

## چارچوب سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی: مطالعه موردی حوزه نانو تکنولوژی ایران

حسین رضا علیزاده ولوکلایی\*

کارشناسی ارشد مدیریت تکنولوژی دانشگاه علامه طباطبائی

سید حبیب الله طباطبائیان

دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۱۱)

### چکیده:

در مقاله حاضر سعی شده تا با توجه به اهمیت سنجش تغییرات تکنولوژیک، چارچوبی برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران ارائه گردد. برای ارائه چارچوب مناسب سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی، ضمن شناسایی مراکز فعال در حوزه نانو تکنولوژی ایران، جهت استخراج شاخص‌ها از تلفیق سه رویکرد سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، سنجش نوآوری اروپا و سنجش نوآوری سازمان ملل با توجه به برنامه‌های سند تکمیلی دوم «سند راهبرد آینده نانو ایران» استفاده شده است. در نهایت برای هر یک از پنج حوزه سند راهبرد آینده نانو ایران شامل ترویج، زیرساخت، پیشران علم و فناوری، انتقال و انتشار فناوری و تولید و بازار شاخص تعریف شد و شاخص‌های هر حوزه با استفاده از ماتریس مطلوبیت-امکان پذیری از نظر اهمیت و امکان پذیری رتبه بندی شده و در ۴ طبقه معرفی شدند. در پایان نیز متناسب با سیر بلوغ نانو تکنولوژی در ایران راهکارهای مناسب جهت استفاده از شاخص‌های مذکور نظیر در نظر گرفتن شاخص‌های طبقه A به عنوان شاخص‌های اصلی و ارجح و شاخص‌های طبقه C به عنوان مکمل، پیشنهاد شد.

**واژگان کلیدی:** نوآوری، سنجش نوآوری، نظام ملی نوآوری، نانو تکنولوژی

\* Email: Hr6774@gmail.com

## ۱- مقدمه

امروزه سنجش تغییرات تکنولوژیک<sup>۱</sup> برای کسب و کار، تحقیقات و سیاستگذاری اهمیت فزاینده‌ای یافته است. سنجش نوآوری<sup>۲</sup> در سطح بنگاه، جهت تصمیم‌گیری در مورد مقدار تخصیص منابع به فعالیت‌های نوآوری و برای انتخاب حوزه‌هایی که نوآوری نویدبخش بازده اقتصادی بالایی است، و همچنین مدیریت استراتژی‌های نوآوری درون‌بنگاهی مورد نیاز می‌باشد. در سطح ملی نیز سیاست‌گذاران برای شناخت وضعیت موجود، روند تحولات آینده، دریافت بازخورد از تأثیرات مثبت و منفی سیاست‌های موجود و تدوین سیاست‌های مناسب به اطلاعات حاصله از سنجش نوآوری نیازمند هستند (آروهیبوگی و پیتا، ۱۹۹۶).

علاوه بر آنچه در بالا ذکر گردید، نبود اطلاعات آمار کافی و دقیق، یکی از عمده‌ترین مشکلات کشورهای در حال توسعه می‌باشد که مانع از تدوین سیاست‌های مناسب و انجام تحلیل‌های دقیق و هدفمند می‌گردد. بدین ترتیب، انجام سنجش نوآوری و جمع‌آوری این اطلاعات در یک بانک اطلاعاتی، علاوه بر این‌که انجام تحلیل‌های مناسب و تدوین سیاست‌های بهتر را ممکن می‌سازد، می‌تواند مبنای مناسبی را برای انجام تحقیقات بعدی فراهم آورد (باقری، ۱۳۸۱).

اما چرا نانو تکنولوژی؟ بر اساس چشم‌انداز و ماموریت ترسیم شده برای ۱۰ سال آینده فناوری نانو، جمهوری اسلامی ایران می‌بایست در پایان ۱۰ سال، در زمره ۱۵ کشور برتر جهان در زمینه این فناوری به شمار آید. بر این اساس ضروری به نظر می‌رسد که فناوری نانو در ایران می‌بایست با یک سری از شاخص‌های مناسب به صورت متناوب پیمایش شود تا از بهبود مستمر جایگاه ایران و رتبه کشورها مطمئن شویم و این امر میسر نمی‌گردد مگر با سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی. بر همین اساس در این مقاله سعی در شناسایی شاخص‌های مناسب سنجش نوآوری و ارائه چارچوب مناسب سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران را داریم که در ادامه به طور مفصل به شرح آن خواهیم پرداخت.

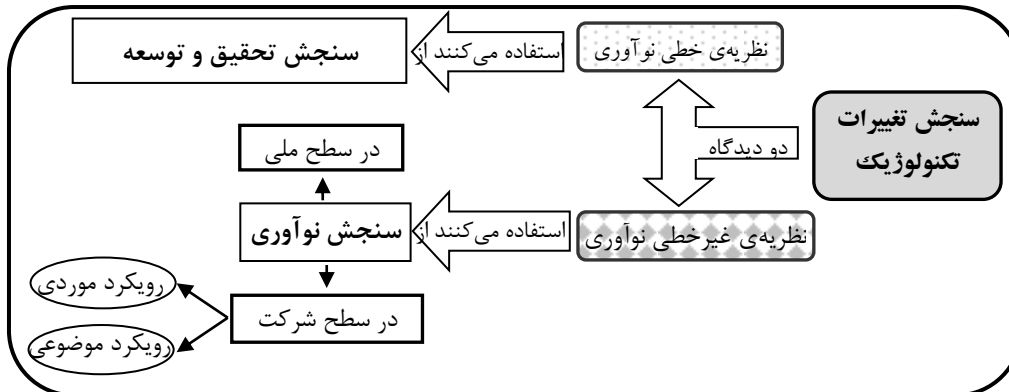
## ۲- پیشینه تحقیق

جهت درک بهتر رویکردهای مختلف در رابطه با سنجش تغییرات تکنولوژیک ابتدا در شکل ۱ نمای شماتیک این روند را نشان داده و در ادامه به تفصیل در مورد هر یک از آنها بحث خواهیم کرد.

