

# معرفی مدل مناسب انتقال نانوفناوری سطوح خودتمیزشونده به شهرداری‌ها<sup>۱</sup>

وحید حُسنی هنزایی\*، کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه فردوسی مشهد

شمس‌الدین ناظمی\*\*، استاد گروه مدیریت، دانشگاه فردوسی مشهد

## چکیده

انتقال فناوری از حوزه‌های اثرگذار فعالیت‌های مدیریت فناوری بوده و در عرصه فناوری‌های نوین امری اجتناب‌ناپذیر است. این مقاله با انتخاب و اولویت‌بندی روش‌های اکتساب فناوری، در صدد تحقق انتقال موفق نانوفناوری است. با مطالعه ادبیات تحقیق و بررسی مراحل و مدل‌های انتقال فناوری، مجموعه‌ای از روش‌های انتقال فناوری و مؤلفه‌های مؤثر بر انتخاب این روش‌ها به دست آمده است. با بررسی تطبیقی مدل‌های موجود برای انتخاب روش انتقال فناوری، دو گروه از مدل‌ها معرفی گردید که برای پیشنهاد و اولویت‌بندی روش‌های مناسب، مورد استفاده قرار گرفت. با توزیع پرسشنامه بین اعضای گروه تصمیم که از بین استادان و پژوهشگران حوزه نانوفناوری به روش گلوله‌برفی انتخاب شده‌اند، وزن مؤلفه‌ها به دست آمد و انتخاب روش با تکنیک تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی و مقایسه‌های زوجی صورت پذیرفت. با همگرایی پاسخ کارشناسان، گروه تصمیم با ۱۴ نفر شکل گرفت. نتایج تحقیق نشان داد با توجه به معیارهای "هزینه دستیابی به فناوری"، "استفاده اثربخش از مزایای فناوری"، "وجود منابع کسب فناوری"، "توجه به ویژگی‌های خاص نانوفناوری" و "سیاست‌های پیشبرد نانوفناوری" که در انتقال فناوری مؤثر هستند، روش‌های "برون‌سپاری کل فعالیت‌های مرتبط با کسب فناوری" در اولویت اول و "خرید محصولات فناوری"، "اخذ مالکیت شرکت"، "برون‌سپاری تحقیق و توسعه" و "ایجاد واحد تجاری مشترک" به ترتیب در اولویت‌های بعدی انتقال نانوفناوری سطوح خودتمیزشونده قرار می‌گیرند.

**واژه‌های کلیدی:** اکتساب فناوری، روش انتقال فناوری، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

(FAHP)، نانوفناوری.

---

۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده به راهنمایی دکتر شمس‌الدین ناظمی در دانشگاه فردوسی مشهد است که از حمایت مالی و معنوی مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد برخوردار بوده است.

\* نویسنده مسئول؛ [vahidhosni@gmail.com](mailto:vahidhosni@gmail.com)

\*\* [nazemi\\_shm@um.ac.ir](mailto:nazemi_shm@um.ac.ir)

## ۱- مقدمه

به دلیل نقش بی‌بدیل فناوری بر موفقیت سازمان‌های امروزی، مدیریت اثربخش آن که مستلزم توجه به ابعاد گوناگونی است، اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از بحث‌های مدیریت فناوری، فرایند انتقال آن است. روشی که برای اکتساب فناوری به کار گرفته می‌شود در موفقیت مدیریت فناوری و نهایتاً بهبود عملکرد سازمان تأثیر بسزایی خواهد داشت (نوری، ۱۳۸۳). بسیاری از فعالان عرصه نانو اعم از پژوهشگران و صنعتگران در جستجوی بهترین راه برای انتقال این نوع فناوری هستند. اولویت‌های پژوهشی اعلام شده توسط "ستاد ویژه توسعه فناوری نانو" شاهدهی بر این امر و نشان‌دهنده نیاز کشور به انتقال فناوری است (ستاد نانو، ۲۰۱۰).

مسائل کلیدی در زمینه انتقال فناوری، سؤالاتی را در ذهن هر پژوهشگر و سازمان متقاضی آن فناوری طرح می‌کند که اهم آن‌ها عبارت است از: آیا صرفاً با انجام یک پروژه می‌توان ادعا کرد که فناوری مورد بحث منتقل شده است؟ با فرض انتقال کامل، آیا روش انتخابی بهترین گزینه ممکن بوده است؟ آیا در هر مرحله، دانش مورد نظر به درستی منتقل شده است؟ شاخص‌های مورد نظر در هر مرحله کدامند و چگونه ارزیابی می‌شوند؟ و .... معمولاً در سازمان‌های مختلف و شرکت‌هایی که یک مدل مدون و مناسب برای انتقال فناوری ندارند، با تغییر کارکنان و مسئولان، جریان انتقال فناوری نیز تغییر می‌کند در حالی که الزامات فنی آن تغییر نکرده است. از این رو مدیریت مناسب و علمی فناوری‌هایی که در اختیار قرار می‌گیرند نیازمند یک مدل مناسب است (قاسمی، ۱۳۸۳). در نبود یک مدل مناسب، از تمام ظرفیت‌های فناوری استفاده نمی‌شود و در بسیاری موارد ممکن است پروژه انتقال فناوری با شکست مواجه شود. لذا تحقیق حاضر در پی روش مناسب انتقال فناوری در قالب مدل‌های مناسب آن است.

نانوفناوری مانند همه فناوری‌ها به دنبال تسهیل امور و انجام برخی کارهای ناممکن است با این تفاوت که اثرگذاری آن بسیار زیاد ارزیابی شده است. این فناوری کاربردهای فراوانی دارد که بسیاری از آن‌ها در خدمات شهری کارآمد هستند. حال که مراکز دولتی با سرمایه‌گذاری کلان و گسترده خود در حوزه تحقیقات، پایه این علم را در داخل گسترانده‌اند، انتظار می‌رود سایر نهادها در کاربردی نمودن و استفاده از امکانات این فناوری بکوشند و آن را هرچه بهتر در خدمت توسعه آورند، چرا که نبود همکاری راهبردی بین مراکز مرتبط با نانوفناوری موجب کاهش کارایی عملکرد در این بخش‌ها خواهد شد (صالحی و دیگران، ۱۳۹۰).

نانوفناوری سطوح خودتمیز شونده، از ساختارهای نانو مستقر بر روی برگ نیلوفرهای آبی، الهام گرفته شده است (چنگ و همکاران، ۲۰۰۶). این فناوری زمینه‌ای برای رفع یکی از نیازهای شهرداری‌ها

یعنی زیباسازی و نظیف اماکن، نماها، تندیس‌ها و ابنیه مربوط به شهرداری است. سالانه میلیون‌ها ریال سرمایه، وقت، نیروی کار، آب و مواد شوینده صرف این خدمات می‌شود. گاهی نگهداری نماها، تندیس‌ها و آثار موجود در سطح شهر دشوار یا ناممکن است: باران‌های اسیدی موجب فرسایش و کوتاه شدن عمر این آثار می‌شود. پاکیزه‌سازی نماهای بلند و ساختمان‌ها نیز بدون استفاده از تجهیزات بالابر و نیروی انسانی زیاد، ممکن نیست. نانو فناوری محصولات می‌تواند چون سطوح و پوشش‌های نانومتری خود تمیز شونده، مواد آب‌گریز و رنگ‌های خود تمیز شونده را عرضه نموده که برای سطوح مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (سلوتی، ۱۳۸۶: ۲۱۱). این مواد بادوام می‌توانند با تسریع بهبود، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و همچنین امکان‌پذیر کردن برخی خدمات شهری، اثربخش واقع شود. وضعیت مطلوب، تعیین مدل مناسب انتقال نانو فناوری و مدیریت این فناوری در تمام جنبه‌های خدمات شهری است. با استفاده از سطوح و رنگ‌های خود تمیز شونده و مواد آب‌گریز در تمامی مواردی که ذکر شد سطوح خود به خود تمیز می‌شوند. این فناوری، آلودگی‌ها، چربی‌ها و آلاینده‌ها را تصعید می‌کند. آب‌گریز بودن این رنگ‌ها و سطوح موجب می‌شود که نماها و تندیس‌ها از باران‌های اسیدی، و اتوبوس‌ها از گل و لای خیابان‌ها بدون شستشو تمیز شوند. این ویژگی که به «اثر لوتوس»<sup>۱</sup> معروف است، همچنین موجب می‌شود که ذرات قرار گرفته بر سطوح مختلف با آب و رطوبت اندکی در حد شبنم شسته شود. رنگ‌ها و سطوح خود تمیز شونده، طول عمر سطوح و نقاشی‌های شهری و نماها را در برابر بارش‌های باران، باران‌های اسیدی و همچنین نور خورشید بیشتر می‌کند (بوشن<sup>۲</sup> و جان، ۲۰۱۱).

