

دسترسی در سایت <http://jnrm.srbiau.ac.ir>

سال سوم، شماره دهم، تابستان ۱۳۹۶

شماره شاپا: ۱۶۹-۰۱۶۸۲

JNRM

پژوهش‌های نوین در ریاضی



دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

## نمایش پارامتری فناوری و الگوی ریاضی تراوش فناوری

همایون روحیان\*

هیات علمی دانشگاه جامع علمی - کاربردی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۳/۰۵

### چکیده

در این مقاله ضمن اشاره به شکل پارامتری فناوری، الگوی ریاضی تراوش فناوری به عنوان رویکردی متفاوت و مبتنی بر تغییرات فناوری مطرح می‌گردد. این مهم که از طریق تشکیل ماتریس تغییرات فناوری و بیان معیار تراوش فناوری و دیگر مفاهیم میسر خواهد شد با تنوع اشکال مختلف ماتریس‌ها همراه بوده و بدین جهت نتایج حاصل می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از اهمیت و ویژگی دیگر این مدل به عنوان یک ایده و دست‌آوردهای آن علاوه بر جدید بودن در شکل و نوع، امکان بکارگیری در سطح عام فناوری‌ها می‌باشد که به اختصار در نمونه‌ها و مثال‌ها آورده شده است.

واژه‌های کلیدی: الگوی ریاضی، تراوش فناوری، نمایش پارامتری فناوری.

## ۱. مقدمه

چنان که می‌دانیم الگوی ریاضی به عنوان فرایندی منطقی امکان بیان و بازی یک سیستم را در قالب مؤلفه‌های مربوط و روابط بین آن‌ها فراهم می‌آورد. از آن جایی که در حوزه فناوری الگوی ریاضی مشخصی در دسترس نبوده و اغلب بررسی تغییرات فناوری در قالب طول عمر و منحنی رشد فناوری بر مبنای ملاحظات آماری مطرح می‌شد هر تغییر در این خصوص می‌تواند قابل توجه باشد [۱۳]. این وضعیت ترسیم شده برای فناوری و قابلیت‌های تراوش‌های آن به عنوان ایده‌ای متفاوت در حوزه فناوری دلیل اصلی شکل‌گیری و ارائه مجموعه پیش رو می‌باشد. یادآوری می‌کنیم که تراوش دانش و فناوری از اثرات سازنده دانش فناورانه جدید در جهت بهره‌وری و توانایی خلاقیت و نوآوری سایر شرکت‌ها و کشورها می‌باشد. در سال ۱۸۹۰ آلفرد مارشال تئوری تراوش را تحت عنوان تراوش دانش مطرح نمود [۹]. پس از او کنت جوزف ارو و پاول رومر این تئوری را بیشتر مورد مطالعه قرار داده و به گسترش و بسط آن پرداختند [۱۲، ۴]. مارشال و طرفداران تئوری او اعتقاد داشتند تمرکز یک صنعت در یک منطقه موجب سوددهی از طریق تراوش دانش و فناوری می‌شود. تراوش‌های MAR براساس نام نظریه‌پردازان آن مارشال، ارو و رومر نام‌گذاری شده است. در مقابل در سال ۱۹۶۹ جین ژاکوبز نوع دیگری از تراوش را مورد توجه قرار داد که شکل‌گیری آن به صنایع مختلف و غیرهمسان باز می‌گردد [۷]. البته طبقه‌بندی تراوش‌ها براساس تنوع و گوناگونی در خروجی‌ها نیز صورت گرفته است. خروجی‌هایی که براساس معاملات بازار و اقتصاد و خروجی‌های غیرمالی که براساس فعل و انفعالات خارج از بازار و معمولاً با به اشتراک‌گذاری دانش و تخصص شکل می‌گیرند به ترتیب تراوش‌های "عمودی و افقی" را پدید آورده‌اند. این طبقه‌بندی شناسایی تراوش‌ها را در سطح وسیع‌تری مورد توجه قرار داده و مطالعه آن‌ها را ضروری می‌نماید [۱]. اما سؤال اساسی که در این موقعیت پدید می‌آید پیرامون کمی‌سازی و موقعیت‌شناسی تراوش فناوری با بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی که کمتر به آن پرداخته شده است.

