فصلنامه تخصصی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد
فصلنامه رشد فناوری، سال بیست و یکم، شماره ۸۲، بهار ۱۴۰۴
www.roshdefanavari.ir
شاپا: ۵۴۸۶-۱۷۳۵ / شاپای الکترونیکی: ۵۶۶۴-۱۷۳۵

مدل‌سازی برنامه‌ریزی عدد صحیح برای مدیریت دانش در توسعه خوشه‌های صنعتی

سهراب عبداله‌زاده*
دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران
s.abdollahzadeh@uut.ac.ir

فاطمه پورحسن
دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران
f.pourhassan996@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۳۱ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۳/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸

چکیده

در پژوهش جاری، یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح برای مدیریت دانش در توسعه خوشه‌های صنعتی ارائه شده است. هر خوشه صنعتی متشکل از تعدادی عضو بوده و سبدهای تخصصی مشتمل بر تعدادی برنامه جهت ارتقای دانش وجود دارد. سبدهای تخصصی و برنامه‌های ارتقای دانش، هزینه اجرای برنامه‌ها به‌صورت مشترک و مجزا و میزان تأثیر آن‌ها بر انواع دانش و در هر سطح مهارتی، معلوم است. مدل پیشنهادی با توجه به محدودیت بودجه، از هر سبد تخصصی، برنامه‌هایی را که بیشترین تأثیر بر دانش دارند، انتخاب می‌کند. به‌منظور اعتبارسنجی، مدل ریاضی پیشنهادی برای ده شرکت دانش‌بنیان مستقر در پارک فناوری با پنج سبد تخصصی و ۱۳ برنامه به‌کار گرفته شد. برنامه‌ها، شش نوع دانش کارکنان اعضای خوشه را در سه سطح مهارتی کم، متوسط و زیاد، ارتقاء می‌بخشد. مدل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح با نرم‌افزار گمز کدنویسی و حل‌شده و برنامه‌های کارگاه طراحی محصول، دوره آموزشی مدیریت بازرگانی، شرکت در نمایشگاه داخلی، تور صنعتی بازدید از صنایع خارجی ۲ و تور بازدید از نمایشگاه خارجی، انتخاب شدند. تأثیر برنامه‌ها بر دانش خوشه و نسبت ارتقای دانش به هزینه اجرا محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست آمده، همچنین، مدل ریاضی پیشنهادی در ایجاد همسویی و ارتقای دانش در اعضاء با رویکرد خوشه‌ای، از کارایی مناسبی برخوردار بوده و در صورت اجرای برنامه‌ها به‌صورت مشترک، هزینه ارتقای دانش به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی

مدیریت دانش؛ خوشه‌های صنعتی؛ دانش گروهی؛ عملکرد نوآورانه؛ بهره‌وری.

۱- مقدمه

خوشه‌های صنعتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محرک‌های اقتصادی از دهه ۷۰ میلادی، توجه بسیاری از کشورها را به خود جلب نموده است؛ تا آنجا که برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی و تقویت خوشه‌های صنعتی به یکی از راهکارهای مؤثر کشورهای جهت رشد اقتصادی مبدل گردیده است. خوشه صنعتی شکل جدید سازمانی است که به افزایش توسعه منطقه‌ای کمک می‌کند. هنگامی‌که در یک منطقه جغرافیایی تعدادی شرکت با زمینه فعالیت و محصولات مشابه قرار دارند، امکان ایجاد یک خوشه صنعتی فراهم می‌شود. خوشه‌های صنعتی، گروهی از بنگاه‌های اقتصادی و سازمان‌های مرتبط در یک محدوده خاص هستند که از نظر جغرافیایی به هم نزدیک و در ارتباط با یکدیگر هستند. خوشه‌های صنعتی، نقش مهمی در توسعه اقتصادی در سطح منطقه‌ای و ملی دارند [۱]. تشکیل یک خوشه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اعضا را کاهش داده و دستیابی به نیروی کار حرفه‌ای، دانش و آگاهی، تکنیک‌های لازم برای دستیابی به تأمین‌کننده‌ها و گسترش نیروی کار حرفه‌ای را آسان‌تر می‌کند [۲].

مدیریت دانش، شامل به‌کارگیری تمامی روش‌هایی است که از طریق آن بتواند یک سازمان تمام دارایی‌های دانشی خود، اعم از نحوه جمع‌آوری اطلاعات، نحوه انباشت داده‌ها، انتقال دانش، به‌کارگیری دانش به‌روزرسانی و ایجاد دانش را کنترل نماید [۳]. دانش به‌عنوان یک منبع حیاتی جهت ایجاد مزیت رقابتی در سازمان‌ها مطرح است [۲]. انتقال دانش مهم‌ترین فرایند مدیریت دانش است [۳].

