

■ مسعود رشیدی نژاد
دانشگاه شهید باهنر کرمان
mrashidinejad@yahoo.co.uk
■ زهره شریف‌زاده کرمانی
پارک علم و فناوری کرمان
sharifzadeh@mshp.ir

ارزیابی توانایی پارک‌های علم و فناوری با استفاده از الگوریتم ابتکاری ترکیبی

چکیده

فرایند تحلیلی سلسله مراتبی نیز به منظور مقایسه دودویی هر یک از عوامل مختلف مورد استفاده واقع شده است. این روش به منظور تعیین وزن هر یک از عوامل بر اساس درجه اهمیت عامل مورد نظر در مقایسه با سایر عوامل موجود در تصمیم‌گیری پیاده‌سازی شده است. در حالی که عوامل اهمیت بر اساس طبیعت هر سیستم متغیر هستند، در روش مورد بحث در این مقاله کاملاً در مقابل تنوع سیستم‌ها قابل انعطاف است. پیاده‌سازی روش ارائه شده در این مقاله در خصوص سیستم مورد مطالعه کارایی این روش را به خوبی نشان می‌دهد.

ارزیابی و مقایسه پارک‌های علم و فناوری معرفی می‌کند که عمده‌ترین مسئله در این راستا ترکیب مناسب کلیه عوامل موفقیت و مخاطره هستند. در این راستا تصمیم‌سازی صحیح بر اساس یک مدل ریاضی مناسب با رعایت کلیه عوامل مرتبط با توانایی انجام شده است. به طوری که در روش ارائه شده از ترکیب مناسب مفروضات کیفی معقولی استفاده شده است [۲]. در واقع این روش از ضوابط ساده و با اسلوبی به منظور تجزیه و تحلیل سیستم از زوایای مختلف بهره می‌جوید. ارزیابی توانایی پارک‌های علم و فناوری بر اساس عوامل توانایی و با استفاده از الگوریتم پیشنهادی انجام می‌شود.

این مقاله به معرفی یک روش عمومی در خصوص تصمیم‌سازی به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی پارک‌های علم و فناوری می‌پردازد. عمده‌ترین مسأله در این باب مقایسه و ارزیابی عواملی از جمله موفقیت و مخاطره در خصوص پارک‌های علم و فناوری است. بر این اساس کلیه مفاهیم مربوط به مدل‌سازی در راستای تصمیم‌سازی به شناخت تمامی عوامل توانایی و معرفی مدل ریاضی به منظور توصیف و یا تجویز بهترین گزینه معطوف می‌شود. در نهایت روش پیشنهادی ترکیبی از یافته‌ها و مفروضات کیفی و کمی‌سازی آنها به کمک منطق فازی و روش‌های مدل‌سازی کمی ریاضی خواهد بود.

۲. ارزیابی توانایی پارک‌های علم و فناوری

امروزه توانایی سیستم‌ها بر اساس مفروضات معقولی ارزیابی و تجزیه و تحلیل می‌شوند. خصوصیات کیفی مانند: اعتبار، تعامل، دانش، موفقیت در رسیدن به اهداف نهایی و توانایی‌های فناورانه که در کنار سایر خصوصیات کمی از قبیل: حجم فعالیت، سرمایه‌گذاری و سایر خصوصیات کمی قابل سنجش، نقش بسیار مهمی در این ارزیابی ایفا می‌کنند. بیانات زبانی غیر استاندارد مربوط به ویژگی‌های یک سیستم باعث اتخاذ تصمیم‌های نامناسب خواهد شد. در این بین برخی استانداردهای لازم به نظر می‌آید. بنابراین ترکیب عناصر مربوط به ارزیابی و مدل‌سازی ریاضی کمی مربوط به مشخصه‌های کیفی و بیانی در رابطه با ویژگی‌های مرتبط با توانایی سیستم ضروری فرض می‌شود [۵].

به‌گونه‌ای که در این مقاله عوامل توانایی، با استفاده از روابط فازی و فرایند تحلیلی سلسله مراتبی^۱ رتبه‌بندی می‌شوند [۳]. روابط فازی [۴] به منظور مدل‌سازی کمیت‌های کیفی معمول و ارتباط تغییرات عوامل و مفاهیم مربوط به توانایی پارک‌های علم و فناوری بکار گرفته می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

توانایی سیستم، تصمیم‌گیری چند هدفه، منطق فازی.

۱. مقدمه

پارک‌های علم و فناوری به منظور پر کردن خلاء بین پژوهش‌ها و فعالیت‌های تجاری بوجود آمده‌اند. عموماً پارک‌های علم و فناوری بستری جهت گرد هم آوردن گروه‌های پژوهشی در قالب هسته‌های پژوهشی و شرکت‌های متمرکز فناور محور است. فراهم آوردن امکانات پشتیبانی و فرصت‌های کسب و کار و تجاری برای اینگونه واحدهای مستقر از مأموریت‌های پارک‌های علم و فناوری است. پارک‌ها با جمع‌آوری دانش و جنبه‌های تجاری سعی در امکان بهره‌جویی از فرصت‌های اقتصادی که کلید تغییرات فناورانه و تجاری است برای واحدها دارند [۱].