## ۲. نتایج اصلی

۲-۱- نمایش پارامتری فناوری (PTD)<sup>۱</sup>

فرض کنید  $T$  یک فناوری دلخواه فعال است. به وضوح  $T$  وابسته به متغیرهایی نظیر  $x_i$  و  $i = 1, 2, \dots, n$  می‌باشد ( $n$  می‌تواند نامتناهی باشد). برای مثال:

مواد اولیه:  $x_1$

ماشین‌آلات:  $x_2$

نیروی انسانی:  $x_3$

منابع مالی:  $x_4$

نرم‌افزار:  $x_5$

:

بنابراین  $T$  به عنوان نگاشتی از مجموعه  $n$  بعدی  $A \neq \emptyset$  به زیرمجموعه حقیقی  $B$  شده و ما می‌نویسیم:

$$T: \mathbb{R}^n \supseteq A \longrightarrow B \subseteq \mathbb{R}$$

$$T = f(x)$$

وقتی که  $x = (x_1, \dots, x_n)$ . اگر  $x_i$  برای هر  $i = 1, 2, \dots, n$  خود تابعی وابسته به پارامترهای  $y_j$  وقتی که  $j = 1, 2, \dots, m$  و  $y_j = y_j(t)$  برای  $t$  پارامتر زمان باشد به طوری که

$$x_i = x_i(y_1, y_2, \dots, y_m)$$

آن‌گاه فناوری  $T$  تابعی از  $y_j$ ‌ها خواهد بود. این نمایش اخیر نمایش پارامتری فناوری نامیده می‌شود و به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$T = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

۲-۲- نمایش تغییرات فناوری (VTD)<sup>۲</sup>

مسلماً تغییر جزء ذاتی فناوری است و مقوله‌ای که تغییر در آن نباشد نمی‌تواند فناوری محسوب گردد. چنان که برای فناوری طول عمر و یا منحنی رشد در نظر گرفته می‌شود و شکل متعارف و البته ابتدایی آن تغییرات فناوری را نسبت به زمان نشان می‌دهد. در اینجا نشان

1- Parametric technology display (PTD)

2- Variation of the technology and displays (VTD)

$$= \left( \frac{\Delta T}{\Delta x_1}, \frac{\Delta T}{\Delta x_2}, \dots, \frac{\Delta T}{\Delta x_n} \right) \begin{pmatrix} \frac{\Delta x_1}{\Delta y_1} & \dots & \frac{\Delta x_1}{\Delta y_m} \\ \frac{\Delta x_2}{\Delta y_1} & \dots & \frac{\Delta x_2}{\Delta y_m} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\Delta x_n}{\Delta y_1} & \dots & \frac{\Delta x_n}{\Delta y_m} \end{pmatrix}$$

$$= \Delta T_x \cdot A_T$$

بنابراین به اختصار داریم:

$$\Delta T_y = \Delta T_x \cdot A_T$$

### ۲-۳-۳- ماتریس تغییرات فناوری و تنوع آن

$A_T$  معرفی شده در بخش قبل را ماتریس تغییرات فناوری نامیده و تنوع آن براساس شکل گیری کلی درایه‌ها با قالب‌های زیر مفروض است:

### ۲-۳-۱- ماتریس تغییرات فناوری عددی

یکی از انواع ماتریس تغییرات فناوری شکل عددی آن می‌باشد به طوری که هر یک از درایه‌های آن به فرم نسبت تغییرات عددی پارامترهای مختلف فناوری به شکل  $\frac{\Delta x_i}{\Delta y_j}$  قابل ارائه است.

**مثال ۲-۳-۲:** گیریم  $T = f(x_1, x_2, x_3)$  و  $x_i = x_i(y_1, y_2)$  وقتی که  $i = 1, 2, 3$  و  $x_1$  فناوری،  $x_2$  هزینه،  $x_3$  سود و  $y_1$  زمان و  $y_2$  منابع مالی در نظر گرفته شده است. در این صورت داریم:

$$A_T = \begin{pmatrix} \frac{\Delta x_1}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_1}{\Delta y_2} \\ \frac{\Delta x_2}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_2}{\Delta y_2} \\ \frac{\Delta x_3}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_3}{\Delta y_2} \end{pmatrix}$$

### ۲-۳-۳- ماتریس تغییرات فناوری تحلیلی

نوع دیگری از ماتریس تغییرات فناوری تحلیلی است اگر

می‌دهیم با نگاهی متفاوت و کلی‌تر پرداختن به تغییرات فناوری ما را با دست‌آورد‌های بسیار متفاوت‌تری بیش از فراز و نشیب در مسیر حرکتی و تلاوم منحنی فناوری در فضای دوبعدی صفحه می‌رساند. اگر تغییرات هر فناوری دلخواه  $T$  را با  $\Delta T$  نمایش داده و به صورت:

$$\Delta T = T_i - T_{i-1}$$

وقتی که  $T_i = T(i) = f(x(t_i))$  ی کنیم.

