تحقیق حاضر نیز مورد تایید قرار گرفت و عامل "آموزشی و توسعه حرفه ای" میزان قابل توجهی از واریانس سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران را به خود اختصاص داده است. اهمیت این عامل، در مطالعات Hellsten (2007) و Snigh (2007) نیز مورد تاکید قرار گرفته

است.

با توجه به یافته‌های تحقیق، یکی دیگر از مجموعه سازوکارهای توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی کشور که میزان واریانس قابل توجهی را به خود اختصاص داده است، عامل "تسهیم مقررات و قانونگذاری" بود. فناوری نانو به دلیل برخورداری از شماری ویژگی‌های خاص دارای برخی ریسک‌های احتمالی می‌باشد که عدم توجه به آنها می‌تواند پیامدهای ناگواری را در پی داشته باشد. متاسفانه در حال حاضر هیچ گونه قوانین و استانداردهای ایمنی خاصی در رابطه با فناوری نانو در سطح ملی و بین‌المللی تدوین و پیاده نشده است و قوانین و استانداردهای موجود بواسطه قوانین قبلی در صنایع مختلف بوده که بدون هیچ بازنگری در خصوص فناوری نانو نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Acray, 2003). در این زمینه، با توجه به تلاش‌ها و اقدامات مختلفی که از سوی کشورهای پیشرو در حوزه فناوری نانو و نیز برخی سازمان‌های بین‌المللی همچون سازمان غذا و دارو[1]، سازمان استاندارد جهانی و غیره در حال انجام است؛ پیوستن کشور در معاهدات و توافقات بین‌المللی و نیز همکاری با آنها می‌تواند در رفع سریع‌تر مسایل قانونی در سطح کشور راهگشا باشد.

تامین منابع مالی و فراهم ساختن زیرساخت‌ها و امکانات سخت افزاری مورد نیاز از مهمترین پیش‌نیازهای توسعه فناوری نانو به شمار می‌روند که عدم توجه و فراهم نکردن آنها می‌تواند فرایند توسعه فناوری نانو را دچار تاخیر نماید. این موضوع با توجه به یافته‌های کسب شده از تحلیل عاملی و وارد شدن دو عامل تامین مالی و نهادسازی و زیرساختی در تحلیل، مورد تایید قرار گرفته است. اهمیت عامل‌های وارد شده در تحلیل، در مطالعات Semwanga et al. (2004)، Hellsten (2007) و Council for Science & Technology (2007) نیز مورد تاکید واقع شده است.

پیشنهادها

۱- با توجه به نتایج حاصل از تحلیل عاملی پیشنهاد می‌شود در جهت آگاهی سازی و فراهم آوردن بستر مناسب به منظور مشارکت پایدار ذینفعان در مراحل مختلف توسعه فناوری نانو سازوکارهایی از قبیل دوبله و پخش فیلم‌های آموزشی و ترویجی خارجی در زمینه فناوری نانوی کشاورزی، تدوین جزوات و بروشورهای ترویجی در زمینه فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی برای مخاطبان مختلف، تقویت و گسترش فعالیت رسانه‌های مطبوعاتی در زمینه ترویج فناوری نانو در بخش کشاورزی، تعامل گسترده و هدفمند وزارت جهاد کشاورزی با صدا و سیما جهت آماده‌سازی و پخش برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی مرتبط با فناوری نانو در کشاورزی، به‌روز رسانی و توسعه سایت اینترنتی فناوری نانو در وزارت جهادکشاورزی، حمایت از ساخت و تولید فیلم‌های آموزشی در قالب‌های مختلف اعم از مستند، میزگرد و غیره در زمینه فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی، حمایت و ارایه تسهیلات لازم جهت برپایی نشست‌های علمی دانشجویی اعم از سخنرانی، سمینار، سمپوزیوم و ... در حوزه فناوری نانو در کشاورزی، توسعه نشریات علمی دانشجویی در حوزه فناوری نانو در کشاورزی، برگزاری جلسات هم‌اندیشی در زمینه کاربرد فناوری نانو در بخش کشاورزی و چاپ و انتشار نشریات تخصصی در حوزه فناوری نانوی کشاورزی، در راستای اطلاع‌رسانی و آگاهی سازی مخاطبان مورد توجه قرار گیرند.

