اولویت‌های ملی تحقیق و توسعه در زمینه تجهیزات و سیستم‌های خلأ بالا

حسین زمانی[۱] ، محمد مهدی قندی[۲]، امیر ملک‌زاده [۳] ، سید حسین کشمیری[۴]

۱- پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی، پارک علم و فناوری خراسان، zamani@kstp.ir
۲- کارشناس ارشد معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی، پارک علم و فناوری خراسان، malekzadeh@kstp.ir
۴- آزمایشگاه تحقیقاتی میکروالکترونیک، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، keshmiri@um.ac.ir

چکیده:

در این مقاله پس از معرفی کاربردهای فناوری خلأ بالا در زمینه‌های مختلف علوم و صنایع و تأکید بر ضرورت برنامه‌ریزی برای بومی‌سازی این فناوری به ارائه اولویت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت سیستم‌ها و تجهیزات خلأ پرداخته شده است. از آنجایی‌که تحقیق و توسعه راهبردی اساسی برای بومی‌سازی فناوری‌های پیشرفته است، در این مقاله نتایج تحقیقات میدانی صورت گرفته برای تعیین اولویت‌های تحقیق و توسعه در رابطه با سیستم‌ها و تجهیزات مهم خلأ ارائه می‌شود. بر این اساس، با استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری علمی، اولویت‌های تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌های خلأ تعیین و نتایج ارائه شده است.

نقش کلیدی فناوری خلأ در حوزه‌های مختلف صنعت و تحقیقات

محیط‌های خلأ دو ویژگی اساسی دارند؛ ویژگی اول ایجاد محیطی تمیز با قابلیت کنترل عوامل ناخواسته است که برای انجام فرایندهای خاص که به محیط‌های ویژه نیاز دارند و دیگری ایجاد تغییرات اساسی در خواص فیزیکی مواد نظیر کاهش نقطه ذوب و تبخیر است. این دو ویژگی کلید انجام بسیاری از فرایندهای علمی در محیط خلأ می‌باشند. از سوی دیگر، خلأ شرایط جو زمین را نیز شبیه‌سازی می‌کند؛ این امر امکان انجام آزمایشات بسیاری که برای سفرهای فضایی حیاتی است را در روی زمین میسر می‌نماید. امروزه با استفاده از اصول فوق فرایندهای بسیاری در محیط خلأ انجام می‌شوند و امکان تولید محصولات زیادی با فناوری بالا فراهم شده است؛ مواردی که در زندگی روزانه کاربردهای وسیعی دارند. برای مثال، سلول‌های خورشیدی، قطعات نیمه‌هادی(آی‌سی‌ها، حسگرها، . . .)، شیشه‌های عایق حرارتی، بسیاری از ابزارهای مکانیکی برشی با مقاومت سطحی بالا و عینک‌های طبی و آفتابی، تنها نمونه‌هایی از محصولات تولید شده به کمک فناوری خلأ می‌باشند. علاوه بر این، فناوری خلأ نقش مهمی در حوزه‌های تحقیق و توسعه و تکنولوژی محیطی ایفا می‌کند، همچنان‌که در صنایع اتومبیل و تحلیل مشخصات مواد نیز کاربردهای فراوانی دارند.[1]

در یک دسته‌بندی ساده، مهمترین حوزه‌های کاربرد فناوری خلأ را می‌توان به بخش‌های تحلیل و تعیین ویژگی‌های مواد و قطعات[1]، لایه‌نشانی[2]، تحقیق و توسعه، صنایع(به‌ویژه صنعت نیمه‌هادی) و فناوری فرایندی و شیمیایی تقسیم نمود که برای هر زمینه کاربردهای زیادی را می‌توان برای آن‌ها ذکر نمود.[۲و۳و۴]

با توجه به کاربردهای وسیع و کلیدی فناوری خلأ در زمینه‌های مختلف علوم و صنایع ضروری است تا اقدامات گسترده و نظام‌مندی در جهت بومی‌سازی این فناوری در کشور انجام پذیرد. در این راستا، یکی از راهبردهای اصلی، گسترش تحقیق و توسعه برای طراحی و ساخت سیستم‌ها و تجهیزات مربوطه می‌باشد. با توجه به تنوع این سیستم‌ها و ضرورت تناسب این امر با نیازها و ظرفیت‌های داخلی، در قالب تحقیقی میدانی تلاش گردید تا این اولویت‌گذاری تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌ها و تجهیزات خلأ به نحو منطقی‌تری صورت پذیرد که روش تحقیق و نتایج آن در مقاله ارائه می‌گردد.

