www.SID.ir

فصلنامه علمی- پژوهشی
سیاست علم و فنّاوری

سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸

شناسایی و تحلیل موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان

روح‌اله رضایی[۱*]، دکتر سید محمود حسینی[۲]، دکتر حسین شعبانعلی فمی[۲]، لیلا صفا[۳]

۱- استادیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲- دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی دانشگاه تهران
۳- کارشناس ارشد آموزش کشاورزی

چکیده

پژوهش حاضر با هدف «شناسایی و تحلیل موانع و مشکلات توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران» انجام گرفته است. به لحاظ روش پژوهش، این تحقیق از نوع تحقیقات توصیفی- همبستگی محسوب می‌شود. جامعهٔ آماری تحقیق حاضر را محققان مراکز و مؤسسات تحقیقات ملی تشکیل می‌دهند که ۱۲۰ نفر از آنان برای انجام پژوهش انتخاب شدند. برای گردآوری داده‌ها از پرسشنامه استفاده شده است. برای تعیین اعتبار ابزار تحقیق پیش‌آزمونی انجام گرفت که مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هریک از مقیاس‌های اصلی پرسش‌نامه در حد مناسب (بالای ۰/۷) بود. برای شناسایی عامل‌های موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور از تحلیل عاملی اکتشافی و به منظور بررسی شاخص برازش نیکویی مدل تحقیق از تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهند که موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور از پنج عامل مجزای زیرساختی، سیاست‌گذاری، اطلاعاتی، قانونی و مالی تشکیل می‌شود.

کلیدواژهها: توسعه، تحلیل عاملی، فنّاوری نانو، محققان کشاورزی، موانع، مدل معادلات ساختاری

۱- مقدمه

پیشرفت‌های علمی و نوآوری‌های فنی در سدهٔ بیستم به دستاوردهای چشمگیری در تولیدات کشاورزی بسیاری از کشورها منجر انجامیده است [۱]. این پیشرفت‌ها از یک‌سوی، موجبات نوسازی کشاورزی سنتی را فراهم آورده و امکان تولید طیف گسترده‌تری از کالاها و خدمات را میسر ساخته‌اند و از سوی دیگر، تسلط انسان بر منابع طبیعی و بهره‌برداری از آن را بهبود بخشیده‌اند[۲].

امروزه جوامع بشری در نقطهٔ اوج انقلاب فنّاوری‌های نوین قرار دارند که تغییرات بسیار شگرفی را در شیوهٔ فعالیت‌های کشاورزی به ارمغان آورده‌اند. همگرایی فنّاوری‌های سه‌گانه (فنّاوری اطلاعات و ارتباطات, فنّاوری زیستی و فنّاوری نانو)[1] ، محور اصلی پیشرفت‌های فنّاورانهٔ عصر حاضر به‌شمار می‌رود [۳ و ۴]. بدون تردید، این سه فنّاوری تأثیر بسیار ژرفی بر آیندهٔ کشاورزی و مدیریت زیست‌محیطی خواهند داشت [۵]. در این میان, بسیاری از صاحب‌نظران و محققان، فنّاوری نانو را مساوی آینده دانسته‌اند و بر این باورند که متخصصان

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: rohollahrezaei@yahoo.com

1. Nanotechnology

Archive of SID

www.SID.ir

رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث فنّاوری نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت [۶].

واژهٔ نانو[1] از ریشهٔ یونانیdwarf به معنی کوتاه قدی یا کوتوله مشتق شده و به ابعادی اشاره دارد که بزرگی آن‌ها به اندازه $۱۰^{-۹}$ [یک میلیاردیم) است [۷]. در مجموع، فنّاوری نانو عبارت است از شناخت، کنترل و کاربرد ماده در ابعاد تقریباً» یک تا ۱۰۰ نانومتر. در این مقیاس خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی مواد با خواص تک تک اتم‌ها، مولکول‌ها یا خواص تودهٔ ماده کاملاً متفاوت است [۸]. در حال حاضر، جریان‌های اصلی تحقیقات در فنّاوری نانو بر زمینه‌هایی همچون الکترونیک, پزشکی, علوم زیستی و ساخت ماشین‌های روبات تمرکز دارد. تجربه‌های به‌دست آمده در این حوزه‌ها می‌تواند برای متحول کردن سیستم‌های کشاورزی و صنایع غذایی به‌کار رود [۹]. در واقع، علم نانو، همهٔ عرصه‌های دانش را تحت تأثیر قرار داده و علم کشاورزی نیز از این قاعده مستثنا نیست [۱۰ ، ۱۱ و ۱۲].

در عرصهٔ کشاورزی، فنّاوری نانو منجر به تغییرات شگرفی در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب، امکان بازیافت مواد و استفادهٔ مجدد از آن‌ها می‌شود و پساب‌ها و آلودگی را کاهش خواهد داد. توسعهٔ فنّاوری‌ها در عرصهٔ الکترونیک و مکانیک از طریق تولید نانوحسگرها، زمینه را برای خودکار کردن و کنترل عملیات کشاورزی فراهم آورده است. با استفاده از این فنّاوری‌ها می‌توان عوامل محیطی را در گلخانه‌ها و دامداری‌ها کنترل کرد. تولید مواد جدید و کارا، پیشرفت در زمینهٔ تولید محصولات جدید و طراحی روش‌های نوین برای تولید و نگهداری غذای سالم و حفاظت زیست‌محیطی، از دیگر تغییرات ایجادشده به‌وسیلهٔ فنّاوری نانو در کشاورزی خواهد بود. به همین منوال، پیشرفت‌های اخیر در زمینهٔ علم مواد و علم شیمی، امکان تولید ذرات نانویی را فراهم کرده است که می‌توانند در حوزه‌های مختلف کشاورزی کاربرد گسترده‌ای داشته باشند [۷ و ۱۱]. با توجه به گسترهٔ کاربردهای فنّاوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی، در جدول ۱ به برخی از مهم‌ترین این کاربردها اشاره شده است.