در این صورت برای  $T$  با نمایش پارامتری کلی قبل بدون در نظر گرفتن وابستگی مؤلفه‌های  $X$  به  $y_j$  ها داریم:

$$\Delta T = T_i - T_{i-1}$$

$$= f(x_1(t_i), x_2(t_i), \dots, x_n(t_i)) - f(x_1(t_{i-1}), x_2(t_{i-1}), \dots, x_n(t_{i-1})).$$

همچنین نسبت تغییرات فناوری به تغییرات زمان به شکل زیر را "افق فناوری" در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T_j - T_i}{t_j - t_i} = \frac{f(x(t_j)) - f(x(t_i))}{t_j - t_i}$$

هر چند به طور مستقیم این مفهوم با مباحث مورد مطالعه ارتباط موضوعی ندارد اما تطبیق آن با رویکرد شهودی و لحاظ متغیرهای محدود در صفحه و سطح افق قابل تأمل است. یعنی در حالت خاص یک متغیره این نسبت تغییرات مصداق عینی می‌یابد.

از طرف دیگر تغییرات هر یک از مؤلفه‌های  $X$  یعنی  $x_i$  ها می‌تواند نسبت به پارامتر  $y_j$  ها وجود داشته و به طور

کلی  $\frac{\Delta x_i}{\Delta y_j}$  را به فرم زیر تشکیل می‌دهیم:

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta y_j} = \frac{x_i(y_1(t), y_2(t), \dots, y_j(t), \dots, y_m(t)) - x_i(y_1(t_0), \dots, y_j(t_0), \dots, y_m(t_0))}{y_j(t) - y_j(t_0)}$$

و با استفاده از قاعده زنجیره‌ای مشتق داریم:

$$\frac{\Delta T}{\Delta y_j} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta T}{\Delta x_i} \cdot \frac{\Delta x_i}{\Delta y_j} \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

و در حالت کلی داریم:

$$\Delta T_y = \left( \frac{\Delta T}{\Delta y_1}, \frac{\Delta T}{\Delta y_2}, \dots, \frac{\Delta T}{\Delta y_m} \right)$$

زمان،  $y_2$  سرمایه انسانی و  $y_3$  راهبردهای شرکت صاحب فناوری باشد بدین ترتیب اگر:

$$A_T = \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial y_1} & \frac{\partial x_1}{\partial y_2} & \frac{\partial x_1}{\partial y_3} \\ \frac{\partial x_2}{\partial y_1} & \frac{\partial x_2}{\partial y_2} & \frac{\partial x_2}{\partial y_3} \\ \frac{\partial x_3}{\partial y_1} & \frac{\partial x_3}{\partial y_2} & \frac{\partial x_3}{\partial y_3} \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} \Delta x_1 & \Delta x_1 & \Delta x_1 \\ \Delta y_1 & \Delta y_2 & \Delta y_3 \\ \Delta x_2 & \Delta x_2 & \Delta x_2 \\ \Delta y_1 & \Delta y_2 & \Delta y_3 \end{pmatrix}$$

آن‌گاه  $A_T$  یک ماتریس استاندارد تغییرات فناوری نمی‌باشد.

#### ۲-۴- ماتریس تغییرات فناوری متناظر

برای هر ماتریس تغییرات فناوری غیراستاندارد  $(A_T)_{m \times n}$  وقتی که  $m > 2$  و  $n > 2$  قرار می‌دهیم  $K = \min\{m, n\}$  در این صورت همه ماتریس‌های مربعی  $A_{k \times k}$  که درایه‌های آن برگرفته از درایه‌های  $A_T$  و یا حاصل از هر نوع تغییر شکل، جابجایی جایگاه و اندیس پارامترها، کامل کردن و یا ترسیم شکل دیفرانسیلی  $\frac{\Delta x_i}{\Delta y_j}$  در هر یک از سطرها (و یا ستون‌ها)

به دست می‌آیند ماتریس متناظر با  $A_T$  می‌نامیم.