این مقاله روش ابتکاری ترکیبی به منظور



نقش عمده‌ای در این ارزیابی داشته باشند. این امر همواره نقش برجسته‌ای در تصمیم‌سازی در خصوص ارجاع پروژه به واحدهای مستقر، ادغام شرکت‌های مستقر، مشخص کردن ارزش واقعی فعالیت‌ها مبتنی بر بازار، ارزیابی میزان ذخیره و نیز سرمایه‌گذاری در فناوری‌های خاص دارد. در اغلب موارد قضاوت‌های کیفی به منظور ارزیابی توانایی سیستم‌ها بر اساس دانش و تجربیات شخصی افراد خبره صورت می‌گیرد. روش مورد نظر در این مقاله با استفاده از ابزار مهندسی سیستم‌ها سعی در پیشنهاد ابزاری برای کمی کردن قضاوت‌های کیفی دارد. این ابزار نمی‌تواند به طور کامل جایگزین قضاوت‌های مبتنی بر تجربه شود، ولی صحنه‌ای را جهت تجزیه و تحلیل توانمند و بامعنای نظام‌مند پیشنهاد می‌دهد. در حالی که از ضوابط سیستم‌های خبره نیز استفاده می‌کند. ممکن است این گونه بحث شود که بهترین روش به منظور اندازه‌گیری درجه توانایی حصول به نتیجه نهایی است. این مطلب در جای خود صحیح است، اما به هر حال اندازه‌گیری توانایی به یک سیستم صرفاً به معنی عملکرد آن سیستم نیست و تنها به وسیله نتیجه نهایی ارزیابی نمی‌شود. علاوه بر ارزیابی عملکرد اجزای تشکیل دهنده سیستم، روش‌های ارزیابی، توانایی سیستم به منظور حصول به درآمدهای نهایی را به عنوان یک مشخصه در نظر می‌گیرند. عوامل اندازه‌گیری بر اساس طبیعت سیستم بسیار متفاوتند. اما الگوریتم عمومی معرفی شده دارای انعطاف کافی به منظور سازگاری با تنوع سیستم‌های مختلف است.

نتایج مطالعات انجام شده حاکی از قابلیت کافی الگوریتم پیشنهادی است و یکی از مشخصه‌های بارز الگوریتم ضوابط ساده و با

اسلوب آن در راستای تجزیه و تحلیل و ارزیابی عملکرد سیستم از زوایای مختلف است [۶].

۳. تعریف مسئله

توانایی پارک‌های علم و فناوری تابعی از متغیرهای کمی و کیفی است که عبارتند از: منابع لازم برای استقرار واحدها (ابزار و وسائل و نیروی انسانی خدماتی)، سرمایه‌گذاری اولیه، سرمایه‌های بالقوه، تعداد و تنوع شرکت‌های تحت پوشش، حضور واحدهای تحقیق و توسعه، تعامل داخلی بین واحدهای مستقر و همچنین تعامل با سایر پارک‌های علم و فناوری و همچنین درجه موفقیت در حصول به اهداف نهایی برنامه‌ریزی شده. به منظور سادگی در مدل‌سازی، در این مقاله از حداقل ملزومات مورد نیاز به منظور تعیین و ارزیابی مقایسه‌ای توانایی پارک‌های علم و فناوری در رابطه با عوامل مختلف که به کمک رابطه ۱ مشخص شده است استفاده شده است.

$$SC_i = f(x_i^j) \quad (1)$$

که در این رابطه:

SC_i : توانایی آ امین پارک
 x_i^j : آ امین عنصر از آ امین پارک

از متغیرهای فازی به منظور تبدیل عوامل کیفی به کمی استفاده می‌شود که در این رابطه به منظور استفاده از فرایند تصمیم‌گیری فازی در ابتدا باید عوامل کیفی فازی شوند [۷]. این عمل با در نظر گرفتن توابع تعلق فازی مناسب که در آنها خصوصیات و رفتار متغیرهای مذکور لحاظ شده است قابل اجراست.

۳-۱- روش کار

الگوریتم مورد نظر به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی پارک‌های علم و فناوری شامل نظریه مجموعه‌های فازی^۱ و فرایند تحلیلی سلسله مراتبی است. روش ارزیابی توانایی به عنوان یک راهبرد واضح مدیریت در امر تصمیم‌سازی است که از عوامل زیر استفاده می‌کند:

■ نظریه مجموعه‌های فازی

به منظور مدل‌سازی و مطابقت صحیح طبیعت کیفی عوامل تصمیم‌گیری

■ فرایند تحلیلی سلسله مراتبی

به دلیل ساختار ویژه آن در حل مسائل تصمیم‌گیری چند ضابطه‌ای و به منظور تعیین وزن هر یک از عوامل بر اساس درجه اهمیت عامل مورد نظر در مقایسه با سایر عوامل موجود در تصمیم‌گیری [۸].

