

## **The Desirable Scenario Development of Nanotechnology Societal Implication in Iran: a Morphologic Approach**

**Sahar Kousari<sup>1\*</sup>, Sepehr Ghazinoory<sup>2</sup>,  
Fatemeh Saghafi<sup>3</sup>, Ghasem AmooAbedini<sup>4</sup>**

1- PhD of futures studies, Faculty of management,  
University of Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Information  
Technology Management, Tarbiat Modares University,  
Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Management,  
University of Tehran, Iran

4- Associate Professor, Faculty of Engineering,  
University of Tehran, Iran

time horizon in three scopes of energy, information and communication technology and medicine and pharmacy in order to make the desirable scenario of society's effect possible.

**Keywords:** Societal Implication, Scenario Development, Morphologic Analysis, Nanotechnology

### **Abstract**

One of the basic engineering and scientific research motivation in nanotechnology scale is society's widespread goals. In balanced approach of society's effect of technology development not only society's advantages but also unpredicted effects are emphasized. Morphology as a pre-evaluation of policy making ensures that it has considered alternative goals and uncertainties of society's effects of technology development besides balanced approach of development and various conditions of future. In this paper we have used morphology as a scenario planning approach for extracting possible future scenarios. This paper has concentrated on value of technology development and its relationship in various scopes. Final results show that using morphology in a cooperative and organized process can help the policy makers to reach the agreement and commitment to output. Furthermore nanotechnology must be developed in desired

---

\* Corresponding author: [saharkousarion@ut.ac.ir](mailto:saharkousarion@ut.ac.ir)

## توسعه سناریوی مطلوب آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران: یک رویکرد مورفولوژیک

سحر کوثری<sup>۱\*</sup>، سید سپهر قاضی نوری<sup>۲</sup>، فاطمه ثقفی<sup>۳</sup>، قاسم عموعابدینی<sup>۴</sup>

۱- دکتری آینده پژوهی دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران

۲- دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران

۴- دانشیار دانشکده فنی، دانشگاه تهران

### چکیده

یکی از اصلی ترین انگیزه های تحقیقات در حوزه مهندسی و علم در مقیاس نانو، پیشبرد اهداف وسیع اجتماعی است؛ در رویکرد متعادل آثار اجتماعی توسعه فناوری، نه تنها مزایای اجتماعی بلکه پیامدهای پیش بینی نشده نیز مدنظر می باشد. مورفولوژی به عنوان نوعی از ارزیابی پیشینی سیاست گذاری، این اطمینان را ایجاد می کند که با مدنظر قراردادن اهداف بدیل و عدم قطعیت های آثار اجتماعی توسعه فناوری، رویکرد متعادل توسعه و شرایط متنوع آینده را نیز مدنظر قرار داده است. در این مقاله، از روش مورفولوژی به عنوان یکی از روش های برنامه ریزی سناریویی جهت استخراج های سناریوهای باورپذیر آینده بهره گرفته شده است. این مطالعه بر ارتباط و ارزش توسعه فناوری نانو در حوزه های مختلف تمرکز داشته و نتایج آن نشان می دهد که هرگاه روش مورفولوژی در یک فرآیند مشارکتی و نظام مند استفاده شود به سیاست گذاران کمک می کند تا اجماع و تعهد به خروجی ها تحقق یابد. افزون بر این، فناوری نانو می بایست در افق زمانی مدنظر در سه حوزه انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات و همچنین پزشکی و داروسازی توسعه یابد تا سناریوی مطلوب مقدر آثار اجتماعی تحقق یابد.

کلیدواژه ها: آثار اجتماعی، توسعه سناریوها، تحلیل مورفولوژی، نانوفناوری

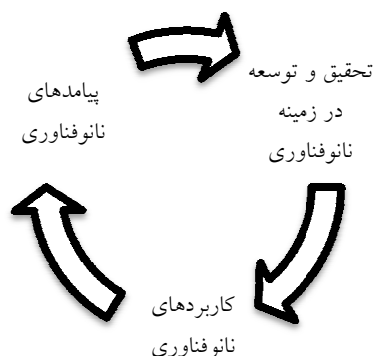
### ۱- مقدمه

و تعیین دورنما و سپس تصمیم گیری در مورد آن، به ابزارهایی نیاز است که اطلاعات لازم را برای تصمیم گیران فراهم نماید زیرا نمی توان انتظار داشت سیاست گذاران به جنبه های مختلف هر فناوری واقف بوده و توان درک همه جوانب و پیش بینی تحولات آینده آن را داشته باشند. در نظر گرفتن جمیع آثار مثبت و منفی فناوری، گزینه هایی برای بهره گیری بهتر از فرصت های ناشی از فناوری های نوین را در اختیار قرار می دهد. لذا باید به تحلیل و ارزیابی دستاوردهای خواسته و ناخواسته، فرصت ها و ریسک های فناوری های نوین توجه داشت. برآیند آثار یک فناوری جدید باید بهتر از

حضور فناوری های نوین و آثار مثبت و منفی<sup>۱</sup> آنها در زندگی، لزوم بحث درباره ماهیت، فلسفه و آینده فناوری را بیش از پیش گوشزد می کند. زندگی انسان امروزی، به شدت با فناوری در آمیخته است به گونه ای که تعامل پیچیده زندگی و صنایع جدید با فناوری های پیشرفته، باعث شده مهندسان از یک سو و تصمیم گیران از سوی دیگر، درگیر مسائل سیاست گذاری فناوری شوند. برای مطالعه موضوعات فناورانه

\* نویسنده عهده دار مکاتبات: sahkousarion@ut.ac.ir

نوظهور می‌شوند [5-7] برخی دیگر هم در وسط این طیف قرار می‌گیرند [6-9]. در این مقاله، استفاده از رویکردی متعادل مدنظر بوده تا هم اهدافی را که می‌توان در مزایای اجتماعی آنها خلاصه کرد در نظر گرفته شوند و هم پیامدهای پیش‌بینی نشده مورد بررسی قرار گیرند [۱].



شکل ۱) حلقه بسته آثار اجتماعی توسعه فناوری از دیدگاه روکو [۱]

تقریباً همه محققان با رویکردهای مختلف اتفاق نظر دارند که توسعه فناوری نانو دارای آثار اجتماعی مثبت و منفی می‌باشد لذا ارزیابی این آثار مثبت و منفی بالقوه مدنظر است. قطعاً یک سری از آثار اجتماعی فناوری نانو در آینده و بعد از اینکه این فناوری در بازار ظهور یافت پدیدار خواهد شد. در سال‌های اخیر، ارزیابی فناوری به رویکردهای مشارکتی (بدیل‌اندیشی) تغییر پیدا کرده است. این رویکرد معتقد است هر فناوری نوینی می‌تواند اثرات ناخواسته و منفی نیز داشته باشد. نکته مهم در پذیرش فناوری‌های نوین، شبکه‌سازی و مشارکت ذینفعان برای کاهش حداکثری اثرات ناخواسته و یا منفی آنهاست. در نتیجه باید روش‌های آینده‌پژوهانه‌ای که به ارزیابی آثار بالقوه فناوری‌های نوظهور و از جمله نانوفناوری می‌پردازند مدنظر قرار داده شوند. در بخش بعدی، روش‌های آینده‌پژوهانه در بررسی آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو از بُعد عامل و روش، مورد بررسی قرار داده می‌شوند.