۲- با توجه به وارد شدن عامل آموزشی و توسعه حرفه ای به عنوان عامل دوم در تحلیل عاملی و میزان واریانس اختصاص یافته به آن پیشنهاد می‌شود بمنظور تامین منابع انسانی متخصص در مراحل مختلف توسعه فناوری نانو، حمایت‌ها و پشتیبانی‌های لازم برای اجرای سازوکارهای آموزشی از قبیل برگزاری دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در خصوص فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی برای آموزشگران دوره‌های متوسطه عمومی و کشاورزی، برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای آموزشگران مراکز آموزش کشاورزی در زمینه فناوری نانوی کشاورزی، اعزام اعضای هیات علمی دانشکده‌های کشاورزی در رشته‌های مرتبط با فناوری نانو به دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در خارج از کشور، تشویق و ایجاد انگیزه لازم برای اعضای هیات علمی دانشکده‌های کشاورزی جهت شرکت در کنفرانس‌ها و همایش‌های

1 . Food & Drug Administration

داخلی و بین‌المللی مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی، برگزاری دوره‌های آموزشی- توجیهی برای دست‌اندرکاران و مسولان رسانه‌های جمعی بویژه واحدهای فعال در بخش کشاورزی در راستای آشناسازی آنان با فناوری نانو، گنجاندن دروس لازم (حداقل یک درس) در مقاطع مختلف دوره‌های آموزش عالی کشاورزی در زمینه آشنایی با فناوری نانو و کاربردهای آن در کشاورزی، سوق دادن پایان‌نامه‌ها و تحقیقات دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری رشته‌های کشاورزی و بعضا" غیر کشاورزی به موضوعات نانو از طریق ارایه تسهیلات و حمایت از طرح‌های مرتبط و راه‌اندازی دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه فناوری نانو در گرایش‌های مختلف کشاورزی، فراهم گردد.

۳- با در نظر گرفتن اهمیت سازوکارهای قانونگذاری در جهت توسعه ایمن فناوری نانو در بخش کشاورزی و وارد شدن این عامل در تحلیل عاملی پیشنهاد می‌شود سازوکارهایی همچون تنظیم و اجرای قوانین مرتبط با نحوه معدوم کردن بقایای محصولات نانو از منظر حفظ محیط زیست (نظیر سموم آفت‌کش نانویی)، تدوین و اجرای قوانین مرتبط با پروتکل‌های تولید محصولات نانویی، بخصوص در حوزه غذا از نگاه سلامت انسان (نظیر کنترل کیفیت و انجام تست‌های لازم در محیط‌های کنترل شده قبل از تولید انبوه)، تدوین و اجرای قوانین خاص حقوق مصرف‌کننده محصولات نانو کشاورزی با توجه به احتمال بروز برخی مسمومیت‌ها در انسان، تدوین و زمینه‌سازی برای اجرای قوانین مربوط به استانداردسازی محصولات فناوری نانو در بخش کشاورزی و تدوین و اجرای قوانین و مقررات خاص در زمینه ایمنی محصولات تولیدی نانو در بخش کشاورزی بویژه محصولات شیمیایی، در اولویت قرار گیرند.

۴- با در نظر گرفتن اهمیت تامین منابع مالی و فراهم ساختن نهادها و زیرساخت‌های ضروری در فرایند توسعه فناوری نانو و وارد شدن این دو عامل به عنوان عامل‌های پنجم و ششم در تحلیل عاملی، پیشنهاد می‌شود سازوکارهایی همچون اعطای کمک‌های بلاعوض دولتی برای حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی و تولیدی مرتبط با فناوری نانوی کشاورزی، اعطای وام و تسهیلات لازم در راستای تامین سرمایه بنگاه‌های کوچک و متوسط فعال در حوزه فناوری نانوی کشاورزی، اعطای وام‌های بلند مدت برای تشویق جدی سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های تحقیق و توسعه فناوری نانوی کشاورزی، پرداخت یارانه‌های اقتصادی مناسب به بنگاه‌ها و واحدهای فعال در زمینه فناوری نانوی کشاورزی، بخشودگی‌های مالیاتی یا کاهش نرخ مالیات برای بنگاه‌ها و شرکت‌های خصوصی فعال در زمینه فناوری نانوی کشاورزی، ایجاد کمیته‌های تخصصی متشکل از اساتید مجرب و علاقمند از رشته‌های مختلف کشاورزی جهت فعالیت در حوزه فناوری نانو، ایجاد مراکزی در دانشگاه‌ها جهت حمایت، هماهنگی و تسهیلگری فعالیت‌های علمی، آموزشی و پژوهشی مرتبط با فناوری نانو کشاورزی، تقویت تجهیزات آزمایشگاه‌های عضو شبکه زیرساخت در وزارت جهادکشاورزی و آماده‌سازی و تجهیز آزمایشگاه‌های موسسات تحقیقاتی تابعه وزارت جهادکشاورزی جهت پیوستن به شبکه ملی زیرساخت‌ها، مد نظر قرار گیرند.