1- Measurement of Technological Change

2- Innovation Survey

3- Arvhibugi & Pianta



شکل ۱- شمای کلی دیدگاه‌های موجود در رابطه با سنجش تغییرات تکنولوژیک (رضاعلیزاده، ۱۳۸۷)

## ۱-۲- سنجش تغییرات تکنولوژیک

به طور کلی در سنجش تغییرات تکنولوژیک دو دیدگاه کلی بیان می‌گردد: طرفداران نظریه خطی نوآوری معتقدند که، تحقیق و توسعه منبع اصلی پیشرفت‌های تکنولوژیک است؛ لذا شاخص‌های تحقیق و توسعه را برای سنجش تغییرات تکنولوژیک به کار می‌گیرند. پیش‌فرض اصلی رویکرد، این است که بین ورودی‌های فرآیند نوآوری و خروجی آن رابطه مستقیمی وجود دارد و به میزان تغییرات در ورودی، خروجی نیز تغییر خواهد کرد. نقاط قوت و ضعف این رویکرد در جدول ۱ آورده شده است. در این زمینه معروفترین دستورالعمل، دستورالعمل فراسکاتی است که در پی تلاش‌های صورت گرفته جهت سنجش تحقیق و توسعه، توسط سازمان همکاری و توسعه اقتصادی به چاپ می‌رسد (آروهبیوگی و سیلی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰ و دستورالعمل فراسکاتی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

جدول ۱- توانمندی‌ها و کاستی‌های سنجش تحقیق و توسعه<sup>۳</sup> (آروهبیوگی و سیلی، ۲۰۰۰)

توانمندی‌ها	کاستی‌ها
✓ جمع آوری منظم و متوالی اطلاعات	✓ تعدیلات مالی مورد نیاز برای مقایسه بین‌المللی
✓ قابلیت مقایسه بین‌المللی اطلاعات حاصله	نتایج
✓ یکنواختی بخشی در سراسر منابع	✓ پوشش بخش کوچکی از فرآیند نوآوری
	✓ ناچیز شمردن نوآوری در SMEها

1- Arvhibugi & Siilli

2- Frascati Manual

3 - Measurement of research and Development

در مقابل، طرفداران نظریه غیرخطی نوآوری، معتقدند که درونداهای تحقیق و توسعه تنها بخشی از فرآیند نوآوری هستند. به همین دلیل در ادامه تلاش‌های خود برای یافتن ابزاری که بتواند کل فرآیند نوآوری (اعم از ورودی، عملکرد و خروجی) را مد نظر قرار دهد، سنجش نوآوری را به عنوان راهکار مناسب جهت سنجش تغییرات تکنولوژیک پیشنهاد می‌کند (آروهیبوگی و سیلی، ۲۰۰۰). ادبیات موجود در زمینه سنجش نوآوری را از دو طریق می‌توان بررسی کرد:

### ۲-۱-۱- سنجش نوآوری در سطح ملی

اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۰ در پاسخ به جهانی‌سازی و تغییرات اقتصاد دانش‌محور، تهیه سنجش نوآوری اروپا را در دستور کار خود قرار داد. هدف اصلی اتحادیه از طراحی سنجش نوآوری، تلخیص و ارائه شاخص‌های نوآوری در سطح ملی و مقایسه موفقیت‌ها و شکست‌های بین نظام‌های ملی نوآوری بود. در جدیدترین ویرایش این رویکرد، اتحادیه اروپا شاخص‌های مورد نظر برای سنجش نوآوری را در سه گروه اصلی تقسیم کرده است: ۱- توانمندسازهای شامل منابع انسانی، سیستم‌های تحقیقاتی جذاب، ممتاز و باز، حمایت و تامین مالی ۲- فعالیت‌های بنگاهی شامل سرمایه‌گذاری بنگاه، تعامل و کارآفرینی، دارایی‌های فکری و ۳- خروجی شامل نوآوران و تلاش‌های اقتصادی (اسکوربورد اتحادیه اروپا، ۲۰۱۱)

کارلسون و همکارانش در مورد اندازه‌گیری عملکرد نظام ملی نوآوری، چنین فرض نمودند که به دلیل اندازه و پیچیدگی سیستم‌ها، سنجش عملکرد کل سیستم مشکل می‌باشد، لذا به عنوان یک راه حل، پیشنهاد محدودسازی سطح تحلیل را ارائه نمودند. به پیشنهاد آنان اگر هدف سنجش توانمندی‌های نوآوران یک نظام ملی باشد، بهتر است در قدم اول هر کدام از اجزای اصلی سیستم به صورت مجزا مورد تحلیل قرار گیرند و در مرحله بعد نتایج حاصله برای دستیابی به وضعیت کل سیستم با هم ترکیب گردند (کارلسون و همکارانش، ۲۰۰۲)

لیو و وایت، برای سنجش و تجزیه و تحلیل نظام ملی نوآوری برعکس رویکرد کارلسون و همکارانش به جای تحلیل اجزاء به طور مجزا، بر تحلیل کل سیستم تأکید کردند. در چارچوب ارائه شده توسط لیو و وایت به جای شروع با مقوله بازیگران نظام ملی نوآوری از قبیل موسسات تحقیقاتی یا دانشگاه‌ها و سپس بحث در مورد اهمیت هر یک از بازیگران در نظام نوآوری ملی، از یک سری واژه‌های عام و کلی نظیر بازیگران اولیه، بازیگران ثانویه و نهادها استفاده شده است (لیو و وایت، ۲۰۰۱).

1- Innovation Union Scoreboard

2 - Carlsson & Jacobsson & Holmen & Rickne

3- Liue and white

نازیروفسکی و آرکلوس در مدل خود با در نظر گرفتن نظام ملی نوآوری به عنوان یک فرآیند، شاخص‌های نوآوری ملی را به سه دسته شاخص‌های ورودی: عبارت از میزان دستیابی یک اقتصاد به تکنولوژی‌های جدید از خارج، میزان تلاش تکنولوژیک جدید داخلی و سطح سرمایه انسانی و مالی در زمینه‌های تکنولوژیک. میانجی، نشان‌دهنده عناصر ساختار اقتصادی- اجتماعی یک کشور است که بر ورودی‌ها و خروجی‌ها تأثیر می‌گذارد و خروجی‌ها نیز نتایج حاصل از تلاش‌های تکنولوژیک را شامل می‌شوند (نازیروفسکی و آرکلوس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳).