تقریباً به صورت همزمان با ورود کشورهای پیشرو در علم و فنّاوری به حوزهٔ فنّاوری نانو، در کشور ما نیز فعالیت‌های گوناگونی در این زمینه طرح‌ریزی و انجام شده است. در حال حاضر، فنّاوری نانو

جدول ۱) برخی از مهم‌ترین کاربردهای فنّاوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی

زمینه کاربرد	برخی از کاربردها
گیاه‌پزشکی	• تیمار مولکولی بیماری‌ها، ردیابی سریع بیماری‌ها و افزایش توانمندی گیاهان برای جذب مواد مورد نیاز؛ • حسگرهای هوشمند و سامانه‌های حمل هوشمند برای ردیابی و مبارزه با ویروس‌ها و دیگر عوامل بیماری‌زا؛ • کریستال‌های نانویی برای افزایش کارایی استفاده از آفت‌کش‌ها و به‌کار بردن میزان کمتری از این ترکیبات خطرناک؛ • کنترل و کاهش خسارت ناشی از آفات و بیماری‌های پس از برداشت از طریق به‌کارگیری نانوذرات در بسته‌بندی محصولات کشاورزی.
ماشین‌های کشاورزی	• افزایش مقاومت پوشش‌های بدنهٔ ادوات و ماشین‌ها و ابزارهای کشاورزی و حتی شیشه‌ها در برابر خوردگی و ساییدگی؛ • افزایش عمر تایرها به‌کمک نانوروکش‌ها؛ • استفاده از سیستم‌های میکروالکترومکانیکی و سیستم‌های کنترل از راه دور، سیستم‌های اندازه‌گیری، سیستم‌های مونیتورینگ و ... برای توسعهٔ کشاورزی موضعی؛ • بهینه‌سازی میزان و شکل سموم مصرفی با بیوحسگرها؛ • تصفیه و کاهش آلودگی محیط زیست به‌وسیله نانومبدل‌های کاتالیزوری؛ • تولید سوخت‌های جایگزین و آلودگی کم‌تر محیط زیست.
آب و خاک	• بی‌خطر ساختن مواد آلاینده آب و خاک و قابلیت بازیافت آن‌ها؛ • ساخت فیلترهای هوشمند تصفیهٔ آب با کارایی بالا؛ • شورزدایی از آب‌های شور؛ • ساخت مواد پوششی جدید و کارا برای پوشش درون لوله‌های فلزی به‌منظور جلوگیری از خوردگی ناشی از سیالات و کاهش زبری جدارهٔ لوله‌ها؛ • به‌کارگیری پلیمرها و مواد کامپوزیت برای تولید انواع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کنندهٔ فشار و مقاوم در برابر نفوذ ریشه در قطره چکان؛ • استفاده از نانوکودها (Nanofertilizers) برای تغذیهٔ گیاهان.
علوم دامی	• نانوواکسیناسیون DNA با استفاده از نانوکپسول‌ها؛ • استفاده از نانوذرات در افزایش بهداشت دام و جایگاه‌های پرورش دام طیور؛ • استفاده از نانوکپسول‌ها به‌منزلهٔ پوششی برای آنزیم‌های خوراکی و داروهای دامی.

1. Nano

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از اولویت‌های فنّاوری کشور به‌شمار می‌رود که در سیاست‌های کلی نظام و برنامه پنج‌ساله چهارم به آن تأکید شده است. در همین زمینه، وزارت جهاد کشاورزی همگام با برخی از وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کشور اقدام به بسترسازی و فعالیت در حوزهٔ فنّاوری نانو کرده است [۱۳].

به‌رغم گذشت نزدیک به شش سال از آغاز فعالیت‌ها در این عرصه و انجام برنامه‌ها و اقدامات گوناگون، آنچنان که باید و شاید فنّاوری نانو و کاربردهای آن در بخش کشاورزی بسط نیافته و دستیابی و بهره‌برداری از آن برای بخش عمده‌ای از ذی‌نفعان مختلف عرصهٔ کشاورزی هنوز میسر نشده است. از این رو، با وجود فعالیت‌های مقطعی و کسب برخی دستاوردها، به نظر می‌رسد بخش کشاورزی در مقایسه با دیگر بخش‌های درگیر در حوزهٔ فنّاوری نانو در کشور وضعیت چندان مطلوبی ندارد و با مشکلات و مسائل متعددی در این زمینه مواجه است. نکتهٔ قابل توجه آن است که با در نظر گرفتن چنین وضعیتی، امید چندانی به بهبود موقعیت کنونی نمی‌رود و روند رو به رشدی در این زمینه مشاهده نمی‌شود. از این‌رو، پرسش اساسی این است که امروزه چه موانع و مشکلاتی بر سر راه توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور وجود دارند. با عنایت به این پرسش، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران و رسیدن به شناختی روشن در این زمینه به‌منظور ارائه راهکارها و پیشنهادهایی عملی در تسهیل و تسریع فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور، طرح و انجام شده است.

با توجه به هدف و محدودهٔ موضوعی تحقیق، در این بخش به مرور برخی از مطالعات انجام گرفته در درون و بیرون از کشور در حیطهٔ مسئلهٔ مورد پژوهش پرداخته شده است.