در یک اقتصاد آگاهانه، تبادل اطلاعات و آگاهی صورت گرفته در یک خوشه می‌تواند باعث تقویت و کمک به قابلیت‌ها و توانایی‌ها مشارکت‌ها، تولید دانش، آگاهی و عملکردهای ابتکاری شود [۴]. خوشه‌های صنعتی با دانش پیشرفته به دلیل تقویت قابلیت‌های صنعتی و دانش، برای اعضای جدید جذاب هستند [۵]. شرکت‌ها بایستی شبکه‌هایی با تبادل اطلاعات و اشتراک‌گذاری آگاهی و دانش را پایه‌ریزی و ایجاد کنند [۵]. در اقتصاد دانشی، اطلاعات و تبادل دانش در خوشه‌ها می‌تواند توانایی‌های اعضا را افزایش داده و منجر به خلق دانش شود [۶].

محیط رقابتی کسب‌وکار امروزی ایجاب می‌کند برای کسب مزیت رقابتی، عملکرد شرکت‌ها در کلیه زمینه‌ها بهینه و بهره‌ور باشد تا زمینه

* نویسنده مسئول

رشد و بقای آن‌ها فراهم شود.یکی از راه‌کارهای کسب مزیت رقابتی برای شرکت‌ها، استفاده از مزیت‌های توسعه خوشه‌ای است. تبادل دانش یکی از فعالیت‌های مشترک بین اعضای خوشه است که موجب کاهش هزینه‌های کسب و ارتقای دانش، افزایش همکاری بین اعضا، بهبود توانایی، نوآوری و تقویت توان رقابت کلی اعضای خوشه می‌شود.

تعامل بین توسعه خوشه‌های صنعتی و تولید دانش به یک عنصر اساسی در هدایت سیستم‌های نوآوری تبدیل‌شده است. بررسی خوشه‌های صنعتی از نظر خلق دانش برای سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران، کسب‌وکارها و دانشگاه‌ها جالب است.

در زمینه مدیریت دانش و خوشه‌های صنعتی، پژوهش‌های متعددی انجام شده است [۷]. بیشتر مطالعات پیمایشی بوده و استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای مدیریت دانش در زمینه خوشه‌های صنعتی بسیار محدود است. یکی از این پژوهش‌ها، بهینه‌سازی فرایند تبادل دانش است که با هدف بیشینه‌سازی فرایند تبادل دانش بین اعضای خوشه با حداقل هزینه و زمان در خوشه صنعتی گچ سمنان انجام شده است. مرور ادبیات و تجزیه‌وتحلیل پژوهش‌ها نشان می‌دهد که موضوعات مورد علاقه محققین در زمینه مدیریت دانش در خوشه‌های صنعتی، به‌طور قابل‌توجهی در طول چهار دهه اخیر تکامل یافته است. در ابتدا، بیشتر مطالعات بر روی سیاست‌های مدیریت کارآمد خوشه‌ها تمرکز می‌کرد؛ سپس، با شروع دهه ۲۰۱۰، به سمت اهمیت شبکه‌های منابع و دانشی که خوشه‌ها ارائه می‌کنند و نیز بر چگونگی ارتقای یادگیری و نوآوری به‌عنوان یک فعالیت کلیدی برای توسعه اقتصادی خوشه‌ها، تکامل یافته است [۶].

هدف اصلی تحقیق جاری ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب کاراترین برنامه‌های ارتقای دانش در بین اعضای خوشه صنعتی با کمترین هزینه است. همچنین، پژوهش جاری با طرح این پرسش "که چگونه می‌توان تعدادی برنامه دانش‌محور را جهت اجرا انتخاب کرد تا بیشترین ارزش و کمترین هزینه را ایجاد نمایند؟، به دنبال ایجاد نوآوری‌هایی به شرح ذیل می‌باشد:

- ایجاد همسویی و ارتقای دانش در سازمان‌ها با رویکرد خوشه‌های صنعتی از طریق مدل‌سازی ریاضی؛
- تحلیل هزینه‌های جاری و بررسی امکان بهبود آن‌ها در مقایسه با وضعیت بهینه؛
- و ارزش‌گذاری بهینه برای تخصیص برنامه‌ها در هر سبد تخصصی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی.

۲- مرور ادبیات

محققانی که پدیده خوشه‌های صنعتی را بررسی می‌کنند، شروع به بررسی آن‌ها به‌عنوان جوامع اجتماعی متخصص در ایجاد و انتقال دانش کارآمد با تمرکز بر مزایای بومی‌سازی کرده‌اند. میزان ادغام دانش بین عوامل یک خوشه صنعتی و دامنه فعالیت‌های اقتصادی آن‌ها، از ابعاد کلیدی عملکرد اقتصادی آن‌هاست [۸].

با استفاده از تئوری سیستم‌های دینامیک و شبکه علت و معلولی، تأثیر چهار عامل فرستنده دانش، گیرنده دانش، شکاف دانشی و دانش انتقالی بر انتقال دانش بین سازمانی در خوشه صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است [۹]. تمرکز بنگاه‌های اقتصادی کوچک و متوسط[1] بر خوشه‌های صنعتی است که با استفاده از تجمیع اعضا و اشتراک‌گذاری منابع و دانش، در جهت ارتقاء ظرفیت‌های یادگیری، برای استفاده بهینه از منابع و دستیابی به مزایای گوناگون، به همکاری و رقابت می‌پردازند [۱۰].