با وجود چنین مزایایی ممکن است به دلیل نبود ساز و کار علمی مدون و راهبردی، ورود این فناوری به خدمات شهری شهرداری مشهد به کندی صورت گیرد یا آنکه استفاده از آن به صورت جزیره‌ای و محدود باشد و تمام ظرفیت‌های آن در خدمت شهرداری قرار نگیرد؛ در حالی که از طرف دیگر با افزایش آلاینده‌ها و گسترش شهر هزینه‌های نظیف همچنان افزایش یافته و از کیفیت آن کاسته شود. شهرداری مشهد می‌تواند با انتخاب مدل و ساز و کارهای مناسب اکتساب فناوری، از نانو فناوری به گونه‌ای موفق و اثربخش استفاده کند.

مستقل از این مسئله که مجموعه شهرداری فعالیت‌های انتقال فناوری شامل شناسایی، انتخاب، جذب، بهره‌برداری و ارتقا یا انتشار فناوری (فرخ، پاول و رابرتز، ۲۰۰۱: ۹) را توسط کدام سازمان، بخش یا نهاد انجام دهد، مدیریت فناوری لزوماً با هماهنگی و ساختاردهی به این اقدامات و بخش‌ها ممکن خواهد بود.

1- «Lotus effect» (لوتوس نوعی نیلوفر آبی است)

2- Bhushan

## ۲- مروری بر مفاهیم پژوهش

### ۲-۱- انتقال فناوری و مراحل آن

انتقال فناوری "فرایند آماده کردن فناوری طراحی شده برای یک هدف سازمانی، جهت استفاده در سازمان‌های دیگر و برای اهداف بالقوه مفید دیگر" تعریف می‌شود (خلیل، ۱۳۸۴: ۵۱۴). در تعریفی دیگر انتقال فناوری را به معنای جابجایی یک فناوری از یک بخش به بخش دیگر به منظور اثربخشی بیشتر در بخش مبدأ دانسته‌اند (کرمیک، ۲۰۰۳). در این تحقیق، منظور از انتقال فناوری دستیابی مجموعه شهرداری به نانوفناوری برای تمیز کردن سطوح مختلف است. با توجه به تعریف دوم انتقال فناوری نانو از شرکت‌های تولیدکننده دانش‌بنیان نیز از مصادیق بارز انتقال فناوری می‌باشد.

برای تقسیم‌بندی مراحل مختلف انتقال فناوری، باید مدل‌های مدیریت فناوری بررسی شود. از جمله متداول‌ترین این مدل‌ها، مدل گریگوری<sup>۱</sup> است که به مدل عمومی مدیریت فناوری معروف است. در این مدل از شناسایی<sup>۲</sup>، انتخاب<sup>۳</sup>، اکتساب<sup>۴</sup>، بکارگیری یا بهره‌برداری<sup>۵</sup> و محافظت<sup>۶</sup> یا نشر فناوری به عنوان مراحل انتقال فناوری نام برده شده است. مدل گریگوری دارای مزیت عمومی و شامل تمام فعالیت‌های مدیریت فناوری در یک سازمان است (جدول ۱).

جدول ۱- اجزای مدل مدیریت عمومی فناوری

ردیف	فعالیت	شرح
۱	شناسایی	شناسایی فناوری‌هایی که برای سازمان حائز اهمیت هستند.
۲	انتخاب	انتخاب فناوری‌هایی که باید از فعالیت‌های کسب و کار سازمان پشتیبانی نمایند.
۳	اکتساب	اکتساب فناوری انتخاب شده.
۴	بهره‌برداری	بکارگیری فناوری برای کسب سود یا سایر منافع.
۵	محافظت/نشر	بنا به نوع سازمان، محافظت یا نشر دانش و تخصص نهفته در محصولات و فرآیندهای سیستم‌های تولیدی و خدماتی.

منبع: گریگوری (۱۹۹۵)، به نقل از جعفرنژاد (۱۳۸۸: ۲۲).

در تحقیق حاضر، شناسایی و انتخاب مدل مناسب انتقال فناوری مورد مطالعه قرار می‌گیرد که بیشتر ناظر بر مرحله اکتساب فناوری است. برای اکتساب فناوری، روش‌های متعددی وجود دارند که اعم آن‌ها در ادامه با شرح مختصری نام برده می‌شوند.

- 1- Gregory
- 2- Identification
- 3- Selection
- 4- Acquisition
- 5- Implementation
- 6- Protection

## ۲-۲- روش‌های انتقال فناوری

برای انتقال فناوری روش‌های مختلفی وجود دارد. این روش‌ها که توسط گیرندگان و صاحبان فناوری به صورت یک جانبه یا دو جانبه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طور کلی عبارتند از:

- **همکاری در تحقیق و توسعه<sup>۱</sup>**: این شیوه همکاری به چند طریق امکان پذیر است:
  - تحقیق و توسعه مشترک<sup>۲</sup>**: دو شرکت بدون آن که سهام یکدیگر را خریداری کنند، نسبت به پژوهش و تحقیق مشترک درباره یک فناوری خاص اقدام می‌کنند.
  - قرارداد تحقیق و توسعه<sup>۳</sup>**: سازمان هزینه انجام پروژه‌های پژوهشی در مراکز دانشگاهی یا تحقیقاتی را بر عهده می‌گیرد تا فناوری خاصی توسعه یابد. به این روش، سرمایه‌گذاری در تحقیقات هم گفته می‌شود (کیه‌زا، مانزینی و تسیلا، ۲۰۰۰).
  - قراردادهای پیمان کاری تحقیق و توسعه<sup>۴</sup>**: سازمان، بخشی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه خود را به صورت یک پروژه تعریف و به صورت قرارداد پیمان کاری به سازمان‌های دیگر واگذار می‌کند. به این روش برون‌سپاری تحقیق و توسعه نیز گفته می‌شود.
- **سرمایه‌گذاری مشترک<sup>۵</sup>**: دو یا چند بنگاه، توان فناورانه دانش و منابع خود را برای توسعه یک فناوری خاص به اشتراک می‌گذارند. حاصل این همکاری ایجاد یک شرکت سوم است که ممکن است عمر محدودی داشته باشد.
- **اتحاد<sup>۶</sup>**: دو شرکت توانایی فناوری خود را برای رسیدن به فناوری جدید به اشتراک می‌گذارند. این همکاری معمولاً از طریق تعریف فعالیت‌ها یا پروژه‌های مشترک صورت می‌گیرد. این روش بسیار مشابه روش ایجاد واحد تجاری مشترک یا سرمایه‌گذاری مشترک است، با این تفاوت که در این روش سهمی بین طرفین رد و بدل نمی‌شود و مدت همکاری نیز کوتاه‌تر است.
- **ادغام<sup>۷</sup>**: دو یا چند شرکت که توانمندی‌های فناورانه متفاوت دارند با یکدیگر ادغام می‌شوند و در نتیجه ترکیب شرکت‌های قبلی شرکت جدیدی به وجود می‌آید که در آن توانمندی‌های فناوری به اشتراک گذاشته می‌شود.

- 
- 1- Collaboration R&D
  - 2- Joint R&D
  - 3- Contract R&D
  - 4- Contract out R&D
  - 5- Joint venture
  - 6- Alliance
  - 7- Merger

- **تملك سهام:** سرمایه‌گذاری در دیگر شرکت‌ها امکان دسترسی به فناوری را فراهم می‌سازد که در این روش گیرنده در شرکت دارنده فناوری سرمایه‌گذاری می‌کند تا به فناوری مورد نیاز خود دست یابد. این سرمایه‌گذاری می‌تواند به صورت سهام مساوی<sup>۱</sup> یا سهام اقلیت<sup>۲</sup> باشد. در روش سهام اقلیت یک شرکت بخشی از سهام شرکت عرضه‌کننده را می‌خرد اما در مدیریت آن نقش ندارد.
  - **کسب فناوری از طریق مالکیت یک شرکت:** در این روش شرکت گیرنده به جای انتقال فناوری نسبت به خریداری شرکت دارنده فناوری و تملک کامل آن اقدام می‌کند. بدیهی است از این طریق فناوری مورد نظر نیز کسب خواهد شد.
  - **انتقال فناوری از راه جلب سرمایه‌گذاری خارجی:** سرمایه‌گذار خارجی در داخل یک سازمان تکنیک‌های مربوطه را نیز به همراه خواهد آورد و با به‌کارگیری آن، فناوری آن نیز در سطح جامعه و کل سازمان مطرح می‌گردد (محمدخان، ۱۳۷۳: ۱۴۰).
  - **برون‌سپاری:** بخشی از فعالیت‌های طراحی، تولید، مونتاژ و ... به خارج از شرکت انتقال می‌یابد. گاهی در جریان برون‌سپاری و تحویل گرفتن محصولات ساخته شده که معمولاً با کنترل محصولات یا حتی کنترل فرایند ساخت از جانب کارفرما همراه است، انتقال فناوری یا دانش فنی نیز صورت می‌پذیرد. در این روش کارفرما گیرنده فناوری است (کیه‌زا و دیگران، ۲۰۰۰).
  - **پیمان‌کاری:** در این روش شرکت گیرنده به عنوان پیمانکار شرکت دیگر فعالیت می‌کند و اقدام به تولید یا مونتاژ قطعات می‌کند که با کمک و راهنمایی کارفرما به دانش فنی تولید، مونتاژ و ... دسترسی پیدا می‌کند.
  - **استخدام و تبادل نیروی انسانی:** در این روش شرکت گیرنده، تحت شرایطی خاص، متخصصانی را استخدام یا از خدمات متخصصان دیگر شرکت‌ها - به عنوان مأمور - استفاده می‌کند. در منابع مختلف از این روش با نام "کسب فناوری از طریق افراد آموزش دیده" نیز یاد شده است (کیه‌زا و دیگران، ۲۰۰۰).
- آموزش و تحصیل:** این روش به دو بخش "آموزش" و "تحصیل" تقسیم‌بندی می‌شود.