مایز[1] در تحقیق خود دربارهٔ مشکلات و چالش‌های توسعهٔ فنّاوری نانو، بر موارد زیر به عنوان مهم‌ترین موانع توسعهٔ فنّاوری نانو تأکید ورزیده است: پایین بودن سطح آگاهی و شناخت عامه از مزایا و پتانسیل‌های فنّاوری نانو، کمبود نیروی انسانی متخصص، کمبود حمایت‌های مالی و عدم حمایت از شکل‌گیری صندوق‌های خطرپذیر، چالش‌های قانونی و نبود استانداردهای بین‌المللی، به‌کار نگرفتن روش‌های نوین تجاری‌سازی و بازاریابی از سوی شرکت‌ها و بنگاه‌ها، نبود شبکه‌های ارتباطی و اطلاعاتی و عدم حمایت از حضور فعال بخش خصوصی و زمینه‌سازی برای آن [۱۴]. در مطالعهٔ دیگری که به‌کوشش آیگرین و مومن تالر[2] در زمینهٔ مدیریت فنّاوری نانو انجام گرفت، به‌چنین مواردی اشاره شده است: نبود یک ساختار فرابخشی به‌منظور مدیریت فرایند توسعهٔ فناوی‌نانو، نبودِ شناخت و آگاهی عامه مردم از پتانسیل‌ها، قابلیت‌ها و کاربردهای این فنّاوری، توجه نکردن به استانداردسازی و ایمنی نانوذرات، عدم شبکه‌سازی و مشارکت ندادن همهٔ گروه‌های ذی‌نفع در فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو اعم از صنعت، دولت، محققان، مردم، گروه‌های سیاسی و بخش خصوصی، نبود شبکه‌های ارتباطی و اطلاعاتی در تسهیم داده‌ها و اطلاعات به‌منظور تسریع در فرایند توسعهٔ قوانین و استانداردهای بین‌المللی، نبود قوانین و مقررات خاص در حوزهٔ فنّاوری نانو، به مثابهٔ مهم‌ترین موانع فراروی توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف [۱۵].

در گزارش هلستن[3] با عنوان راهبرد فنّاوری نانو در اروپا، به‌طور کلی موانع توسعهٔ فنّاروی نانو در شش حوزهٔ سیاست‌گذاری، زیرساختی، تأمین مالی، اطلاع‌رسانی، آموزشی و قانونی، دسته‌بندی شده است. همچنین، در این مطالعه بر این موارد تأکید شده است: تدوین برنامه‌های آموزشی و تأکید بر حوزه‌های فرارشته‌ای و چندرشته‌ای، نوآوری‌های صنعتی، تدوین استانداردهای بین‌المللی، انتقال فنّاوری، فراهم آوردن زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و نهادسازی، بررسی ابعاد اجتماعی در حوزهٔ فنّاوری نانو و درگیر کردن عامهٔ مردم در بحث‌های اخلاقی مرتبط، تدوین قوانین و مقررات مرتبط، به‌ویژه در حوزهٔ مالکیت معنوی، بررسی ابعاد زیست‌محیطی و ایمنی نانوذرات، انجام توافقات و همکاری‌های بین‌المللی، به‌منظور تسریع فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو [۱۶].

در تحقیق ستاد ویژهٔ توسعهٔ فنّاوری نانو کشور در خصوص بررسی وضعیت بیوفنّاوری در ایران، مواردی از قبیل کمبود حمایت‌های مالی، چالش‌های قانونی، استانداردسازی ، عدم به کارگیری روش‌های نوین و علمی تجاری‌سازی و بازاریابی از سوی شرکت‌ها، نبود نظام حقوق مالکیت فکری در کشور، نبود شبکه‌های ارتباطی و اطلاعاتی و نبودِ دیگر حمایت‌های غیرمالی از بخش خصوصی، مهم‌ترین موانع و مشکلات فراروی توسعهٔ بیوفنّاوری در ایران دانسته شده‌اند [۱۳].

۲- مواد و روش‌ها

از آنجا که این تحقیق در زمینهٔ مسئلهٔ تعریف‌شده با جهت‌گیری

1. Mize

2. Aigrain and Mumenthaler

3. Hellsten

Archive of SID

www.SID.ir

عمدهٔ شناسایی و تحلیل موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران طرح‌ریزی شده است، به لحاظ هدف، از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. همچنین، این پژوهش از نظر افق‌های زمانی، به‌دلیل این‌که در یک محدودهٔ زمانی معین به انجام رسیده است، تک‌مقطعی به‌شمار می‌آید. تحقیق حاضر به لحاظ دیدمانی[1]، از پارادایم کمّی[2] بهره گرفته است. در این رهیافت، روش تحقیق پیمایشی و پرسش‌نامه، ابزار گردآوری داده‌های دست اول، به منظور ارزیابی موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور، بوده است.

جامعهٔ آماری تحقیق حاضر، شامل ۹۸۳ نفر از محققان شاغل در ۲۲ مؤسسه و مرکز تحقیقات ملی در کشور بوده است. با توجه به محدود بودن شمار محققان درگیر در حوزهٔ تحقیقات فنّاوری نانو که می‌توانستند به پرسش‌های پرسش‌نامه دربارهٔ ارزیابی موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور پاسخ دهند، از طریق هماهنگی با کمیتهٔ فنّاوری نانو وزارت جهاد کشاورزی و مراکز و مؤسسات مورد مطالعه اقدام به شناسایی همهٔ آنان شد که بر اساس اطلاعات گرد آمده، ۱۲۰ نفر از محققان را شامل می‌شدند که همهٔ آن‌ها برای انجام تحقیق برگزیده شدند. آن‌ها افراد از محققانی‌اند که در سال‌های اخیر به اشکال گوناگون (عملی یا نظری) در برنامه‌ها و تحقیقات مربوط به فنّاوری نانوی کشاورزی در زمینه‌ها و حوزه‌های مختلف درگیر بوده‌اند و دانش و اطلاعات کافی در زمینهٔ موضوع مورد پژوهش دارند.