مطالعات تأثیر همکاری‌های بین شرکتی، مؤسسات حمایت صنعتی، جابجایی نیروی کار و روابط اجتماعی را بر فرایند انتقال دانش در خوشه صنعتی حاکی از آن است که (۱) فرایند انتقال دانش چندبعدی است. (۲) انتقال دانش می‌تواند در خوشه‌ها حتی در غیاب همکاری بین شرکتی رخ دهد. (۳) ابعاد فرایند را می‌توان به روش‌های مختلف برای تسهیل انتقال دانش ترکیب کرد. (۴) این ترکیب ممکن است از خوشه‌ای به خوشه دیگر متفاوت باشد. و (۵) تولیدکنندگان بیشتر از تأمین‌کنندگان دانش موجود در خوشه را درک کرده و به آن دسترسی دارند [۱۱]. با بررسی روابط و ارتباطات یک خوشه صنعتی در درون و بیرون صنعت، این نتیجه حاصل می‌شود که خوشه‌های صنعتی تنها باعث تقویت روابط و سازمان‌دهی منابع نمی‌گردد، بلکه منجر به جذب استعدادهای منطقه نیز می‌شود [۱۲].

خوشه صنعتی به‌عنوان یک نظام کارآفرینی در منطقه به‌شمار می‌آید. به‌طوری‌که خوشه صنعتی مهد پرورش فرهنگ کارآفرینی و جذب استعدادهای منطقه‌ای و محلی است [۱۳]. اشتراک دانش ضمنی بر بهره‌وری سازمانی تأثیر مستقیم دارد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که تمایل کارکنان به اشتراک‌گذاری و در نتیجه اشتراک دانش ضمنی تأثیر مستقیم و مثبتی بر بهره‌وری سازمان دارد. تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که نه تنها بهره‌وری در نتیجه اشتراک دانش افزایش می‌یابد، بلکه مشارکت‌های نوآورانه کارکنان نیز در نتیجه قرار گرفتن در معرض دانش، تخصص و تجربیات دیگران افزایش می‌یابد [۱۴]. بهینه‌سازی فرایند تبادل دانش در خوشه صنعتی با برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط فرموله شده و با روش دقیق برای خوشه صنعتی گچ حل شده است. نتایج حاصل از تحلیل نشان می‌دهد که از بین دو منبع بودجه و زمان، انعطاف مسأله نسبت به بودجه خیلی کمتر است [۱۵]. مدیریت دانش با میانجی‌گری سرمایه فکری و سرمایه اجتماعی تأثیر غیرمستقیم مثبت و معناداری بر نوآوری دارد [۴]. مدیریت دانش بر عامل سازگاری و رضایت شغلی تأثیر داشته و این دو عامل بر بهره‌وری دانش کارکنان تأثیر بسزایی دارند [۱۶]. نحوه ایجاد، دسترسی، ذخیره و انتشار دانش به کانون اصلی مطالعه در هنگام ارزیابی موفقیت یا شکست خوشه‌های صنعتی تبدیل

1. Smal and Medium Enterprise (SME)

شده است. ویلسون، کورکر و لین (۲۰۲۲)، بر پیوندهای بین دانش، جریان دانش و چگونگی تکامل و تطبیق سیستم‌های نوآوری تأکید کردند. اساس کار آن‌ها بررسی چگونگی ایجاد و انتشار دانش ضمنی و مدون در یک خوشه صنعتی است. باتلت و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده‌اند که چگونه خوشه‌های موفق روش‌های مؤثری را برای دسترسی به دانش تولید شده در جاهای دیگر ایجاد می‌کنند. این دو پژوهش، فرایندهای دخیل در شکل‌گیری یک مجموعه دانش مشترک را تجزیه‌وتحلیل کرده و مدلی را پیشنهاد دادند که دانش تولیدشده در داخل را که خوشه‌ها برای بهره‌گیری از دانش تولیدشده از خارج توسعه می‌دهند، به هم پیوند می‌دهد و منجر به نوآوری بیشتر و تقویت مزیت رقابتی خوشه می‌شود [۱۷]. در جدول ۱، مطالعات فوق براساس هدف تحقیق طبقه‌بندی‌شده‌اند.