---

1- Equity investment

2- Minority equity

3- Acquisition

4- Out sourcing

5- Sub-contracting

6- Human exchange & hiring

**تحصیل<sup>۱</sup>:** کارکنان شرکت گیرنده با نظارت دهنده فناوری و در مقاطع مختلف برای

تحصیل در داخل یا خارج کشور اعزام می‌شوند تا مدارک معتبر علمی را دریافت کنند.

**آموزش<sup>۲</sup>:** شرکت گیرنده فناوری، دوره‌های کاربردی کوتاه‌مدت یا بلندمدت مورد نیاز را

در شرکت دهنده یا تحت نظارت آن برگزار می‌کند. این روش با عناوین دیگری نیز معرفی

شده است که از آن جمله می‌توان به "دوره های مطالعاتی"<sup>۳</sup> اشاره کرد.

• **مهندسی معکوس<sup>۴</sup>:** در این روش، شرکت گیرنده با شبیه‌سازی، شکستن کدها و پی بردن به

رموز فناوری و دوباره‌سازی محصولات، به فناوری دست می‌یابد. این روش با نام‌های دیگری

چون تقلید<sup>۵</sup> و کپی‌سازی<sup>۶</sup> از محصول نیز معرفی شده است. هنگامی که دسترسی به فناوری

سخت یا ناممکن باشد و یا هزینه‌های انتقال بالا و هزینه‌های حقوقی پایین باشد می‌توان از این

روش استفاده کرد.

• **بستن قراردادهای مشروط:** در این روش، سازمان دارنده فناوری در قرارداد فروش یا انجام

کار، ملزم می‌شود که قسمتی از انجام آن را بر اساس مقررات کشور سازمان دریافت‌کننده، تحت

نظارت و هدایت و راهنمایی‌های خویش به شرکت‌ها و سازمان‌های محلی دریافت‌کننده فناوری،

واگذار کند.

• **فناوری به صورت یکجا<sup>۷</sup> و یا کلید در دست:** این روش، معمولاً از راه شعبه‌ای وابسته به

شرکت واگذارکننده فناوری در شرکت گیرنده صورت می‌گیرد و یا آن که بدون دخالت

شرکت واگذارکننده و با سرمایه مستقل گیرنده فناوری انجام می‌شود.

• **خرید امتیاز، پروانه امتیاز<sup>۸</sup> و حق اختراع:** در این روش دریافت‌کننده، تمام یا بخشی از

حق بهره‌برداری از فناوری که مربوط به سازمان دیگری است (دهنده فناوری) را خریداری می‌-

کند. این کار می‌تواند به صورت خرید یکجا یا با پرداخت مبلغی اولیه به اضافه درصدی از میزان

فروش باشد.

1- Education

2- Training

3- Study courses

4- Reverse engineering

5-imitation

6- Duplicate copy

7- Pakage

8- Patent

- **فرانشیز<sup>۱</sup>**: نوعی خرید حق امتیاز است، که در آن به ازای هر واحد محصول که فروخته می شود مبلغی به دهنده فناوری پرداخت می شود.
- **سایر روش های انتقال فناوری**: انتقال فناوری از راه ایجاد صنایع مونتاژ و اتصال قطعات منفصله، انتقال فناوری از ارتباط خاص بین دولت ها، انتقال فناوری از راه جاسوسی صنعتی<sup>۲</sup>، انتقال فناوری از راه سرمایه گذاری در تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه ای<sup>۳</sup>.

## ۲-۳- مؤلفه های مؤثر بر انتخاب روش انتقال فناوری

برای انتخاب روش مناسب، معیارهایی وجود دارد. در هر تحقیق بسته به ماهیت روش، مدل و فناوری مورد مطالعه، معیارهایی انتخاب می گردد. بررسی تحقیقات پیشین متغیرهایی را معرفی می نماید که می تواند خارج از مدل انتقال فناوری برای انتخاب روش مناسب انتقال نانو فناوری به کار رود. این مؤلفه ها که مورد تأیید و اجماع تیم تصمیم نیز قرار گرفت عبارتند از:

**هزینه انتقال فناوری**: برای سازمان هایی که در صدد دستیابی به فناوری جدید هستند، هزینه انتقال فناوری عامل مهمی است که در روش دستیابی به فناوری اثر می گذارد (بشارتی راد، ۱۳۸۲) و در این تحقیق، عبارت از هزینه ای است که شهرداری برای دستیابی به سطوح خودتمیزشونده باید بپردازد.

**حداکثر جذب فناوری**: فناوری شامل عناصر فنی، انسانی، اطلاعاتی و سازمانی است. برای سازمان های گیرنده فناوری، مهم است که به کلیه اجزای فناوری دست پیدا کنند. فناوری سطوح خودتمیزشونده نیز شامل تمام عناصر فناوری است. عامل حداکثر جذب فناوری در این تحقیق به معنای توان فنی، انسانی، اطلاعاتی و سازمانی برای فناوری سطوح خودتمیزشونده است به طوری که شهرداری بتواند با این توان از تمام ظرفیت های فناوری بهره برداری نماید.

**نوع و اقتضات فناوری**: طبیعت فناوری عامل بسیار مهمی در برخی فناوری ها مانند فناوری های جدید است زیرا برخی فناوری های جدید به طور کلی ماهیتی متفاوت از فناوری های مسبوق خود دارند. اینترنت در دوران اولیه خود و نانوفناوری در دوران فعلی، از این نوع فناوری ها هستند که طبیعت آنها بر روش انتقال تأثیرگذار است. عاملی که طبیعت نانوفناوری را بیان می نماید، نوع و اقتضات فناوری نامیده می شود (بشارتی راد، ۱۳۸۲). برای نانو فناوری این متغیر نقشی کلیدی ایفا می کند. نوین بودن فناوری، ناشناخته بودن شرایط و پیامدهای فناوری، سرعت پیشرفت، شرایط خاص تحقیقات بنیادین از جمله

1- franchise

2- Industrial espionage

3- Internal development



هزینه‌بر بودن و میان رشته‌ای بودن آن، هر یک عاملی است که می‌تواند بر انتخاب روش انتقال این فناوری اثرگذار باشد (پالمبرگ، ۲۰۰۷).

**انطباق با سیاست‌های پیشبرد نانو فناوری:** برای نهادهایی که به صورت سیستماتیک و یکپارچه اداره می‌شوند باید ضمن در نظر گرفتن عوامل انتفاعی و رقابتی، اثرات فناوری را بر سایر صنایع سنجید تا بازخورد این تأثیر بر سازمان یا کل سیستم، کنترل‌پذیر باشد. در برخی تحقیقات این متغیر با نام "تأثیر فناوری بر سایر صنایع" شناخته می‌شود (بشارتی راد، ۱۳۸۲). ضرورت دارد فضای همکاری نیز در مجموعه سازمان‌های مرتبط با فضای نانو تحقق یابد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به این که نقش نهادها در نقشه جامع و سیاست‌گذاری نانو فناوری لحاظ شده است، در تحقیق حاضر این متغیر به صورت میزان انطباق روش انتقال فناوری با سیاست‌های فناوری نانو تفسیر می‌شود.

**مشخصات سازمان‌های دارنده فناوری:** منبع اخذ فناوری از عوامل مهمی است که بر روش انتقال اثر می‌گذارد (آراستی و دیگران، ۱۳۸۷). ویژگی‌هایی مانند تعداد تأمین‌کننده‌ها یا دارندگان فناوری، قرار گرفتن فناوری در انحصار یک یا چند سازمان و وجود تحریم‌های سیاسی و اقتصادی بر تعیین روش انتقال اثرگذار است و شرایط را محدود می‌کند (بشارتی راد، ۱۳۸۲).