۳-۲- مجموعه‌های فازی

بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، به هر عضو X موجود در مجموعه فازی X یک مقدار عضویت به کمک تابع عضویت که به کمک نماد $\mu(x)$ نشان داده می‌شود، نسبت داده می‌شود. این مقدار بر اساس تابع عضویت مجموعه X تعیین می‌شود و مقدار آن بین صفر و یک است.

۳-۳- تابع عضویت

تابع عضویت به صورت ریاضی می‌تواند خطی و یا غیر خطی باشد. در نهایت می‌بایست یک تابع عضویت مناسب برای هر یک از عوامل تصمیم‌سازی تعیین شود. در بسیاری موارد، یک تابع عضویت خطی به منظور توصیف رفتار یک عامل مورد نظر کافی است. به عنوان مثال، هر چه تعداد اختراعات ثبت شده برای یک پارک

علم و فناوری مورد نظر بیشتر باشد، آن سیستم دارای توانایی بیشتری در تولید و توسعه فناوری است. در برخی شرایط که تابع تعلق خطی قادر به مدل سازی صحیح رفتار سیستم نیست، از توابع تعلق غیر خطی استفاده خواهد شد. به عنوان مثال اگر با افزایش تعداد افراد متخصص در یک پارک علم و فناوری توانایی تخصصی آن پارک با نرخ ثابت شروع به رشد کند، ممکن است بعد از چندی به دلیل پدیده اشباع این فرایند ثابت شود.

۱۳-۱۴- تصمیم گیری چند هدفه فازی

تصمیم گیری چند هدفه فازی می تواند به کمک قوانین ریاضی شبیه سازی و تجزیه و تحلیل شود. در این روش، تصمیم گیری می تواند به وسیله ترکیب مجموعه های فازی و میزان اهمیت متغیرهای تصمیم گیری انجام شود [۹]. متغیرهای مزبور می توانند دارای میزان اهمیت یکسان و یا دارای درجه اهمیت متفاوت باشند. روش پیشنهادی از مدل تصمیم گیری چند هدفه با توجه به فرضیات فوق استفاده کرده است [۱۲ و ۱۱].

۱۴- مدل سازی ریاضی

مسئله تصمیم گیری فازی $D(x)$ می تواند به صورت مجموعه ای از اهداف و محدودیت ها با هدف انتخاب بهترین گزینه از بین کلیه گزینه های ممکن تعریف شود. میزان برآورده شدن ضابطه مفروض به وسیله درجه تعلق متغیر X به صورت $\mu_i(x) \in [0,1]$ تعریف می شود. به منظور برآورده شدن کلیه اهداف به وسیله گزینه X تمامی ضوابط توسط تابع تصمیم $D(x)$ نشان داده می شوند.

■ اهداف فازی O یک مجموعه فازی در X

هستند که به وسیله تابع تعلق زیر مشخص می شوند:
 $\mu_o : \rightarrow [0,1]$

■ محدودیت های فازی C یک مجموعه فازی در X هستند که به وسیله تابع تعلق زیر مشخص می شوند:
 $\mu_c : \rightarrow [0,1]$

■ مجموعه فازی تصمیم گیری D که می بایست به وسیله ترکیب اهداف و محدودیت های فازی برآورده شود.

در بخش های بعد چگونگی بکارگیری ارزش یکسان و متفاوت هر یک از اهداف و محدودیت ها به روش تصمیم گیری فازی چند هدفه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۴- اهداف و محدودیت ها دارای ارزشی یکسان باشند

اگر اهداف و محدودیت ها دارای درجه اهمیت یکسان باشند، در صورتی که رابطه ۴ و ۵ برآورده شوند گزینه X انتخاب خواهد شد.
(۴)

$$\left\{ \begin{array}{l} O_1(x) \& O_2(x) \& O_3(x) \& \dots \& O_{N_o}(x) \\ \text{and} \\ C_1(x) \& C_2(x) \& C_3(x) \& \dots \& C_{N_c}(x) \end{array} \right.$$

(۵)

$$D(x) = O_1(x) \cap O_2(x) \cap \dots \cap O_{N_o}(x) \cap C_1(x) \cap C_2(x) \cap \dots \cap C_{N_c}(x)$$

که در آن

$N_o(x)$: بیان کننده تعداد اهداف است

$N_c(x)$: تعداد محدودیت ها را مشخص می کند

$O_i(x)$: مقدار فازی آ امین هدف مربوط به گزینه X را نشان می دهد.