ابزار گردآوری داده‌ها پرسش‌نامه بود که از دو بخش مشخصه‌های فردی و حرفه‌ای پاسخگویان (هشت متغیر) و دیدگاه پاسخگویان مورد مطالعه در خصوص میزان اهمیت موانع و مشکلات تأثیرگذار بر توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران تشکیل شده بود شامل ۱۷ متغیر بود که عبارتند از: (Y1) عدم حمایت از شکل‌گیری صندوق‌های خطرپذیر برای تأمین مالی فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، (Y2) فقدان یا کمبود ساختارهای حمایتی مانند مراکز رشد، خوشه‌های صنعتی، پارک‌های فنّاوری در حوزهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی، (Y3) کمبود تجهیزات و امکانات سخت‌افزاری مربوط به فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، (Y4) نبودِ توجه و حمایت از بخش خصوصی و زمینه‌سازی برای حضور آن‌ها در عرصهٔ تولید و توسعهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی، (Y5) عدم ثبات مدیریتی و توجه مستمر به برنامه‌های مرتبط با فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، (Y6) ضعف در سیاست‌گذاری و هدایت برنامه‌های راهبردی مرتبط با اشاعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، (Y7) نبود دیدی کلان‌نگر و جامع به برنامه‌ها و سیاست‌های توسعهٔ فنّاوری نانو در برنامه‌ریزان و مدیران بخش کشاورزی، (Y8) ضمانت اجرایی ضعیف برای برنامه‌های تدوین شده در بخش کشاورزی به‌منظور توسعهٔ فنّاوری نانو،(Y9) نبود شبکهٔ اطلاعاتی- ارتباطاتی قوی بین افراد فعال در زمینه فنّاوری نانوی کشاورزی، (Y10) عدم وجود برنامهٔ اطلاع‌رسانی مناسب در بخش کشاورزی برای آگاهی‌بخشی به مخاطبان در سطوح مختلف درباره فنّاوری نانو، (Y11) نبودِ بانک اطلاعاتی موثق و روزامد در بخش کشاورزی برای دسترسی به اخبار و اطلاعات در حوزهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی،(Y12) نبود استانداردهای ایمنی مشخص مرتبط با محصولات و فرآورده‌های فنّاوری نانو، (Y13) ضعف در استانداردسازی محصولات فنّاوری نانو در حوزهٔ کشاورزی، (Y14) نبود بسترهای قانونی و حقوقی مناسب مرتبط با فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، (Y15) کامل نبودن قوانین مربوط به نظام مالکیت فکری در حوزهٔ فنّاوری نانو و ضمانت اجرایی ضعیف برای آن، (Y16) اختصاص نیافتن بودجه و اعتبارات کافی به بخش کشاورزی در حوزهٔ فنّاوری نانو، (Y17) تخصیص نامناسب بودجه بین واحدها و بخش‌های فعال در حوزهٔ فنّاوری نانو کشاورزی. این متغیرها از طریق مطالعه و مرور آثار و پژوهش‌های نظری در حیطهٔ مسئلهٔ مورد پژوهش، به ویژه تحقیق‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور و نیز مصاحبهٔ حضوری و نیمه ساختارمند با برخی از اعضای کمیتهٔ فنّاوری نانو وزارت جهاد کشاورزی و دیگر آگاهان کلیدی شناسایی و استخراج شدند. برای اندازه‌گیری بخش دوم از مقیاس نمره‌دهی۱۰ درجه‌ای (صفر= کم‌ترین؛ ۱۰= بیش‌ترین) استفاده شد. در شکل۱ مدل اندازه‌گیری و ساختاری مفهومی مربوط با موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور آمده است. در این مدل موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران به پنج دستهٔ زیرساختی، سیاست‌گذاری، اطلاعاتی، قانونی و مالی تقسیم شده است.

برای تعیین اعتبار سازه[3] از روش تحلیل عاملی استفاده شده است. در این زمینه، برای ارزیابی اعتبار سازه‌ای ابزار تحقیق مراحل زیر پیشنهاد شده است [۱۷]:

۱. انجام تحلیل عاملی اکتشافی به منظور مشخص کردن عامل‌های اساسی؛

۲. تصمیم‌گیری در مورد تعداد عامل‌های مورد نیاز برای تبیین متغیرهای مشاهده شده؛

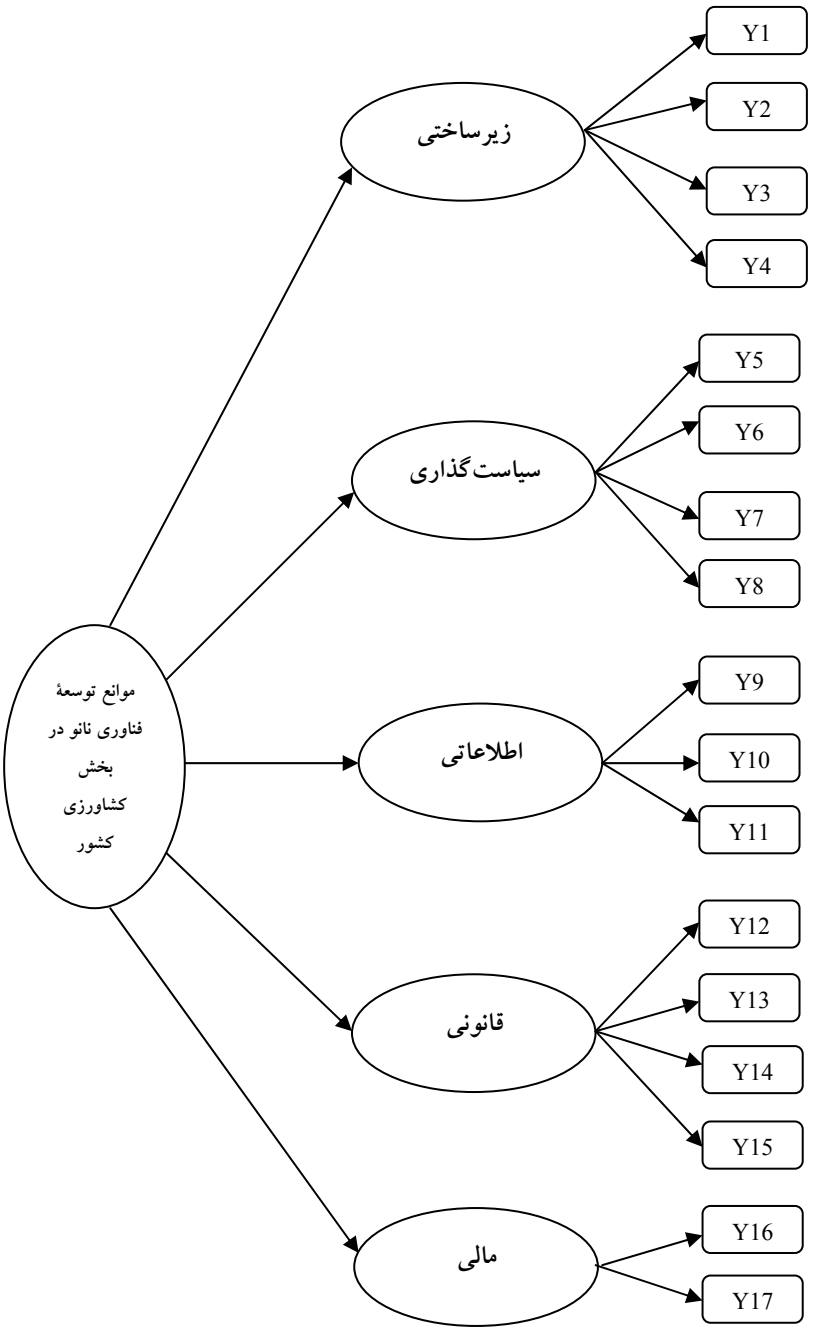
1. Research Paradigm
2. Quantitative Research Method
3. Construct Validity