### ۳- مورد مطالعه

نانو فناوری سطوح خودتمیز شونده موضوع مورد بحث این پژوهش است. بنابراین در ادامه علاوه بر معرفی اجمالی نانو فناوری و تناسب آن با حوزه کار شهرداری‌ها، سطوح خودتمیز شونده نیز به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**نانو فناوری:** رشته‌ای از دانش کاربردی و فناوری است که جستارهای گسترده‌ای را پوشش می‌دهد. موضوع اصلی آن نیز مهار ماده یا دستگاه‌های در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، معمولاً حدود ۱ تا ۱۰۰ نانو متر است. در واقع نانو فناوری فهم و به‌کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستم‌هایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی - عمدتاً متأثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک - از خود نشان می‌دهند (مریام، ۱۹۸۷؛ ویکیدیا، ۲۰۱۱). مواد نانو به دلیل خواص مختلفشان می‌توانند زمینه بروز فناوری‌های جدید گردند. نانومواد ساخته شده به دلیل بروز دادن یک یا چند مورد از این خواص، می‌توانند مواد اولیه محصولات با کاربردهای گوناگون باشند (شکوه‌فر و مؤمنی، ۱۳۸۴: ۲۴). صنایع اعم از صنعت نفت و صنایع وابسته به آن، خودروسازی، نساجی، بهداشت و سلامت، ساختمان، کشاورزی،

صنایع غذایی، صنایع دفاعی، صنعت آب و پساب و حوزه خدمات شهری از جمله صنایعی هستند که به کمک نانوفناوری بهبود می‌یابند (ستاد نانو، ۲۰۱۰).

### کاربردهای نانوفناوری در حوزه کار شهرداری: این فناوری می‌تواند در حوزه کار

شهرداری‌ها و خدمات شهری بسیار اثربخش باشد. خدمات شهری در بخش حفظ محیط زیست با به کار بردن انرژی‌های نوین، به کار بردن نانو حسگرها برای شناسایی آلودگی، تصفیه‌کننده‌های آب، پساب و هوا و ترویج ساخت مواد غیر نفتی سازگار با طبیعت از نانوفناوری بهره می‌برد. در خدمات عمومی و بخش اقتصادی نیز نانوفناوری می‌تواند با کاهش مواد اولیه و ابزار و وسایل کارتر، به کارایی کلی خدمات شهری کمک نماید. فناوری‌های نانو می‌توانند از استفاده از نانودیودها برای روشنایی به صرفه معابر تا نانو سطوح خودتمیزشونده برای کاهش مواد تمیزکننده و آب مورد استفاده قرار گیرند. در بخش امنیت شهری، فناوری نانو می‌تواند در ردیابی (شامل تصویربرداری، ضبط و ایجاد شبکه‌های حساس برای اکتشافات شیمیایی و بیماری‌زا)، حفاظت (شامل فیلترها و تجهیزات پاک‌سازی و حفاظت شخصی) و تشخیص هویت (شامل تجهیزات ضد جعل اسناد، رمزنگاری‌ها) و همچنین آثار اجتماعی برجا گذاشته از امنیت شهری اثربخش باشد (نانو فروم<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). در بخش شهرسازی و معماری می‌توان از مزایای نانومواد ساختمانی کارتر و مقاوم‌تر بهره برد. به طور کلی آنچه در صنعت ساختمان به عنوان کارکرد نانو شناخته شده، به طول عمر بناهای شهری و کاهش هزینه‌های پنهان خدمات ناشی از استهلاک ساختمان‌ها کمک می‌کند. سطوح خودتمیزشونده نیز در این حوزه، کاربرد گسترده‌ای دارد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. به هر روی، در خدمات شهری به صورت مستقیم یا با واسطه از این فناوری استفاده می‌شود.

### سطوح خودتمیزشونده: سطوحی هستند که با نانوفناوری ایجاد شده و با استفاده از ویژگی‌های

خاص نانومواد از خود خواص ویژه‌ای را بروز می‌دهند. پوشش‌های نانوساختار می‌توانند به خوبی بر سطوح مختلف فلزات، سرامیک، شیشه و پلاستیک بچسبند. استفاده از این پوشش‌ها در فلزات سبک از قبیل آلومینیوم و منیزیم موجب مقاومت آن‌ها در برابر دما و خوردگی می‌شود. در نتیجه با کاهش میزان مصرف مواد خام به حفظ محیط زیست کمک می‌کنند. همچنین پوشش‌های نانوساختار با حذف گرد و غبار و قطرات آب از روی سطوح مختلف موجب کاهش مصرف پاک‌کننده‌ها می‌گردند. این امر به ویژه در سطح شیشه‌های ساختمان‌های بلند اهمیت زیادی دارد. در نتیجه مصرف مواد شوینده کاهش یافته و از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌شود.

فناوری سطوح خودتمیز شونده عمدتاً با استفاده از ماده‌ای به نام فوتوکاتالیست ایجاد می‌شود. این ماده ویژگی‌های آب‌گریزی، خودتمیز شونده‌گی، ضد باکتری بودن و تصفیه هوا را در خود دارد که کاربردهای این فناوری را گسترده است (فناوری رو به فردا، ۱۳۹۰).

#### ۴- پیشینه تحقیق

طی تحقیقی نکولاین<sup>۱</sup> و پالمبرگر (۲۰۱۰) به بررسی انتقال فناوری‌های دانش‌بنیان به صنعت پرداختند و در پی یافتن این پاسخ بر آمدند که آیا نانو فناوری تفاوتی ایجاد می‌کند یا خیر؟ نتایج تحقیق نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین موارد کاربرد نانو فناوری با فناوری‌های دیگر است. مقاله دیگری با ترکیب رویکردهای ساختاری و محتوایی نقش نانو فناوری را در توسعه پایدار سنجیده است (لیو، ۲۰۰۹). این پژوهش درصدد بود تا اثر نانو فناوری را در توسعه جوامع بررسی و پیشنهادهایی مبنی بر راهبردهای بهره‌برداری از این فناوری برای توسعه پایدار ارائه نماید. صالحی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از نظریه شبکه‌ی اجتماعی و رجوع به خبرگان، به بررسی فضای همکاری‌های علمی-فنی شرکت‌های نانو در ایران پرداخته‌اند. بررسی‌ها در این پژوهش نشان داد شرکت‌های نانویی ارتباط کمی با گروه‌های صنعتی دارند و ترجیح می‌دهند محصولات خود را مستقیماً به مصرف‌کننده نهایی برسانند. این یافته تحقیق نشانگر عدم تمایل شرکت‌های دارنده نانو فناوری به ارائه و انتقال فناوری به شرکت‌های صنعتی و تجاری است که بر انتخاب روش انتقال فناوری مؤثر می‌باشد. اکبری (۱۳۸۵) در پایان‌نامه "تحلیل انتقال فناوری ساخت و تولید نانو تیوپ‌های کربنی به ایران" درباره انتقال فناوری برای دستیابی به راه‌های فنی تولید نانو تیوپ‌ها مطالعه کرده است. پژوهش "ارائه چارچوبی برای ارزیابی انتقال فناوری تجهیزات جدید در صنایع با فناوری‌های پیشرفته" نیز درباره انتقال فناوری در صنایع با فناوری پیشرفته است (لی و دیگران، ۲۰۱۰). هدف این مقاله کاوش در انتقال فناوری تجهیزات و ارائه یک چارچوب جامع برای ارزیابی و انتخاب تجهیزات جدید در انتقال فناوری پیشرفته است و به لحاظ روش‌شناسی، با روش تحقیق حاضر مشابهت همپوشانی دارد.

<sup>1</sup> - Nikulainen

## ۵- روش‌شناسی

### ۵-۱- مدل‌شناسی انتخاب روش‌های انتقال فناوری

در انتخاب روش‌های انتقال فناوری مدل‌های گوناگونی وجود دارد و هر یک از این مدل‌ها به عناصر، الزامات و مفروضاتی در فناوری تکیه کرده و ارزیابی خود را بر اساس آن استوار می‌کنند (جعفرنژاد، ۱۳۸۸: ۱۶۰). در این پژوهش، دو نوع مدل مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است. نوع اول، مدل‌هایی هستند که برای پیشنهاد روش انتقال فناوری به کار می‌روند و مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: مدل کیه‌زا (کیه‌زا و مانزینی، ۲۰۰۰)، مدل رابرت و بری (۱۹۸۵)، مدل فورد (۱۹۸۸)، مدل گیلبرت و مدل جامع (آراستی و همکاران، ۱۳۸۷). این مدل‌ها پیشنهاددهنده روش‌های مناسب انتقال فناوری هستند. نوع دوم، مدل‌هایی هستند که برای انتخاب و اولویت‌بندی روش‌ها به کار می‌روند. در این پژوهش ابتدا با مدل جامع به دلیل جامعیت و در بر داشتن کلیه مدل‌های نوع اول روش‌هایی متناسب با فضای نانوفناوری و فناوری مورد مطالعه پیشنهاد شده و با مدل اولویت‌بندی با یک چارچوب ریاضی از سری مدل‌های دوم انتخاب، روش‌ها اولویت‌بندی شدند. روش در نظر گرفته شده در این تحقیق روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) برای اولویت‌های روش‌های مورد نظر است.