$C_i(x)$: مقدار فازی برآورده شدن آ امین محدودیت مربوط به گزینه X را بیان می دهد.

تابع تعلق تصمیم گیری فازی در این حالت عبارت است از:
(۶)

$$\mu_D(x) = \min\{\mu_o(x), \mu_c(x)\}$$

بهترین گزینه X_{opt} با استفاده از رابطه ۷ به صورت زیر تعیین خواهد شد.

$$D(x_{opt}) = \max_{x \in X} (D(x)) \quad (۷)$$

که در آن X_{opt} رابطه زیر را برآورده سازد.

(۸)

$$\max_x \mu_D(x) = \max_x (\min\{\mu_o(x), \mu_c(x)\}) \\ = \max_x (\min\{\mu_{o_1}(x), \dots, \mu_{o_{N_o}}(x), \mu_{c_1}(x), \dots, \mu_{c_{N_c}}(x)\})$$

۲-۴- اهداف و محدودیت ها دارای درجه

اهمیت متفاوت باشند

در این شرایط اهداف و محدودیت ها دارای درجه اهمیت متفاوتی هستند. بنابراین باید این اطمینان حاصل شود که گزینه هایی که دارای درجه اهمیت و در نتیجه مقدار تابع تعلق بیشتری نسبت به سایرین هستند، از شانس بیشتری جهت انتخاب برخوردار شوند. تأثیر مثبت مربوط به سطح اهمیت W_i بر مجموعه عضویت فازی با در نظر گرفتن برخی ضوابط مفروض اعمال می شود. این تأثیر می تواند با نسبت دادن مقادیر بزرگتر W_i به اهداف و محدودیت ها باشد.

$$D(x) = O^w(x) \cap C^w(x) \quad (۹)$$

که در آن

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_i, \dots]$$

(۱۶)

$$PW = \left[\frac{w_i}{w_j} \right] [w_i] = \left[\sum_{i=1}^N w_i \right] = N[w_i]$$

$$PW = NW \quad \& \quad (P - NI) = 0$$

در محاسبات بالا در صورتی که P سازگار باشد، کلیه مقادیر ویژه صفر خواهند بود. به جز مقادیر ویژه غیر صفر که همان مقدار ویژه ماکزیمم خواهد بود. این همان N یعنی تعداد اهداف خواهد بود. پس از این محاسبات وزن‌های محاسبه شده پس از نرمالیزه کردن بردار ویژه نسبت به بزرگترین مقدار ویژه محاسبه خواهند شد.

۵. شبیه‌سازی و مقایسه نتایج

هر سازمان و یا نهادی به منظور یکپارچه‌سازی عملکرد عمومی سعی در شناخت کلیه پتانسیل‌های موجود دارد. سازمان مذکور از روش‌های ارزیابی توانایی به منظور ارزیابی و مقایسه سهم پتانسیل‌های دخیل در توانایی آن واحد بهره می‌جوید. بر اساس نتایج به دست آمده پارک‌های علم و فناوری با بالاترین توانایی به عنوان برنامه‌ریزی‌های الگویی مشابه انتخاب خواهد شد. بدین منظور روش ذکر شده در قبل با توجه به اهمیت یکسان و متفاوت اهداف پیاده‌سازی شده است.^۱

۵-۱- تعریف مسئله

پارک‌های علم و فناوری نه تنها بستری به منظور تحقیق و توسعه پیشرفته است، بلکه محلی برای تولید محصولات فناورانه است. بنابراین پارک‌های علم و فناوری مکانی برای دستیابی به خدمات و تولیدات نهایی موفق است.

از متغیرهای تصمیم‌گیری را به کمک ماتریس مقایسه دودویی تعیین می‌کند. این اهمیت نسبی با مقایسه همزمان دو هدف و یا محدودیت قابل حصول است. در نهایت این روش به منظور تعیین وزن‌ها به صورت ضرایب توانی که در بردارنده درجه اهمیت هر یک از معیارها و محدودیت‌های تصمیم‌گیری است، به کار برده می‌شود. به منظور تعیین درجه اهمیت هر یک از متغیرها ماتریس مقایسه دودویی P با مشخصه‌های زیر تعیین می‌شود:

■ یک ماتریس مربعی به تعداد اهداف و محدودیت‌های موجود

■ درایه‌های قطری همگی برابر ۱ هستند.

$$P_{ij} = \frac{1}{P_{ji}}$$

سایر درایه‌های ماتریس علاوه بر عناصر قطری بر اساس جدول تعیین اهمیت مشخص می‌شوند. به عنوان مثال اگر هدف A کم‌اهمیت‌تر از هدف Z باشد آنگاه $P_{Zj} = 3$ و اگر کاملاً مهمتر باشد، $P_{Zj} = 9$ خواهد بود.