جدول ۱- طبقه‌بندی مقالات براساس هدف و روش

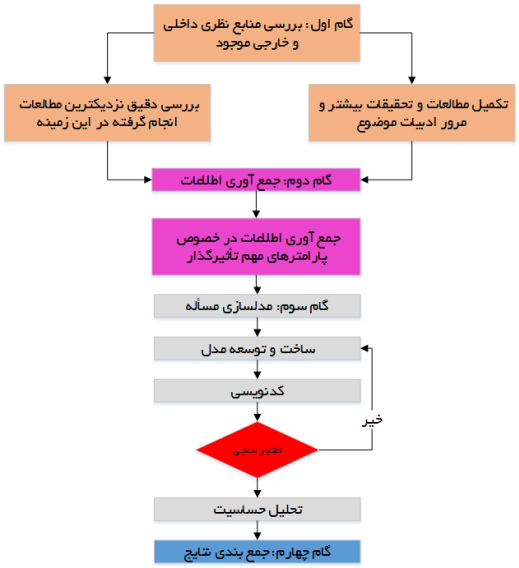
نام نویسنده	سال انتشار	حوزه مطالعه		مؤلفه						منبع
		مدیریت دانش	خوشه صنعتی	بهره‌وری	نوآوری	عملکرد کارکنان	ارزش مشتری	همسویی دانش	انتقال دانش	
موروسینی	۲۰۰۴	*	*						*	[۸]
شانگ	۲۰۱۳	*	*		*				*	[۹]
معارفی و همکاران	۲۰۱۳	*	*					*		[۱۰]
هافمن	۲۰۱۴	*	*					*		[۱۱]
ساراچ	۲۰۱۵		*							[۱۲]
مایانگ	۲۰۱۵		*	*	*		*			[۱۳]
دزفولیان و سموئی	۲۰۱۸	*	*					*		[۱۸]
بودیناتو و اردهانی و همکاران	۲۰۲۲	*		*						[۱۹]
کریس کورکر و همکاران	۲۰۲۳	*	*	*	*	*		*	*	[۱۷]
تارازونا و همکاران	۲۰۲۴	*	*						*	[۶]
تحقیق جاری	۲۰۲۴	*	*	*	*	*		*		-

در مطالعات گذشته، تمرکز محققین بیش‌تر به استفاده از روش‌های آماری بوده که مبتنی بر تحلیل‌های پیمایشی است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، در این حوزه از برنامه‌ریزی و مدل‌سازی ریاضی استفاده‌نشده و به‌عنوان اصلی‌ترین خلأ تحقیقاتی می‌توان از آن یاد کرد. این در حالی است که مدل‌های ریاضی از دقت بالایی در بهینه‌سازی و پیش‌بینی برخوردار هستند [۲۰]. لذا تحقیق جاری با معرفی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای کاربرد مدیریت دانش در خوشه‌های صنعتی، به دنبال افزایش بهره‌وری در خوشه‌های صنعتی است. این مدل ریاضی پیشنهادی با توجه به منابع محدود، بهترین برنامه‌های خلق دانش را برای اجرا در واحدهای مختلف گزینش می‌کند. این امر باعث می‌شود تا ذینفعان از طریق خلق دانش، به یک بانک اطلاعاتی در خوشه صنعتی دست یابند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

۳-۱- مراحل اجرای پژوهش

در شکل ۱ نمودار مراحل و گام‌های اجرای پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱- مراحل اجرای پژوهش

۳-۲- مدل‌سازی پژوهش

در مدل ریاضی پیشنهادی، نمادهایی وجود دارند که به شرح ذیل تعریف می‌شوند:

سبد تخصصی: ابزارهای اصلی خلق دانش هستند. این سبدهای تخصصی در خوشه‌های صنعتی غالباً در قالب توانمندسازها ظاهر می‌شوند. از جمله: کارگاه آموزشی، دوره آموزشی، تور صنعتی، بازدید از صنایع، بازدید تور نمایشگاهی و شرکت در نمایشگاه. البته سبدها گاهی زیرمجموعه‌هایی هم دارند مانند سبد تخصصی شرکت در نمایشگاه که به نمایشگاه‌های داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شود

برنامه‌ها: در هر سبد تخصصی، تعدادی برنامه وجود دارد که با اجرای آن‌ها دانش کارکنان در اعضای خوشه افزایش می‌یابد. مانند برنامه‌های تور صنعتی بازدید از نمایشگاه داخلی و خارجی.

نوع دانش: نوع فعالیت‌ها در اعضای خوشه را شامل می‌شود. مانند دانش طراحی محصول.

سطح مهارت: کارکنان اعضای خوشه در سه سطح مهارت مبتدی، متوسط و متخصص گروه‌بندی می‌شوند.

تعریف نمادها و بازه‌های آن‌ها در مدل ریاضی به شرح ذیل هستند:

f	سبد تخصصی	$f=1,....,F$
k	برنامه‌ها	$k=1,....,K$
i	نوع دانش	$i=1,....,I$
l	سطح مهارت	$l=1,....,L$
j	تعداد اعضای خوشه صنعتی	$j=1,....,J$

در ادامه، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل ریاضی معرفی شده است. لازم به ذکر است که کلیه پارامترها به‌صورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند. ضمناً متغیر تصمیم مدل از نوع باینری است.

پارامترهای مدل

C_{kf}	هزینه اجرای برنامه kام از سبد fام به‌صورت خوشه‌ای
A_{kfil}	تأثیر برنامه kام از سبد fام بر دانش iام با مهارت l
B	بودجه ارتقای دانش خوشه در دوره برنامه‌ریزی
T_{kfl}	ظرفیت کل شرکت‌کنندگان در برنامه k از سبد f با مهارت l
Q_{kfjil}	شرکت‌کننده در برنامه k از سبد f از عضو j در دانش i با مهارت l
E	حداکثر تعداد برنامه در هر دوره زمانی
Y_{jil}	میزان توانمندی عضو j در دانش i از مهارت l
P_{jl}	تعداد شاغلین در عضو j با سطح مهارت l

متغیر تصمیم

X_{kf}	اگر برنامه k از سبد f انتخاب شود مقدار متغیر برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر است