### ۵-۲- روش و ابزار تحقیق

تحقیق حاضر بر حسب هدف، در حوزه تحقیقات کاربردی؛ و از نظر روش گردآوری اطلاعات، در حوزه تحقیقات پیمایشی و تحلیلی قرار دارد. ابزارهای این پژوهش شامل مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه و پرسشنامه است. اطلاعات لازم برای متناسب‌سازی مؤلفه‌های مؤثر بر انتخاب روش انتقال فناوری، که از بررسی پیشینه پژوهش بدست آمد، با استفاده از نظرات خبرگان یا همان گروه تصمیم در قالب پرسشنامه شناسایی مؤلفه‌های پیشنهادی به افراد ارائه شد و با نظرات آن‌ها، مؤلفه‌ها نهایی شدند. مصاحبه برای حذف روش‌های ناممکن از بین روش‌های پیشنهادی به کار رفت و پرسشنامه دیگری نیز برای انجام مقایسات زوجی در اختیار گروه تصمیم قرار گرفت. چون گروه تصمیم باید از نانوفناوری و فناوری مورد مطالعه خبرگی کافی داشته باشد جامعه آماری پژوهش از حوزه‌های زیر انتخاب شدند:

- اعضای هیئت علمی گروه شیمی و گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی و دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد به عنوان استاد نانو؛

۱- استاد نانو: مدرس یا عضو هیئت علمی که در زمینه نانو کار کرده و سابقه راهنمایی پایان‌نامه یا تدریس در زمینه نانوفناوری را داشته باشد.

- دانشجوی- پژوهشگرانی از مقاطع تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی شیمی و فیزیک دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران و رشته مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف به عنوان پژوهشگر نانو؛
- پژوهشگران پژوهشگاه نانو فیزیک دانشگاه فردوسی مشهد.

برای شناسایی افراد، از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده شد تا هر یک از اعضای اولیه تیم تصمیم افراد مطلع حوزه خود را معرفی نمایند تا تیم تصمیم تکمیل گردد. نمونه‌گیری با دو ملاک در هر شاخه متوقف شد؛ در برخی موارد متخصص جدیدی توسط اعضای تیم تصمیم معرفی نشد، در سایر موارد که گلوله‌برفی گسترش یافت با رسیدن به همگرایی درباره پاسخ‌های دریافتی هر متغیر، نمونه‌گیری متوقف گردید. این همگرایی تا سطح خطای ۰/۱ در نظر گرفته شد. جدول زیر بیانگر محاسبات انجام شده برای ارزیابی رسیدن به همگرایی است. در یازده نمونه‌گیری پاسخ به همگرایی مطلوب می‌رسد به طوری که تجمع پاسخ‌ها با اضافه نمودن نمونه آخر در طیف ۱ تا ۵، مقدار خطا و تفاوتی کمتر از ۰/۱۰ ایجاد می‌کند و برای اطمینان، نمونه‌گیری برای انتخاب تیم تصمیم تا ۱۴ نفر پایان یافته است.

جدول ۲- تجمع نظرات کارشناسان درباره امتیاز هر معیار و انحراف از میانگین

j	معیار ۱		معیار ۲		معیار ۳		معیار ۴		معیار ۵	
	امتیاز	میانگین	خطا	میانگین	خطا	میانگین	خطا	امتیاز	میانگین	خطا
A-۲ ۱	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۵	۴	۴	۴
A-۳ ۲	۵	۳/۸۷۳	۴	۴/۰۰۰	۴	۴/۰۰۰	۴	۴	۴/۴۷۲	۴/۴۷۲
A-۴ ۳	۳	۳/۵۵۷	۳	۳/۶۳۴	۴	۴/۰۰۰	۳	۴	۴	۴/۳۰۹
A-۸ ۴	۴	۳/۶۶۳	۴	۳/۷۲۲	۵	۴/۲۲۹	۴	۴	۴	۴/۴۷۲
A-۱۰ ۵	۴	۳/۷۲۸	۴	۳/۷۷۶	۴	۴/۱۸۳	۳	۴	۳	۳/۱۲۹
A-۱۱ ۶	۵	۳/۹۱۵	۵	۳/۹۵۷	۵	۴/۳۰۹	۴	۴	۴	۴/۲۶۳
A-۱۲ ۷	۳	۳/۷۶۹	۴	۳/۹۶۳	۲	۳/۸۶۱	۳	۲	۲	۳/۸۲۶
B-۱ ۸	۵	۳/۹۰۴	۵	۴/۰۸۰	۵	۳/۹۸۸	۴	۴	۴	۳/۹۵۶
B-۲ ۹	۳	۳/۷۹۲	۵	۴/۱۷۳	۵	۴/۰۹۰	۵	۵	۵	۴/۰۶۰
B-۵ ۱۰	۴	۳/۸۱۲	۴	۴/۱۵۶	۵	۴/۱۷۳	۴	۴	۴	۴/۱۴۶
B-۹ ۱۱	۳	۳/۷۳۰	۴	۴/۱۴۱	۲	۳/۳۰۹	۳	۲	۳	۴/۰۲۶
B-۱۰ ۱۲	۴	۳/۷۵۲	۵	۴/۲۰۷	۴	۳/۹۱۱	۳	۲	۳	۳/۹۲۸
B-۱۱ ۱۳	۴	۳/۷۷۰	۴	۴/۱۹۱	۳	۳/۸۳۲	۳	۲	۳	۳/۸۴۸
B-۱۲ ۱۴	۴	۳/۷۸۶	۳	۴/۰۹۲	۴	۳/۸۴۴	۳	۳	۵	۳/۹۲۰
میانگین	۳/۷۸۶		۴/۰۹۲		۳/۸۴۴		۳/۱۸۵		۳/۹۲۰	

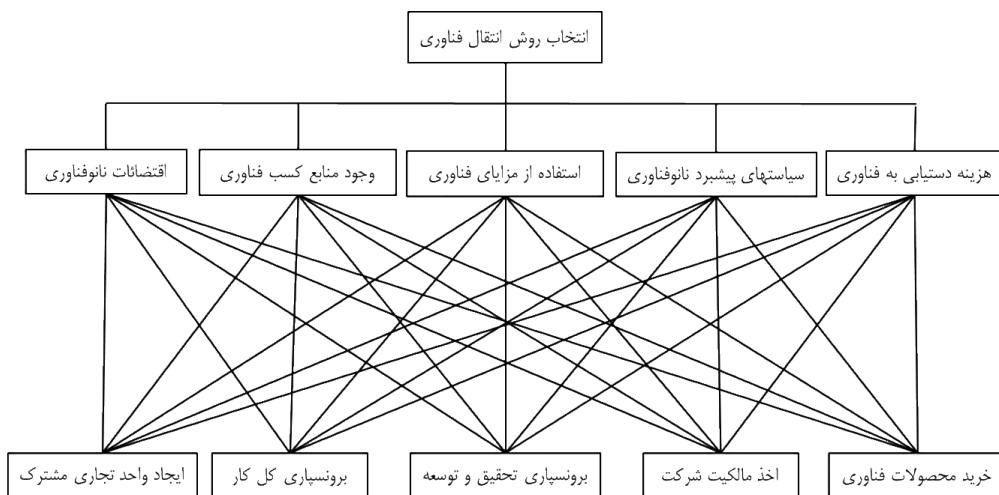
منبع: محاسبات تحقیق.

۱- پژوهشگر نانو: پژوهشگری است که یک پایان نامه یا حداقل یک طرح تحقیقاتی در زمینه نانوفناوری کار کرده باشد.

### ۳-۵- جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

با توجه به ملاک‌ها و روش‌های انتقال فناوری، درخت تصمیم انتخاب روش انتقال فناوری به این صورت تشکیل گردیده است:

سطح اول سطح هدف است؛ سطح دوم درخت تصمیم، عوامل مؤثر بر انتخاب روش و سطح سوم، روش‌های ممکن و مناسبی است که با مدل جامع انتخاب شده است. با بررسی تطبیقی ادبیات موضوع و همچنین مدل جامع، از بین کلیه روش‌های انتقال فناوری روش‌هایی پیشنهاد شد که با شرایط پروژه انتقال فناوری مورد مطالعه همخوانی دارد. این مدل روش‌های دیگر را با تکرار صفر حذف می‌نماید. در جدول ۲-۷ بخشی از مدل جامع (آراستی و همکاران، ۱۳۸۷) که با ویژگی‌های مورد مطالعه این پژوهش هم‌خوانی دارد ارائه شده است.