**مثال ۲-۴-۱:** گیریم  $A_T$  یک ماتریس تغییرات فناوری باشد وقتی که  $x_i$ ها به ترتیب محصولات خودرویی، میزان فروش، میزان صادرات و گارانتی ماشین باشند، همچنین  $y_j$ ها به ترتیب ضایعات و زمان باشد.

در این صورت  $A_T$  غالباً به صورت زیر می‌شود:

$$A_T = \begin{pmatrix} \Delta x_1 & \Delta x_1 & \Delta x_1 \\ \Delta y_1 & \Delta y_2 & \Delta y_3 \\ \Delta x_2 & \Delta x_2 & \Delta x_2 \\ \Delta y_1 & \Delta y_2 & \Delta y_3 \\ \Delta x_3 & \Delta x_3 & \Delta x_3 \\ \Delta y_1 & \Delta y_2 & \Delta y_3 \end{pmatrix}$$

و بنا به  $y$  بالا هر یک از ماتریس‌های زیر می‌توانند به عنوان یک ماتریس متناظر تغییرات فناوری به دست آمده از تغییر بر  $A_T$  معرفی گردند:

رابطه بین پارامترها به وسیله  $\frac{dx_i}{dy_j}$  یعنی حد نسبت

تغییرات پارامترها و یا نسبت دیفرانسیلی پارامترها بیان شده باشد. پرواضح است که این شکل از تبیین و بکارگیری ماتریس‌های تغییرات فناوری دشوار بوده زیرا نمایش تابعی پارامترها صرفاً با بهره‌گیری از چند مقدار عددی و یا شبیه‌سازی رابطه پارامترها براساس مقادیر عددی محدود کاری سخت و غیرقطعی است.

**مثال ۲-۳-۴:** گیریم  $T = f(x_1, x_2, x_3)$  و  $x_i = x_i(y_1, y_2, y_3)$  وقتی که  $i = 1, 2, 3$  و همچنین برای  $x_1$  سرمایه اولیه،  $x_2$  فضای فیزیکی،  $x_3$  محصول،  $y_1$  زمان،  $y_2$  سرمایه انسانی و  $y_3$  شرکت‌های رقیت، داشته باشیم:

$$f(x_1, x_2, x_3) = x_1 + x_2 + x_3$$

$$x_1(y_1, y_2, y_3) = (y_2 + y_3)y_1$$

$$x_2(y_1, y_2, y_3) = y_2 y_3$$

$$x_3(y_1, y_2, y_3) = y_1 y_2^2$$

در این صورت:

$$A_T = \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial y_1} & \frac{\partial x_1}{\partial y_2} & \frac{\partial x_1}{\partial y_3} \\ \frac{\partial x_2}{\partial y_1} & \frac{\partial x_2}{\partial y_2} & \frac{\partial x_2}{\partial y_3} \\ \frac{\partial x_3}{\partial y_1} & \frac{\partial x_3}{\partial y_2} & \frac{\partial x_3}{\partial y_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_2 + y_3 & y_1 & y_1 \\ \cdot & y_3 & y_2 \\ y_2^2 & 2y_2 y_1 & \cdot \end{pmatrix}$$

حال آن که چنین رابطه تابعی بین پارامترهای فناوری و به ویژه با این سطح محدودیت غیرواقعی است.

#### ۲-۳-۵- ماتریس تغییرات فناوری استاندارد

اگر ماتریس تغییرات فناوری  $A_T$  مربعی باشد آن‌گاه آن را ماتریس تغییرات فناوری استاندارد می‌نامیم.

**مثال ۲-۳-۶:** گیریم فناوری دلخواه

$$T = f(x_1, x_2) \text{ و } x_i = x_i(y_1, y_2, y_3) \text{ وقتی که}$$

$$i = 1, 2 \text{ و برای } x_1 \text{ سخت‌افزار، } x_2 \text{ نرم‌افزار، } y_1$$

**مثال ۲-۸:** گیریم  $x_1, x_2, x_3$  سه متغیر دلخواه از یک حوزه مبتنی بر فناوری باشد و  $y_1$  زمان،  $y_2$  سرمایه انسانی و  $y_3$  نیروی فکری باشد. به علاوه فرض کنید برای  $i=1,2,3$  داریم  $\frac{\Delta x_i}{\Delta y_j} = 0$  آن گاه  $C(s) = 0$

$$A_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta x_1}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_1}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_1}{\Delta y_3} \\ \frac{\Delta x_2}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_2}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_2}{\Delta y_3} \\ \frac{\Delta x_3}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_3}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_3}{\Delta y_3} \end{pmatrix}$$