### ۳- آینده‌پژوهی در حوزه آثار اجتماعی فناوری‌های نوظهور به لحاظ عامل و روش

بیشتر مواردی که به عنوان آثار اجتماعی فناوری نانو ذکر شده بر مبنای پیشگویی‌هایی است که دانشمندان این حوزه آنها را صورت داده‌اند و این توانایی‌ها، کمتر شکل واقعیت به خود

فناوری‌های قبلی باشد در غیر این صورت نیازی به آن نیست. این بهتر بودن تنها به جنبه‌های اقتصادی یا فناورانه یک فناوری اشاره ندارد بلکه به ابعاد اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی آن هم توجه دارد. کارکرد اصلی مطلوب در این زمینه، هشدار زودهنگام<sup>۱</sup> درباره تأثیرات انتخاب یک فناوری است. برای مثال، استفاده از فناوری‌های نانو، علاوه بر تأثیرات مثبت بی‌شمار، در بلند مدت می‌تواند چه تأثیرات منفی و ناخواسته‌ای داشته باشد؟ تاکنون معیارهای توسعه فناوری مبتنی بر شرایط حاکم بر زمان حال بوده و رویکرد آینده‌پژوهانه‌ای در این خصوص مدنظر نبوده است در حالی که در نظر گرفتن آثار بالقوه فناوری بر ابعاد مختلف اجتماع ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر ارزیابی فناوری، به رویکردهای مشارکتی تغییر پیدا کرده است. رویکردی که معتقد است هر فناوری نوینی، می‌تواند اثرات ناخواسته و منفی هم داشته باشد. نکته مهم در پذیرش فناوری‌های نوین، شبکه‌سازی و مشارکت ذینفعان برای کاهش حداکثری اثرات ناخواسته و منفی آن است که این موضوع مستلزم بدیل‌اندیشی بوده و در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده به بدیل‌اندیشی در حوزه آثار اجتماعی پرداخته نشده است. لذا سؤال اصلی این مقاله این است که سناریوی مطلوب مقدور آثار اجتماعی بالقوه توسعه فناوری نانو در ایران چیست؟

### ۲- آثار اجتماعی توسعه نانو فناوری

یکی از اصلی‌ترین انگیزه‌های تحقیقات در حوزه فناوری‌های نوظهور، پیشبرد اهداف وسیع اجتماعی است و این پیشبرد، دامنه وسیعی از ارتقاء درک جامعه از طبیعت در سطح مولکولی گرفته تا افزایش بهره‌وری با توسل به تولید کارآمد را دربر می‌گیرد. تحقیق و توسعه در زمینه مقیاس نانو، کاربردهای نانوفناوری و پیامدهای اجتماعی آن، روی هم رفته یک سیستم تعاملی و یکپارچه را شکل داده که طرح‌واره این نظام را می‌توان به صورت حلقه‌ای بسته به تصویر کشید (شکل ۱). بر همین اساس برخی از محققان، هدف از توسعه فناوری‌های نوظهور را تنها رسیدن به مزایای اجتماعی و اهداف تعیین شده تلقی می‌کنند [2-4] و برخی دیگر از بیم آثار منفی توسعه فناوری، مانع از گسترش فناوری‌های

1- Early Warning

جدول ۱) ابعاد مختلف ارزیابی آثار اجتماعی فناوری‌های نوین: آینده‌پژوهی در حوزه آثار اجتماعی توسعه فناوری به لحاظ عامل و روش

عامل مورد ارزیابی	درجه بلوغ فناوری	مؤلفه‌های مورد ارزیابی	پارادایم فکری	روش‌ها
خود فناوری	مرحله پیدایش	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت حل</li> <li>• سیال بودن</li> <li>• نقطه جوش</li> <li>• فشار بخار</li> <li>• ماندگاری</li> <li>• انباشتگی</li> </ul>	پوزیتیویستی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سم‌شناسی</li> <li>• تست حیوانی</li> <li>• اپیدمی‌ک بودن</li> <li>• استهلاک زیست‌محیطی</li> <li>• FMEA</li> <li>• تحلیل درخت-خطا</li> <li>• تحلیل پیامدهای محیطی</li> </ul>
پتانسیل‌های کارآمدی کاربرد فناوری	مرحله رشد ابتدایی یا رشد نهایی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تغییر نوع واکنش</li> <li>• تغییر دمای واکنش</li> <li>• تغییر واکنش‌پذیری</li> <li>• تغییر انرژی واکنش</li> <li>• قدرت انتخاب</li> </ul>	پوزیتیویستی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LCA</li> <li>• تحلیل پروفیل‌های سازگار با محیط‌زیست</li> </ul>
بدیل‌های پس‌نگری	تعیین چشم‌انداز جهت توسعه فناوری	<ul style="list-style-type: none"> <li>• گزینه‌های جایگزین</li> <li>• قابل توسعه زنجیره ارزش فناوری</li> <li>• تأثیرات ممکن</li> </ul>	ساخت‌یافته	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سناریونویسی</li> <li>• آینده‌نگاری فناوری</li> <li>• نقشه راه فناوری</li> <li>• (CTA)<sup>۱</sup></li> <li>• (RTTA)<sup>۲</sup></li> </ul>

گرفته‌اند. از آنجا که این پیشگویی‌ها، بر مبنای روش‌های گوناگون، با ابزارهای متفاوت و به دست افراد مختلف انجام شده‌اند به طور طبیعی اختلافاتی با یکدیگر دارند.

در ادامه، به بررسی و مرور سوابق روش‌ها و ابزارها و همچنین اهدافی (عامل‌های آینده‌سازی) که تاکنون در مقالات، گزارش‌ها و کتب، جهت بررسی آثار اجتماعی فناوری نانو به کار رفته‌اند پرداخته شده و البته به دلیل حجم زیاد آنها از ذکر بدنه اصلی مقالات مذکور خودداری و صرفاً به اختصار نتایج آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

مطابق این جدول، روش‌های ارزیابی آثار اجتماعی فناوری‌های نوظهور در سه دسته کلی زیر قابل بررسی می‌باشد:

• ارزیابی خصوصیات فناوری: ارزیابی آینده‌نگرانه عملکرد فناوری‌ها با تمرکز بر خود فناوری

• ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی کاربرد فناوری<sup>۳</sup>: ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی و سازگاری با محیط‌زیست منابع به کمک اعمال روش‌های ارزیابی چرخه زندگی

مطابق این جدول، روش‌های ارزیابی آثار اجتماعی فناوری‌های نوظهور در سه دسته کلی زیر قابل بررسی می‌باشد:

• ارزیابی خصوصیات فناوری: ارزیابی آینده‌نگرانه عملکرد فناوری‌ها با تمرکز بر خود فناوری

• ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی کاربرد فناوری<sup>۳</sup>: ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی و سازگاری با محیط‌زیست منابع به کمک اعمال روش‌های ارزیابی چرخه زندگی

• ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی کاربرد فناوری<sup>۳</sup>: ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی و سازگاری با محیط‌زیست منابع به کمک اعمال روش‌های ارزیابی چرخه زندگی

• ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی کاربرد فناوری<sup>۳</sup>: ارزیابی پتانسیل‌های کارآمدی و سازگاری با محیط‌زیست منابع به کمک اعمال روش‌های ارزیابی چرخه زندگی

1- Constructive Technology Assessment  
2- Ready Time Technology Assessment  
3- Eco-Profile

#### ۴- روش‌های مختلف سناریونویسی

دسته‌بندی روش‌های سناریونویسی جهت توسعه فناوری، تلاشی است در جهت کاهش سردرگمی‌هایی که در این حوزه وجود دارد. در جدول ۲ نقطه شروع، فرآیند و خروجی (محصول) هر تکنیک بیان شده است.

توسعه سناریو، قلب مطالعات آینده برای رسیدن به چشم‌انداز مطلوب و یک تکنیک کلیدی است که کار آینده‌پژوهان حرفه‌ای را از دیگر حرفه‌ای‌ها متمایز می‌سازد.