۳-۲-۱- مفروضات

- از هر سبد تخصصی حداقل یک و حداکثر دو برنامه انتخاب می‌گردد. انتخاب هیچ برنامه‌ای از قبل الزام نشده است.
- هزینه ثابت و سرانه اجرای برنامه‌ها معین و بودجه اجرای برنامه‌ها محدود و معلوم است.
- تعداد کل کارکنان شرکت‌کننده از خوشه به تفکیک سطح مهارتی و نوع دانش برای هر برنامه معلوم و محدود است. سهم هر عضو به نسبت تعداد کارکنان از کل خوشه است و اعضا از حداکثر سهم خود در برنامه استفاده می‌کنند.
- حداقل یک نفر از هر سطح مهارتی از هر عضو در برنامه حضور دارد. حضور بیش از ۳۰ درصد کارکنان یک عضو از یک سطح مهارتی مجاز نیست.
- تأثیر اجرای هر برنامه بر هر سطح مهارتی در هر یک از دانش‌ها معلوم است.
- تنها یک دوره برنامه‌ریزی وجود دارد.
- تأثیر مثبت اجرای هم‌زمان برنامه‌ها بر ارتقای دانش در نظر گرفته نشده است.
- حمایت‌های پولی و غیرپولی دولتی از اجرای برنامه‌ها صرف‌نظر شده است.

۳-۲-۲- تابع هدف

با توجه به تعاریف و مفروضات فوق‌الاشاره، تابع هدف مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح به شرح رابطه ۱ است.

$$Max\ \mathbb{Z} = \sum_{k=1}^{K}\sum_{f=1}^{F}\sum_{i=1}^{I}\sum_{l=1}^{L} X_{kf} A_{kfil} T_{kfl} \qquad (۱)$$

معادله (۱) تابع هدف مسأله است که متغیر وابسته Z (میزان ارتقای دانش ناشی از هر برنامه) و از نوع بیشینه‌سازی است. ارزش ایجادشده از تخصیص برنامه k از سبد تخصصی f بر دانش i ام از تعداد شرکت‌کننده j با مهارت l را بیشینه می‌کند.

۳-۲-۳- محدودیت‌ها

$$\sum_{K=1}^{k}\sum_{f=1}^{F} X_{kf} C_{kf} \le B \qquad (۲)$$

$$\forall f \quad \sum_{k=1}^{K} X_{kf} \le 2 \qquad (۳)$$

$$\forall f \quad \sum_{k=1}^{K} X_{kf} \ge 1 \qquad (۴)$$

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{k=1}^{K} X_{kf} \le E \qquad (۵)$$

$$E \ge F \qquad (۶)$$

$$\forall l \quad \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} Y_{jil} \le T_{kfl} \qquad (۷)$$

$$\forall j,l,k,f \quad \sum_{i=1}^{I} Q_{fkjil} \ge 1 \qquad (۸)$$

$$\forall j,l,k,f \quad \sum_{i=1}^{I} Q_{fkjil} \le 0.3 P_{jl} \qquad (۹)$$

(۲) به‌عنوان محدودیت بودجه ارتقای دانش خوشه در دوره برنامه‌ریزی است. معادله (۳) محدودیت حداکثر اجرای دو برنامه از هر سبد را اعمال می‌کند. معادله (۴) محدودیت اجرای حداقل یک برنامه از هر سبد را تضمین می‌کند. معادله (۵) محدودیت اجرای تعداد برنامه‌ها را کنترل می‌کند. معادله (۶) محدودیتی را اعمال می‌کند که حداقل تعداد برنامه‌ها بزرگ‌تر یا مساوی تعداد سبدها باشد. معادله (۷) محدودیت ظرفیت مهارت در هر برنامه را اعمال می‌کند. معادله (۸) نشان می‌دهد که حداقل یک نفر از هر عضو از مهارت i موردنظر در برنامه k از سبد f وجود دارد. در نهایت معادله (۹) محدودیتی است که تضمین می‌کند حداکثر ۳۰ درصد شاغلین هر مهارت از یک عضو در برنامه وجود خواهند داشت.

مدل ریاضی پیشنهادی تحقیق جاری قادر است برنامه‌ها در سبدهای تخصصی در سطوح مختلف مهارتی را در دانش‌های موجود در اعضا را طوری تخصیص دهد که بیش‌ترین ارزش ایجاد شود. مدل ریاضی یک مدل برنامه‌ریزی قطعی عدد صحیح است که از طریق تعریف متغیر باینری، مناسب‌ترین برنامه را به هر سبد تخصیص می‌دهد. مدل ریاضی در نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS کد نویسی شده است و نتایج حاصل‌شده با استفاده از ابزار CPLEX در یک کامپیوتر شخصی با مشخصات CPU intel corei3 و RAM 4.00GB محاسبه شده‌اند.