و یا:

$$A_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta x_1 + \Delta y_1}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_1 + \Delta y_2}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_1 + \Delta y_3}{\Delta y_3} \\ \frac{\Delta x_2 + \Delta y_1}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_2 + \Delta y_2}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_2 + \Delta y_3}{\Delta y_3} \\ \frac{\Delta x_3 + \Delta y_1}{\Delta y_1} & \frac{\Delta x_3 + \Delta y_2}{\Delta y_2} & \frac{\Delta x_3 + \Delta y_3}{\Delta y_3} \end{pmatrix}$$

این شکل بدیهی از معیار تراوش فناوری است و بدین معناست که در چنین شرایطی با توجه به نقش و جایگاه مفهومی فناوری انتظار تغییر در فناوری به وجود می‌آید.

**۲-۹- نتیجه:** اگر  $0 < C(s) < 1$  آن گاه در این حالت نیز  $T$  در شرایط ریسک قرار داشته و الزام برای تغییر و تحول آن به وجود می‌آید.

**مثال ۲-۱۰:** فرض کنید  $T$  هر فناوری دلخواه باشد و  $X$  میزان تولید خودرو،  $x_1$  خودرو سواری،  $x_2$  پیکاب،  $x_3$  محصول ون و  $x_4$  اتوبوس و یا می‌نی‌بوس محاسبه شده و در طی ده سال باشد. همچنین داشته باشیم:

$$\Delta x = 17500, \quad \Delta x_1 = 14000$$

$$\Delta x_2 = 2000, \quad \Delta x_3 = 1000$$

$$\Delta x_4 = 500$$

آن گاه  $A_{k \times k}$  به صورت زیر قابل ی است:

$$A_{k \times k} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta x_1}{\Delta x} & \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} & \frac{\Delta x_1}{\Delta x_3} & \frac{\Delta x_1}{\Delta x_4} \\ \frac{\Delta x_2}{\Delta x} & \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} & \frac{\Delta x_2}{\Delta x_3} & \frac{\Delta x_2}{\Delta x_4} \\ \frac{\Delta x_3}{\Delta x} & \frac{\Delta x_3}{\Delta x_1} & \frac{\Delta x_3}{\Delta x_2} & \frac{\Delta x_3}{\Delta x_4} \\ \frac{\Delta x_4}{\Delta x} & \frac{\Delta x_4}{\Delta x_1} & \frac{\Delta x_4}{\Delta x_2} & \frac{\Delta x_4}{\Delta x_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0/8 & 7 & 14 & 28 \\ 0/14 & 0/14 & 2 & 4 \\ 0/05 & 0/07 & 0/5 & 2 \\ 0/02 & 0/03 & 0/25 & 0/5 \end{pmatrix}$$

در این صورت داریم:

$$C(s) = |\det A_{k \times k}| = 0/0745$$

ما می‌دانیم که این مقدار به اندازه کافی به صفر نزدیک است. بنابراین اندازه فاصله تا صفر برای معیار تراوش فناوری می‌تواند بخشی از بررسی‌های دقیق تر را رقم بزند که در ادامه آورده می‌شود.

**۲-۴-۲- نتیجه:** ماتریس‌های تغییرات فناوری متناظر  $A_{k \times k}$  منحصربفرد نیستند.

## ۲-۵- معیار تراوش فناوری

برای هر ماتریس تغییرات فناوری استاندارد  $A_T$  و یا هر یک از ماتریس‌های متناظر  $A_{k \times k}$  برای آن معیار تراوش فناوری را با  $C(s)$  نمایش داده و به صورت زیر ی می‌کنیم:

$$C(s) = |\det A_{k \times k}|$$

**۲-۶- قضیه:** اگر  $C(s) = 0$  آن گاه فناوری در معرض ریسک است (یعنی بایستی فناوری دستخوش تغییر و تحول گردد).

**اثبات:** اگر  $C(s) = 0$  آن گاه به معنای آن است که  $|\det A_{k \times k}| = 0$ . به عبارت دیگر در چنین شرایطی اندازه تغییرات پارامتری  $T$  برابر صفر است و این با مفهوم کلی فناوری و همراه بودن با تغییر در تناقض است و در نتیجه بایستی به منظور ادامه حیات فناوری در آن ایجاد تغییر نمود.