به منظور مقایسه مجموعه‌ای از N، شامل تعداد هدف و تعداد محدودیت مطابق با درجه اهمیت هر یک ماتریس مقایسه دودویی به صورت زیر خواهد بود:

(۱۵)

$$P = [p_{ij}] = \left[\begin{array}{ccc} \frac{w_i}{w_j} & i=1,2,\dots,N & j=1,2,\dots,N \end{array} \right]$$

که در آن $\frac{w_i}{w_j}$ نشان دهنده از امین درایه ماتریس P که بیان‌کننده مقایسه دودویی هدف i در مقابل j است. به منظور دستیابی به بردار وزن $W = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_N]$ می‌بایست ماتریس p در بردار w ضرب شود که رابطه ۱۶ حاصل می‌شود.

$$D(x) = \min \{O^w(x), C^w(x)\} \quad (۱۰)$$

که در آن X_{opt} می‌بایست رابطه زیر را برآورده سازد.

(۱۱)

$$\max_{x \in X} \mu_D^w(x) = \max_{x \in X} (\min \{ \mu_O^w(x), \mu_C^w(x) \})$$

این رابطه را می‌توان به صورت روابط زیر چنین بیان کرد.

$$x_{opt} = \arg \left\{ \max_{x \in X} \mu_D^w(x) \right\} \quad (۱۲)$$

(۱۳)

$$x_{opt} = \arg \left\{ \max_{x \in X} \left(\min \left\{ \begin{array}{l} \mu_{O_1}^{w_1}(x), \mu_{O_2}^{w_2}(x), \dots, \mu_{O_{N_0}}^{w_{N_0}}(x), \\ \mu_{C_1}^{w_{N_0+1}}(x), \mu_{C_2}^{w_{N_0+2}}(x), \dots, \mu_{C_{N_0+N_c}}^{w_{N_0+N_c}}(x) \end{array} \right\} \right) \right\}$$

۳-۴- مناسبه وزن‌ها به کمک فرایند

تملیلی سلسله مراتبی

این فرایند [۱۳] یکی از جالب‌ترین روش‌های ارائه شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چند منظوره^۲ است. این روش امکان فرموله کردن مسئله را به صورت اولویت‌بندی شده فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله میسر می‌سازد. عمده‌ترین مسئله در این فرایند تعیین سطح اهمیت هر یک از گزینه‌ها در مقابل سایرین است. این روش بر مبنای ماتریس مقایسه دودویی اهداف و محدودیت‌ها بنا نهاده شده که بردار اولویت بر اساس مقادیر ویژه هر ماتریس تعیین می‌شود. در نهایت بردار نهایی اولویت از ضرب بردار ضوابط وزن‌دار و ماتریس ارزیابی گزینه‌ها حاصل می‌شود و بهترین گزینه دارای مقدار بیشتری در بردار اولویت خواهد بود. الگوریتم ارزیابی توانایی سیستم‌ها اهمیت نسبی هر یک داده‌های به کار گرفته شده در این مثال فرضی است.

یکسانی هستند و در حالت دوم که این عوامل دارای درجه اهمیت متفاوتی خواهند بود.

۲-۵- کلیه عوامل دارای درجه اهمیت یکسانی هستند

در این شرایط با در نظر گرفتن عوامل فازی مسئله به صورت زیر فرموله خواهد شد.

$$Max F_i(x_j^i, \mu_j^i) \quad \therefore i = A, B, C, D, E \text{ \& } j = 1, 2, 3, 4, 5$$

تابع تصمیم‌گیری برای بهترین گزینه به صورت زیر است:

$$D(x) = \min [Max F_i(x_j^i, \mu_j^i) \quad \therefore i = A, B, C, D, E \text{ \& } j = 1, 2, 3, 4, 5]$$

$$D(x) = \{(x_1, 0.25), (x_2, 0.18), (x_3, 0.00), (x_4, 0.65), (x_5, 0.5)\}$$

$$Opt(D(x)) \equiv Max(D(x)) \Rightarrow \text{Selected STP is D}$$

بنابراین مبتنی بر اطلاعات موجود، پارک منتخب پارک علم و فناوری D خواهد بود.

۳-۵- اهداف و محدودیت‌ها دارای درجه اهمیت متفاوتی هستند

در اکثر موارد عوامل توانایی دارای درجه اهمیت یکسانی نیستند. این موضوع در برخورد با مراجعه به افراد خبره و با تجربه آشکار خواهد شد. با توجه به نظرات افراد خبره در این فن می‌توان

Success μ_c	میزان موفقیت	پارکها
۰/۹۲	%۸۰	A
۰/۹۵	%۸۵	B
۰/۸۷	%۷۵	C
۰/۶۸	%۶۵	D
۰/۹۵	%۸۵	E

