

# پیش بینی و ارزیابی فناوری



● نویسنده: مارتینو جوزف

● ترجمه: مجتبی تیموری

پیش بینی و ارزیابی فناوری، با وجود ارتباط با یکدیگر، فعالیت های جداگانه ای محسوب می شوند. مقوله ی نخست به پیش بینی کردن پیامدها و زمان پدید آمدن فناوری های تازه مربوط می شود و مقوله ی دوم، یعنی ارزیابی فناوری، بیشتر به تعیین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم رویدادهای ناشی از به کارگیری یک فناوری خاص اختصاص دارد. گرچه این دو نوع فعالیت ابتدا در بخش دولتی آغاز شدند، اما امروزه در سراسر جامعه از این پیش بینی ها استفاده می شود؛ هرچند در بررسی آثار و نوشته های مرتبط با این موضوع، گستردگی این فعالیت ها در جامعه چندان ملموس نیست.

## پیش بینی فناوری

هدف پیش بینی فناوری، پی بردن به ماهیت آتی ویژگی های ماشین آلات و فنون سودمند است. در پیش بینی فناوری، تنها ویژگی ها و خواص فناوری تشریح می شوند و مورد توجه قرار می گیرند. پژوهشگران این عرصه، به ابداع ابزار و وسایلی که بتوان با بهره گیری از آن ها به چنین ویژگی هایی دست یافت، مبادرت نمی کنند. پیش بینی کنندگان فناوری، در اصل از چند شیوه ی ساده ی برآورد یعنی برون یابی<sup>۱</sup>، روش شاخص های عمده، مدل های علی، و روش های تصادفی<sup>۲</sup> یا مبتنی بر متغیر تصادفی، برای پیش بینی آینده ی یک فناوری استفاده می کنند. این روش ها باید برای انطباق و سازگاری با شرایط و اوضاع و احوال مرتبط با یک موضوع خاص مورد بررسی قرار گیرند و تغییرات لازم در آن ها به عمل آید. برای مثال، اطلاعات و داده های اقتصادی می باید در فواصل زمانی منظم و پی در پی گردآوری شوند.

پیش بینی کنندگان امور و تحولات اقتصادی می توانند، به منظور بهره گیری بیشتر از تناوب و نظم مورد نیاز برای گردآوری اطلاعات اقتصادی، از ابزارها و روش های ریاضی استفاده کنند. اطلاعات و داده های مرتبط با فناوری به گونه ای

منظم در اختیار پژوهشگران قرار نمی گیرد. کسانی که در زمینه ی پیش بینی فناوری تحقیق و بررسی می کنند، ناگزیرند به اطلاعاتی که هرچند وقت یک بار و به گونه ای نامنظم درباره ی فناوری های متفاوت منتشر می شود، اکتفا کنند. به این ترتیب، تفاوت بین پیش بینی اقتصادی و پیش بینی فناوری، تفاوت در جزئیات است و نه روش ها.

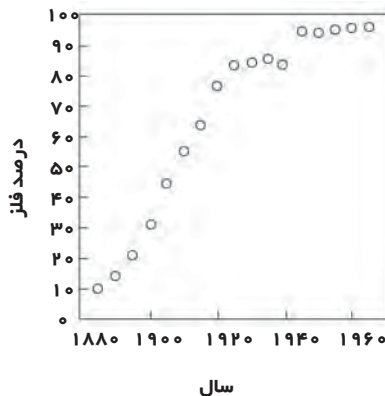
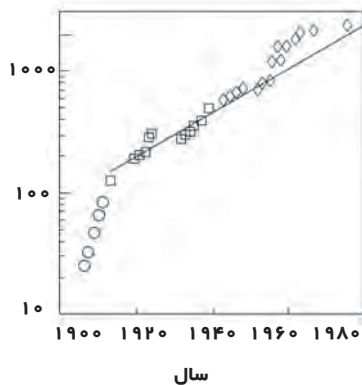
در شیوه های مبتنی بر تخمین و برآورد، با بهره گیری از مجموعه ای از داده ها و اطلاعات مربوط به زمان گذشته، الگوهای تازه ای ابداع می کنند و از اطلاعات مربوط به گذشته برای پیش بینی آینده بهره می گیرند. متداول ترین الگوی تغییر فناوری، منحنی رشد و گرایش های افزایش تصاعدی<sup>۳</sup> است. پیش بینی با بهره گیری از اطلاعات گذشته و ایجاد منحنی متناسب با آن صورت می گیرد.