گودینهو و همکارانش برای ارائه شاخص‌های مورد نظر خود جهت سنجش نوآوری در نظام ملی نوآوری، روش جدیدی را بکار گرفتند. آن‌ها پس از شناسایی ابعاد نظام ملی نوآوری از طریق نگاشت نهادی ۸ بعد تأمین منابع، رفتار بازیگران، تعامل و ارتباطات، تنوع و توسعه نهادی، ارتباط بیرونی (جذب)، ساختار اقتصادی، نوآوری و انتشار را برای نظام ملی نوآوری در نظر گرفتند و در ادامه برای هر بعد، شاخص‌هایی را ارائه کردند (گودینهو، مندونکا و پیرا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳).

پورتر و همکارانش برای سنجش نظام ملی نوآوری، مفهوم چارچوب ظرفیت نوآورانه ملی را با ترکیب ۳ مفهوم تئوریک متفاوت، تئوری رشد درون‌زا (رومر، ۱۹۹۰)، تئوری رقابت‌پذیری بین‌المللی مبتنی بر خوشه‌های صنعتی (پورتر، ۱۹۹۰) و تحقیقات در مورد نظام ملی نوآوری (نلسن، ۱۹۹۰) ارائه نمودند. به نظر آن‌ها ظرفیت نوآوری ملی به سه عامل زیرساخت عمومی نوآوری کشور، وجود محیطی برای نوآوری در خوشه‌های صنعتی و استحکام پیوندهای بین این دو بعد بستگی دارد. در نهایت آن‌ها تنها شاخص مناسب را استفاده از پتنت بین‌المللی تشخیص دادند (پورتر و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲).

سازمان ملل نیز در کمیسیون‌های مختلف خود شاخص‌هایی را برای سنجش علم، تکنولوژی و نوآوری با رویکرد جامعه دانش محور توسعه داده است. شاخص‌های مذکور با هدف ارزیابی وضعیت موجود کشورهای عضو و تعیین میزان شکاف آن‌ها با کشورهای دیگر و شناسایی نقاط قوت و ضعف در جهت تدوین سیاست‌های کلان توسعه علم، تکنولوژی و نوآوری تدوین شده‌اند. برای این منظور در این گزارش ابتدا در هفت حوزه کلی شاخص‌های علم و تکنولوژی شناسایی شده و سپس این شاخص‌ها با توجه به نوع کارکردشان در ۶ حوزه

1 - Nasierowski and Arcelus

2 - Godinho & Mendonca & Pereira

3 - Porter & Stern & Furman,

که به عنوان اهداف یک نظام علم، تکنولوژی و نوآوری محسوب می‌شوند، دسته‌بندی گردیدند (سازمان ملل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳).

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی به عنوان یکی از سازمان‌های پیشرو در زمینه ارائه شاخص‌هایی جهت اندازه‌گیری فعالیت‌های علم و تکنولوژی، مبنای کار خود را برای ارائه شاخص‌های مورد نظر، سنجش نوآوری قرار داده است. این شاخص‌ها با رویکرد حرکت این کشورها به سمت اقتصاد دانش‌محور تهیه و تدوین شده‌اند. آخرین ویرایش از این شاخص‌ها در سال ۲۰۱۱ تدوین شده است که در این ویرایش، ۱۸۰ شاخص در شش حوزه کلی اقتصاد دانشی، ساختار دانش، ارتباط با دانش، هدف‌گذاری نواحی رشد جدید، رها کردن نوآوری در شرکت‌ها و رقابت در اقتصاد جهانی دسته‌بندی شده‌اند (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱).

### ۲-۱-۲- سنجش نوآوری در سطح شرکت

به طور کلی جهت سنجش نوآوری در شرکت‌ها دو روش وجود دارد که در ذیل، آن‌ها را بسط خواهیم داد:

**روش موردی:** برای اندازه‌گیری نوآوری تکنولوژیکی شرکت‌ها. طبق این تکنیک، تعداد نوآوری‌های (رادیکالی) ارائه شده توسط شرکت، طی دوره مورد بررسی برآورد می‌شود. درجه نوآور بودن نوآوری‌ها نیز توسط متخصصان تحلیل می‌شود.

**روش موضوعی:** از دهه ۸۰ محققان زیادی سعی در طراحی و اجرای ممیزی‌های نوآوری با رویکرد موضوعی کرده‌اند و تقریباً تمامی این مطالعات به دنبال شناخت بهتر فاکتورهای تاثیرگذار بر کل فرآیند نوآوری تکنولوژیکی بوده است. اصلی‌ترین حرکتی که در راستای یکپارچه کردن این‌گونه ممیزی‌ها برداشته شده، دستورالعمل اسلو است که تقریباً بیشتر تمرکز بر سنجش نوآوری‌های تکنولوژیکی با رویکرد موضوعی می‌باشد (دستورالعمل اسلو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵).