شکل ۱- درخت تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی انتقال فناوری سطوح خودتمیز شونده به شهرداری

با نگاه به مدل جامع، فراوانی روش‌های انتقال فناوری بدین شرح بدست آمد: "ایجاد واحد تجاری مشترک" ۶ تکرار؛ "اتحاد" و "برونسپاری تحقیق و توسعه" هر یک ۴ تکرار، "خرید محصولات فناوری" و "اخذ مالکیت شرکت و ادغام هر یک ۳ تکرار؛ "خرید حق‌الامتیاز"، "برونسپاری کل" و "استخدام و تبادل نیروی انسانی" ۲ تکرار و سرانجام "آموزش و تحصیل" یک تکرار. سایر روش‌ها نیز با تکرار صفر از فهرست پیشنهادها حذف شدند.

با کمک مصاحبه و با توجه به قوانین، فرایندها و ساختارهای شهرداری، از بین روش‌های موجود برای انتقال فناوری سطوح خودتمیز شونده به شهرداری، روش‌های زیر به عنوان روش‌های ممکن انتخاب شد:

- روش ۱: ایجاد واحد تجاری مشترک؛
- روش ۲: برون‌سپاری تحقیق و توسعه؛
- روش ۳: خرید محصول فناوری؛
- روش ۴: اخذ مالکیت شرکت؛
- روش ۵: برون‌سپاری کل کار.

جدول ۳- مدل جامع انتخاب روش انتقال فناوری برای سطوح خودتمیز شونده

طبقه	شرح	وضعیت (توضیحات)	روش‌های انتقال فناوری
میزان آشنایی سازمان با بازار و فناوری	میزان آشنایی شرکت با بازار و فناوری	فناوری جدید و ناشناخته، بازار جدید و ناشناخته	استخدام و تبادل نیروی انسانی
طبیعت فناوری	عمر فناوری	ابتدای رشد	اتحاد، ایجاد واحد تجاری مشترک، برون‌سپاری تحقیق و توسعه
	اثر رقابتی فناوری	خارجی	خرید محصول فناوری
مشخصات سازمان دارنده فناوری (منبع فناوری)	فرهنگ کشور دارنده	یکسان	-
	قدرت/ اندازه دارنده فناوری	متفاوت	اخذ مالکیت شرکت، ادغام
	تمایل و توان گیرنده برای تأمین الزامات دارنده فناوری و توان کنترل دارنده بر نحوه استفاده از فناوری	عدم تمایل و توان گیرنده و عدم توانایی کنترل دارنده	آموزش و تحصیل، استخدام و تبادل نیروی انسانی
سیاست‌های سازمان گیرنده فناوری	سطح سرمایه‌گذاری مورد نیاز	بالا	اخذ مالکیت شرکت، ادغام
	ضرورت تملک فناوری درون سازمان	پایین	برون‌سپاری، خرید محصول فناوری
	ضرورت دستیابی سریع به فناوری	متوسط	خرید حق امتیاز، برون‌سپاری تحقیق و توسعه، ایجاد واحد تجاری مشترک
	قابلیت حفاظت از فناوری	کم	ایجاد واحد تجاری مشترک، برون‌سپاری تحقیق و توسعه
سطح ریسک	قابلیت حفاظت از فناوری	ضعیف	اخذ مالکیت شرکت، ادغام
	سطح ریسک	پایین	-
توانایی بنگاه در فناوری	توانایی بنگاه در فناوری	متوسط	برون‌سپاری تحقیق و توسعه، ایجاد واحد تجاری مشترک، اتحاد، خرید حق‌الامتیاز
		پایین	خرید محصولات فناوری

(ادامه جدول ۳)

هدف از همکاری	محدود و مشخص	اتحاد، برون‌سپاری
قابلیت تعریف مفاد همکاری	بالا	-
نحوه ارتباط با شرکت	افقی	اتحاد، ایجاد واحد تجاری مشترک
قابلیت تقسیم سرمایه	بالا	ایجاد واحد تجاری مشترک

منبع: آراستی و همکاران (۱۳۸۷)

برای بدست آوردن اهمیت یا به عبارت دیگر وزن هر یک از روش‌ها در ذیل هر مؤلفه، مقایسه‌های زوجی توسط تیم تصمیم انجام شد. بعد از وارد نمودن مقایسه‌های زوجی - که به صورت سطری طرح شده بود- در جداول مقایسه‌های زوجی، نرخ ناسازگاری در جداولی نظیر جدول ۴، طبق روابط زیر محاسبه شد؛

$$I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R} \quad ; \quad I.R. < 0.10 \text{ و } I.R. > 0.10 \text{ سازگار} ; \quad I.R. > 0.10 \text{ و } I.R. < 0.10 \text{ سازگار}$$

در این رابطه از دو پارامتر شاخص ناسازگاری (I.I.) و شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I.I.R.) استفاده می‌شود. شاخص ناسازگاری از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

•  $\lambda_{\max}$ : مقدار ویژه حداکثر در ماتریس مقایسه زوجی؛

•  $n$ : بعد ماتریس یا تعداد گزینه‌ها در ماتریس مقایسه زوجی.

این جدول نشان‌دهنده قضاوت یکی از متخصصان درباره روش‌های انتقال فناوری در مقایسه با هزینه دستیابی به فناوری است. بعد از این محاسبات، ناسازگاری ۳۲ جدول از ۷۰ جدولی که توسط تیم تصمیم پر شده بود بیشتر از ۰/۱۰ شد. متخصصان نیز با تجدید نظر و اعمال تغییرات در قضاوت‌ها، ناسازگاری جداول را کاهش داده و به کمتر از ۰/۱۰ رساندند.



جدول ۴- نمونه‌ای از مقایسه‌های زوجی و محاسبه نرخ سازگاری

CR	CI	$\lambda_{max}$	$S_5$	$S_4$	$S_3$	$S_2$	$S_1$	برون‌سپاری کل	اخذ مالکیت شرکت	خرید محصولات فناوری	برون‌سپاری تحقیق و توسعه	ایجاد واحد تجاری مشترک	هزینه دستیابی به فناوری
۶/۵۴	۱/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۵	۳	۳	۳/۱	۱	ایجاد واحد تجاری مشترک	
۴/۵۸	۲/۱۷	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۶۲	۵	۴	۳	۱	۳	برون‌سپاری تحقیق و توسعه	
۵/۷۳	۰/۷۳	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۰۷	۳	۲	۱	۳/۱	۳/۱	خرید محصولات فناوری	
۴/۹۴	۰/۴۷	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۷	۲	۱	۲/۱	۴/۱	۳/۱	اخذ مالکیت شرکت	
۴/۶۱	۰/۲۹	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۴	۱	۲/۱	۳/۱	۵/۱	۵/۱	برون‌سپاری کل	
۰/۰۶	۰/۰۷	۵/۲۸					۱۶	۱۰/۵	۷/۸۳	۲/۱۲	۴/۸۷		

منبع: محاسبات تحقیق.

بعد از ارزیابی سازگاری جداول، مقایسه‌ها با اسلوب زیر به معادل فازی خود تبدیل شدند.

جدول ۵- اسلوب تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی مثلثی

فازی مثلثی	ترجیحات عدد
(۱،۱،۱)	یکسان
(۳،۲،۱)	ترجیح کم
(۴،۳،۲)	ارجح
(۵،۴،۳)	ترجیح قوی
(۵،۵،۴)	کاملاً ارجح

منبع: آذر و فرجی (۱۳۸۱).

جداول فازی که برای هر مؤلفه با نظر اعضای تیم تصمیم به دست آمده است، به روش میانگین هندسی، تجمیع گردید و جداول فازی تجمیع برای هر یک از معیارها به دست آمد. هر یک از این جداول، تجمیع ۱۴ جدول دیگر است. به طور نمونه جدول تجمیع فازی نظر خبرگان درباره مقایسه‌های زوجی روش‌های مختلف با معیار هزینه دستیابی به فناوری در زیر آمده است.

جدول ۶- تجميع جداول مقايسه‌های زوجی با ملاك هزینه دستيابی به فناوری

معیار ۱	روش ۱	روش ۲	روش ۳	روش ۴	روش ۵
روش ۱	(۱،۱،۱)	(۱/۱،۶۷/۰،۲۰/۸۳)	(۱/۱،۴۶/۰،۰۱/۶۵)	(۱/۱،۸۳/۰،۲۳/۸۲)	(۲/۱،۵۷/۱،۷۹/۱۸)
روش ۲	(۱/۰،۲۰/۰،۸۳/۶۰)	(۱،۱،۱)	(۱/۰،۰۲/۰،۷۰/۵۲)	(۱/۱،۷۴/۰،۲۵/۸۷)	(۲/۱،۲۵/۱،۷۲/۲۴)
روش ۳	(۱/۰،۵۳/۰،۹۹/۶۹)	(۱/۱،۹۴/۰،۴۴/۹۸)	(۱،۱،۱)	(۲/۱،۱۸/۱،۷۲/۲۳)	(۳/۲،۶۳/۱،۷۶/۸۱)
روش ۴	(۱/۰،۲۱/۰،۸۱/۵۵)	(۱/۰،۱۵/۰،۸۰/۵۷)	(۰/۰،۸۱/۰،۵۸/۴۶)	(۱،۱،۱)	(۲/۱،۰۰/۰،۳۵/۸۶)
روش ۵	(۰/۸۴،۰/۰،۵۶/۳۹)	(۰/۸۰،۰/۰،۵۸/۴۴)	(۰/۵۵،۰/۳۶،۰/۲۸)	(۱/۰،۱۶/۷۴،۰/۵۰)	(۱،۱،۱)

منبع: محاسبات تحقيق.