۴- یافته‌های پژوهش

به‌منظور اعتبارسنجی، مدل ریاضی پیشنهادی پژوهش جاری برای هم‌افزایی و ارتقای دانش و کاهش هزینه‌های یک خوشه صنعتی شامل ۱۰ شرکت فناور دانش‌بنیان مستقر در شهرک صنعتی آذربایجان‌غربی، مورد استفاده قرار گرفته شده است. برای این خوشه صنعتی، پنج سبد تخصصی، ۱۳ برنامه و شش نوع دانش شامل: طراحی محصول، تولید، خرید، مالی، بازاریابی و اداری برای کارکنان در سه سطح مهارتی شامل: مبتدی، متوسط و متخصص در نظر گرفته شده است. داده‌های موردنظر از اسناد بایگانی طبقه‌شده اعضاء جمع‌آوری شده است. طبق پایش انجام گرفته‌شده در میان داده‌های جمع‌آوری‌شده، تمامی کارکنان در سطوح مختلف مهارتی تقسیم شده‌اند؛ در صورت انتخاب یک برنامه، حضور تمام اعضاء در آن برنامه ارتقای دانش الزامی است؛ بودجه ارتقای دانش خوشه و برای هر عضو تعیین شده و معلوم است؛ ظرفیت مشارکت در هر برنامه محدود و معلوم است؛ اعضا از قبل براساس دانش سازمانی موجود اولویت‌بندی شده‌اند؛ تأثیر اجرای هر برنامه بر هر دانش و سطح مهارت معلوم است؛ از هر سبد حداقل یک برنامه انتخاب شود.

عناوین سبدهای تخصصی و برنامه‌ها به انضمام میزان تأثیر برنامه‌ها بر دانش و مهارت کارکنان اعضای خوشه که با توجه به سوابق اجرای برنامه‌ها و نظر خبرگان استخراج شده است، به شرح جدول ۲ است. خبرگان شامل عامل توسعه خوشه، مدیرعامل و معاون صنایع کوچک شهرک‌های صنعتی، دو نفر از ذی‌نفعان اصلی خوشه با حداقل ۱۵ سال سابقه هستند.

جدول ۲- میزان تأثیر برنامه‌ها بردانش و مهارت افراد

سبد تخصصی	شماره برنامه	تأثیر اجرای برنامه بر ارتقای دانش																		
		طراحی			تولید			خرید			مالی			بازاریابی			اداری		
		L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3
کارگاه آموزشی	۱	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰	۰
	۲	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۴
دوره آموزشی	۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰	۰	۰	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۲
	۴	۰/۲	۰/۲	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲
	۵	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱
تور صنعتی بازدید از صنایع	۶	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰	۰	۰
	۷	۰/۱	۰/۲	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲
	۸	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲
بازدید تور بازدید نمایشگاه	۹	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰
	۱۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱
شرکت در نمایشگاه	۱۱	۰/۱	۰/۲	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲
	۱۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۶	۰/۵	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰
	۱۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۱	۰/۲	۰/۱

در جدول ۳ تعداد کارکنان اعضای خوشه به تفکیک دانش و مهارت نشان داده شده است.

جدول ۳- تعداد کارکنان شاغل در اعضای خوشه

شماره عضو	طراحی			تولید			خرید			مالی			بازاریابی			اداری			جمع (نفر)
	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	
۱	۵	۵	۵	۵	۱۰	۱۰	۸	۸	۸	۸	۸	۲	۹	۲	۹	۹	۵	۵	۱۲۵
۲	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۸۸
۳	۹	۹	۹	۲	۲	۲	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲	۵	۳	۵	۵	۲	۱۱۵
۴	۱۰	۱۰	۲	۲	۲	۲	۱۰	۲	۲	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۲	۲	۲	۱۲	۲	۱۰۰
۵	۹	۱۲	۱۰	۱۵	۱۰	۱۰	۸	۱۰	۱۲	۹	۹	۱۰	۵	۵	۵	۱۰	۹	۱۲	۱۷۰
۶	۸	۱۰	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۸	۱۵	۱۲	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۲	۱۰	۸	۹	۱۷۹
۷	۱۰	۱۴	۱۰	۲	۲	۲	۲	۱۰	۲	۱۰	۱۰	۱۲	۹	۱۰	۱۲	۸	۷	۵	۱۲۷
۸	۵	۱۰	۲	۹	۹۹	۵	۵	۹	۸	۲	۹	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۱	۱۰۰
۹	۹	۹	۲	۲	۱۲	۸	۱۰	۱۵	۱۴	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰	۱۲	۹	۸	۷	۱۷۳
۱۰	۹	۸	۷	۱۰	۱۵	۱۳	۱۵	۱۴	۱۴	۱۲	۱۰	۱۳	۱۲	۱۰	۱۱	۱۵	۱۰	۱۲	۲۱۰
جمع کل	۷۹	۹۲	۶۰	۶۱	۷۷	۶۷	۸۳	۹۸	۸۷	۸۰	۹۱	۸۷	۸۴	۶۴	۶۹	۷۸	۷۰	۶۰	۱۳۸۷

در جدول ۴ تعداد کارکنان شرکت‌کننده به تفکیک مهارت در هر برنامه به‌صورت درصدی از کل کارکنان نشان داده شده است.