### ۳- شناسایی مراکز و ارگان‌های فعال در نانو تکنولوژی

برای ارائه یک چارچوب مناسب و کارآمد جهت سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران یکی از الزامات اصلی، شناسایی و درک نظام نوآوری حاکم در نانو تکنولوژی ایران می‌باشد. این امر میسر نمی‌گردد مگر با شناسایی بازیگران اصلی این نظام. به علاوه هر یک از مدل‌ها و رویکردهای موجود در سنجش نوآوری از جنبه‌های مختلفی مقوله سنجش نوآوری را مورد

1 - United Nations

2 - Organization for Economic Co-operation and Development(OECD)

3 - Oslo manual

بررسی قرار داده‌اند. بنابراین برای انتخاب یکی از رویکردها به عنوان پایه و اساس کار لازم بود تا پس از بررسی شرایط نانو تکنولوژی در ایران رویکردی را که هم‌خوانی بیشتری با شرایط موجود کشور دارد، انتخاب گردد. بدین منظور از مصاحبه با مشاورین و چند تن از کارشناسان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و اطلاعات کتابخانه‌ها بهره گرفته شد که نتیجه آن بدین صورت می‌باشد:

به طور کلی مراکز و نهادهای فعال در نانو تکنولوژی ایران را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم نمود:

- دولت
- شرکت‌های تجاری
- دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها

در بخش دولت دو نهاد فعال اصلی وجود دارد که عبارتند از:

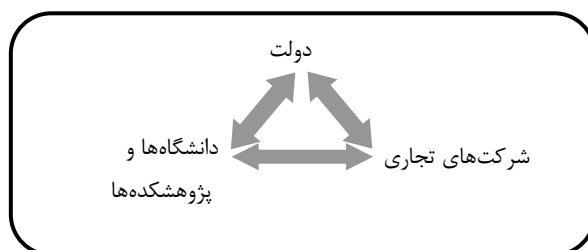
(۱) ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

(۲) کمیته نانو وزارتخانه‌ها. که ستاد ویژه توسعه فناوری نانو مرکز اصلی سیاست‌گذاری در زمینه نانو تکنولوژی در کشور محسوب می‌شود. همچنین تعداد و نوع شرکت‌های فعال در حوزه نانو تکنولوژی ایران نیز به صورت جدول زیر می‌باشد:

جدول ۲- شرکت‌های فعال در حوزه نانو تکنولوژی (گزارش ارزیابی عملکرد، ۱۳۸۹)

نوع	شرکت‌های مراکز رشد	شرکت‌های صنعتی	شرکت‌های تجهیزات ساخت
تعداد	۶۷	۴۵	۲۱

اما توجه شود که اگرچه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو نقش اساسی در سیاست‌گذاری و به تبع آن شکل‌گیری نوآوری در نانو تکنولوژی کشور را داراست اما نباید نقش دانشگاه‌ها را به عنوان یکی از ارگان‌های موثر در ورودی نوآوری (مانند فارغ‌التحصیلان، تحقیق و توسعه و...) و شرکت‌ها را به عنوان موثرترین نهاد در خروجی نوآوری (تجاری‌سازی تحقیقات و...) دست کم گرفت. در نتیجه، ارتباط بین این نهادها را می‌بایست همانند شکل ۲ دوسویه در نظر گرفت.



شکل ۲- نمایش ارتباط بین نهادهای فعال در نانو تکنولوژی ایران (رضا علیزاده، ۱۳۷۸)

در زمینه سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی، متأسفانه تاکنون تلاش منسجمی چه در ایران و چه در دیگر کشورهای در حال توسعه صورت نگرفته است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته توسط محقق و جمعی از کارشناسان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو این حقیقت مشخص گردید که اکثر کشورها از شاخص‌هایی همچون تعداد مقالات *ISI*، تعداد پتنت‌ها یا حداکثر از تعداد فارغ‌التحصیلان در حوزه نانو بهره می‌گیرند. اما به دنبال تلاش‌های کارشناسان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، علاوه بر موارد فوق شاخص‌های دیگری نیز در ایران معرفی شده‌اند که با بررسی دقیق‌تر شاخص‌های موجود، به ۳ نکته اساسی پی خواهیم برد: (۱) شاخص‌های موجود از جامعیت کافی برخوردار نیستند. (۲) برای تعدادی از شاخص‌های معرفی شده راهکار اجرایی جهت سنجش وجود ندارد. (۳) برخی از شاخص‌های معرفی شده قابلیت مقایسه در سطح بین‌الملل را ندارند. بر همین اساس در تحقیق حاضر سعی شده تا در انتخاب اولیه شاخص‌ها تمامی این ملاحظات مد نظر قرار گیرند.

#### ۴- انتخاب رویکرد مناسب برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی و استخراج شاخص‌های مورد نیاز

در این گام پس از بررسی دقیق مزایا و معایب رویکردهای مختلف سنجش نوآوری که در گام اول شناسایی شده بودند و با توجه به مصاحبه‌هایی که با صاحب‌نظران امر در خصوص مراکز و ارگان‌های فعال در نانو تکنولوژی ایران صورت گرفت، مشخص گردید که برای ارائه چارچوبی که ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

۱. از جامعیت کافی برخوردار باشد، یعنی برای ارائه شاخص، کل فرآیند نوآوری اعم از ورودی‌ها، فرآیند و خروجی‌ها را مد نظر قرار دهد.
۲. راهکار اجرایی برای اندازه‌گیری کمی شاخص‌های ارائه شده موجود باشد.
۳. قابلیت مقایسه در سطح بین‌الملل را دارا باشد، یعنی با استفاده از آن بتوان میزان نوآوری در ایران را با میزان نوآوری دیگر کشورها مقایسه کرد.
۴. با موقعیت ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه سازگار باشد.

هیچ یک از رویکردهای موجود به تنهایی برای سنجش نوآوری نانو تکنولوژی در ایران مناسب نیستند در نتیجه با استفاده از تلفیق سه رویکرد سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، سنجش نوآوری اروپایی و سنجش نوآوری سازمان ملل برای کشورهای غرب آسیا، شاخص‌هایی با توجه به سرفصل‌های سند تکمیلی دوم «سند راهبرد آینده نانو تکنولوژی کشور» استخراج گشت. که در نهایت پس از بررسی‌های لازم، ۴۵ شاخص در دو نوع ۵ و طبقه انتخاب گردید. نوع اول شاخص‌هایی هستند که تنها قابلیت سنجش نوآوری



نانو تکنولوژی در ایران را دارند اما نوع دوم شاخص‌ها، شاخص‌هایی هستند که علاوه بر سنجش نوآوری نانو تکنولوژی در ایران نتایج آن‌ها قابلیت مقایسه با دیگر کشورها را نیز دارا می‌باشند. ۵ طبقه مذکور نیز عبارت بودند از: حوزه ترویج، زیرساخت، پیشران علم و فناوری، انتقال و انتشار فناوری و تولید و بازار.