در نمودار ۱، یک منحنی رشد نمونه که با بهره گیری از اطلاعات گذشته و اطلاعات مربوط به سرعت هواپیما از سال ۱۹۱۳ تا سال ۱۹۳۹ تهیه شده، با علامت مربع نشان داده شده است و پیش بینی سرعت هواپیما در آینده که با بهره گیری از اطلاعات واقعی الگوی پیش بینی سرعت در

فاصله ی سال های ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۰ تهیه شده است، با علامت مثلث مشاهده می شود. یک منحنی رشد نیز که نشان دهنده ی جایگزین شدن کشتی های چوبی با کشتی های فلزی در ناوگان تجاری آمریکاست، در نمودار ۲ نشان داده شده است. در این نمودار، اختلال پدید آمده در رشد جایگزین شدن کشتی های چوبی با کشتی های فلزی که بر اثر «رکود بزرگ» پیش آمده، به خوبی قابل رؤیت است. از شاخص های عمده، با بهره گیری از رویدادهایی که در چندین مقطع زمانی رخ داده اند، برای پیش بینی رویدادها در مقاطع زمانی دیگر، استفاده می کنند. یکی از کاربردهای رایج پیش بینی فناوری، پیش بینی نتایج اصلی و عمده ی پژوهش هایی است که درباره ی تجاری شدن و عمومیت یافتن یک فناوری خاص صورت می گیرد.

اطلاعات مربوط به ظهور برخی از فناوری ها با کاربردهای نمایشی (برای مثال نظامی یا فضایی) نیز برای پیش بینی کاربرد همگانی آن فناوری ها مورد استفاده قرار می گیرد. موفقیت این روش به شناخت و آگاهی از شاخص عمده و پیش بینی رویداد بستگی دارد.

از مدل های علی برای پیش بینی



**نمودار ۱. گرایش افزایش تصاعدی سرعت هواپیما. توجه داشته باشید که تا سال ۱۹۷۷ هیچ هواپیمایی نتوانسته، حد نصاب سرعتی را که در سال ۱۹۷۶ به ثبت رسیده است، افزایش دهد.**

**نمودار ۲. تبدیل کشتی‌های تجاری آمریکا، از شناورهای چوبی به شناورهای فلزی**

پیش‌بینی و چگونگی تأثیر رویدادهای پیش‌بینی شده بر مردمی است که با این رویدادها سروکار دارند. سناریو می‌تواند ابزار بسیار مفیدی برای ارائه‌ی پیش‌بینی‌ها به مردمی باشد که تخصص و دانش کافی را برای پیش‌بینی تحولات ناشی از فناوری ندارند.

#### ارزیابی فناوری

ارزیابی فناوری، رشته‌ای از مطالعات است که به گونه‌ای سازمان یافته، تأثیر ناشی از ارائه‌ی یک فناوری جدید، و تعمیم، گسترش یا تعدیل آن را در جامعه بررسی می‌کند. این رشته از پژوهش، پیامدهای مثبت و منفی، ناخواسته، غیرمستقیم یا همراه با تأخیر فناوری بر جامعه را ارزیابی می‌کند.

اصطلاح ارزیابی فناوری در سال ۱۹۶۷ توسط امیلیو داداریو<sup>۸</sup>، عضو کنگره‌ی آمریکا ابداع شد. وی می‌گفت: اگر قرار است کنگره برای طرح‌های فناوری بودجه اختصاص دهد، در آن صورت باید از نتایج و پیامدهای آن اطلاع پیدا کند. در پرتو تلاش‌های امیلیو داداریو، عضو پیشین مجلس نمایندگان، آمریکا، در سال ۱۹۷۲ «دفتر ارزیابی فناوری» به عنوان بازوی پژوهشی کنگره‌ی آمریکا تأسیس شد. امروزه این اصطلاح کاربرد فراگیری یافته است.