جدول ۲) روش‌های مختلف سناریونویسی [۱۰]

تکنیک	نقطه شروع	فرآیند	محصول
شهودی	اطلاعات شخصی	فکر کردن، تصور کردن	یک یا چند سناریو
تجسم	اطلاعات شخصی، ایده‌های ناخودآگاه، مقادیر	آرامش، تحریک تخیل	یک یا چند سناریو
ایفاء نقش	اطلاعات شخصی، ایده‌های ناخودآگاه، مقادیر	نقش بازی کردن در یک یا چند شرایط از پیش مقرر شده	یک یا چند سناریو
کوتس و جارات	اطلاعات شخصی یا تیمی	تعریف دامنه و افق زمانی، تعیین شرایط یا متغیرها، توسعه زمینه سناریو، تخمین مقدار شرایط و متغیر تحت هر زمینه سناریو، نوشتن سناریوها	چهار تا شش سناریو
مانوآ	روندهای مسلط	مستلزمات، تأثیرات متقابل، شرح	سناریوی خط مبنای مشروح
درون‌قالبی	چندمنطق (هسته) سناریو	شرح در دامنه‌های خاص	چندین سناریوی مشروح
SRI	چندمنطق (هسته) سناریو	دامنه‌های خاص در ردیف‌ها	چندین سناریوی مشروح در دامنه‌های خاص
درخت احتمال	شاخه‌سازی عدم قطعیت‌ها یا گزینه‌ها	توالی، تعیین احتمال	احتمال حالات نهایی
دید اجتماعی	شاخه‌سازی عدم قطعیت‌ها یا گزینه‌ها	خوشه‌بندی گزینه‌های مشابه به یک زمینه ماکرو	چندین سناریو
نگاشت واگرایی	چندین رویداد محتمل	تعیین یک تا چهار افق زمانی، اتصال رویدادها به هم در یک توالی	چندین تاریخ آینده
نگاشت‌های آینده	چندین حالت نهایی، چندین رویداد محتمل	دنبال کردن توالی رویدادها تا رسیدن به یک حالت نهایی	تاریخ آینده
پس‌نگری و روش دید افقی	یک یا چند حالت نهایی (می‌تواند رؤیایی باشد)	مراحلی که منجر به آن حالت می‌شود	نظراتی برای کارهای کوتاه‌مدت یا سرمایه‌گذاری
تکنیک‌های متأثر از آینده	زمینه‌های فناوری	سناریوهای قوی، علامات منجر به سناریو، هزینه/بهره	استراتژی‌های مشروط بر رویداد علامات
تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی و کاهش بی‌نظمی میدانی	ابعاد عدم قطعیت	چندین گزینه برای هر بُعد، اتصال هر گزینه از هر بُعد به هم	چندین حالت نهایی متشکل از اتصالات گزینه‌ها در هر بُعد
GBN	نیروهای پیشران، دو بُعد عدم قطعیت	ایجاد دو مهمترین و دو کم‌قطعیت‌ترین، ماتریس ۲در۲، عنوان و شرح	چهار سناریوی دوجه‌دو ناسازگار
توسعه و ارزیابی گزینه‌ها	ابعاد عدم قطعیت	چندین گزینه برای هر بُعد، تعیین نرخ سازگاری هر گزینه با دیگر گزینه‌ها، انجام محاسبه نزدیک‌ترین هم‌جوار	رتبه‌بندی ترکیب گزینه‌ها بر اساس سازگاری زیاد به کم
مورفولوژی	ابعاد عدم قطعیت	چندین گزینه برای هر بُعد، ارتباط هر گزینه از هر بُعد، حذف ترکیب‌های ناممکن و دادن درجه بالا به محتمل‌ترین‌ها، محاسبه احتمال ترکیب‌ها	چندین حالت نهایی منتج از ارتباط گزینه‌ها

جدول ۲) روش‌های مختلف سناریونویسی [۱۰]

تکنیک	نقطه شروع	فرآیند	محصول
تحلیل روند متقابل	حالات نهایی یا رویدادهای محتمل	مقداردهی احتمال هر یک، احتمال شرطی هر یک به شرط رخداد دیگری، مدل‌سازی مونت‌کارلو	احتمال نهایی هر حالت یا رویداد
IFS	متغیرهای حالت نهایی آینده	مقدار بالا متوسط و پائین متغیرها، مقداردهی احتمال هر یک، تأثیر متقابل تقسیم‌بندی متغیرها بر مبنای تقسیم‌بندی دیگر متغیرها، مدل‌سازی مونت‌کارلو	احتمال نهایی تقسیم‌بندی هر متغیر
اسمیک پرو اکسپرت	حالات نهایی یا رویدادهای محتمل	مقداردهی احتمال هر یک، احتمال شرطی هر یک به شرط رخداد دیگری، تصحیح احتمالات شرطی، مدل‌سازی مونت‌کارلو	احتمال نهایی هر حالت یا رویداد
تحلیل آثار بر روند	روند، یک یا چند رویداد محتمل آینده	تخمین تأثیر رویداد بر روند در زمان اثر اولیه و بیشترین اثر و همچنین اثر نهایی	مقدارهای همساز روند
تجزیه و تحلیل حساسیت	مدل سیستمی با شرایط مرزی	ورود مقادیر محتمل برای هر شرایط مرزی غیرقطعی، احتمالاً مدل‌سازی مونت‌کارلو	طیفی از متغیرهای خروجی ممکن
سناریوهای پویا	ابعاد عدم قطعیت	ساخت مدل سیستمی برای هر بُعد، ترکیب به یک مدل کلی	رفتار پویای مرتبط با هر سناریو

است. فرآیند طراحی‌شده برای مطالعه از سه قسمت تشکیل شده است:

- گردآوری اطلاعات ورودی؛ که مواد اولیه مورد نیاز برای پیاده‌سازی روش را فراهم می‌کند. اطلاعات ورودی در هر مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرند. اصلی‌ترین ورودی‌های پیاده‌سازی برنامه‌ها عبارت بودند از پارامترهای کاربرد حوزه مورد مطالعه و آثار بدیل آنها و همچنین پارامترهای زمینه‌ای حوزه مورد مطالعه و آثار بدیل آنها، که در هر دو مورد فوق از مقالات معتبر به عنوان ورودی استفاده شد.
- پیاده‌سازی روش‌ها؛ در این بخش روش اصلی مورد مطالعه، روش مورفولوژی بوده که بر اساس اطلاعات ورودی پیاده‌سازی شده است.
- تولید خروجی‌ها؛ بر اساس نتایج به دست آمده از روش مورفولوژی تولید شده‌اند.

#### الف) گردآوری اطلاعات ورودی

الف-۱) شناسایی پارامترهای وابسته به زمینه و آثار بدیل آنها

مجموعه‌ای از ویژگی‌های زمینه‌ای که در توسعه و آثار فناوری نانو نقش دارند در این تحقیق به صورت یک دسته‌بندی حوزه‌ای در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

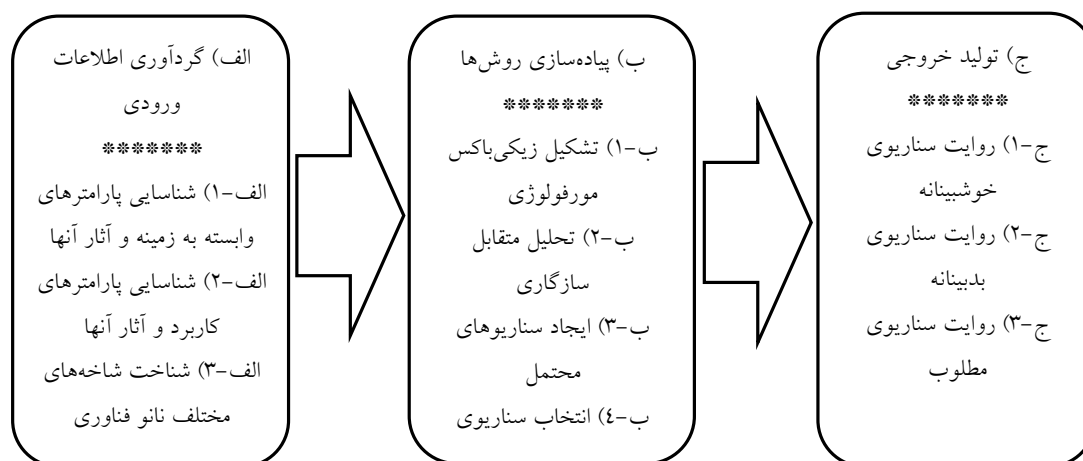
الف-۲) شناسایی پارامترهای کاربرد و آثار بدیل آنها

در این مقاله، روش مورفولوژی به عنوان روش منتخب استفاده می‌شود زیرا:

- ◆ موضوع مورد مطالعه از پیچیدگی زیادی برخوردار بوده و نیاز به روشی دارد که بتواند ابعاد متعددی از عدم قطعیت را مدنظر قرار دهد. روش مورفولوژی از این ویژگی برخوردار است.
  - ◆ باید مجموعه متغیرهای مورد بررسی در موضوع مورد بحث به صورتی سیستمی دیده شوند و باز روش مورفولوژی از این ویژگی برخوردار است.
  - ◆ بررسی عوامل سازگار باهم در موضوع مورد مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار است و مورفولوژی، سازگاری متقابل عوامل را بررسی می‌کند.
  - ◆ سناریوهای سازگار بدیل در نتیجه استفاده از این روش ایجاد می‌شود که این امکان را فراهم می‌کند از بین آنها، سناریوی مطلوب مقدر انتخاب شود.
- لذا در ادامه، یک چارچوب مفهومی جهت پژوهش با تمرکز بر روش مورفولوژی ارائه شده است.