**۲-۷- نتیجه:** معیار تراوش فناوری  $C(s)$  غیر منحصربفرد است. زیرا برای هر ماتریس تغییرات فناوری متناظر  $A_T$  معیار تراوش متفاوت است. اما برای ماتریس‌های تغییرات فناوری استاندارد  $C(s)$  منحصربفرد است.

$$A_T = \begin{array}{|c|c|c|} \hline R_1 & & \\ \hline & a_{ij} & R_2 \\ \hline R_3 & R_4 & \\ \hline \end{array}$$

توجه می‌کنیم که نواحی  $R_i$  می‌توانند مناطقی از فناوری باشند که کمترین نسبت تغییرات پارامتری را داشته و ما این محدوده را "نقطه اثر تراوش فناوری" در نظر می‌گیریم. بدین ترتیب، در جهت استفاده کمی از  $C(s)$  مفهوم زیر ارائه می‌گردد که با در نظر گرفتن مقدار معیار تراوش فناوری ضرورت در اقدام به تغییر و تحول در فناوری را مشخص می‌نماید.

**۲-۱۳-۱**  $C$ : برای هر  $C(s)$  ضریب (از مرتبه  $k$ ) تراوش فناوری را با  $\text{Coef}_k(C(s))$  نشان داده و به فرم

$$\text{Coef}_k(C(s)) = \frac{\text{Coef}_{k-1}(C(s))}{a_k \cdot n(k)}$$

وقتی که:

$$a_m = \max\{|a_{ij}|; a_{ij} \neq a_1, a_2, \dots, a_{m-1}\}$$

و برای هر  $m \leq n$  داریم:  $n(m) = n - m + 1$   
 $C$  می‌کنیم.  $k$  مقدار صحیح نامنفی است و قرار می‌دهیم:

$$\text{Coef}_0(C(s)) = C(s)$$

به طوری که افزایش مقدار  $k$  وقتی متوقف می‌گردد که  $\text{Coef}_k(C(s)) < 1$  باشد. به عبارت دیگر اگر  $C(s) < 1$  باشد آن‌گاه  $k = 0$  و بدون هیچ وقفه‌ای فناوری نیازمند تغییر و تحول است. در غیر این صورت مرتبه  $k$  و مقدار این ضریب نشان می‌دهد که این تغییر و تحول در چه سطحی می‌تواند به تعویق افتاده و به زمان دیگری موکول گردد.

توجه می‌کنیم که ضریب تراوش فناوری و ناحیه به ترتیب سبب تشخیص اولویت انجام تغییر و تحول در فناوری (تراوش فناوری) و تعیین پارامترهای تغییر از بین پارامترهای مرتبط با فناوری مورد بحث می‌گردند. به تعبیر دیگر مجموعه اقدامات انجام شده در جهت کمی نمودن تراوش فناوری در مفهوم و ساز و کار آن محسوب می‌گردد. در این جا با بیان مرتبه تراوش فناوری که به

**۲-۱۱-۱** **قضیه:** فرض کنید برای خانواده‌ای از فناوری‌های  $\{T_i\}_i$ ،  $T_1 \subseteq T_2 \subseteq \dots$  (ما  $T_i$  را زیرمجموعه‌ای از  $T_j$  در نظر می‌گیریم هرگاه تمام درایه‌های ماتریس تغییرات  $T_i$  به طور سطری و ستونی در ماتریس تغییرات  $T_j$  قرار داشته باشند) یک زنجیر از فناوری‌ها باشند به طوری که برای هر  $T_i \subseteq T_j$  داشته باشیم:  $T_j = T_i \cup T'$  وقتی که  $T'$  شکلی از فناوری است و مکمل  $T_i$  محسوب می‌شود. در این صورت  $C_1(s) \leq C_2(s) \leq \dots$