جدول ۳. متوسط درصد موفقیت هر یک از پارکها

پارکها	درصد فعالیت‌های تحقیق و توسعه	تعداد اختراعات	درصد سهم بازار	میزان تسهیلات عمومی
A	۷۴	۱۰	۸	۱۷
B	۸۲	۱۸	۵	۱۲
C	۵۳	۵	۷	۱۵
D	۶۵	۲۵	۱۵	۲۱
E	۷۰	۱۶	۱۰	۱۸

جدول ۱. عوامل توانایی

پارکها	μ_i R&D	μ_i Patent	μ_i Market Share	μ_i Facility
A	۰/۷۴	۰/۲۵	۰/۴	۰/۶۴
B	۰/۸۲	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۱۸
C	۰/۵۳	۰	۰/۳۵	۰/۴۵
D	۰/۶۵	۱	۰/۷۵	۱
E	۰/۷	۰/۵۵	۰/۵	۰/۷۲

جدول ۲. توابع عضویت و میزان تعلق هر یک از عوامل توانایی

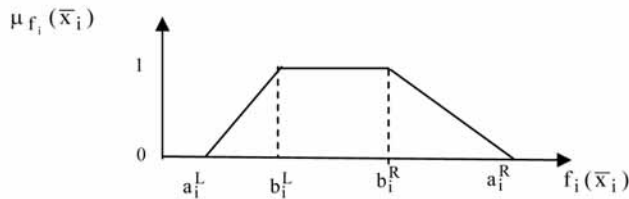
جدول ۱ چهار عامل مهم سهم در ارزیابی توانایی پارک‌های علم و فناوری از جمله: فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این پارکها، تعداد اختراعات ثبت شده، در اختیار داشتن سهم بازار فروش محصولات و تسهیلات عمومی را نشان می‌دهد.

در ابتدا توابع فازی خطی به منظور ارزیابی میزان عضویت هر یک از اهداف در نظر گرفته شده‌اند. با استفاده از معادله ۲ میزان عضویت هر یک از عوامل توانایی محاسبه شده است که در جدول شماره ۲ نشان داده شده‌اند.

به دلیل آنکه افزایش در میزان هر یک از عوامل فوق باعث افزایش توانایی یک پارک علم و فناوری خواهد بود، بنابراین توابع فازی خطی به منظور مدل‌سازی ریاضی عوامل مورد نظر

راهکار مناسبی است. همچنین واحدهای مستقر کارآمد در موفقیت پارک‌های علم و فناوری تأثیر بسیار عمده‌ای خواهند داشت. بر این اساس متوسط درصد موفقیت هر یک از پارکها در جدول ۳ نشان داده شده است.

در خصوص مدل‌سازی این عامل از تابع عضویت سیگموئید استفاده شده است. این شکل تابع منعکس کننده این حقیقت است که در ابتدا اضافه شدن موفقیت به سرعت باعث افزایش توانایی سیستم می‌شود. اما در نهایت با سرازیر شدن تعداد زیادی از واحدهای کارآمد و موفق پارک علم و فناوری از این عامل اشباع می‌شود که بایستی ظرفیت‌سازی شود. الگوریتم ارزیابی توانایی در دو شرایط مختلف اجرا می‌شود: در حالت اول که کلیه عوامل موفقیت دارای اهمیت



شکل ۱. تابع تعلق ذوزنقه‌ای نوعی

شکل ۱ تابع تعلق ذوزنقه‌ای را به صورت ترسیمی نشان می‌دهد که در آن x_i سطح تعامل متقابل را نشان می‌دهد. عوامل لازم به منظور تابع عضویت تعامل در جدول ۴ داده شده‌اند. مفهوم فازی تعامل مربوط به ارزیابی کیفی آن است. در صورتی که به صورت زبانی بیان شود تعامل ممکن است در بین a_i^L و a_i^R اتفاق بیفتد و مناسب‌تر است اگر در بین b_i^L و b_i^R اتفاق بیفتد. که این بیان به راحتی می‌تواند به صورت تابع ذوزنقه‌ای نشان داده شود. همچنین این شکل تابع تعلق این واقعیت را متصور می‌سازد که اگر تعامل از حداقلی مثلاً کمتر باشد، مثر ثمر نخواهد بود و با مقدار صفر بیان می‌شود و یا اگر از حدی بیشتر باشد a_i^R باعث بوجود آمدن همپوشانی بین دو پارک علم و فناوری خواهد بود که باز این تعبیر هم مفید نیست و مقدار تابع تعلق برای آن نیز صفر در نظر گرفته شده است. مقادیر توابع تعلق تعامل ذکر شده در جدول ۴، در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در این شرایط تصمیم‌گیری در وضعیت برابری اهمیت اهداف و محدودیت‌ها انجام می‌شود. در این شرایط ماتریس تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن هدف جدید به صورت زیر خواهد بود:

بنابراین و بر این اساس پارک علم و فناوری E برتر خواهد شد.