## ۵- استخراج شاخص‌های نهایی

۱- شناسایی شاخص‌های مهم برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی.  
در این مرحله ابتدا با توجه به شاخص‌های استخراج شده در گام قبل، پرسشنامه‌ای جهت کسب نظرات کارشناسان ذیربط در مورد اهمیت هر شاخص‌ها طراحی شد. نتایج حاصله از این پرسشنامه از طریق آزمون فریدمن برای هر حوزه به طور جداگانه رتبه‌بندی گردید.  
۲- در نظر گرفتن ملاحظات اجرایی برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران.  
با توجه به این‌که در ارائه شاخص‌ها برای سنجش نوآوری صرف با اهمیت بودن شاخص‌ها، معیار کافی نمی‌باشد، لذا در این مرحله برای توجه به ملاحظات اجرایی، پرسشنامه‌ای تهیه و برای کسب نظرات متخصصین ذیربط در مورد امکان‌پذیری محاسبه هر یک از شاخص‌ها بین آن‌ها توزیع گردید. نتایج حاصله از این پرسشنامه نیز مانند پرسشنامه قبل با استفاده از آزمون فریدمن برای هر یک از ۵ حوزه به طور جداگانه رتبه‌بندی گردید. روایی هر دو پرسشنامه با استفاده از نظر خبرگان و پایایی آن‌ها با استفاده از آزمون کرونباخ محاسبه گردیده که میزان آن به ترتیب عبارتند از ۰/۸۸۲ و ۰/۹۱. شایان ذکر است که نمونه آماری پاسخ دهنده به پرسشنامه‌های اهمیت و امکان‌پذیری عبارت بودند از: ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۲۱ نفر از دانشجویان ارشد و دکتری که در زمینه نانو تکنولوژی پایان‌نامه داشته و به موضوع مورد بررسی آگاهی کافی داشتند، ۲۸ نفر از کارشناسان و مدیران شرکت‌های فعال در حوزه نانو و ۱۱ نفر از اساتید دانشگاهی و خبرگان در زمینه مدیریت تکنولوژی و آشنا به مباحث نانو.

### ۳- تشکیل ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری

در این مرحله با توجه به نتایج مراحل قبل، ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری ترسیم گردید. با استفاده از این ماتریس شاخص‌های هر حوزه در ۴ طبقه جای گرفتند، که در ادامه توضیح خواهیم داد:

**طبقه A:** شاخص‌هایی هستند که هم از لحاظ مطلوبیت و هم امکان‌پذیری دارای امتیاز بالایی می‌باشند. شاخص‌های این طبقه شاخص‌های اصلی و ارجح برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران محسوب می‌شوند.

**طبقه B:** شاخص‌هایی هستند که به لحاظ اهمیت دارای رتبه بالایی می‌باشند اما در حال حاضر امکان محاسبه آن‌ها در ایران پایین می‌باشد. این طبقه از شاخص‌ها، به عنوان شاخص-هایی برای آینده پیشنهاد می‌شوند.

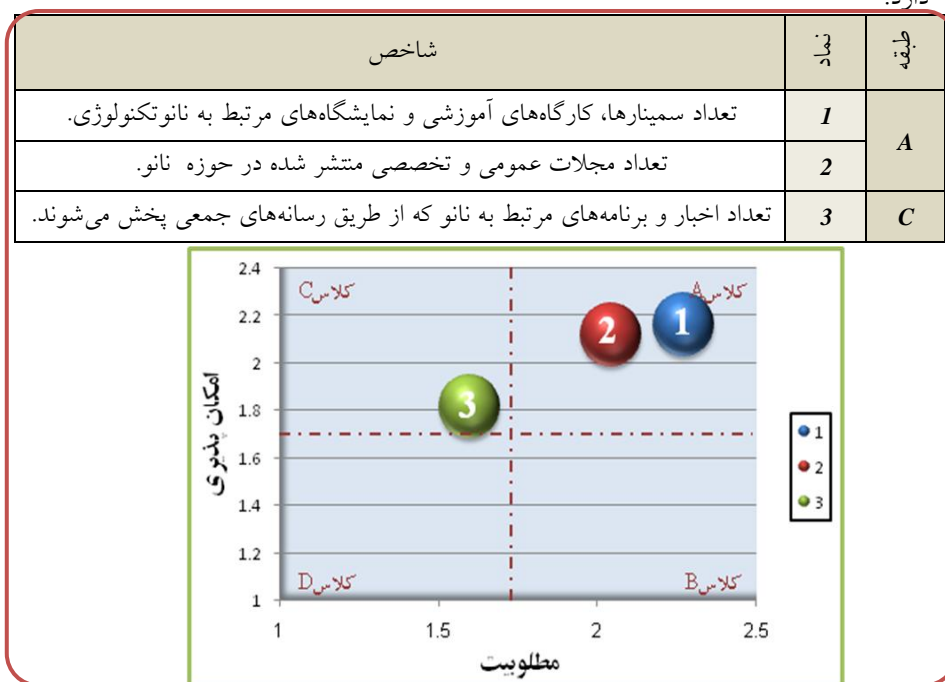
**طبقه C:** شاخص‌هایی هستند که در حال حاضر امکان محاسبه آن‌ها در ایران بالا می‌باشد اما به لحاظ اهمیت دارای رتبه پایینی هستند. این طبقه از شاخص‌ها، به عنوان شاخص‌های مکمل برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران پیشنهاد می‌شوند.

**طبقه D:** شاخص‌هایی هستند که هم از لحاظ مطلوبیت و هم امکان‌پذیری دارای امتیاز پایینی می‌باشند. شاخص‌های این طبقه شاخص‌های نامطلوب و از رده خارج می‌باشند. در ذیل نمودار هر یک از ۵ حوزه به همراه شاخص‌های آن‌ها ارائه خواهد گشت.

### ۵-۱- ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری حوزه ترویج

این سرفصل به ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی در مورد علم، فناوری و صنعت نانو توجه

دارد.