**اثبات:** با استفاده از فرمول کلی محاسبه دترمینان و فرض بالا برای هر  $T_i$  و  $T_j$  که  $T_i \subseteq T_j$  جود دارد  $T' = T_j - T_i$  به طوری که  $T_j = T_i \cup T'$  و لذا  $A_{T_j} = A_{T_i} \cup A_{T'}$  و  $C_{T_j}(s) = C_{T_i}(s) \cup C_{T'}(s)$  بنابراین  $C_{T_j} \leq C_{T_i}(s)$ . بدیهی است که نامساوی اخیر برای هر عضو از زنجیره فناوری‌ها درست است. توجه می‌کنیم که در اینجا ماتریس تغییرات فناوری  $T_j$  به شکلی خواهد بود که بر محدوده‌ی قطر اصلی آن ماتریس  $A_{T_i}$  و  $A_{T'}$  واقع می‌شود و دترمینان این ماتریس حاصل ضربی از دترمینان ماتریس تغییرات  $T_i$  و  $T'$  خواهد بود و لذا حکم برقرار است.

### ۳. ناحیه و نقطه اثر تراوش فناوری

چنان که پیش از این آورده شد معیار تراوش فناوری لزوم تغییر در فناوری را مشخص می‌نماید. اما می‌دانیم که مقادیر  $C(s)$  متفاوت است. بنابراین در حالت کلی می‌توان موارد زیر را در نظر گرفت:

(i)  $0 < C(s) < 1$ . آن‌گاه به طور بدیهی فناوری بایستی با تغییر روبرو شود.

(ii) اگر  $C(s) > 1$  آن‌گاه این سؤال به وجود می‌آید که مقدار این معیار چقدر است و نقطه اثر فناوری کجا و چگونه خواهد بود.

بنابراین مفهوم زیر مطرح می‌گردد:

**۲-۱۲-۱**  $C$ : یک ناحیه از ماتریس تغییرات فناوری  $A_T$  (یا هر ماتریس متناظر آن) هر بخش دلخواه از  $A_T$  می‌باشد که آن را با  $R$  نشان داده و عناصر آن از درایه‌های  $A_T$  می‌باشند.

وقتی که  $R$  نمایش ناحیه از ماتریس تغییرات فناوری  $A_T$  است.

بدین ترتیب اولویت و فوریت ظهور تراوش فناوری براساس "ناحیه"، "ضریب تراوش فناوری" و "مرتبه" آن در قالب الگوی ریاضی ارائه شده مشخص می‌گردد.

**مثال ۲-۱۵:** در یک بازه زمانی ده ساله (۱۹۹۵-۲۰۰۴) از یک شرکت صنایع خودروبی مبتنی بر فناوری در دو بخش تولید و مونتاژ مجموعه آمار و اطلاعات زیر به دست آمده است:

سهم شرکت‌های چند ملیتی

سال	تولید	مونتاژ	همکاری مشترک
۱۹۹۵	۱۳	۸	۸۱
۲۰۰۴	۵۴۸	۲۴۱	۳۵۲

سهم شرکت‌های بومی و منطقه‌ای

سال	تولید	مونتاژ	همکاری مشترک
۱۹۹۵	۱۲۱۳	۵۴۰	۴۱
۲۰۰۴	۱۳۱۵	۵۰۱	۱۴۲

$$= \begin{pmatrix} 1 & 2/29 & 1/97 \\ 0.24 & -13/7 & 5/29 \\ 0.84 & 2/75 & 1/44 \end{pmatrix}$$

توجه می‌کنیم که در اینجا درایه‌های ماتریس تغییرات فناوری تغییرات پارامتر  $I_1$  را نسبت به دسته‌ای از پارامترهای همجنس، غیرهمجنس و تلفیقی از هر دو مورد توجه قرار می‌دهد. به علاوه داریم:

$$C(s) = |\det A_T| = 9/68 > 1$$

بنابراین ضریب تغییرات فناوری صفر نخواهد بود و حداقل یک می‌باشد. برای تعیین و تشخیص این ضریب داریم:

$$\text{Coef}_1(C(s)) = \frac{C(s)}{h(1)a(1)} = \frac{C(s)}{9 \times 13/7} = \frac{9/68}{123/3} = 0.078$$

و چون داریم  $\text{Coef}(C(s)) < 1$  پس برآورد ما از ضریب تراوش فناوری یک می‌باشد و از همین جا نتیجه می‌شود مرتبه تراوش فناوری نیز یک است. یعنی با توجه به این که صرفاً یک ناحیه از ماتریس تغییرات فناوری در نظر گرفته شده است و برای همین یک ناحیه کلی

نوعی حساسیت و فوریت (مرتبه) اقدام به تغییر و تحول در فناوری را مشخص می‌کند کمی‌سازی تراوش فناوری را به پایان می‌بریم.