۴-۵- در نظر گرفتن تعاملات متقابل بین پارک‌های علم و فناوری

به منظور تکمیل مدل در نظر گرفته شده در این مرحله تعاملات متقابل در میان پارک‌های علم و فناوری نیز در نظر گرفته می‌شوند. در این شرایط تابع ذوزنقه‌ای مناسبی جهت مدل‌سازی تابع فازی خواهد بود. این تابع به صورت زیر تعریف خواهد شد.

$$M = (b_i^L, b_i^R, \alpha_i, \beta_i)$$

$$\exists (b_i^L, b_i^R) \in R, b_i^L < b_i^R$$

$$\mu_M(x) = 1 \forall x \in [b_i^L, b_i^R]$$

$$\mu_M(x) = \begin{cases} L(x) & a_i^L \leq x_i \leq b_i^L \\ 1 & b_i^L \leq x_i \leq b_i^R \\ R(x) & b_i^R \leq x_i \leq a_i^R \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L(x) = \frac{x - (b_i^L - \alpha_i)}{\alpha_i}$$

$$R(x) = \frac{(b_i^R + \beta_i) - x}{\beta_i}$$

ماتریس مقایسه دودویی با توجه به معادله ۱۵ تشکیل داد که رابطه بین هر یک از اجزا به صورت زیر در نظر گرفته خواهد شد.

R&D	1	5	3	1	$\frac{1}{4}$
Patent	$\frac{1}{5}$	1	2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{9}$
P= Market	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$
Facility	1	5	3	1	$\frac{1}{4}$
Success	4	9	7	4	1

هر یک از درایه‌های ماتریس P درجه اهمیت هر یک از عوامل را در مقابل دیگری نشان می‌دهد. به عنوان مثال در مقایسه فعالیت‌های تحقیق و توسعه پارک‌های علم و فناوری در مقابل تعداد اختراعات ثبت شده در جایی که فعالیت‌های پژوهشی بسیار مهمتر از تعداد اختراعات است بر اساس روش AHP مقدار ۵ برای درایه P_{12} برای نشان دادن این رابطه در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه رابطه معکوس بین این دو عامل به صورت $\frac{1}{5}$ (بر اساس معادله ۱۴) خواهد بود. مقدار ماکزیمم مقدار ویژه برای ماتریس P مقدار $\lambda_{max} = 5.1695$ خواهد بود که به ۵ که همان تعداد کل عوامل تصمیم‌گیری است، نزدیک است. با استفاده از یک سری عملیات ماتریسی که در قبل در خصوص آن توضیح داده شد بردار وزن W به صورت زیر به دست خواهد آمد.

$$W = [0.29741 \quad 0.094085 \quad 0.088312 \quad 0.27867 \quad 0.90401]^T$$

در نتیجه با استفاده از عوامل توانایی رده‌بندی پارک‌های علم و فناوری با در نظر گرفتن ملاحظات مورد نظر به صورت زیر خواهد بود:

$$(E = 0.89935, A = 0.87772, D = 0.70564, B = 0.62185, C = 0) \Rightarrow$$

Selected STP will be E.

فعالیت‌های پارک بستگی دارد که در اینجا نیز اعداد مزبور، مفروض هستند.

۱. درصد سهم بازار پارک‌ها در ارائه خدمات و ارزش آن خدمات در بازار به میزان تأثیر آنها در ایجاد درآمد از ناحیه

پارک‌ها	$M(x)$	$\mu_M(x)$
A	۰/۸۴	۰/۶۷
B	۰/۸	۰/۸
C	۰/۶۳	۰/۵
D	۰/۸۹	۰/۰
E	۰/۸۱	۰/۶۷

جدول ۵. توابع عضویت تعامل

پارک‌ها	a_i^L	b_i^L	α_i	b_i^R	a_i^R	β_i
A	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۰۳	۰/۸۸	۰/۹	۰/۰۲
B	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۰۵	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۰۳
C	۰/۵۸	۰/۶	۰/۰۲	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۰۲
D	۰/۸	۰/۸۳	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۰۲
E	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۰۳	۰/۸	۰/۸۳	۰/۰۳

جدول ۴. پارمترهای مربوط به تابع عضویت تعامل

از یک روش بهینه‌سازی چند هدفه با تکیه بر روش ابتکاری ترکیبی استفاده شده است. الگوریتم ارزیابی توانایی سیستم از روش بهینه‌سازی فازی به منظور ارزیابی و توانایی‌های پارک‌های علم و فناوری استفاده کرده است. این مقاله از مزایای بهینه‌سازی فازی و فرایند تحلیلی سلسله مراتبی به منظور بهینه‌سازی چند هدفه در شرایط برابری درجه اهمیت اهداف و محدودیت‌ها و همچنین متفاوت بودن درجه اهمیت آنها استفاده کرده است. درجه اهمیت اهداف و محدودیت‌ها با استفاده از فرایند تحلیلی سلسله مراتبی تعیین شده‌اند. به طوری که پیاده‌سازی این روش در شرایط مختلف مورد مطالعه کارآمد بودن آن را نشان داده‌اند.