Archive of SID

www.SID.ir

۳. چرخش عامل‌ها و کنار گذاشتن متغیرهایی که روابط ضعیفی با عوامل استخراج‌شده دارند یا بیش از یک عامل را معرفی می‌کنند؛

۴. تحلیل عوامل تأییدی گویه‌های باقیمانده به منظور تأیید ساختار نظری ابزار تحقیق و نیکویی برازش آن با داده‌های مشاهده‌شده است.



شکل ۱) مدل اندازه‌گیری و ساختاری مفهومی مربوط به موانع توسعهٔ فناوری‌نانو در بخش کشاورزی کشور

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین، در این تحقیق برای تعیین پایایی و هم‌سانی درونی گویه‌های پرسش‌نامه از آلفای کرونباخ استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

چنان‌که از نتایج جدول ۲ پیداست، مقادیر آلفای کرونباخ به‌دست آمده برای هریک از مقیاس‌های اصلی پرسش‌نامه در حد مناسب (بالای ۰/۷) بود که بر پایایی بالای ابزار تحقیق دلالت می‌کند.

جدول۲) آلفای کرونباخ برای هریک از مقیاس‌های اصلی پرسش‌نامه

ردیف	مقیاس‌های اصلی	مقدار آلفای کرونباخ
۱	زیرساختی	۰/۷۳
۲	سیاست‌گذاری	۰/۸۱
۳	اطلاعاتی	۰/۹۳
۴	قانونی	۰/۸۸
۵	مالی	۰/۷۹

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش آمار توصیفی از آماره‌هایی همچون فراوانی، میانگین، انحراف معیار و نما استفاده شد. همچنین در بخش آمار استنباطی، برای استخراج عامل‌ها از روش تحلیل عاملی اکتشافی[1] و به منظور تعیین اعتبار سازه‌ای و برازش الگو از روش تحلیل عاملی تأییدی[2] و مدل معادلات ساختاری[3] استفاده شده است. در ضمن، از نرم‌افزار SPPS و LISREL برای پردازش داده‌ها بهره‌گرفته شده است.

۳- نتایج تحقیق

۳-۱ آمار توصیفی

جدول ۳ بیانگر توزیع فراوانی محققان مورد مطالعه بر حسب جنس آمده است. با توجه به نتایج، مشخص شد که مردان ۹۳/۳ درصد از پاسخگویان را تشکیل می‌دادند و تنها در حدود ۶/۷ درصد از محققان مورد مطالعه زنان بودند.

جدول ۳) توزیع فراوانی محققان مورد مطالعه بر حسب جنس

شماره	جنس	فراوانی	درصد
۱	مرد	۱۱۲	۹۳/۳
۲	زن	۸	۶/۷
۳	کل	۱۲۰	۱۰۰

توزیع فراوانی محققان مورد مطالعه بر حسب سن در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که از اطلاعات برمی‌آید، بیش‌تر پاسخگویان (۴۵ درصد) به گروه سنی ۳۶ تا ۴۲ سال تعلق داشتند. کم‌ترین فراوانی (۸/۳ درصد) متعلق به ردهٔ سنی بیش‌تر از ۵۰ سال بود. در ضمن جوان‌ترین و مسن‌ترین پژوهشگران در بین پاسخگویان طرف مطالعه به‌ترتیب ۳۱ و ۵۴ سال داشتند.

جدول ۴) توزیع فراوانی محققان مورد مطالعه بر حسب گروه سنی

شماره	گروه سنی(سال)	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
۱	کم‌تر از ۳۵	۳۱	۲۵/۸	۲۵/۸
۲	۳۶ تا ۴۲	۵۴	۴۵	۷۰/۸
۳	۴۳ تا ۴۹	۲۵	۲۰/۹	۹۱/۷
۴	بیش‌تر از ۵۰	۱۰	۸/۳	۱۰۰
۵	کل	۱۲۰	۱۰۰	
میانگین= ۴۰ نما= ۳۷ کم‌ترین= ۳۱ بیش‌ترین= ۵۴ انحراف معیار= ۵/۸				

نتایج به‌دست آمده در خصوص برخی از ویژگی‌های حرفه‌ای محققان مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵) مشخصه‌های آماری مربوط به برخی ویژگی‌های حرفه‌ای محققان مورد مطالعه

ردیف	مشخصه‌های حرفه‌ای	پارامترهای آماری					
		میانگین	میانه	نما	انحراف معیار	کم‌ترین	بیش‌ترین
۱	سابقه فعالیت (سال)	۱۲/۶	۱۱	۹	۶/۳۸	۶	۳۰
۲	تعداد طرح پژوهشی انجام‌شده (در نقش مجری، همکار و مشاور)	۱۳/۸	۱۲	۱۱	۷/۷۸	۵	۳۴
۳	تعداد مقاله‌های علمی- پژوهشی منتشرشده	۷	۵/۵	۵	۴/۵۶	۲	۳۱
۴	تعداد کتاب‌های منتشرشده (ترجمه و تألیف)	۱/۲	۱	۰	۰/۹۵	۰	۴
۵	تعداد دوره‌های آموزشی گذرانده‌شده	۴/۳	۲	۰	۱/۵	۰	۸
۶	تجربه همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشاورزی کشور (سال)	۳/۸	۲	۰	۲/۳۸	۰	۱۲