جدول ۴- درصد شرکت‌کنندگان در هر برنامه

سبد تخصصی	شماره برنامه	طراحی			تولید			خرید			مالی			بازاریابی			اداری		
		L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3	L_1	L_2	L_3
کارگاه آموزشی	۱	۰/۲	۰/۱۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷	۰	۰	۰
	۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
دوره آموزشی	۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰	۰
	۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
تور صنعتی بازدید از صنایع	۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰	۰	۰
	۷	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰	۰	۰
	۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰	۰	۰
بازدید تور نمایشگاهی	۹	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱
	۱۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
شرکت در نمایشگاه	۱۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
	۱۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
	۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

در جدول ۵ تعداد کارکنان سطح مهارتی مبتدی، متوسط و متخصص در هر یک از دانش‌های شش‌گانه و مجموع ظرفیت کارکنان اعضاء در برنامه‌های منتخب آورده شده است.

جدول ۵- حداکثر ظرفیت کارکنان اعضای خوشه و هزینه اجرای برنامه‌ها

سبد تخصصی	برنامه	ظرفیت برنامه				هزینه سرانه اجرای برنامه به‌صورت	
		L_1	L_2	L_3	جمع	خوشه‌ای	مجزا
کارگاه آموزشی	طراحی محصول	۳۵	۲۰	۱۵	۷۰	۶	۱۰
	مدیریت پروژه	۲۵	۱۵	۱۰	۵۰	۶	۱۰
دوره آموزشی	CRM	۹	۷	۷	۲۳	۳	۵
	وصول مطالبات	۳۳	۱۲	۳۰	۷۵	۳	۵
	مدیریت بازرگانی	۵	۱۰	۳	۱۸	۳	۵
تور صنعتی بازدید از صنایع	صنایع داخلی	۱۲	۵	۱۱	۲۸	۱۰	۲۰
	صنایع خارجی ۱	۱۲	۱۰	۵	۲۷	۱۲۰	۱۵۰
	صنایع خارجی ۲	۱۱	۵	۹	۲۵	۱۵۰	۲۰۰
بازدید تور نمایشگاهی	داخلی	۲۰	۱۵	۸	۴۳	۲۰	۳۰
	تخصصی خارجی	۱۹	۲۳	۱۱	۵۳	۱۵۰	۲۰۰
شرکت در نمایشگاه	داخلی	۱۴	۱۹	۱۲	۴۵	۵۰	۷۵
	استانی	۲۰	۱۵	۱۰	۴۵	۱۵۰	۲۰۰
	خارجی	۱۰	۱۵	۱۰	۳۵	۲۰۰	۳۵۰

۵- حل عددی، بحث و نتیجه‌گیری

با ورود اطلاعات خوشه موردنظر در مدل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح پیشنهادی پژوهش جاری و اجرای مدل؛ جواب بهینه برای مدل به‌دست می‌آید. نظر به اینکه هدف تخصیص مناسب‌ترین برنامه‌ها از هر سبد تخصصی در هر دوره برنامه‌ریزی است، می‌توان اظهارنظر کرد که مدل ریاضی از نوع مسأله تخصیص است. به این منظور، با بهره‌گیری از یک حل باینری، نسبت به انتخاب یا عدم انتخاب هر برنامه در هر سبد اقدام می‌شود؛ اگر برنامه مدنظر در هر سبد انتخاب شد، برنامه به آن مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر اختصاص می‌دهد.

۵-۱- نتایج عددی

در جدول ۶، نتایج حل محاسباتی مدل برنامه‌ریزی ریاضی در نرم‌افزار GAMS با استفاده از ابزار CPLEX نشان داده شده است.

جدول ۶- خروجی حل مدل ریاضی

مقدار متغیر	سبد تخصصی	برنامه	شماره برنامه	تعداد شرکت‌کننده	هزینه اجرای برنامه‌ها به‌صورت	
					خوشه‌ای	مجزا
$X_{11}=1$	کارگاه آموزشی	طراحی محصول	اول	۸۸	۵۲۸	۸۸۰
$X_{23}=1$	دوره آموزشی	مدیریت بازرگانی	پنجم	۱۸۴	۵۵۲	۹۲۰
$X_{33}=1$	تور صنعتی بازدید از صنایع	صنایع خارجی ۲	هشتم	۹۶	۱۴۴۰۰	۱۹۲۰۰
$X_{42}=1$	تور بازدید نمایشگاهی	تخصصی خارجی	دهم	۲۳	۳۴۵۰	۴۶۰۰
$X_{51}=1$	شرکت در نمایشگاه	داخلی	یازدهم	۵۷	۲۸۵۰	۴۲۷۵
جمع	۵	۵	-	۳۵۹	۲۱۷۸۰	۲۹۸۷۵

مطابق محدودیت (۴) مشاهده می‌شود که از هر سبد بزار حداقل یک برنامه انتخاب شده کرده است. از سبد اول برنامه "طراحی محصول" اختصاص‌یافته و برنامه دوم "مدیریت پروژه" از دستور کار خارج شده است. همچنین از سبد دوم، برنامه "مدیریت بازرگانی" از سبد سوم، برنامه "تور صنعتی بازدید از صنایع خارجی ۲" از سبد چهارم، برنامه "تور بازدید

نمایشگاهی تخصصی خارجی" و از سبد پنجم، برنامه "شرکت در نمایشگاه داخلی" انتخاب شده است. با اعمال مجموعه جواب به‌دست آمده به برای متغیرهای تصمیم، جواب بهینه برای تابع هدف که میزان ارزش و دانش ایجاد شده است، ۳۳۴/۸ محاسبه می‌شود.