برای ارزیابی پیامدهای بهره‌گیری از یک فناوری، ابتدا باید دامنه و ابعاد، و هم چنین شتاب

پیش‌بینی‌های فناوری، در مدل‌های «اثرات متقاطع»<sup>۹</sup> است. این گونه‌الگوها، با یک رشته از رویدادها که ممکن است رخ دهند، آغاز می‌شوند. هر یک از رویدادها دارای یک شاخص زمان و احتمال وقوع است. تغییرات احتمالی را اثرات متقاطع می‌نامند. با بهره‌گیری از رایانه و شبیه‌سازی موسوم به «مونت کارلو»<sup>۱۰</sup> می‌توان این پیش‌بینی‌ها را برآورد کرد. رایانه یک رویداد را انتخاب و یک عدد تصادفی را برای مشخص ساختن این نکته که آیا این رویداد اتفاق خواهد افتاد یا خیر، برمی‌گزیند و سپس با جرح و تعدیل مناسب در زمان و احتمال وقوع این رویدادها، تأثیر رویدادها بر یکدیگر را ارزیابی می‌کند. این فرایند بارها و بارها تکرار می‌شود تا این که همه‌ی رویدادها مشخص شوند. این الگو به شرایط آغازین برگردانده می‌شود و شبیه‌سازی بارها تکرار می‌شود. فراوانی وقوع رویدادها و زمان وقوع آن‌ها در هر یک از دفعات تکرار، مبنای پیش‌بینی تصادفی زمان و احتمال وقوع این رویدادها محسوب می‌شود.

از سناریونویسی<sup>۷</sup> نیز به طور گسترده در پیش‌بینی‌های فناوری استفاده می‌شود. سناریو در واقع شرح روایت گونه‌ی تحولات و رویدادهای آتی است. ویژگی مهم یک سناریو، تشریح فرضی تعادل بین پیش‌بینی‌هایی است که از آن‌ها به عنوان نقطه‌ی آغازین استفاده می‌شود. ارزش اصلی و عمده‌ی قدرت سناریو در ارائه‌ی ملموس یک رشته