1.Exploratory Factor Analysis
2. Co nfirmatory Factor Analysis
3. Structural Equation Modeling

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۴ مشخص می‌شود که سابقهٔ فعالیت محققان مورد مطالعه ۱۲/۶ سال بود. همچنین، به لحاظ تعداد طرح‌های پژوهشی انجام‌شده، تعداد مقاله‌های علمی-پژوهشی و کتاب‌های منتشرشده به ترتیب پاسخگویان مورد مطالعه میانگین‌های ۱۳/۸، ۷ و ۱/۲ را احراز کرده‌اند. به همین منوال، میانگین تعداد دوره‌های آموزشی گذرانده‌شده و تجربهٔ همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشاورزی، به ترتیب ۴/۳ و ۳/۸ بود.

۳-۲ آمار استنباطی

الف- تحلیل عاملی اکتشافی

به منظور دسته‌بندی و استخراج عامل‌های مرتبط با موانع تأثیرگذار ب توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران و تعیین مقدار واریانس تبیین‌شده به وسیله هرکدام از متغیرها در قالب عامل‌های دسته‌بندی‌شده، از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. برای تشخیص مناسب بودن داده‌های مربوط به مجموعهٔ متغیرها یا گویه‌های معنی‌داری آزمون بارتلت در سطح معنی‌داری ۱ درصد و مقدار مناسب مورد تحلیل، از آزمون بارتلت و شاخص KMO بهره گرفته شده است. KMO (جدول ۶)، حاکی از همبستگی مجموعه‌ای و مناسبت متغیرهای مورد نظر برای تحلیل عاملی بود.

جدول ۶) مقدار KMO و آزمون بارتلت و سطح معنی‌داری

مجموعهٔ مورد تحلیل	مقدار KMO	مقدار بارتلت	سطح معنی‌داری(Sig.)
موانع و مشکلات توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران	۰/۸۹۸	۱۷۰۵/۸۳۲	۰/۰۰۰

بر اساس یافته‌های حاصل از جدول ۷، به‌طور کلی پنج عامل استخراجی در مجموع ۷۷/۴۹۹ کل واریانس را تبیین کردند که حاکی از درصد قابل قبول واریانس تبیین‌شده به‌وسیله عامل‌های مزبور دارد.

وضعیت قرارگیری مجموعه متغیرهای مرتبط با موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران، با توجه به عوامل استخراج‌شده با فرض واقع شدن متغیرهای دارای بار عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ پس از چرخش عامل‌ها به روش وریماکس و نام‌گذاری عامل‌ها، در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۷) عامل‌های استخراج‌شده همراه با مقدار ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی آن‌ها

شماره	عامل‌ها	مقدار ویژه	درصد واریانس مقدار ویژه	درصد واریانس تجمعی
۱	زیرساختی	۳/۴۴۴	۱۸/۱۴۳	۱۸/۱۴۳
۲	سیاست‌گذاری	۳/۱۰۱	۱۷/۰۱۲	۳۵/۱۵۵
۳	اطلاعاتی	۲/۹۸۲	۱۶/۱۵۶	۵۱/۳۱۱
۴	قانونی	۲/۴۵۲	۱۴/۵۴۶	۶۵/۸۵۷
۵	مالی	۱/۱۲۶	۱۱/۶۴۲	۷۷/۴۹۹

جدول ۸) متغیرهای مربوط به هر یک از عوامل و میزان بارهای عاملی به‌دست آمده از ماتریس چرخش یافته

گویه‌ها	عامل‌های استخراج‌شده				
	زیرساختی	سیاست‌گذاری	اطلاعاتی	قانونی	مالی
Y1	۰/۸۸۱				
Y2	۰/۷۶۲				
Y3	۰/۷۳۶				
Y4	۰/۵۹۵				
Y5		۰/۸۷۱			
Y6		۰/۷۰۹			
Y7		۰/۶۷۴			
Y8		۰/۵۷۵			
Y9			۰/۸۳۸		
Y10			۰/۸۱۱		
Y11			۰/۷۲۴		
Y12				۰/۶۳۹	
Y13				۰/۶۲۱	
Y14				۰/۵۴۰	
Y15				۰/۵۱۵	
Y16					۰/۶۱۱
Y17					۰/۶۰۱

ب- تحلیل عاملی تأییدی و مدل معادلات ساختاری

برای بررسی اعتبار سازه‌ای پرسش‌نامه و برازش الگوی اندازه‌گیری و

Archive of SID

www.SID.ir

ساختاری مربوط به موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار لیزرل، تحلیل عاملی تأییدی شدند. در جدول ۸ نتایج حاصل از تحلیل عاملی تأییدی آمده است. شاخص‌های برازندگی حاکی از برازش خوب مدل مورد مطالعه با داده‌های مشاهده‌شده است. شاخص نیکویی برازش (GFI= 0.92) و شاخص تعدیل‌شده نیکویی برازش (AGFI= 0.88) هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، حاکی از برازش مناسب مدل است.. همچنین، معیار ریشهٔ میانگین باقی‌مانده‌ها (RMS= 0.51) که شاخصی برای اندازه‌گیری متوسط باقی‌مانده‌هاست، هرچه کوچک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ برازش خوب مدل است. از سوی دیگر، مجذور کای (X^2= 109.34) و سطح معنی‌داری (P= 0.013) و کمیت‌های t (در سطح معنی‌داری ۰/۰۵)، حاکی از عدم تفاوت معنی‌داری داده‌های مشاهده‌شده با مدل هستند.

با توجه به نتایج کسب‌شده در جدول ۹ می‌توان نتیجه گرفت که عامل‌های زیرساختی، سیاست‌گذاری، اطلاعاتی، قانونی و مالی، تا حدود زیادی ابعاد مستقل و مجزای موانع توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی ایران را اندازه می‌گیرند.