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، مقادير به دست آمده برای نرخ ناسازگاری، کم است که نشان از قابل قبول بودن آن‌ها دارد.

جدول ۷- نرخ‌های ناسازگاری تجميع نظرات کارشناسان

مؤلفه‌های عنوان هر جدول	CR
هزینه دستيابی به فناوری	۰/۰۰۹
استفاده اثربخش از مزایای فناوری	۰/۰۰۲
وجود منابع کسب فناوری	۰/۰۰۹
توجه به ویژگی‌های خاص نانوفناوری	۰/۰۰۶
سیاست‌های پیشبرد نانوفناوری	۰/۰۰۶

منبع: محاسبات تحقيق.

برای دستيابی به ماتريس نهایی FAHP بردارهای اولويت و وزن مربوط به روش‌های انتقال فناوری، به دست آمد که نتیجه آن در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- بردارهای اولويت و وزن روش‌های انتقال فناوری نسبت به معيار هزینه

معیار ۱	S <sub>۱</sub>	S <sub>۲</sub>	S <sub>۳</sub>	S <sub>۴</sub>	S <sub>۵</sub>	Wp	W
S <sub>k</sub>	۰/۰۹، ۰/۱۵، ۰/۲۸	۰/۱۸، ۰/۳۲	۰/۱۰، ۰/۱۸، ۰/۲۴	۰/۰۸، ۰/۱۳، ۰/۲۴	۰/۱۲، ۰/۲۲، ۰/۳۹	۰/۱۷، ۰/۳۱، ۰/۵۶	-
V <sub>S1</sub>	۱	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۴۲	۰/۱۴	۰/۴۲
V <sub>S2</sub>	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۵۴
V <sub>S3</sub>	۰/۸۸	۰/۷۲	۱	۰/۵۸	۰/۲۸	۰/۰۹	۰/۲۸
V <sub>S4</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱	۰/۶۹	۰/۲۴	۰/۶۹
V <sub>S5</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱	۰/۳۴	۱/۰۰
جمع	-	-	-	-	-	۱/۰۰	۲/۹۲

منبع: محاسبات تحقيق

در این جدول  $S_k$ ، نشان دهنده درجه بزرگی  $S$ ها ( $V_{S_k}$ ) و  $W$  نمایانگر بردارهای اولویت هستند که به صورت زیر محاسبه شده‌اند:

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kj} \times \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1}$$

که در آن  $K$  بیانگر شماره سطر و  $i$  و  $j$  به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها می‌باشند. به طور کلی اگر  $S_1$  و  $S_2$  دو عدد فازی مثلث باشند، درجه بزرگی  $S_1$  بر  $S_2$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(S_1 \geq S_2) = 1 \quad \text{اگر } m_1 \geq m_2 \text{ آنگاه:}$$

$$V(S_1 \geq S_2) = \frac{u_2 - l_2}{(u_2 - l_2) + (m_2 - m_1)} \quad \text{در غیر این صورت:}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از  $k$  عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(S_1 \geq S_2, \dots, S_k) = \min\{V(S_1 \geq S_2), \dots, V(S_1 \geq S_k)\}$$

همچنین برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه‌های زوجی، به صورت زیر عمل می‌شود:

$$W'(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\} \quad , \quad k = 1, 2, \dots, n \quad , \quad k \neq i$$

بنابراین بردار وزن شاخص‌ها به صورت زیر خواهد شد:

$$W' = [W'(x_1), W'(x_2), \dots, W'(x_n)]'$$

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی است. سپس بر اساس رابطه زیر،

مقدار اوزان بهنجار شده شاخص‌ها بدست می‌آید (آذر و فرجی، ۱۳۸۱، ۲۵۱-۲۵۶):

$$W_i = \frac{W'_i}{\sum W'_i}$$

با استفاده از بردارهای  $W$  به دست آمده از جداول این مرحله و وزن مؤلفه‌ها (حاصل از مراحل قبل)

جدول نهایی تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) به صورت جدول ۹ به دست آمد.

جدول ۹- جدول نهایی FAHP

وزن مؤلفه‌ها	معیار ۱					معیار ۲					روش
	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵	
	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۱	حاصل ضرب وزن هر مؤلفه در وزن هر روش	جمع				
ایجاد واحد تجاری مشترک	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۱۳۳
برون‌سپاری تحقیق و توسعه	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۱۵۷
خرید محصولات فناوری	۰/۰۹	۰/۳۰	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۶۶	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۶۸	۰/۲۲۳
اخذ مالکیت شرکت	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۳۰	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۲۰۱
برون‌سپاری کل	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۲۸۶
											۱

منبع: محاسبات تحقیق

بر اساس جدول ۹، با توجه به ملاک‌های بررسی شده، اولویت اول شهرداری برون‌سپاری کل فعالیت‌های استفاده از نانو سطوح خودتمیزشونده به یک شرکت بیرونی است. انتخاب این اولویت به منزله آن است که شهرداری با توجه به شرایط در دسترس و موجود فناوری، خود از یک شرکت صاحب فناوری بخواهد این فناوری را در خدمات شهری به کار گیرد. با توجه به شرایط انتخاب روش می‌توان خرید محصولات فناوری را نیز به منزله اولویت دوم روش پیشنهادی در نظر گرفت. در این اولویت شهرداری می‌تواند محصولات مورد نیاز خود را از بین انواع محصولات به دست آمده از فناوری سطوح خودتمیزشونده خریداری نماید. اولویت سوم اخذ مالکیت شرکت است. شهرداری در این روش باید شرکت دارنده فناوری را شناسایی کرده و با تملیک آن، زمینه را برای استفاده کامل از این فناوری فراهم نماید. اولویت چهارم، برون‌سپاری تحقیق و توسعه را پیشنهاد می‌کند. در این اولویت شهرداری باید مدیریت فناوری جدید را خود به دست گرفته و فعالیت‌های تحقیقاتی مراحل مختلف انتقال فناوری سطوح خودتمیزشونده را به مراکز ذی‌صلاح و تحقیقاتی واگذار کند تا با استفاده از نتایج این تحقیقات به ابعاد مختلف فناوری دست یابد. اولویت پنجم بیان می‌نماید که انتقال فناوری از روش "ایجاد واحد تجاری مشترک" میسر است به طوری که شهرداری با یک شرکت یا سازمان خصوصی، نیمه دولتی یا دولتی، اقدام به تاسیس یک واحد تجاری مشترک نمایند و وظیفه این واحد دستیابی و در اختیار قرار دادن این فناوری و مزایای منبعث از آن به شرکت‌های ذی‌نفع خود باشد.

برای تأیید صحت مطالعات و تکمیل نتایج، تحقیق تکمیلی صورت گرفت که در آن راهبردهای انتشار و بهره‌برداری مورد مطالعه و انتخاب قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که بهترین راهبرد نشر فناوری

با توجه به محیط فناوری سطوح خود تمیز شونده، راهبرد "فعالیت مشترک" می‌باشد. این بدان معنی است که شهرداری در حوزه‌های مختلف می‌تواند با راهبرد فعالیت مشترک، سایر نهادها، مراکز و بخش‌های سازمان که نیاز به این فناوری دارند و به دنبال بهبود خدمات شهری هستند، این فناوری را به مرحله بهره‌برداری برساند. در بخش نشر فناوری، با توجه به این که راهبرد مناسب، راهبرد فراکنشی تشخیص داده شد، سازمان مورد مطالعه باید در نشر این فناوری فعال (در برابر منفعل) و فراکنشی (در برابر تدافعی) عمل کند. یعنی شهرداری ابتکار عمل را در پیشبرد کاربردهای فناوری و همچنین نشر آن در سایر سازمان‌ها، فضاها و حتی کاربردها به دست گیرد (حُسنی، ۱۳۹۰).