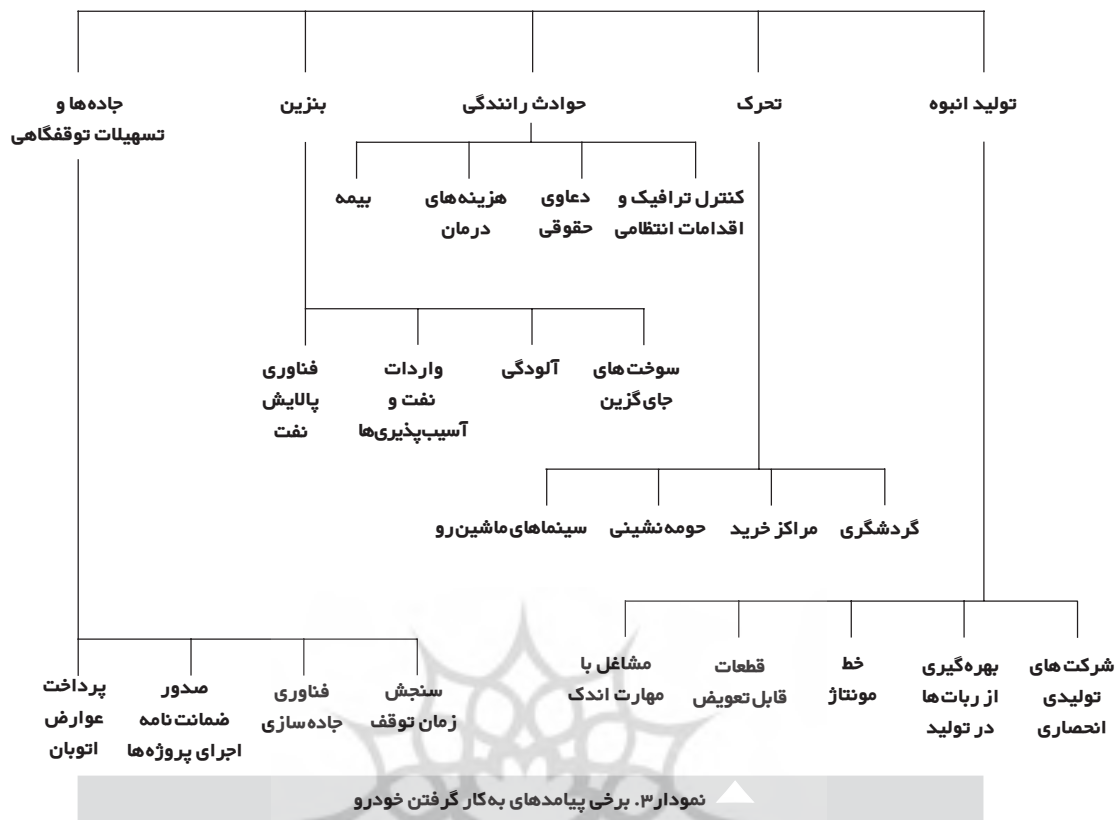
شبیه‌سازی‌هایی که در آن‌ها، متغیرهای گوناگون وجود دارد و تعامل بیش‌از پیش شناخته شده است استفاده می‌شود. در بیشتر موارد، مدل‌هایی با بهره‌گیری از شبیه‌سازی رایانه‌ای تهیه می‌شوند. این روشی است که توسط آن، هواشناسان با بهره‌گیری از رایانه‌ها و اندازه‌گیری‌های مرتبط با آب و هوا در سراسر جهان، به پیش‌بینی وضعیت هوا مبادرت می‌کنند. مدل‌های علی در پیش‌بینی فناوری، و در پیش‌بینی جای‌گزین شدن یک فناوری با فناوری دیگر، در مقایسه با دیگر زمینه‌ها بسیار موفق بوده است. این الگو در واقع شبیه‌سازی رفتار مردم است که یک فناوری را امتحان می‌کنند و آن را می‌پذیرند یا کنار می‌گذارند؛ البته شاید پس از چندی، در تصمیم خود بازنگری کنند. این الگو را می‌توان به گونه‌ای دقیق‌تر و با بهره‌گیری از سنجش و آزمون بازارها، مورد تأیید قرار داد.

سه روشی که به آن‌ها اشاره شد، یک «نقطه‌ی واحد» را پیش‌بینی می‌کنند؛ یعنی پیش‌بینی‌هایی به عمل می‌آورند که در برگزیده‌ی یک عدد مجزا برای مقدار آتی است. متأسفانه دنیای واقعی را نمی‌توان به رابطه‌ی دقیق و مشخص بین دو مقوله، یعنی گذشته و حال، تنزل داد. در این مرحله است که الگوی متغیر تصادفی وارد عمل می‌شود.

واژه «Stochastic» یا روش و الگوی «پیش‌بینی با بهره‌گیری از متغیر تصادفی»، واژه‌ای یونانی است که معنی «هدف‌گیری دقیق» را می‌دهد، این واژه از واژه‌ی تقریباً مشابهی گرفته شده است که معنی حدس و گمان می‌دهد. در واقع، هدف از به‌کارگیری این روش، مطرح ساختن مقوله‌ی تصادفی و اتفاقی است. پیش‌بینی‌های تصادفی این واقعیت را می‌پذیرند که افزون بر عواملی که آینده را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ما از آن‌ها تحت عنوان سه روش جداگانه یاد کردیم، ممکن است عوامل ناشناخته یا تصادفی دیگری نیز وجود داشته باشند که می‌توانند انحراف از نتایج پیش‌بینی شده را موجب شوند. از این رو، پیش‌بینی مبتنی بر حدس و گمان و تصادف، نه تنها بیانگر برآوردی برای مقدار آتی است، بلکه دربرگیرنده‌ی مجموعه‌ای از نتایج ممکن و میزان احتمال هر یک از آن‌هاست.