#### ۵- چارچوب مفهومی

در این پژوهش، مورفولوژی رویکرد اصلی مطالعه بوده است. در شکل ۲، طرح شماتیک مطالعه به صورت کامل آورده شده



شکل ۲) چارچوب پژوهش

ب) پیاده‌سازی روش‌ها  
تحلیل مورفولوژی این پژوهش با کمک نرم‌افزار مورفول انجام شده و از آنجا که در دسترسی به این نرم‌افزار، محدودیت وجود داشت لذا این کار با مشارکت یک تیم

حوزه‌هایی که تحت تأثیر نانو فناوری هستند ممکن است حوزه‌هایی باشند که این فناوری در آنها کاربرد دارد و باعث افزایش بازدهی، بهبود کیفیت یا کاهش هزینه می‌شود (جدول ۴).

جدول ۳) پارامترهای وابسته به زمینه و آثار بدیل آنها

ردیف	عنوان حوزه	تعریف	آثار بدیل دورنمای آینده
۱	قابلیت توسعه	زیرساخت تحقیق و توسعه نانو فناوری از جمله پتنت‌ها و مقالات	بالا پایین
۲	آگاهی عمومی	آگاهی مردم از توسعه نانو فناوری شامل فهمیدن، درک ریسک‌ها، منافع و میزان پذیرش	تمرکز روی ریسک‌ها خنثی تمرکز روی منافع
۳	تقاضای مصرف‌کننده	تقاضای مصرف‌کننده و انتخاب نانو فناوری شامل عادات، ترجیحات و ارزش‌ها	بالا برای محصولات با قیمت‌های مقرون به صرفه بالا برای محصولات دوستدار محیط‌زیست بالا برای محصولاتی که نانو فناوری در آنها به کار نرفته است
۴	قوانین و مقررات	چارچوب قانونی برای توسعه و استفاده از نانو فناوری شامل قوانین، احکام و خودتنظیمی	قوانین باز (بدون خطوط راهنما یا با خطوط راهنمای بسیار کم) قوانین برای نانو مواد و نانو تیوب‌ها قوانین برای مواد غذایی نانو بی و منسوجات
۵	سرمایه‌گذاری عمومی	میزان منابع عمومی‌ای که به تحقیق و توسعه در نانو فناوری تخصیص داده شده است	بالا پائین
۶	پتانسیل سودآوری	پتانسیل کسب و کار نانو فناوری که دلالت بر سرمایه‌گذاری‌های مالی بخش خصوصی دارد	بالا پائین
۷	ارزیابی ریسک	نتایج به وسیله ارزیابی ریسک مستقل روی نانو فناوری فراهم می‌شود	دلالت بر ریسک‌های بالا دلالت بر ریسک‌های متوسط دلالت بر ریسک‌های پائین

جدول ۴) شناسایی پارامترهای کاربرد و آثار بدیل آنها

ردیف	عنوان حوزه	تعریف	دورنمای آینده از بُعد دسترسی بازار به محصول
۱	افزایش بازدهی کشاورزی	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که خروجی در واحد سطح و زمان و ورودی را بهبود می‌دهند	در بازار خواهد بود
۲	بهبود کیفیت محیط‌زیست	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که به طور فعال هوا، آب و خاک آلوده را تمیز می‌کنند یا دارای منفعت برای فرآیندها و ساختارهای اکوسیستم هستند	در بازار خواهد بود
۳	افزایش بازدهی سیستم‌های انرژی	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که نسبت بین انرژی تولیدشده و منابع ورودی به منظور بهبود تولید، ذخیره و هدایت انرژی را بهبود می‌دهند	در بازار خواهد بود
۴	افزایش کیفیت تغذیه	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که ویژگی‌های غذا را به منظور بهبود تقاضای تغذیه‌ای مصرف‌کننده و یا افزایش امنیت غذا تغییر می‌دهند	در بازار خواهد بود
۵	افزایش بازدهی ساخت‌افزار فناوری اطلاعات	کاربرد نانو فناوری در افزایش سرعت پردازش و ظرفیت ذخیره‌سازی و همچنین انتقال اطلاعات یا کوچک‌سازی دستگاه‌های سخت‌افزاری	در بازار خواهد بود
۶	بهبود کیفیت پزشکی، دارویی، آرایشی و بهداشتی	کاربردهای نانوفناوری جهت بهبود و سادگی تشخیص یا درمان و شفای بیماری‌ها یا افزایش بهره‌وری دارورسانی، تحمل ایمپلنت و یا بهبود کیفیت بهداشت شخصی	در بازار خواهد بود
۷	کاهش هزینه‌های تولید	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که منجر به کاهش هزینه در فرآیند تولید می‌شود	در بازار خواهد بود
۸	بهبود خواص نساجی	آن دسته از کاربردهای نانوفناوری که قادر به ایجاد خواص جدید منسوجات است	در بازار خواهد بود

وجود داشته که از این میان، ۸ پارامتر کاربردی و ۷ پارامتر دیگر، زمینه‌ای بوده‌اند. اما همانگونه که ذکر شد از جمله محدودیت‌های نرم‌افزار این است که تنها قدرت تحلیل ۸ پارامتر را دارد اما چون ۸ پارامتر کاربردی دارای حالت‌های بدیل صفر و یک هستند (یا در بازار هستند یا در بازار نیستند) لذا می‌توان آنها را به عنوان یک پارامتر واحد در نظر گرفت و هنگام ارزیابی دو به دو با سایر پارامترها، اگر در بازار باشد از (-) و اگر در بازار نباشد از (X) استفاده گردد که به این ترتیب، فضای پارامترها کاهش می‌یابد و به عدد ۸ می‌رسد.

#### ب-۲) ارزیابی سازگاری متقابل

در واقع در جدول سازگاری متقابل با ارزیابی سازگاری دو به دو، فضای مسأله و مشکل به فضای راه‌حل که از یک سازگاری داخلی برخوردار است تبدیل خواهد شد و کلیدهای ارزیابی در آن عبارتند از:

سوئدی<sup>۱</sup> به سرپرستی تام ریچی<sup>۲</sup> انجام گرفت که پس از انجام مقدمات اولیه برای تعیین مدل همکاری، کار به صورت گام به گام و به طور رفت و برگشتی دنبال گردید.

#### ب-۱) توسعه زیکی‌باکس ریخت‌شناسی

جهت توسعه زیکی‌باکس ریخت‌شناسی، باید پارامترها و یا متغیرهایی که می‌خواهند در مدل استفاده شوند و همچنین حالت‌های بدیل آنها مشخص شود. حداکثر تعداد پارامترهای قابل قبول بر اساس محدودیت‌های نرم‌افزار، ۸ پارامتر است. حالت‌ها و یا موقعیت‌های ممکن در مورد هر پارامتر نیز حداکثر ۶ حالت می‌باشد. پارامترها و حالت‌های بدیل آنها شناسایی و بر مبنای یک فایل Excel، برای تیم همکار ارسال گردید. پارامترها و حالت‌های بدیل آنها در جدول ۵ مشخص شده و چنان که در این جدول نیز مشاهده می‌شود ۱۵ پارامتر

1- Academic Research Support from the Swedish Morphological Society  
2- Tom Ritchy



جدول ۵) زیکی باکس مورفولوژی و حالت‌های بدیل پارامترها

افزایش بازدهی کشاورزی	بهبود کیفیت محیط زیست	افزایش بازدهی سیستم‌های انرژی	بهبود کیفیت مواد غذایی	افزایش کیفیت فناوری سخت‌افزار	بهبود کیفیت دارویی، پزشکی و محصولات آرایشی و بهداشتی	کاهش هزینه‌های تولید	بهبود ویژگی‌های منسوجات	زیرساخت توسعه	واکنش عمومی	تقاضای مصرف کننده	تنظیم مقررات	سرمایه گذاری		ارزیابی ریسک
												عمومی	خصوصی	
در بازار وجود خواهد داشت								بالا	ریسک‌گریزی	بالا برای محصولات با قیمت اقتصادی	مقررات آزاد، بدون مقررات یا با مقررات ناچیز	بالا	بالا	دلالت بر ریسک بالا
در بازار نخواهد بود								پائین	خستگی	بالا برای محصولات دوستدار محیط زیست	مقررات برای مواد پیشرفته	پائین	پائین	دلالت بر ریسک متوسط
									تحمل ریسک	بالا برای محصولات عاری از نانو مواد	مقررات برای مواد غذایی و منسوجات			دلالت بر ریسک پائین

- آینده‌های ممکن: که شامل هر آینده قابل تصویری است.
- آینده‌های باورپذیر: که شامل آینده‌هایی است که علم امروزی آنها را ابطال نکرده است.
- آینده‌های محتمل: که از درجه تحقق بالاتری نسبت به سایر آینده‌های باورپذیر برخوردار هستند.
- آینده‌های مرجح یا مطلوب: که بیش از سایر آینده‌های باورپذیر مطلوب ناظر یا تحلیل‌گر است و او تلاش دارد تا آنها را محقق سازد.