جدول ۹) تحلیل عاملی تأییدی مدل مفهومی تحقیق، روایی و اعتبار مدل اندازه‌گیری و بارهای عاملی استاندارد شده متغیرهای مورد مطالعه

عامل‌ها	متغیرها	بارهای عاملی استانداردشده	SMC
زیرساختی	Y1	۰/۷۲۷	۰/۲۷
	Y2	۰/۶۲۳	۰/۱۸
	Y3	۰/۵۲۳	۰/۴۳
	Y4	۰/۵۶۸	۰/۳۶
سیاست‌گذاری	Y5	۰/۷۷۶	۰/۶۰
	Y6	۰/۷۰۱	۰/۴۱
	Y7	۰/۶۳۲	۰/۵۴
	Y8	۰/۵۱۲	۰/۷۶
اطلاعاتی	Y9	۰/۸۱۲	۰/۶۱
	Y10	۰/۸۰۱	۰/۶۳
	Y11	۰/۷۰۱	۰/۴۶
قانونی	Y12	۰/۶۳۲	۰/۶۸
	Y13	۰/۶۱۱	۰/۷۷
	Y14	۰/۵۳۱	۰/۶۶
	Y15	۰/۵۰۱	۰/۵۴
Y17	Y16	۰/۶۰۱	۰/۶۲
		۰/۵۹۱	۰/۵۹

شاخص‌های برازندگی:
AGFI= 0.88 GFI= 0.92 RMS= 0.51 X^2= 109.34 P= 0.013
کمیت t برای تمام گویه‌ها در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

بی‌تردید، یکی از مهم‌ترین ملزومات توسعهٔ فنّاوری‌های نوظهور از جمله فنّاوری نانو، توجه به زیرساخت‌ها و امکانات سخت‌افزاری ضروری برای توسعهٔ آن‌هاست که باید مورد شناسایی، تقویت و استفادهٔ بهینه قرار گیرند؛ بی‌گمان، هرگونه کوتاهی در این زمینه فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو را به تأخیر خواهد انداخت. این موضوع با توجه به یافته‌های کسب‌شده از تحلیل عاملی و وارد شدن عامل زیرساختی در تحلیل، مورد تأیید قرار گرفته است. اهمیت عامل اشاره‌شده، در مطالعات مایز و هلستن نیز تأکید شده است.

همچنین، درک عمومی و نگرش به یک فنّاوری در حال ظهور می‌تواند تأثیر عمیقی بر دامنهٔ استفاده و کاربرد آن فنّاوری داشته باشد. نگرش و درک اشتباه و حتی نبود یک درک عمومی از یک فنّاوری خاص، به واکنش منفی افراد درباره آن فنّاوری می‌انجامد [۱۸، ۲۰،۱۹]. این موضوع بر اهمیت و ضرورت برنامه‌های اطلاع‌رسانی و آگاهی‌سازی تأکید دارد که همواره به منزلهٔ یکی از مؤلفه‌های اصلی فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو در کشورهای پیشرو مورد توجه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قرار گرفته است، به‌گونه‌ای که از آن به دروازه‌های طلایی ورود به عرصه فنّاوری نانو یاد می‌کنند. این موضوع با توجه به یافته‌های کسب‌شده از تحلیل عاملی که در آن عامل «اطلاعاتی» در اولویت سوم قرار گرفته، تأیید شده است. اهمیت عامل واردشده در تحلیل، در مطالعات متعددی همچون مایز[۱۴]، آیگرین[۱۵] و هلستن[۱۶] نیز مورد تأکید واقع شده است.

با توجه به یافته‌های تحقیق، یکی دیگر از موانع و مشکلات اصلی توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی که در مدل مورد مطالعه تأیید شده بود، موارد قانونی‌اند که فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو را با دشواری مواجه ساخته‌اند. البته این موضوع، بیش از آن‌که مسئله‌ای ملی باشد، موضوعی بین‌المللی به‌شمار می‌رود. در این زمینه، با توجه به تلاش‌ها و اقدامات مختلفی که از سوی کشورهای پیشرو در حوزهٔ فنّاوری نانو و نیز برخی سازمان‌های بین‌المللی همچون FDA[1]، سازمان جهانی استاندارد و جز آن‌ها در دست انجام است، پیوستن کشور به معاهدات و توافقات بین‌المللی و نیز همکاری با آن‌ها می‌تواند در رفع سریع‌تر مسائل قانونی در کشور راهگشا باشد.

1. Food and Drug Administration

Archive of SID

www.SID.ir

۵- پیشنهادها

۱- با توجه به نتایج حاصل از تحلیل عاملی و قرار گرفتن عامل زیرساختی در چارچوب مدل مفهومی تحقیق، پیشنهاد می‌شود برای تسهیل و تسریع فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور مواردی همچون حمایت از شکل‌گیری صندوق‌های خطرپذیر برای تأمین مالی فنّاوری نانو در بخش کشاورزی، فراهم ساختن ساختارهای حمایتی (مانند مراکز رشد، خوشه‌های صنعتی، پارک‌های فنّاوری در حوزهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی) و تجهیزات و امکانات سخت‌افزاری مورد نیاز و آماده‌سازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مؤسسات تحقیقاتی تابع وزارت جهاد کشاورزی برای پیوستن به شبکهٔ ملی زیرساخت‌ها، و توجه به بخش خصوصی و حمایت از آن و رفع موانع به‌منظور حضور مؤثرتر آن‌ها در عرصهٔ تولید و توسعهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی، در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری بخش کشاورزی مورد توجه مسئولان و دست‌اندرکاران امر قرار گیرند.