**۲-۱۴-۵:** برای هر فناوری دلخواه  $T$  و تراوش فناوری  $S(T)$  از آن مرتبه تراوش را با نماد  $\text{Ord}(S(T))$  نمایش داده و به صورت زیر می‌کنیم:

$$\text{Ord}S(t) = \min_{R, k} \{ \text{Coef}(C(s)) \}$$

در این صورت اگر  $I_i$  و  $i=1,2,3$  را به عنوان پارامترهای شرکت‌های چند ملیتی و  $P_j$  را به عنوان پارامترهای شرکت‌های بومی و منطقه‌ای در نظر بگیریم، داریم:

$$\Delta I_1 = 548 - 13 = 535$$

$$\Delta I_2 = 241 - 8 = 233$$

$$\Delta I_3 = 352 - 81 = 271$$

$$\Delta P_1 = 1315 - 1213 = 102$$

$$\Delta P_2 = 501 - 540 = -39$$

$$\Delta P_3 = 142 - 41 = 101$$

و در این صورت برای ماتریس تغییرات فناوری  $A_T$  شده به فرم زیر داریم:

$$A_T = \begin{pmatrix} \frac{\Delta I_1}{\Delta I_1} & \frac{\Delta I_1}{\Delta I_2} & \frac{\Delta I_1}{\Delta I_3} \\ \frac{\Delta I_1}{\Delta P_1} & \frac{\Delta I_1}{\Delta P_2} & \frac{\Delta I_1}{\Delta P_3} \\ \frac{\Delta I_1}{\Delta(I_1 + P_1)} & \frac{\Delta I_1}{\Delta(I_2 + P_2)} & \frac{\Delta I_1}{\Delta(I_3 + P_3)} \end{pmatrix}$$

ضریب تراوش فناوری پس از یک مرحله کوچکتر از یک به دست آمده است پس  $k = 1$  و مرتبه تراوش فناوری نیز یک است.

### نتیجه گیری

چنان که ملاحظه شد در این مختصر از یک طرف کاربرد ریاضی و به عبارت دیگر الگوی ریاضی فناوری مشخص گردید. از طرف دیگر با ارائه الگوی ریاضی تراوش فناوری در جهت کمی‌سازی رویکردهای فناوری گام برداشته و امکان بکارگیری آن در سطح عام حوزه فناوری فراهم گردید.



Economic Review, Vol. 95(1), 461-464, 2005.

12. Romer, P., *Endogenous Technological Change*, Journal of Political Economy, Vol. 98(5), S71-S102, 1990.

13- Scherer, F., *Technology Flows Matrix Estimation Revisited*, Economic Systems Research, Vol. 15(3), 327-358, 2003.

## فهرست منابع

۱. مقدمه‌ای بر روش و مفاهیم تراوش فناوری، همایون روحیان، نجمه‌سادات ضمیری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (۱۳۹۳)
2. P. Aghion, P. Howitt, *Model of Growth through Creative Destruction*, Econometrica, 60(2), 323-351, 1992.
3. L. Anselin, A. Varga, Z.J. Acs, *Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations*, Journal of Urban Economics, Vol. 42, 422-448, 1997.
4. J.K. Arrow, *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*, in Arrow K. (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton, 1962a, 609-625, reprinted in Arrow, *Collected Papers*, Vol. 5, 104-120.
5. M. P. Feldman, *The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies*, Economics of Innovation and New Technology, 8 (1-2), 5-24. 1999.
6. Glaeser, E. L., Kallar, H. D., Scheinkman, J. A., Shleifer, A. *Growth in Cities*, The Journal of Political Economy, Vol. 100(6), 1126-1152, 1992.
7. Jacobs, J., *The Economy of Cities*, New York: Vintage Books, 1970.
8. Krugman, P., *Geography and Trade* Cambridge, M.I.T. Press, 1991.
9. Marshall, A., *Principles of Economics*, London, Macmillan, 1920.
10. Mohnen, P., *New Technologies and Interindustry Spillovers*, OECD International Seminar on Science, Technology and Economic Growth, Paris, 1989.
11. Rebeca, H., Jaffe, A., Trajtenbergm, M., *Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment: Comment*, American