از بین سناریوهای احتمالی که در جدول ۷ مشخص شده است:

- ۱، سناریوی بدبینانه می‌باشد که تمامی پارامترها در بدترین وضعیت خود قرار دارند.
- ۲، سناریوی خوشبینانه است که تمامی پارامترها در بهترین حالت خود قرار دارند.
- ۵ با توجه به نظر خبرگان گروه کانونی، سناریوی مطلوب و مقدور می‌باشد که در آن، فناوری نانو در سه حوزه نانوالکترونیک، پزشکی و داروسازی و انرژی توسعه خواهد یافت و نه به اندازه سناریوی ۲ خوشبینانه و نه در حد سناریوی ۱ بدبینانه است بلکه حالتی بینابینی خواهد داشت. در ادامه هر یک از این سناریوها روایت خواهند شد.

- (-) بهترین حالت، کاملاً سازگار با هم، کاملاً متناسب، جفت متناسب
- (K) می‌تواند کار کند اما نه در حالت بهینه
- (X) ایده خیلی بد، غیرممکن

جدول اولیه ارزیابی متقابل سازگاری تهیه شد که بعد از تحلیل به وسیله نرم‌افزار، مشخص شد که مدل به خوبی رفتار نمی‌کند و نیاز است تا سازگاری متقابل آن مجدداً بررسی شود که بر این اساس، مرحله سازگاری مجدداً چک گردید. جدول ارزیابی سازگاری ثانویه به صورت جدول ۶ می‌باشد.

### ب-۳) ایجاد سناریوهای محتمل

سناریوهای محتمل، سناریوهایی هستند که متغیرهای آنها دارای بیشترین میزان سازگاری می‌باشند. بر اساس خروجی نرم‌افزار مورفول، این سناریوها به لحاظ سیستمی به شرح جدول ۷ می‌باشند.

### ب-۴) انتخاب سناریوی مطلوب مقدور

اگر چه تاریخچه تلاش آدمی برای شناخت آینده را می‌توان به اندازه تاریخ زندگی آدمی به گذشته بازگرداند اما مطالعات علمی در خصوص آینده، تاریخچه کوتاهی دارد [۱۱]. بر اساس آموزه‌های آینده‌پژوهی، می‌توان آینده‌ها را به چهار دسته تقسیم نمود:

جدول ۶) ارزیابی سازگاری ثانویه

ارزیابی ریسک			سرمايه گذاري				قانون و مقررات			تقاضای مصرف کننده			واکنش عمومی			پتانسیل توسعه		عنوان حوزه					
			خصوصی		عمومی																		
ریسک پائین	ریسک متوسط	ریسک بالا	پائین	بالا	پائین	بالا	قوانین برای غذا و منسوجات	قوانین برای مواد پیشرفته	قوانین آزاد	بالا برای محصولات:			ریسک پذیر	ختی	ریسک گریز	پائین	بالا						
										عاری از نانومواد	زیست سازگار	اقتصادی											
																	X	-	ریسک گریز	واکنش عمومی			
																		K	-		ختی		
																		X	-		ریسک پذیر		
																					تقاضای مصرف کننده		
																						بالا برای محصولات:	
																							اقتصادی
																					زیست سازگار		
																						عاری از نانوفناوری	
																						قانون و مقررات	
																							قوانین آزاد
																							مواد پیشرفته
																						غذا و منسوجات	
																						سرمايه گذاري	
																							عمومی
																							پائین
																							بالا
																						بالا	
																						پائین	
																						ارزیابی ریسک	
																							ریسک بالا
																							ریسک متوسط
																						ریسک پائین	
																						در بازار	
																							افزایش بازدهی کشاورزی
																							بهبود کیفیت محیط زیست
																							افزایش بازدهی سیستم های انرژی
																							بهبود کیفیت مواد غذایی
																							افزایش بازدهی فناوری اطلاعات
																						بهبود کیفیت پزشکی، داروسازی و ...	
																						کاهش هزینه های تولید	
																						بهبود ویژگی های منسوجات	

جدول ۷) سناریوهای محتمل آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو

پارامترها	سناریوی محتمل ۱	سناریوی محتمل ۲	سناریوی محتمل ۳	سناریوی محتمل ۴	سناریوی محتمل ۵
۱ قابلیت توسعه	(خیلی) پائین	(خیلی) بالا	بالا	پائین	بالا
۲ واکنش عمومی	متمرکز بر ریسک	متمرکز بر منافع	خنثی	متمرکز بر ریسک	خنثی
۳ تقاضای مصرف‌کننده	بالا برای محصولات عاری از نانو مواد	بالا برای محصولات با قیمت اقتصادی	بالا برای محصولات با قیمت اقتصادی	بالا برای محصولات عاری از نانو مواد	بالا برای محصولات زیست‌سازگار
۴ تنظیم مقررات	قانون‌گذاری برای نانوذرات و نانوتیوب	مقررات آزاد	مقررات برای مواد غذایی و منسوجات	قانون‌گذاری برای نانوذرات و نانوتیوب	مقررات آزاد
۵ سرمایه‌گذاری عمومی	(خیلی) پائین	(خیلی) بالا	بالا	پائین	بالا
۶ سرمایه‌گذاری خصوصی	(خیلی) پائین	(خیلی) بالا	پائین	پائین	نسبتاً بالا
۷ ارزیابی ریسک	(خیلی) بالا	(خیلی) پائین	پائین	بالا	پائین
۸ افزایش بازدهی کشاورزی	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد
۹ بهبود کیفیت محیط‌زیست	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد
۱۰ افزایش بازدهی سیستم‌های انرژی	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد
۱۱ بهبود کیفیت مواد غذایی	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد
۱۲ افزایش کیفیت فناوری ساخت‌افزار	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد
۱۳ بهبود کیفیت دارویی، پزشکی و لوازم آرایشی	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد
۱۴ کاهش هزینه‌های تولید	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد
۱۵ بهبود ویژگی‌های منسوجات	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود دارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد	در بازار وجود ندارد