در آینده سایر روشها مانند روش الحاقی متغیرهای جدید تصمیم‌سازی به منظور کاهش حجم محاسبات می‌تواند به الگوریتم ارزیابی توانایی سیستم اضافه شود. عوامل مخاطره نیز می‌توانند به عنوان عوامل مکمل به ضوابط تصمیم‌سازی اضافه شوند.

فناوری استفاده شد. برای تابع عضویت فازی در نظر گرفته شده در این مرحله از تابع عضویت ذوزنقه‌ای به منظور مدل‌سازی تعامل متقابل پارک‌های علم و فناوری استفاده شد که در این مرحله E به عنوان برترین پارک برگزیده شد.

با مقایسه نتایج حاصل این موضوع مشخص می‌شود که در شرایطی که اهداف و محدودیت‌ها دارای اهمیت یکسانی هستند و بدون در نظر گرفتن تعامل پارک علم و فناوری D و فناوری E به عنوان جواب بهینه خواهند بود که نتایج حاصل قابلیت انعطاف الگوریتم را در رژیم‌های مختلف کاری و شرایط مختلف سیستم نشان می‌دهد.

۶. نتیجه‌گیری

ارزیابی و مقایسه توانایی سیستم‌ها یک ابزار ارزیابی مناسب در مهندسی سیستم‌ها و تجزیه و تحلیل آنها می‌باشد. در این شرایط ابتدا اهداف کیفی حاصله می‌بایست کمی شوند. در این مقاله

$$D(x) = \{(x_1, 0.25), (x_2, 0.18), (x_3, 0.00), (x_4, 0.00), (x_5, 0.5)\}$$

$$Opt(D(x)) \equiv \text{Max}(D(x))$$

⇒ STP E can be selected.

بنابراین تحت این شرایط پارک علم و فناوری برتر پارک E است.

۵-۵- تجزیه و تحلیل نتایج

در این مسئله تصمیم‌گیری از توابع فازی خطی و غیر خطی استفاده شده است که در مثال اول با توجه به در نظر گرفتن درجه اهمیت برابر برای کلیه اهداف و محدودیت‌ها پارک علم و فناوری D انتخاب شد. در مثال بعد با تغییر شرایط پارک علم و فناوری E به عنوان بهترین پارک با در نظر گرفتن درجه اهمیت‌های متفاوت برای عوامل مختلف تصمیم‌گیری انتخاب شد. نتایج حاصل در این شرایط متأثر از اولویت‌بندی اهداف با توجه به ضوابط تعیین شده و اظهار شده به وسیله یک فرد خبره است.

در مثال سوم از یک متغیر تصمیم‌گیری جدید با عنوان تعامل متقابل بین پارک‌های علم و

۱. این روش در مقالات مختلفی در خصوص روش‌های سنجش قابلیت عرضه شده است و تا کنون در ارزیابی پارک‌ها به کار نرفته است.

منابع و مآخذ

1. Chris M. Kirk, etal, "SCIENCE AND TECHNOLOGY PARK SCOPING STUDY", technical report prepared for New Zealand Trade and Enterprise, 28 January 2004.
2. Hervás Garrachón J.P., Núñez Nava A. (2001): Technology parks and regional policies regarding innovation, Proceeding: IASP Conference 2001.
3. Lazkano M. (2001): Technology parks & economic growth at a regional level, Proceeding: IASP Conference 2001.
4. Spaeth M. (2001): Marketing a science park: how to attract media attention, Proceeding: IASP Conference 2001.
5. Wahi, K S (1993) Are Western Models of Science Park Appropriate for the Developing Countries? MA dissertation, University of Manchester
6. A. Mousavi. M. R. Bahmanyar. M. Sarhadi. M. Rashidinejad, " A technique for advanced manufacturing systems capability evaluation and comparison (ACEC)" International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
7. O'Hagan M. (2000), "A fuzzy Decision Maker", Technical Report in Fuzzy Logic, <http://www.fuzzysys.com/fdmtheor.pdf>.
8. Nikoukaran, J. (1999), Using software to select simulation modelling packages, PhD thesis, Brunel University.
9. Saaty TL (1980), "The analytic hierarchy process, planning, priority setting and resource allocation." McGraw-Hill, pp 1-85.
10. Ossadnik, W. and Lange, O. (1999), " Theory and Methodology, AHP-based evaluation of AHP-Software", European Journal of Operational Research, 118, pp. 578-588.
11. Zadeh. L. A. (1965), "Fuzzy Sets", Information and Control, 8, pp. 338-353.
12. Yager, R. R. (1981), "A New Methodology for Ordinal Multi-Objective Decisions Based on Fuzzy Sets", Decision Sciences, 12:4, pp. 589-600.
13. Zimmermann H. J. (1987), Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publisher.