## ۶- نتیجه‌گیری

برای شناسایی مدل مناسب انتقال نانو فناوری به شهرداری‌ها در مرحله اکتساب فناوری، روش‌های گوناگونی وجود دارد. این مطالعه نشان داد که با ملاک‌های مرتبط با ماهیت نانو فناوری و شرایط حاکم بر سازمان‌های دارنده و گیرنده فناوری، پنج روش مناسب برای انتقال فناوری سطوح خود تمیز شونده وجود دارد. متغیرهای موثر بر انتقال فناوری سطوح خود تمیز شونده، شامل "هزینه دستیابی به فناوری، استفاده اثربخش از مزایای فناوری، وجود منابع کسب فناوری، توجه به ویژگی‌های خاص نانو فناوری و سیاست‌های پیشبرد نانو فناوری" بوده‌اند که با توجه به این ملاک‌ها، اولویت‌بندی روش مناسب انتقال فناوری به دست آمده است. در این مطالعه پنج روش به عنوان روش‌های مناسب انتقال فناوری با استفاده از مدل جامع و با توجه به شرایط پروژه‌ی انتقال فناوری به دست آمد. برای اولویت‌بندی این روش‌ها و انتخاب روش مناسب، مؤلفه‌های "هزینه دستیابی به فناوری، استفاده اثربخش از مزایای فناوری، وجود منابع کسب فناوری، توجه به ویژگی‌های خاص نانو فناوری و سیاست‌های پیشبرد نانو فناوری" دخیل هستند. نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نشان داد که "برون‌سپاری کل فعالیت‌های مرتبط با کسب فناوری" در اولویت اول روش‌های انتقال نانو فناوری به شهرداری‌ها و "خرید محصولات فناوری"، "اخذ مالکیت شرکت"، "برون‌سپاری تحقیق و توسعه" و "ایجاد واحد تجاری مشترک" به ترتیب در اولویت‌های بعدی انتقال نانو فناوری سطوح خود تمیز شونده قرار می‌گیرند. از این رو با توجه به متغیرها و عوامل گوناگون بررسی شده در این تحقیق برای انتقال اثربخش فناوری سطوح خود تمیز شونده به شهرداری و حوزه خدمات شهری، برون‌سپاری کل فعالیت‌های کسب فناوری به یک عامل بیرونی، مناسب‌ترین روش است و به عنوان اولویت اول کسب فناوری توصیه می‌شود. برای استفاده از این روش شهرداری باید در پی انتخاب دارنده فناوری باشد که بتواند خدمات این فناوری را در شهرداری پیاده کند. وقتی شهرداری به

فناوری مورد نظر به روش‌های اولویت‌بندی شده دست یافت، می‌تواند با ساز و کارهای بهره‌برداری از این فناوری استفاده انتفاعی یا خدماتی داشته باشد. انتفاعی یا خدماتی بودن بهره‌برداری از فناوری به اهداف مدیریت فناوری سازمان بر می‌گردد. در هر یک از این اهداف با توجه به شرایط محیط فناوری که کشش فناوری را ایجاب می‌کند، راهبرد "فعالیت مشترک" به عنوان مناسب‌ترین راهبرد بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود. این بدان معنی است که شهرداری در حوزه‌های مرتبط با زیباسازی، خدمات شهری و ... می‌تواند با فعالیت مشترک سایر نهادها، مراکز و بخش‌های سازمان که نیاز به این فناوری دارند و به دنبال بهبود خدمات و فضای شهری هستند، این فناوری را به مرحله بهره‌برداری برساند. لازم به ذکر است که منافی مورد انتظار سازمان‌های مختلف شهرداری از این فناوری، به صورت بهبود کیفیت خدمات شهری یا کاهش هزینه‌های امور تنظیف و نگهداری فضای شهری و ... بروز خواهد یافت.

## منابع

- آذر، عادل و فرجی، حجت (۱۳۸۱) **علم مدیریت فازی**. تهران: نشر اجتماع.
- آراستی، محمدرضا و همکاران (۱۳۸۷) "ارایه مدلی جامع برای انتخاب روش مناسب انتقال فناوری". مجله علمی پژوهشی شریف. ۴۳، ۱۴۵-۱۵۳.
- اکبری، منصور (۱۳۸۵)، تحلیل انتقال فناوری ساخت و تولید نانو تیوب های کربنی به ایران، پایان نامه منتشر نشده، دانشگاه تهران.
- بشارتی راد، زهره (۱۳۸۲)، ارائه مدلی جهت تعیین روش مناسب دستیابی به تکنولوژی مطالعه موردی تکنولوژی های صنعت برق. اولین کنفرانس مدیریت تکنولوژی.
- جعفر نژاد، احمد (۱۳۸۸) **مدیریت فناوری نوین (ویراست ۲)**. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- حُسنی، وحید (۱۳۹۰)، انتخاب مدل مناسب انتقال نانو فناوری برای سطوح خود تمیز شونده؛ مورد مطالعه شهرداری مشهد، پایان نامه منتشر نشده، دانشگاه فردوسی مشهد.
- خلیل، طارق (۲۰۰۰) **مدیریت تکنولوژی رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت**. س. اعرابی و د. ایزدی. تهران: انتشارات دفتر پژوهش های فرهنگی.
- ستاد نانو (۲۰۱۰)، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، <http://nano.ir>.
- سلوتی، سونیا و فراش، فاطمه (۱۳۸۶) **در آمدی به نانو تکنولوژی از نظریه تا کاربرد**. مشهد: نشر سخن گستر؛ دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.
- شکوه فر، علی و مؤمنی، کسری (۱۳۸۴) **مقدمه ای بر نانو تکنولوژی**. تهران: نشر گستر.
- صالحی، فاطمه و همکاران (۱۳۹۰) "مطالعه فضای همکاری های علمی-فنی شرکت های نانو در ایران با استفاده از نظریه شبکه های اجتماعی و رجوع به خبرگان". فصلنامه سیاست علم و فناوری. ۳، ۳.
- فناوری روبه فردا پرشیا (۱۳۹۰)، محافظ و عایق حرارتی شفاف برای شیشه ساختمان و خودرو، [www.tenten.ir](http://www.tenten.ir)
- قاسمی، سید مهدی (۱۳۸۳)، ارائه یک چارچوب برای مدیریت پروژه های انتقال تکنولوژی در شرکت ایران خودرو؛ مورد کاوی انتقال تکنولوژی اکسل پژو ۲۰۶، پایان نامه منتشر نشده، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
- محمدخان، مرتضی (۱۳۷۳) **فرآیند انتقال تکنولوژی در بخش صنایع سبک ایران**. تهران: وزارت امور اقتصاد و دارایی معاونت امور اقتصادی.
- نوری، جواد (۱۳۸۳)، انتخاب روش مناسب اکتساب تکنولوژی ارائه متدولوژی و بررسی کاربردی بودن آن در صنایع خودروسازی و قطعه سازی، پایان نامه منتشر نشده، دانشگاه صنعتی شریف.
- Bhushan, B., & Jung, Y. C. (2011) "Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction". *Progress in Materials Science*. 56, 1, 1-108.

- Chiesa, V. et al (2000) "Selecting sourcing strategies for technological innovation: an empirical case study". *International Journal of Operations & Production Management*. 20, 9, 1017-1037.
- Cheng, Y. T. et al (2006) "Effects of micro-and nano-structures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves". *Nanotechnology*. 17, 5, 1359.
- Farrukh, C. J. P. et al (2000) **Technology management assessment procedure: a guide for supporting technology management in business**. London: University of Cambridge [and] Institution of Electrical Engineers.
- Ford, D. (1988) "Develop your Technology Strategy". *Long Range Planning*. 21, 5, 85-95. doi: 10.1016/0024-6301(88)90109-4.
- Kremic, T. (2003) "Technology transfer: a contextual approach". *The Journal of Technology Transfer*. 28, 2, 149-158.
- Lee, A. H. I., et al (2010) "An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry". *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 1, 135-150. doi: 10.1016/j.techfore.2009.06.002.
- Liao, N. (2009) "Combining Instrumental and Contextual Approaches: Nanotechnology and Sustainable Development". *Journal of Law, Medicine & Ethics*. 37, 4, 781-789. doi: 10.1111/j.1748-720X.2009.00448.x
- Merriam (1987), Merriam-Webster's Collegiate Dictionary of Britannica, <http://www.britannica.com/dictionary?book=Dictionary&va=nanotechnology>
- Nanoforum (2011) NanoWerk, <http://www.nanowerk.com/news/newsid=2153.php>
- Nikulainen, T., & Palmberg, C. (2010) "Transferring science-based technologies to industry—Does nanotechnology make a difference?". *Technovation*. 30, 1, 3-11. doi: 10.1016/j.technovation.2009.07.008
- Palmberg, C. (2007) **Modes, Challenges And Outcomes Of Nanotechnology Transfer: A COMPARATIVE ANALYSIS OF UNIVERSITY AND COMPANY RESEARCHERS**. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research institute of the Finnish Economy.
- Roberts, E. B. & Berry, C. A. (1985) "Entering new businesses: selecting strategies for success". *Sloan Management Review*. 73-84.
- SetadeNano (2010, 2011), Iran nano technology initiative council, <http://nano.ir>.
- Wikipedia (2011), NanoTech, <http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>.