ج) خروجی فرآیند: روایت سناریوهای مورد انتظار، بدترین حالت، بهترین حالت

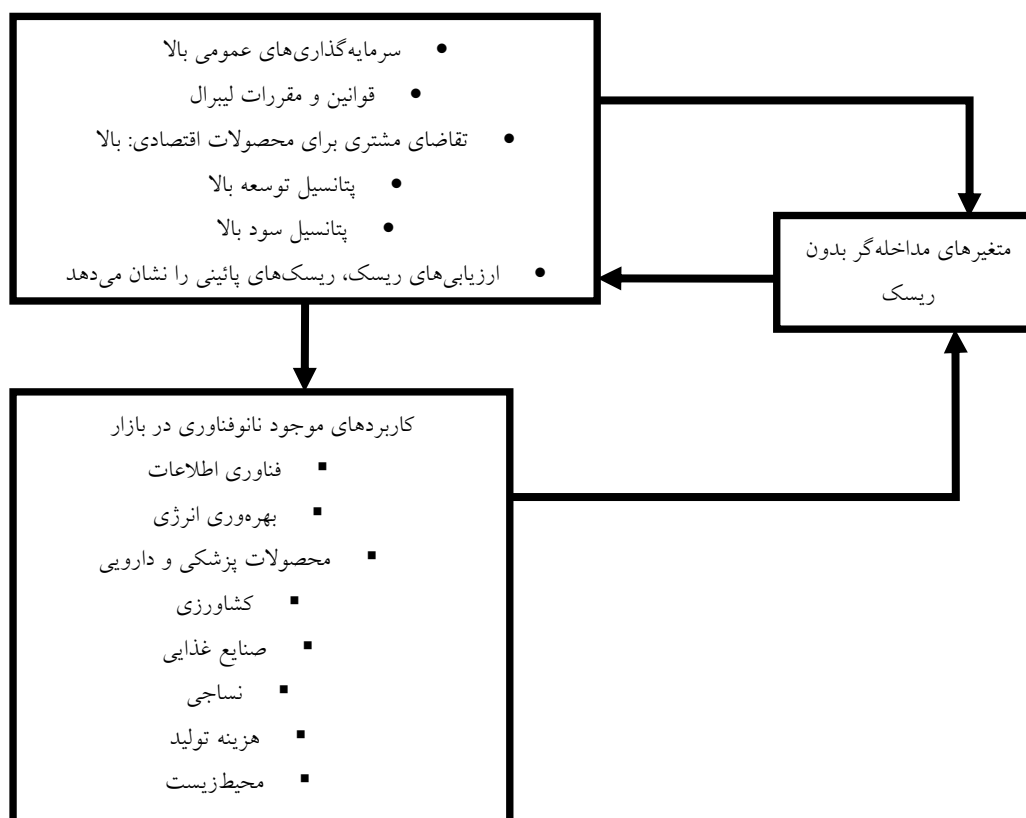
ج-۱) سناریوی اول: نانو در جریان (بهترین حالت)

در این سناریو، طیف وسیعی از کاربردهای نانوفناوری در دسترس بخش عمومی و خصوصی می‌باشد. طیفی از کاربردهای نانوفناوری که خروجی کشاورزی را بهبود می‌دهد

از قبیل شبکه‌های نانوفناوری در زمینه‌های کشاورزی یا کپسول‌های آفت‌کش؛ کاربردهایی که بازدهی انرژی منابع تولید، ذخیره‌سازی و هدایت انرژی از سلول‌های سوختی قابل حمل و سلول‌های خورشیدی را بهبود می‌دهند؛ سلول‌های خورشیدی که میزان دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهند؛ ابررساناها و مشابه آنها با کاربردهایی از قبیل

می‌دهند. سرمایه‌گذاری عمومی به طور پیوسته افزایش می‌یابد و در سطح بالایی است. قوانین و مقررات ندرتاً موانعی برای توسعه نانوفناوری فراهم می‌کنند و مصرف‌کنندگان از منافع و قیمت پائین محصولات نانویی راضی هستند و نگرش مثبتی نسبت به نوآوری‌ها در زمینه نانوفناوری دارند. بر اساس این سناریو، در آغاز سال ۱۴۰۴ صنعت نانوفناوری ایران اقتصاد ملی را پوشش خواهد داد (شکل ۳).

ضدعرق و ضدچروک بودن که قادرند ویژگی‌های جدیدی را برای منسوجات به ارمغان بیاورند. توسعه و پتانسیل سودآوری نانوفناوری کاملاً درک شده است. نوآوری فناورانه و فرآیندهای اشاعه در سطح بالایی هستند. تحقیقات پایه و کاربردی و همچنین فعالیت‌های آموزشی به طور گسترده‌ای افزایش یافته‌اند. به وسیله مراکز تحقیقاتی عمومی و خصوصی و همچنین ایجاد برنامه‌های مقاطع تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌های مختلف. شاخص‌های ارزیابی ریسک، ریسک ناچیزی را در بلندمدت نشان



شکل ۳) نمودار فرآیندی سناریوی خوشبینانه آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران

این سناریو نشان می‌دهد که هیچ کاربردی از نانوفناوری را در بازار متصور نیستیم. ارزیابی ریسک نشان‌دهنده آثار منفی توسعه نانوفناوری است از جمله نانوذراتی که در محیط وجود دارند و در نتیجه باعث انواع بیماری‌ها و آثار مخرب زیست‌محیطی خواهند شد. در برابر این شرایط نامناسب، توسعه و کسب‌وکار نانوفناوری به طور مشخص افول خواهد کرد.

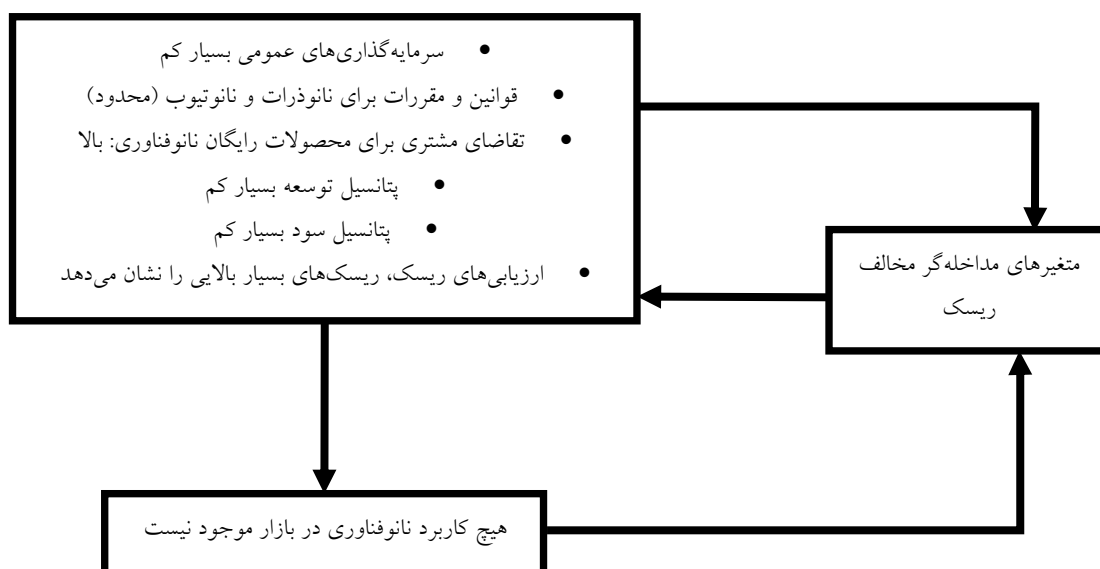
رسانه‌ها به طور گسترده روی یافته‌های کلیدی از تحقیقات و ارزیابی ریسک و آثار منفی نانوفناوری متمرکز هستند و به وسیله دانشمندان نیز پشتیبانی خواهند شد. دولت کاملاً از

از دیدگاه سیستماتیک، این سناریو شبکه ایده‌آلی از روابط متقابل کسب‌وکاری، نهادهای عمومی و اقبال عمومی نسبت به نانوفناوری را نشان می‌دهد؛ منافع نوآوری در جنبه‌های مختلف دیده شده؛ توسعه نانوفناوری به وسیله پیشران منطقی کسب‌وکار و پتانسیل توسعه و ارزیابی ریسک پائین پیش می‌رود و این سبب‌ساز سرمایه‌گذاری عمومی بالا و تقاضای ناشی از نگرش مثبت به نانوفناوری در مصرف‌کننده خواهد بود. ضمناً در این سناریو، قوانین و مقررات اندکی در رابطه با توسعه نانوفناوری وجود دارد.

ج-۲) سناریوی دوم: بدون نانوفناوری (بدترین حالت)

صرفاً محدودی از تحقیقات برای پاکسازی و بازسازی محیطزیست و حفاظت از سلامتی انسان انجام خواهد شد. موقعیت اقتصادی ایران به طور قابل ملاحظه‌ای بر اثر افول شرکت‌های نانوفناوری تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (شکل ۴).

ریسک‌های کاربرد نانوفناوری آگاه بوده و به طور فعال در نظارت بر فرآیند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری مشارکت نموده است. یافته‌های علمی و عقاید مردم باعث شده هیچ نوع سرمایه‌گذاری‌ای از سوی بخش عمومی یا خصوصی در نانوفناوری صورت نگیرد؛ موانع قانونی ایجاد شود و هیچ نوع کاربردی نیز برای نانوفناوری در بازار قائل نخواهیم بود.