۲- با توجه به یافته‌های به‌دست آمده از تحلیل عاملی و وارد شدن عامل سیاست‌گذاری در مدل، به‌منظور هموار ساختن مسیر توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی کشور پیشنهاد می‌شود مواردی از قبیل افزایش سطح آگاهی و شناخت مخاطبان مختلف بخش کشاورزی شامل سیاستگذاران، مدیران، بهره‌برداران و غیره (به شیوه‌های گوناگون اعم از اجرای برنامه‌های ترویجی هدفمند، برگزاری سخنرانی‌ها و کارگاه‌های آموزشی، برپایی نمایشگاه‌ها و مانند آن‌ها)، ایجاد ساختار مدیریتی باثبات در حوزهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی و اعمال پشتیبانی‌های قانونی نیرومند و به دور از هر گونه کشمکش‌های سیاسی از آن، برقراری تعامل و ارتباط مؤثر بین نمایندگان ذی‌ربط در کمیتهٔ فنّاوری نانوی وزارت جهاد کشاورزی به منظور برنامه‌ریزی و پیشبرد یکپارچهٔ برنامه‌ها و اقدامات مربوط و در نهایت، تدوین و ابلاغ قوانین و مقرراتی به بخش‌های ذی‌ربط به‌منظور حمایت و حصول اطمینان از پیاده‌سازی برنامه‌های تدوین‌شده در بخش کشاورزی در حوزهٔ فنّاوری نانو، در اولویت قرار گیرند.

۳- با توجه به نتایج کسب‌شده از تحلیل عاملی و قرار گرفتن عامل اطلاعاتی در مدل، پیشنهاد می‌شود ضمن برنامه‌ریزی به‌منظور ایجاد یک شبکهٔ اطلاعاتی- ارتباطاتی قوی بین افراد فعال در حوزهٔ فنّاوری نانوی کشاورزی به‌منظور تسهیم اطلاعاتی میان آن‌ها، از طریق طراحی و اجرای برنامه اطلاع‌رسانی مناسب در بخش کشاورزی برای آگاهی‌بخشی مخاطبان در سطوح مختلف، زمینه‌های مشارکت پایدار آنان را در فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو فراهم آورد؛ اهمیت این موضوع با توجه به این‌که هنوز در مراحل ابتدایی فرایند توسعهٔ فنّاوری نانو در بخش کشاورزی قرار داریم، دوچندان خواهد بود. در این زمینه، تشکیل بانک اطلاعاتی موثق و روزامد در بخش کشاورزی برای در دسترس قرار دادن اخبار و اطلاعات مربوط در اختیار ذی‌نفعان، نیز می‌تواند مؤثر افتد.

منابع References

[1] USDA , 2003; 21st Century Agriculture: A Critical Role for Science and Technology. From: www.fas.usda.gov.

[2] Opara, L.U. , 2002; Agricultural Engineering education and research in knowledge-based economy. In: Kosutic, S [Ed.]. Proc. of the 30th International Symposium on Agricultural Engineering, Zagreb, Croatia, pp: 33-46.

[3] Opara, L.U.,2001; Historical evolution and tasks for Agricultural Engineering in the new millennium. In: Kosutic, S [Ed.]. Proceedings of the 29th International Symposium on "Actual Tasks for Agricultural Engineering", Zagreb, pp: 1-20.

[4] Opara, L.U., 2003; Traceability in agriculture and food supply chains: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects. Food, Agriculture & Environment, 1(1): 101-106.

[5] Opara, L.U.,2004; "Emerging Technological Innovation Triad for Smart Agriculture in the 21st Century. Part I. Prospects and Impacts of Nanotechnology in Agriculture". Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Invited Overview Paper. Vol. VI, pp: 34.

[۶] سلطانی, علی محمد ،۱۳۸۳؛ نانوتکنولوژی و جمهوری اسلامی ایران, بایدها و نبایدها. دفتر همکاری‌های فنّاوری کمیته مطالعات سیاست نانوتکنولوژی، ص ۴.

[7] Warad, C. and Dutta, J. , 2006; Nanotechnology for Agriculture and Food Systems: A View. Microelectronics, School of Advanced Technologies, Asian Institute of Technology, pp: 8-10.

[8] PCAST , 2008; Second Evaluation of National Nanotechnology Initiative Program in the United States. April 2008.

[9] Parr, D. , 2005; Will nanotechnology make the world a better place? Trends Biotechnology, 23 (8): 395–398.

[10] Das, R., et al , 2004; Integration of Photosynthetic Protein Molecular Complexes in Solid-State Electronic Devices. Nano Letters, 4 (6): 1079 -1083.

Archive of SID

www.SID.ir

[11] Johnson, A. , 2006; Agriculture and Nanotechnology. Website: http://tahan. com /Charlie/nanosociety.

[12] Schaller R. and Klimov, V., 2004; High Efficiency Carrier Multiplication in PbSe Nanocrystals: Implications for Solar Energy Conversion Phys. Rev. Lett. 92, 186601.

[۱۳] ستاد ویژه توسعهٔ فنّاوری نانو، ۱۳۸۴؛ سند تکمیلی راهبرد آینده (راهبرد ۱۰ ساله توسعهٔ فنّاوری نانو در ایران). ویرایش پنجم, ص ۲ و ۳۲. سایت ستاد ویژه توسعهٔ فنّاوری نانو کشور (www.nano.ir).

[14] Mize, Scott , 2005; The Foresight Nanotechnology Challenges. Foresight Nanotechnology Institute, p: 19. May 2005.

[15] Aigrain, Jacques and Mumenthaler, Christian ,2006; The Risk Governance of Nanotechnology: Recommendations for Managing a Global Issue, pp 4-6.

[16] Hellsten, Eva, 2007; The European nanotechnology strategy: environmental and health aspects. Group on Nanosciences and Nanotechnologies, pp: 6-13. September 2007.

[۱۷] قاضی طباطبایی، محمود ، ۱۳۷۴؛ مدل‌های ساختاری کوواریانس یا مدل‌های لیزرل در علوم اجتماعی. نشریه علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، شماره ۲، ص: ۱۱۷–۹۸.

[18] Cobb, M. and Macoubrie, J. , 2006; Public Perceptions about Nanotechnology: Risks, Benefits and Trust. Prepared report at the North Carolina State University.

[19] Friedman, S. and Egold, B. , 2005; Nanotechnology: risks and the media. IEEE Tech Soc Magazine, 24 ,4: 5–11.

[20] 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.

Archive of SID