بیش‌ترین کاربرد روش‌های تصادفی در

## خودرو



ابزارهایی برای تدوین خط‌مشی و سیاست‌گذاری محسوب می‌شوند. از پیش‌بینی فناوری برای ارزیابی وضعیت آبی فناوری، از جمله عملکرد و حدود کاربرد آن استفاده می‌شود. از ارزیابی فناوری برای برآورد پیامدهای به‌کارگیری یک فناوری جدید، از جمله پیامدهای ثانوی و عوارض بعدی، به ویژه پیامدهای ناخواسته استفاده می‌شود.

### زیر نویس:

1. Extrapolation
2. Stochastics
3. Exponential
4. Great Depression
5. Cross-impact
6. Monte-Carlo
7. Scenario
8. Emilio Dassario
9. Relevance Trees
10. Causal models
11. Social indicators

### منبع:

Martino, Joseph p.(1985) Technology forecasting and assessment, in the encyclopedia of the future.pp.912-5.

به اثرات فناوری‌های نوین از طریق شبکه‌ی پیچیده‌ای از متغیرهای تأثیرگذار بر یکدیگر استفاده می‌شود. از مدل‌های علی، در عین حال می‌توان برای برآورد نرخ به‌کارگیری فناوری (شبهه استفاده از آن در پیش‌بینی فناوری)، به منظور تخمین میزان عوامل بیرونی، هم چون آلودگی، و هم چنین پیش‌بینی اثرات اقتصادی هم چون نوسانات مربوط به اشتغال (پایین در فناوری قدیمی و بالا در فناوری جدید) یا تغییر در تقاضا برای کالاهای گوناگون استفاده کرد.

شاخص‌های اجتماعی، آمارهای خود-اتکایی هستند که به تعبیر و تفسیر نیاز چندانی ندارند؛ هم چون نرخ فارغ‌التحصیلی، اشتغال و زندانی شدن که به عامل دیگری بستگی ندارند و توضیحات گویایی از شرایط اجتماعی را ارائه می‌دهند. استفاده از شاخص‌های اجتماعی در ارزیابی فناوری، به انتخاب شاخص‌هایی نیاز دارد که ممکن است در واکنش به ظهور یک فناوری جدید، تغییر پیدا کنند.

خلاصه این که پیش‌بینی و ارزیابی فناوری،

و سرعت به خدمت گرفتن آن مشخص شود. ارزیابی فناوری در مقایسه با پیش‌بینی فناوری تبعات گسترده‌تری دارد و با ارزیابی پیامدهای اجتماعی و اقتصادی به‌کار گرفتن یک فناوری همراه است. سازوکار متداول ارزیابی فناوری، شامل «نمودار درختی»<sup>۹</sup>، «مدل‌های علی»<sup>۱۰</sup> و «شاخص‌های اجتماعی»<sup>۱۱</sup> است. تعامل‌های پیچیده در اغلب موارد از طریق سناریو تشریح و ترسیم می‌شوند.

از نمودار درختی برای پی‌بردن به زنجیره‌ی پیامدها و اثرات ثانوی و محتمل‌الوقوع در مرتبه‌های بالاتر استفاده می‌شود. به کار گرفتن فناوری، با برخی پیامدهای فوری همراه است که به نوبه‌ی خود پیامدهای دیگری به همراه دارند و خود این پیامدهای ثانوی، پیامدهای بیشتری را به دنبال می‌آورند. نمودار ۳، نمونه‌ای از نمودار درختی را نشان می‌دهد که بیانگر سلسله‌پیامدهای اختراع و به‌کارگیری «خودرو» است.

از مدل‌های علی که با بهره‌گیری از شبیه‌سازی رایانه‌ای تهیه می‌شوند، برای پی‌بردن