شکل ۴) نمودار فرآیندی سناریوی بدبینانه آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران

شده‌اند. این کاربردها شامل کاربردهای نانوفناوری در بهبود کیفیت محصولات دارویی و پزشکی در پاسخ به تقاضای بالای سلامتی و بهداشت، افزایش بازدهی سیستم‌های انرژی در پاسخ به کمبودهای اخیر تأمین انرژی و همچنین افزایش کارایی سخت‌افزارهای فناوری اطلاعات مدنظر قرار گرفته است.

پیشران اصلی توسعه در این سناریو، ابهام نگرش به ریسک است. می‌دانیم که وقتی منافع زیادی مورد انتظار است تمرکز روی منافع خواهد بود، در حالی که تمرکز روی ریسک مختص مواقعی است که منافع کمی از کاربردهای خاص نانوفناوری درک می‌شود. آگاهی عمومی باعث تقاضا برای محصولات سالم و دوستدار محیطزیست می‌گردد. در این سناریو، عقیده عمومی و تقاضای مصرف‌کننده، ریسک اندکی را متصور است و بنابراین قوانین و مقررات در این حوزه به صورت لیبرال خواهد بود. همچنین در این سناریو، علاقه عمومی به کاربردهای نانوفناوری با منافع زیاد همراه و سرمایه‌گذاری عمومی و پتانسیل توسعه نیز بالا می‌باشد. البته

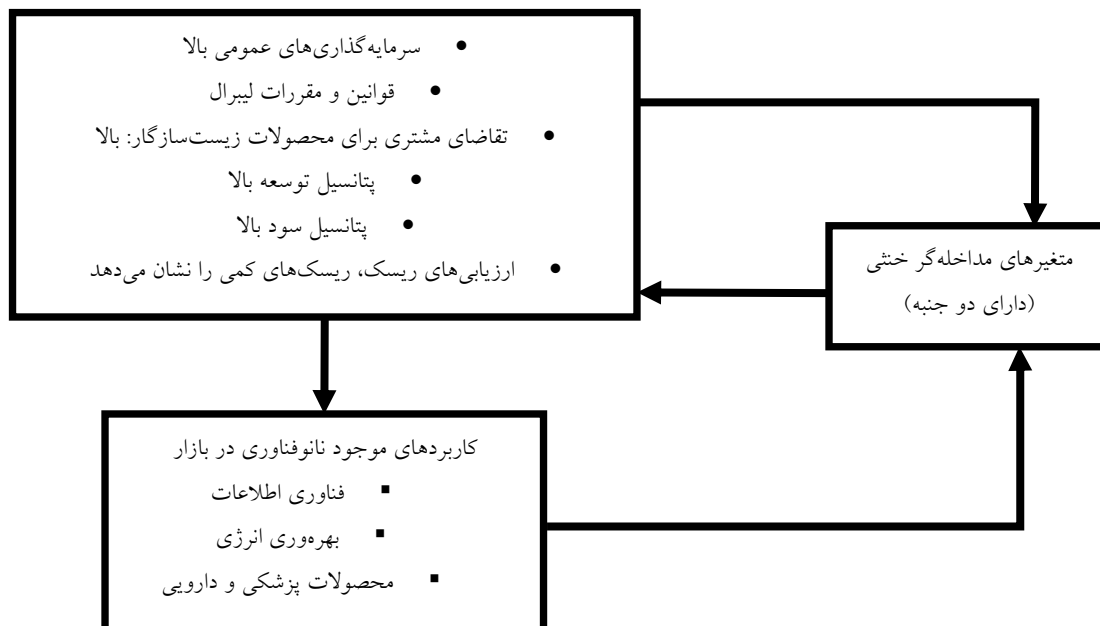
روابط متقابل سیستمی در این سناریو این‌گونه است که شبکه‌ای از عوامل شامل منطق کسب‌وکار (متأثر از اثر پیشران‌ها روی کاربردها)، نهادهای عمومی (متأثر از اثر پیشران‌ها روی مدیتورها و مدیتورها روی کاربردها) و علاقه عمومی (متأثر از اثر پیشران‌ها روی آگاهی عمومی، از آگاهی عمومی روی مدیتورها و از مدیتورها روی کاربردها) از نوآوری فناورانه جلوگیری می‌کنند و توسعه نانوفناوری و اشاعه آن به علت اثرات جانبی روی جنبه‌های مختلف متوقف می‌شود. به وسیله عدم اقبال عمومی متأثر از هشدارها و گزارشات منفی علیه نانوفناوری و همچنین قوانین، از توسعه نانومواد و نانو تیوپ‌ها که از عناصر پایه به حساب می‌آیند جلوگیری می‌کنند.

### ج-۳) سناریوی سوم: مطلوب مقدر (مورد انتظار)

سومین سناریو (سناریوی مطلوب مقدر) یک موقعیت کسب‌وکار را نشان می‌دهد که در آن صرفاً کاربردهای نانوفناوری در محصولات و خدماتی که منافع زیادی را برای مصرف‌کنندگان و جامعه به ارمغان خواهند آورد استفاده

اول توسعه آغاز نمود (شکل ۵).

نیاز به آن خواهد بود که مشارکت فعالانه جهت نظارت و تصمیم‌گیری برای توسعه نانو فناوری در ایران را از مراحل



شکل ۵) نمودار فرآیندی سناریوی مطلوب مقدر آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران

[۱۳ و ۱۲] می‌بینیم که در این پژوهش‌ها هم سناریوهای آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو توسعه داده شده‌اند لیکن به سازگاری زمانی عدم قطعیت‌ها توجه نشده به این معنی که استراتژی فناوری (به عنوان عدم قطعیت در نظر گرفته شده در پژوهش‌های پیشین) جزء عوامل محدودکننده است که در اسناد فرادست تعیین شده<sup>۱</sup> اما جزء عوامل تعیین‌شونده و عدم قطعیت محسوب نمی‌شود. این در حالی است که آثار عدم قطعیت‌های دیگر از جمله واکنش عمومی به توسعه فناوری نانو و مزیت فناوری در کسب سهم بازار پس از سپری شدن یک زمان منطقی نمود پیدا می‌کند بنابراین از نظر زمانی یک اختلاف فاز بین عدم قطعیت استراتژی فناوری و دو عدم قطعیت دیگر (واکنش عمومی و مزیت فناوری) وجود دارد در حالی که پارامترهایی (همان عدم قطعیت‌ها در این پژوهش) که در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند اختلاف فاز زمانی بین حال و آینده ندارند و با توجه به محدودیت‌های تعداد پارامترها در پژوهش و نرم‌افزار انتخاب و سعی شده که این پارامترها به اندازه کافی جامع باشند. ۷ عامل هم به عنوان پارامترهای زمینه‌ای (عوامل وابسته به اجتماع) در نظر گرفته شده است.

از دیدگاه سیستمی، این سناریو وجود یک شبکه از منطق کسب‌وکار را نشان می‌دهد که از طریق نهادهای عمومی و اقبال اجتماعی باعث سرمایه‌گذاری در سه حوزه اولویت‌دار مذکور شامل انرژی، پزشکی و فناوری اطلاعات می‌گردد اما مانع سرمایه‌گذاری در سایر حوزه‌ها خواهد بود. پتانسیل توسعه، پیشران اصلی منطق کسب‌وکار در صنایع مربوطه می‌باشد.

## ۶- بحث

هدف از این مقاله، طراحی سناریوی مطلوب آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران بوده است. برای رسیدن به این هدف هم در سطح عوامل آینده‌ساز و هم در سطح انتخاب روش تلاش گردید این هدف محقق شود. در سطح عوامل آینده‌ساز، پارامترهای وابسته به زمینه استخراج گردید که البته به نظر می‌رسد این پارامترها به لحاظ قدرت تأثیرگذاری همگی از یک جنس نبوده و برخی از جنس پیشران، برخی تعدیل‌گر و برخی نیز مداخله‌گر باشند و موازنه سازگاری بین این پارامترهاست که فضای توسعه فناوری را در افق زمانی مدنظر ترسیم خواهد کرد (شکل ۵). اگر نگاهی به پژوهش‌های تأثیرگذار قبلی در این موضوع داشته باشیم

محصولات با قیمت اقتصادی هم بالاست. متغیر مداخله‌گر ریسک نیز ریسکی را احساس نمی‌کند. این ریسک در سطح آگاهی عمومی مردم از توسعه نانو فناوری بوده و این شرایط باعث شده که توسعه فناوری نانو در همه حوزه‌ها رخ دهد. بنابراین پرتفوی توسعه فناوری نانو مطابق شکل ۳ مشتمل بر تمامی حوزه‌ها است.