[1] - Characterization
[2] - Coating

Archive of SID
www.SID.ir

تعیین اولویت تحقیق و توسعه بر روی تجهیزات و سیستم‌های خلأ

در این بررسی،۱۶ وسیله و دستگاه از سیستم‌های خلأ انتخاب شدند و از کارشناسان مرتبط درخواست شد تا با توجه به معیارهای ارائه شده، تحقیق و توسعه بر روی آن‌ها را اولویت‌بندی نمایند. این تجهیزات و سیستم‌ها علاوه بر اینکه خود نیز به صورت مستقل مورد استفاده قرار می‌گیرند، پایه اصلی برای ساخت تجهیزات بزرگتر و تخصصی‌تر نیز می‌باشند. در مرحله‌ای دیگر برای تحقیق و توسعه معیارهایی تدوین گردید و از خبرگان این عرصه درخواست شد تا ارزش هر معیار را تعیین نموده و به هر عامل نمره‌ای بین صفر تا ۱۰ بدهند. از بررسی و تحلیل اطلاعات به دست آمده با استفاده از روش آنتروپی وزن معیارها محاسبه و در فرایند تعیین اولویت تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌های مزبور، اعمال گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. دستگاه‌ها و سیستم-های انتخاب شده در این تحقیق به شرح زیر می‌باشند:

۱. پمپ خلأ پایین (چرخشی تیغه‌ای)
۲. پمپ جت بخار
۳. پمپ توربوملکولی
۴. پمپ یونی
۵. اندازه‌گیر خلأ پیرانی
۶. اندازه‌گیر خلأ پیننگ
۷. ضخامت‌سنج بلور کوارتز
۸. پرتابگر الکترونی
۹. وسایل جانبی و درزبندها
۱۰. محفظه خلأ بالا (فولادی – شیشه‌ای)
۱۱. دستگاه آب سردکن مدار بسته
۱۲. سیستم لایه‌نشانی در خلأ
۱۳. سیستم اسپاترینگ
۱۴. کوره خلأ پایین
۱۵. کوره خلأ بالا
۱۶. نشت‌یاب

معیارهای تعیین اولویت تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌های خلأ نیز به صورت زیر در نظر گرفته شدند:

۱. میزان نیاز کشور به فناوری مربوطه
۲. ارزش فناوری بومی‌شده برای کشور
۳. میزان صرفه‌جویی ارزی حاصل از تولید در داخل
۴. نقش فناوری در توسعه فناوری‌های دیگر
۵. امکان تولید و کسب فناوری در داخل
۶. میزان وابستگی قطعات به خارج
۷. امکان صدور محصولات به خارج از کشور
۸. میزان همکاری مراکز داخلی با هم

Archive of SID
www.SID.ir

محاسبه وزن معیارهای مورد نظر برای اولویت‌گذاری سیستم‌ها، از روش‌های مختلفی انجام می‌شود که در این تحقیق از روش آنتروپی استفاده شده است.

روش آنتروپی در تعیین وزن شاخص‌های رتبه‌بندی

آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی مدل‌های حاوی اطلاعات بکار رود. یک ماتریس تصمیم‌گیری را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$\begin{array}{cccccc} & x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ A_1 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ A_2 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_m & r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{array}$$

محتوی اطلاعاتی موجود از این ماتریس را ابتدا به صورت (P_{ij}) در این قسمت محاسبه می‌کنیم:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} \ , \forall i, j$$

و برای ماتریس E_j از مجموعه (P_{ij}) به ازای هر مشخصه خواهیم داشت:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} [P_{ij} . \ln P_{ij}] \ , \forall j$$

به طوری که $k = 1/\ln m$ است. حال عدم اطمینان یا درجه انحراف (d_j) از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص به‌این قرار است:

$$d_j = 1 - E_j \ , \forall j$$

و سرانجام وزن (w_j) از شاخص‌های موجود به دست می‌آید:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \ , \forall j$$

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین وزن معیارها با استفاده از آنتروپی

بعد از جمع‌آوری اطلاعات از طریق پرسش‌نامه‌های ارسالی که توسط ۵۲ نفر از کارشناسان فناوری خلأ تکمیل گردید، میانگین اوزان هر معیار محاسبه گردید که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین نمرات معیارهای تعیین وزن از پرسش‌نامه تکمیل شده