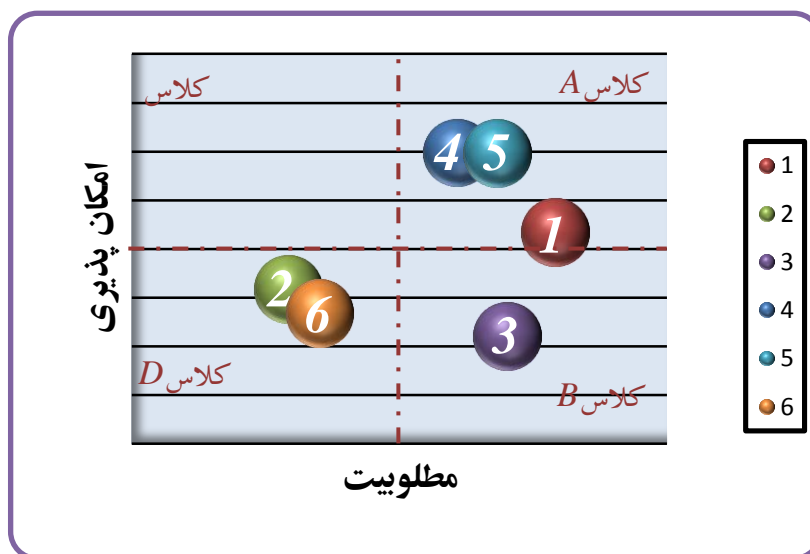


شکل ۳- ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری حوزه ترویج

## ۲-۵- ماتریس مطلوبیت- امکان پذیری حوزه زیرساخت

این سرفصل به فراهم سازی زیرساخت های لازم جهت توسعه فناوری نانو توجه دارد.

شخص	نماد	طبقه
افراد دارای آموزش عالی در زمینه نانو فناوری در هر ۱۰۰ نفر که ۶۴-۲۵ سال سن دارند.	1	A
تعداد دفاتر حمایت از مالکیت فکری <sup>۱</sup> در حوزه نانو تکنولوژی.	4	
تعداد عضویت در شبکه های منطقه ای و بین المللی نانو.	5	
سیاست های مالیاتی <sup>۲</sup> در خصوص تحقیق و توسعه در حوزه نانو.	3	B
سهام شرکت هایی که برای نوآوری در حوزه نانو بودجه دولتی دریافت می کنند.	2	D
میزان منابع مالی جذب شده از سازمان های بین المللی در زمینه نانو.	6	



شکل ۴- ماتریس مطلوبیت- امکان پذیری حوزه زیرساخت

1 intellectual property  
2 - Tax policy

**۳-۵- ماتریس مطلوبیت- امکان‌پذیری حوزه پیشران علم و فناوری**

این سرفصل ناظر بر رویکرد فشار علم و فناوری در فرآیند نوآوری است که برای سنجش آن از ۱۵ شاخص نشان داده شده در شکل ۵ استفاده شده است.

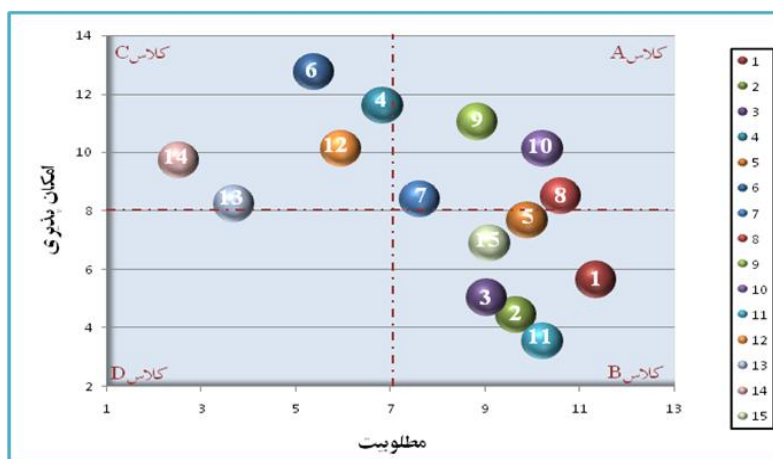
**۴-۵- ماتریس مطلوبیت- امکان‌پذیری حوزه انتقال و انتشار فناوری**

این سرفصل به انتقال و انتشار فناوری بین بخش‌های مختلف صنایع و همچنین انتقال نتایج تحقیقات به صنعت توجه دارد (به شکل ۶ مراجعه کنید).

**۵-۵- ماتریس مطلوبیت- امکان‌پذیری حوزه تولید و بازار**

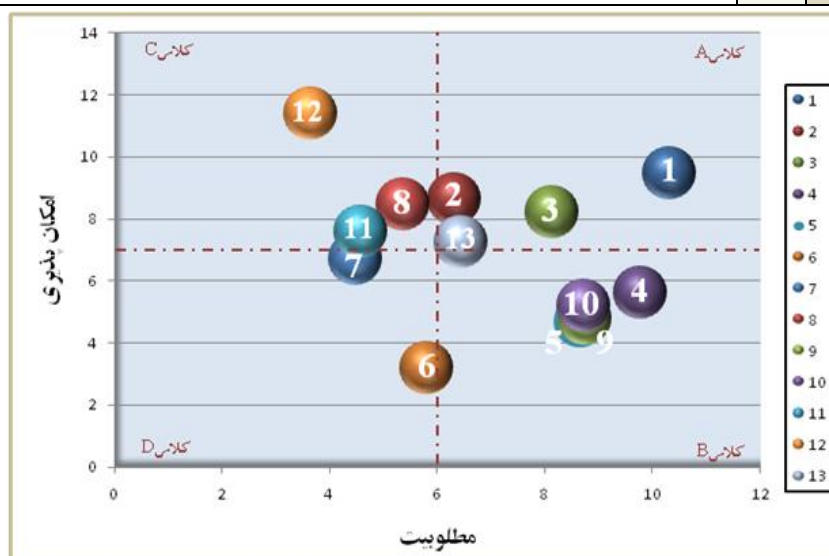
در این سرفصل دو مقوله اصلی در نظر گرفته شده است: (۱) ارائه شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری خروجی‌های نوآوری (۲) توجه به رویکرد کشش بازار در توسعه فناوری. که در شکل ۷ شاخص‌های آن ارائه شده است.