#### ۷- نتیجه‌گیری

آثار اجتماعی توسعه فناوری از آن رو که مبتنی بر سیاست‌گذاری‌های دوره‌ای بنا شده و بازخورد را به عنوان یکی از سازوکارهای تصحیح برنامه پذیرفته می‌تواند متعلق به بافت آینده‌پژوهی تکاملی در مقابل آینده‌پژوهی عقلایی باشد. در این مقاله ابتدا در یک بستر تاریخی، پارادایم‌های غالب در آینده‌پژوهی به صورت اجمالی بررسی و پس از آن در خصوص رویکردها و روش‌های اصلی مطالعه واکاوی و نهایتاً به دلایلی که در ادامه اشاره شده مورفولوژی به عنوان روش سناریونویسی انتخاب شده است:

- ◀ با توجه به پیچیدگی موضوع، مورفولوژی قادر است عدم قطعیت‌های متعدد و کلیدی را مدنظر قرار داده و اجباری برای کاهش آنها ندارد.
- ◀ در مورفولوژی، پارامترهایی با ماهیت‌های مختلف می‌توانند در کنار هم قرار گیرند.
- ◀ همچنین در مورفولوژی حالت‌های بدیل پارامترها در جدول زیکی‌باکس به خوبی تصویرسازی می‌شوند.

در انجام این تحقیق به روش مورفولوژی، داده‌های زمینه‌ای و داده‌های کاربردی به عنوان ورودی فرآیند مورفولوژی و بررسی جدول سازگاری و ترکیب پارامترهای سازگار در جایگاه سناریوهای ممکن به عنوان فرآیند مورفولوژی و انتخاب سناریوهای محتمل و روایت آنها و سپس انتخاب سناریوی مطلوب مقدر هم به عنوان خروجی مدنظر قرار داده شد. با این مقدمات، روش مورفولوژی اجرا گردید که البته این روش‌شناسی توأمأ یک روش تحلیلی و خبره‌محور می‌باشد. بنابراین با نظر خبرگان، سناریوهای بدبینانه، خوشبینانه و مطلوب مقدر استخراج گردید. در سناریوی اخیر، فناوری نانو می‌بایست در سه حوزه انرژی، فناوری

در مبحث روش، از روش مورفولوژی برای مطالعه استفاده شده چرا که این روش در مقایسه با دیگر روش‌های سناریونویسی پارامترهای بیشتری را مستقیماً درگیر توسعه سناریوها می‌کند و سازگاری ترکیبات مختلف را بررسی کرده و نهایتاً سازگارترین آنها را نمایش می‌دهد. همچنین این امکان را دارد که حالتی از یک پارامتر را ثابت فرض کرده و تمام ترکیبات دارای موازنه سازگار با آن را تعیین کند.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود بررسی سازگاری تنها در سطح عوامل زمینه‌ای نیست بلکه در سطح پارامترهای کاربردی و کاربرد آنها در مرحله بازار و آثار آنها در جامعه نیز می‌باشد در حالی که در پژوهش‌های پیشین این سطح از سازگاری بررسی نشده است. همچنین مطابق این شکل، در سناریوی مطلوب مقدر، پتانسیل توسعه و پتانسیل سودآوری بالا است و ارزیابی ریسک نیز ریسک پائینی را نشان می‌دهد. ضمناً سرمایه‌گذاری عمومی بالا، قوانین و مقررات به صورت لیبرال و تقاضای مشتری برای محصولات دوستدار محیط‌زیست نیز بالاست و متغیر مداخله‌گر ریسک هم به صورت خنثی و دارای دو جنبه عمل می‌کند. این ریسک در سطح آگاهی عمومی مردم از توسعه نانو فناوری بوده و در این صورت، پرتفوی فناوری نانو همچنان که از شکل نیز دریافت می‌گردد مشتمل بر سه حوزه انرژی، پزشکی و داروسازی و فناوری اطلاعات و ارتباطات است.

در سناریوی بدبینانه، عوامل زمینه‌ای در بدترین حالت خود قرار دارند پتانسیل توسعه بسیار پائین، پتانسیل سودآوری بسیار کم، ارزیابی‌های ریسک بسیار بالا و سرمایه‌گذاری عمومی بسیار کم بوده و قوانین و مقررات محدودی وجود دارد. همچنین تقاضای مشتری تنها برای محصولات رایگان نانو فناوری وجود دارد و متغیر مداخله‌گر ریسک مخالف هرگونه ریسک نانو فناوری است. این ریسک در سطح آگاهی عمومی مردم از توسعه نانو فناوری است و در این صورت، پرتفوی فناوری نانو مطابق شکل ۴ تهی بوده و شامل هیچ حوزه‌ای نمی‌گردد.

در سناریوی خوشبینانه، عوامل زمینه‌ای در بهترین حالت خود قرار دارند پتانسیل توسعه بالا، پتانسیل سودآوری بالا، ریسک پیش‌بینی شده بسیار پائین، سرمایه‌گذاری عمومی بالا، قوانین و مقررات به صورت آزاد و لیبرال و تقاضای مشتری برای

Societal Implications, Luxembourg: European Communities, pp. 95-99.

[4] Priest, S. H. (2005). Commentary-Room at the bottom of pandora's box: Peril and promise in communicating nanotechnology. *Science communication*, 27(2), 292.

[5] Drexler, E. (1986). Reprint. *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*.

[6] Broderick, D. (2001). *The spike: how our lives are being transformed by rapidly advancing technologies*. Macmillan.

[7] Reynolds, G. H. (2002). *Forward to the Future: Nanotechnology and Regulatory Policy*. Pacific Research Institute, San Francisco.

[8] Smalley, R. E. (2001). Nanotechnology, education, and the fear of nanobots. *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*, 44, 145.

[9] Musee, N., Foladori, G., & Azoulay, D. (2012). *Social and Environmental Implications of Nanotechnology Development in Africa*. IPEN.

[10] Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *foresight*, 9(1), 5-25.

[11] Bell, W. (2003). *Foundations of Futures Studies: History, Purposes and Knowledge (New Edition)*.

[12] Ghazinoory, S., & Heydari, E. (2008). Potential impacts of nanotechnology development in Iran. *IEEE Technology and Society Magazine*, 4(27), 37-44.

[۱۳] قاضی‌نوری، سیدسپهر و توسلی‌زاده، صادق. (۱۳۸۷). ارزیابی برنامه ملی فناوری نانو ایران با کارت امتیازی متوازن و تبیین جایگاه سرمایه اجتماعی به عنوان حلقه مفقوده نظام ملی نوآوری. *سیاست علم و فناوری*، ۴(۱): ۴۹-۵۸.

اطلاعات و ارتباطات و پزشکی و داروسازی توسعه یابد که هر سه این حوزه‌ها، جزء حوزه‌هایی هستند که در آنها مزیت رقابتی قابل حصول است. حوزه‌های مورد اشاره به دلیل اینکه کمتر در معرض دید عموم قرار دارند در نتیجه ریسک کمتری هم برای آن دارند که با واکنش منفی مردم مواجه شوند به عنوان مثال در خصوص مواد خوراکی و کشاورزی و منسوجات، چون در تماس با پوست و بدن قرار دارند ممکن است ریسک بالاتری برای واکنش عمومی داشته باشند و از سوی مردم پس زده شود. با در نظر گرفتن این موضوع برای حوزه‌های سه‌گانه مذکور، لذا پیشنهاد می‌گردد توسعه فناوری نانو ابتدا در این سه حوزه و با توجه به شرایط خاص کشور آغاز و در ادامه و پس از پذیرش و موفقیت در رسیدن به اهداف، توسعه این فناوری به سایر حوزه‌ها از جمله کشاورزی، نساجی و محیط‌زیست تسری یابد.

## References

## منابع

- [1] Roco, M. C. (2003). Broader societal issues of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 5(3-4), 181-189.
- [2] Joy, B. (2000). Why the future doesn't need us. *Nanoethics. The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*, 17-30.
- [3] Suchman, M. (2002). *Social Science and Nanotechnologies*, M. Roco & R. Tomellini (eds.), *Nanotechnology - Revolutionary Opportunities and*