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
A1	۶/۴۸۰۸	۵/۰۴۷۸	۴/۲۱۱۵	۴/۷۸۸۵	۵/۰۰۰۰	۳/۱۵۳۸	۳/۷۱۱۵	۲/۲۵۰۰
A2	۴/۲۱۱۵	۳/۸۴۶۲	۳/۳۴۶۲	۳/۱۷۳۱	۳/۳۸۴۶	۱/۹۶۱۵	۲/۱۹۲۳	۱/۲۵۰۰
A3	۴/۵۷۶۹	۴/۱۷۳۱	۳/۰۰۰۰	۳/۷۶۹۲	۲/۷۶۹۲	۲/۸۶۵۴	۱/۵۳۸۵	۱/۰۹۶۲
A4	۳/۵۹۶۲	۴/۰۳۸۵	۲/۸۲۶۹	۲/۸۴۶۲	۲/۰۰۰۰	۴/۴۶۱۵	۱/۴۰۳۸	۱/۰۷۶۹
A5	۵/۳۰۷۷	۴/۱۹۲۳	۳/۱۹۲۳	۳/۷۳۰۸	۳/۴۸۰۸	۲/۳۰۷۷	۲/۷۸۸۵	۱/۵۳۸۵
A6	۵/۰۵۷۷	۳/۹۰۳۸	۲/۸۶۵۴	۲/۹۸۰۸	۳/۳۶۵۴	۲/۱۷۳۱	۲/۳۲۶۹	۱/۴۲۳۱
A7	۴/۴۲۳۱	۳/۹۶۱۵	۲/۹۶۱۵	۳/۲۱۱۵	۳/۶۹۲۳	۱/۸۴۶۲	۲/۵۵۷۷	۱/۹۸۰۸
A8	۴/۰۰۰۰	۳/۴۶۱۵	۲/۵۱۹۲	۲/۸۰۷۷	۳/۰۹۶۲	۱/۵۳۸۵	۱/۹۸۰۸	۲/۷۳۰۸
A9	۶/۳۸۴۶	۵/۰۳۸۵	۳/۴۰۳۸	۳/۷۶۹۲	۴/۹۴۲۳	۱/۴۶۱۵	۳/۵۱۹۲	۲/۳۴۶۲
A10	۶/۷۳۰۸	۵/۱۵۳۸	۳/۷۵۰۰	۴/۱۷۳۱	۴/۸۶۵۴	۱/۸۰۷۷	۳/۷۵۰۰	۲/۵۹۶۲
A11	۳/۷۸۸۵	۳/۰۵۷۷	۲/۵۱۹۲	۳/۹۶۱۵	۳/۴۴۲۳	۰/۹۶۱۵	۲/۹۸۰۸	۱/۳۶۵۴
A12	۶/۲۳۰۸	۴/۹۲۳۱	۳/۶۵۳۸	۴/۳۴۶۲	۵/۰۰۰۰	۲/۴۶۱۵	۲/۹۲۳۱	۱/۴۲۳۱
A13	۵/۵۵۷۷	۴/۲۶۹۲	۳/۰۵۷۷	۳/۱۵۳۸	۳/۴۲۳۱	۲/۱۹۲۳	۲/۳۸۴۶	۱/۷۱۱۵
A14	۵/۵۷۶۹	۴/۲۳۰۸	۳/۱۵۳۸	۳/۲۸۸۵	۳/۸۰۷۷	۲/۳۰۷۷	۲/۹۴۲۳	۲/۱۷۳۱
A15	۵/۷۱۱۵	۴/۴۰۳۸	۳/۱۵۳۸	۳/۳۲۶۹	۳/۰۵۷۷	۲/۲۳۰۸	۲/۷۸۸۵	۱/۵۰۰۰
A16	۵/۷۳۰۸	۴/۳۴۶۲	۳/۲۶۹۲	۳/۱۵۳۸	۳/۳۶۵۴	۲/۵۱۹۲	۲/۴۴۲۳	۱/۹۶۱۵

با تحلیل ماتریس فوق با استفاده از روش آنتروپی وزن معیارهای ۸ گانه محاسبه گردید. جدول ۲

جدول ۲. وزن معیارهای ۸ گانه برای اولویت‌گذاری سیستم‌ها

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
w_j	0.0895	0.0497	0.0436	0.0595	0.1309	0.2700	0.1628	0.1939