کلاس	نماد	شاخص
A	7	همکاری‌های بین‌المللی علمی در زمینه نانو؛
	8	بودجه تحقیق و توسعه دولتی (به عنوان درصدی از GDP)
	9	شدت پتنت
	10	همکاری‌های بین‌المللی در تحقیقات
B	1	هزینه‌های نوآوری (درصدی از فروش)
	2	سرمایه‌گذاری مخاطره‌آمیز اولیه (درصدی از GDP)
	3	سرمایه‌گذاری در دانش
	5	تعداد محققین فعال در حوزه نانو به ازای هر ۱۰۰۰ نفر کارمند
	11	تأمین مالی تحقیق و توسعه از خارج کشور به عنوان درصدی از کل هزینه R&D شرکت‌ها
C	15	تعداد دوره‌های آموزشی برگزار شده با همکاری شریک صنعتی
	6	تعداد مقالات علمی در رابطه با نانو
	4	فارغ‌التحصیلان دانشگاهی جدید در حوزه نانوفناوری
	12	میزان حمایت‌های تشویقی به اساتید و دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری.
	13	تعداد مقالات علمی و پژوهشی فارسی.
	14	میزان تشویق برای ترجمه و تألیف کتاب‌های علمی در حوزه نانو



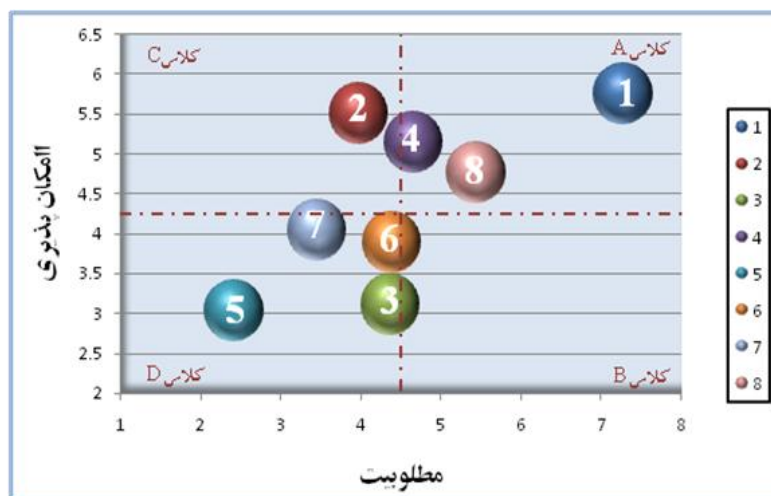
شکل ۵- ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری حوزه پیشران علم و فناوری

شاخص	نماد	کلاس
SME های نوآور داخلی (درصدی از SME)؛	1	A
تعداد علائم تجاری جدید شرکت‌هایی که در زمینه نانو فعالیت می‌کنند	2	
استخدام منابع انسانی متخصص در زمینه نانو در صنعت (به عنوان درصدی از کل کارکنان)	3	
تعداد قراردادهای خرید و فروش فناوری	13	B
همکاری شرکت‌های نوآور با موسسات تحقیقاتی دولتی (به عنوان درصدی از کل شرکت‌ها)	4	
نوآوری در داخل شرکت‌ها (درصدی از کل شرکت‌ها)	5	
همکاری‌های خارجی برای نوآوری	9	
میزان حمایت از انتقال فناوری از مراکز توسعه فناوری به بنگاه‌ها	10	C
مالکیت داخلی اختراعات خارجی	8	
میزان بودجه دولتی صرف شده برای خرید و توسعه فناوری داخلی	11	
تعداد شرکت‌های استقرار یافته در مراکز رشد که در حوزه نانو فعالیت دارند	12	D
سهام شرکت‌هایی که نوآوری غیرتکنولوژی ارائه کرده‌اند	6	
مالکیت خارجی اختراعات داخلی (به عنوان درصدی از کل اختراعات داخلی)	7	



شکل ۶- ماتریس مطلوبیت-امکان‌پذیری حوزه انتقال و انتشار فناوری

شاخص	نماد	کلاس
سهام صادرات محصولات با تکنولوژی نانو در کل صادرات (به عنوان درصدی از کل صادرات)	1	A
سرمایه گذاری مستقیم خارجی به عنوان درصدی از GDP	4	
میزان مشوق های صادراتی و گمرکی برای ورود به بازارهای جهانی	8	
منابع انسانی درگیر در نانو فناوری (به عنوان درصدی از کل کارمندان)	2	C
کارکنان تحقیق و توسعه در حوزه نانو	3	D
تعادل تکنولوژیکی پرداختها در تجارت نانو فناوری (به عنوان درصدی از GDP)	5	
میزان حمایت از فعالیت های بازاریابی از قبیل تبلیغات و شرکت در نمایشگاه های داخلی و خارجی	6	
میزان حمایت از تحقیقات بازاریابی بنگاهها	7	



شکل ۷- ماتریس مطلوبیت-امکان پذیری حوزه تولید و بازار

## ۶- نتیجه گیری

در این بخش برای تحلیل یافته های تحقیق حاضر و ارائه پیشنهاداتی برای دیگر کشورهای در حال توسعه از منحنی بلوغ نانو تکنولوژی بهره گرفته شده است. همان طور که از شکل ۸

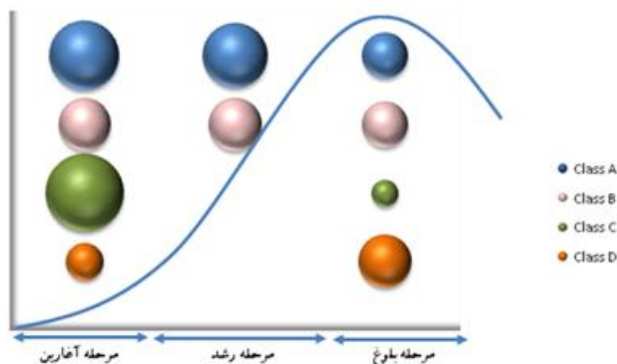
مشخص است، اکثر شاخص‌های پیشنهادی و علی‌الخصوص شاخص‌های طبقه  $A$  و  $C$  برای سنجش نوآوری در مرحله آغازین بلوغ نانو تکنولوژی مناسب هستند. حال با توجه به آن‌که:

الف) ایران و دیگر کشورهای در حال توسعه نیز در مرحله آغازین این علم قرار دارند و

ب) با توجه به یافته‌های این تحقیق شاخص‌ها، طبقه  $A$  که از لحاظ اهمیت دارای امتیاز بیشتری نسبت به شاخص‌های طبقه  $C$  بودند، پیشنهاد می‌گردد تا از شاخص‌های طبقه  $A$  به عنوان شاخص‌های اصلی و ارجح و از شاخص‌های طبقه  $C$  به عنوان شاخص‌های مکمل برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی ایران استفاده شود.

به علاوه نظر به آن‌که سیستم‌های آماری در ایران نیز مانند اکثر کشورهای در حال توسعه ضعیف می‌باشد، در نتیجه بسیاری از شاخص‌هایی که برای سنجش نوآوری در نانو تکنولوژی مهم می‌باشند به لحاظ آن‌که از نظر امکان‌پذیری محاسبه دارای امتیاز پایینی بودند از رده خارج شدند. به همین دلیل پیشنهاد می‌گردد که:

- ۱- ایران و دیگر کشورهای در حال توسعه جهت حل این معضل تعاملات کارشناسی خود را با کشورهای پیشرو در این علم که چنین مراحل را پشت سر گذاشته‌اند افزایش داده تا بتوانند به راهکارهایی برای اندازه‌گیری این دسته از شاخص‌ها دست یابند.
- ۲- با کمک کارشناسان آمار و حسابداری به تعدیل و بهبود روش‌های آمارگیری موجود و سیستم‌های حسابداری بپردازند تا بدین طریق امکان محاسبه این شاخص‌ها فراهم آید.



شکل ۸- تراکم شاخص‌های هر طبقه با توجه به منحنی بلوغ نانو تکنولوژی

اما با توجه به آن‌که یکی از کارکردهای اساسی سنجش نوآوری، دریافت بازخورد از تأثیرات مثبت و منفی سیاست‌های موجود و تدوین سیاست‌های مناسب می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد که کشورها برای تشخیص آن‌که تا چه میزان در راستای اهداف تعیین شده در حال حرکت می‌باشند، در دوره‌های زمانی تعیین شده در استراتژی نانو تکنولوژی کشور برای هر



گروه از شاخص‌ها وزن مناسبی تعیین کنند. به عنوان مثال چنانچه در ۵ سال اول هدف ظرفیت‌سازی است به شاخص‌های مرحله آغازین وزن بیشتری داده شود.

### منابع و مؤاخذ:

- ۱- حسین رضاعلیزاده ولوکلائی (۱۳۸۷) چارچوب سنجش نوآوری (نانو تکنولوژی به عنوان مورد)، کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری علامه طباطبائی.
- ۲- سید کامران باقری (۱۳۸۱) سنجش R&D یا نوآوری، ضرورت سنجش نوآوری و پوشش فعالیت‌های طراحی و مهندسی در ایران، دومین همایش روش‌های تحقیق در علوم و فنون مهندسی، دانشگاه امام حسین.
- ۳- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۴) سند تکمیلی راهبرد آینده: ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۳-۱۳۸۴.
- ۴- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۹) گزارش عملکرد سال ۱۳۸۹ نانو فناوری کشور.
- 5- Arvhibugi \*D. \*Pianta \*M. (1996) "Measuring Technology Chang Through Patents and Innovation Survey", *Technovation* \*16(9) \*451-468.
- 6- Arvhibugi \*D. Stilli \*G. (2000) "The Direct Measurement of Technological Innovation in Business", *National Research Council \*Rome Italy*.
- 7- Carlsson \*B. Jacobsson \*S. Holmen \*M. Rickne \*A. (2002) "Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues", *Research Policy* \*31 \*233- 245.
- 8- Cyhn \*Jin \*W. (2002) "Technology Transfer and International Production", (PP. 10-70). *Edward Elgar Publishing, Inc.*
- 9- *Innovation Union Scoreboard (2011) Innovation Union Scoreboard 2010 \*Innovation Union's performance scoreboard for Research and Innovation \*Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology (UNU-MERIT) with the contribution of DG JRC G3 of the European Commission.*
- 10- Godinho M. Mendonca S. Pereira T. (2003) *Mapping Innovation System: A Framwork Based on Innovation Data and Indicators, International Workshop on Empirical Studies on Innovation in Europe.*
- 11- Klomp \*L. (2001) *Measuring Output From R&D Activities in Innovation Surveys. Paper Prepared for the ISI 53 Conference \*Seoul \*Korea.*
- 12- Liue \*X. White \*S. (2001). *Comparing Innovation Systems: a Framework and Application to China's Transitional Context. Research Policy* \*30 \*1091-1114.
- 13- Nasierowski W. Arcelus F.J \*(1999). *Interrelationship among the Elements of National Innovation System: a Statistical Evaluation. European Journal of Operational Research* \*37 \*235-253.
- 14- Nasierowski W. Arcelus F.J. (2003) "On the Efficiency of National Innovation System", *Socio-Economic Planning Sciences* \*37 \*215-234.
- 15- *OECD (2011) Science \*Technology and Industry Scoreboard 2011: Innovation and Growth in Knowledge Economies*
- 16- *OECD (2005) Oslo Manual Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, Third edition.*
- 17- *OECD (2002) Frascati Manual: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Development. Paris.*
- 18- Porter \*M. Stern \*S. Furman \*JL. (2002) "The Determinants of National Innovation Capacity", *Research Policy* \*31 \*899-933.
- 19- *United Nation (2003) \*New Indicators for Science \*Technology and Innovation in the Knowledge-Based Society \*Economic and Social Commission for Western Asia.*