REFERENCES

1. Acray, B. (2003). Nanotechnology faces GM-style backlash. *Journal of IEE Review*, 49 (3), 12-17.
2. Aigrain, J. & Mumenthaler, C. (2006). The Risk Governance of Nanotechnology: Recommendations for Managing a Global Issue. *Journal of Public Understanding of Science*, 2(3), 12-19.
3. Cobb, M. & Macoubrie, J. (2006). Public Perceptions about Nanotechnology: Risks, Benefits and Trust. *Journal of Nanoparticle Research*, 2 (4), 32–36.
4. Commission of the European Communities (2005). *Nanosciences and nanotechnologies: an action plan for Europe 2005-2009*. Retrieved September 23 2005,Retrieved from http://www.nanofromum.org
5. Council for Science and Technology (2007). *Nanosciences and Nanotechnologies: A Review of Government's Progress on its Policy Commitments*. Retrieved May 3 2007, from http:// www.cst.gov.uk.
6. Das, Das, R., Johnson, N. & Hensen, T. (2004). Integration of Photosynthetic Protein Molecular Complexes in Solid-State Electronic Devices. *Journal of Nano Letters,* 4 (6), 1079 -1083.

7. Friedman, S. & Egold, B. (2005). Nanotechnology: risks and the media. *IEEE Tech Soc Magazine*, 24 (4), 5–11.
8. Hellsten, E. (2007). *The European nanotechnology strategy: environmental and health aspects.* Retrieved June 2 (2007),Retrieved from http://www.nanofromum.org
9. Iranian Initiative Nanotechnology (2005). *Iranian action plan for nanotechnology development.* Retrieved May 13 2005, from http://www.nano.ir (In Farsi)
10. Johnson, A. (2006). *Agriculture and Nanotechnology.* Retrieved June 2 2006, from http://www.tahan. com/Charlie/ nano-society.
11. Knight, H. & Pierce, J. (2003). To kill a technology. *Journal of Engineer*, 291 (1), 24–29.
12. Mills, K. & Fledderman, C. (2005). Getting the best from nanotechnology: approaching social and ethical implications openly and proactively. *IEEE Tech Soc Magazine*, 24 (4), 18–26.
13. Opara, L.U. (2001). Historical evolution and tasks for Agricultural Engineering in the new millennium. *In*: Kosutic, S (eds). *Proceedings of the 29th International Symposium on "Actual Tasks for Agricultural Engineering"*, 12- 15 March 2001, Zagreb, pp. 1-20.
14. Opara, L.U. (2002). Agricultural Engineering education and research in knowledge-based economy. *In*: Kosutic, S (Ed.). *Proceedings. of the 30th International Symposium on Agricultural Engineering*, 17-19 August (2002), Croatia, pp. 33-46.
15. Opara, L.U. (2004). Emerging Technological Innovation Triad for Smart Agriculture in the 21st Century. Part I. Prospects and Impacts of Nanotechnology in Agriculture. *The CIGR Journal of Scientific Research and Development*, 2 (6): 56-66.
16. Parr, D. (2005). Will nanotechnology make the world a better place? *Journal of Trends Biotechnology*, 23 (8), 395–398.
17. PCAST (2008). *Second Evaluation of National Nanotechnology Initiative Program in the United States.* Retrieved April 21 2008, from http://www.nano.ir (In Farsi)
18. Schaller R. & Klimov, V. (2004). High Efficiency Carrier Multiplication in PbSe Nanocrystals: Implications for Solar Energy Conversion Phys. *Journal of Lett Review*, 92 (3), 19-26.
19. Semwanga, K., Tomson, S. & Wang, D. (2004). *The Effective Factors on Technology Dissemination and Adoption.* Retrieved July 6 2004, from http://www.nanoforum.org
20. Sharifzadeh, A. (2006). *Explaining mechanisms of strengthening the Iran's agricultural research system.* Ph.D. dissertation, University of Tehran, Iran. (In Farsi)
21. Snigh, A. (2007). *Nanotechnology Skills and Training Survey*. Retrieved December 7 2007, from http://www. Nanotech.com
22. Soltani, M. (2004). *Nanotechnology in Iran*. Retrieved May 2 2004, from http://www.nano.ir (In Farsi)
23. Warad, H.C. & Dutta, J. (2006). Nanotechnology for Agriculture and Food Systems: A View. *Journal of Nanoparticle Research*, 5 (3), 29–38.