بر این اساس، اولویت معیارها به شرح زیر خواهد بود:

۱. میزان نیاز کشور به فناوری مر بوطه (اولویت پنجم)

۲. ارزش فناوری بومی‌شده برای کشور (اولویت هفتم)

۳. میزان صرفه‌جویی ارزی حاصل از تولید در داخل (اولویت هشتم)

۴. نقش فناوری در توسعه فناوری‌های دیگر (اولویت ششم)

Archive of SID

www.SID.ir

۵. امکان تولید و کسب فناوری در داخل (اولویت چهارم)

۶. میزان وابستگی قطعات به خارج (اولویت اول)

۷. امکان صدور محصولات به خارج از کشور (اولویت سوم)

۸. میزان همکاری مراکز داخلی با هم (اولویت دوم)

با استفاده از وزن معیارهای فوق نتایج اولویت‌گذاری تعیین می‌گردد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. اولویت‌بندی تحقیق و توسعه بر روی دستگاههای مهم خلأ [۵]

شماره	دستگاه	رتبه	اولویت
۱	پمپ خلأ پایین (چرخشی تیغه‌ای)	۱۱۰,۲۶۸۴	۵
۲	پمپ جت بخار	۱۰۶,۴۸۹۵	۱۴
۳	پمپ توربوملکولی	۱۰۸,۰۸۸۴	۱۱
۴	پمپی خلأ فوق بالا (IGP)	۱۲۲,۱۹۹۷	۱
۵	اندازه‌گیر خلأ پیرانی	۱۰۸,۳۵۳۷	۱۰
۶	اندازه‌گیر پینینگ	۱۰۹,۱۸۷۱	۷
۷	ضخامت‌سنج بلور کوارتز	۱۰۹,۴۰۷۵	۶
۸	پرتابگر الکترونی	۱۱۲,۰۲۲۳	۲
۹	وسایل جانبی و درزبندها	۱۰۵,۷۴۷۱	۱۵
۱۰	محفظه خلأ بالا (فولادی-شیشه ای)	۱۰۶,۹۰۰۰	۱۳
۱۱	دستگاه آب سردکن مدار بسته	۱۰۴,۰۳۶۹	۱۶
۱۲	سیستم لایه‌نشانی در خلأ	۱۰۹,۰۳۹۲	۸
۱۳	سیستم اسپاترینگ	۱۰۸,۳۷۴۸	۹
۱۴	کوره خلأ پایین	۱۱۱,۵۱۲۴	۳
۱۵	کوره خلأ بالا	۱۰۷,۴۷۲۴	۱۲
۱۶	نشت یاب	۱۱۰,۴۱۲۱	۴

با توجه به اینکه متخصصان مخاطب این نظرسنجی از طیف‌های مختلف صنعت، مراکز آموزشی و تحقیقاتی بوده‌اند می‌توان چنین استنباط نمود که در اولویت‌گذاری صورت‌گرفته برآیند ملاحظات محیط‌های فوق اعمال شده است. از این روی بر اساس این تحقیق می‌توان برنامه‌ای برای تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌ها و تجهیزات خلأ بالا تدوین نمود یا نسبت به برنامه‌های ارائه شده در این زمینه با نگاه بهتری اظهار نظر نمود. به همین منظور پیشنهاد می‌گردد علاوه بر پیگیری مناسب برای تأمین اعتبار مورد نیاز تحقیق و توسعه تجهیزات و فناوری خلأ، از طرف مراکز تحقیقاتی و محققان با تجربه در این زمینه اقدام گردد.

مراجع

[1] http://www.pfeiffer-vacuum.net
[2] Lijun Wang and Da-Wen Sun,"rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology", Department of Agricultural and Food Engineering, University College Dublin, National University of Ireland,2001.
[3] Piotr P. Lewicki, "Design of hot air drying for better foods", Department of Food Engineering and Process Management,Warsaw Agricultural University (SGGW),ploand, 2006

Archive of SID
www.SID.ir

[4] Michael Kozempel_, E. Richard Radewonuk, O.J. Scullen, Neil Goldberg, "Application of the vacuum_steam_vacuum surface intervention process to reduce bacteria on the surface offruits and vegetables" *Engineering Science Research Unit,USA,2002.*

[۵] گزارش طرح تحقیقاتی مطالعات راهبردی توسعه فناوری خلأ، حسین زمانی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان با همکاری انجمن خلأ ایران، ۱۳۸۶

Archive of SID

www.SID.ir