یکی از نتایج حل مدل پیشنهادی، محاسبه دانش ایجادشده ناشی از اجرای تک‌تک برنامه‌ها به تفکیک هر عضو است. به‌عنوان نمونه، جمع کل ارزش ایجادشده حاصل از اجرای برنامه طراحی محصول از سبد کارگاه آموزشی، برابر با ۷۲/۱۱۶ است. ارزش‌افزوده یا کسب دانش حاصل از اجرای برنامه‌ها در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- کسب دانش حاصل از اجرای برنامه‌های منتخب در اعضای خوشه

سبد تخصصی	برنامه	شماره عضو										جمع
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	
کارگاه آموزشی	طراحی محصول	۲/۲۵	۳/۰۰	۴/۷۱	۵/۴۲	۷/۲۶	۸/۱۷	۹/۳۵	۹/۳۸	۱۰/۶۲	۱۱/۹۷	۷۲/۱۲
دوره آموزشی	مدیریت بازرگانی	۴/۶۷	۳/۰۹	۴/۶۴	۳/۳۱	۵/۳۰	۶/۸۶	۴/۴۹	۳/۸۹	۷/۲۵	۷/۸۷	۵۱/۳۷
تور صنعتی بازدید از صنایع	صنایع خارجی۲	۳/۹۸	۳/۹۱	۴/۴۷	۵/۳۱	۹/۲۷	۹/۷۴	۸/۴۶	۱۰/۹۷	۱۲/۱۰	۱۴/۶۸	۸۲/۶۸
تور بازدید نمایشگاهی	تخصصی خارجی	۱/۷۹	۲/۵۷	۳/۴۸	۴/۶۳	۵/۷۱	۷/۲۳	۸/۱۱	۸/۶۰	۱۰/۲۱	۱۱/۳۰	۶۳/۶۴
شرکت در نمایشگاه	داخلی	۱/۹۰	۲/۶۷	۳/۴۸	۴/۷۰	۵/۷۴	۷/۴۴	۸/۳۶	۸/۶۸	۱۰/۴۲	۱۱/۴۹	۶۴/۸۷
جمع برنامه‌های منتخب	۵	۱۴/۹	۱۵/۲	۲۰/۸	۲۳/۴	۳۳/۳	۳۹/۴	۳۸/۸	۴۱/۳	۵۰/۶	۵۷/۳	۳۳۴/۸

درصورتی‌که تمام برنامه‌های منتخب در خوشه طی دوره برنامه‌ریزی اجرا شوند، ۳۳۴/۸ واحد ارزش و دانش در اعضا ایجاد می‌گردد. در جدول ۸ مقدار هزینه اجرای هر برنامه و هزینه کل تخصیص برنامه‌های منتخب شرح داده شده است.

جدول ۸- هزینه کسب دانش حاصل از اجرای برنامه‌های منتخب در خوشه

سبد تخصصی	برنامه	کسب دانش	هزینه اجرای برنامه	نسبت دانش به هزینه
کارگاه آموزشی	طراحی محصول	۷۲/۱۲	۵۲۸	۰/۱۳۶۶
دوره آموزشی	مدیریت بازرگانی	۵۱/۳۷	۵۵۲	۰/۰۹۳۱
شرکت در نمایشگاه	داخلی	۶۴/۶۷	۲۸۵۰	۰/۰۲۲۸
تور بازدید نمایشگاهی	تخصصی خارجی	۶۳/۶۴	۳۴۵۰	۰/۰۱۸۴
تور صنعتی بازدید از صنایع	صنایع خارجی۲	۸۲/۶۸	۱۴۴۰۰	۰/۰۰۵۷
جمع برنامه‌های منتخب	۵	۳۳۴/۶۸	۲۱۷۸۰	-

نتایج نشان می‌دهد چنانچه تمام برنامه‌ها در خوشه اجرا شوند، با صرف هزینه ۲۱۷۸۰ واحد پولی، ۳۳۴/۸ واحد ارزش و دانش ایجاد می‌گردد. این در حالی است که برای همین اندازه ارتقای دانش، هزینه‌ای معادل ۲۹۸۷۵ واحد پولی (۸۰۹۵ واحد پولی بیشتر) لازم است. نسبت کسب دانش به هزینه نشان می‌دهد که کارگاه آموزشی طراحی محصول بالاترین و تور صنعتی بازدید از صنایع خارجی کمترین کارایی را دارند.

۵-۲- تحلیل حساسیت

در این بخش تحلیل حساسیت روی دو مؤلفه کلیدی تأثیرگذار "درصد شرکت‌کنندگان در هر برنامه" و "میزان تأثیر برنامه‌ها بر دانش و مهارت افراد در هر برنامه" بر نسبت دانش بر هزینه در چند سناریو انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که بهترین حالت تأثیر اجرای برنامه روی افزایش دانش خوشه در زمانی اتفاق می‌افتد که بیش‌ترین درصد شرکت‌کنندگان در دانش‌هایی که بیش‌ترین تأثیر را از اجرای برنامه می‌پذیرند، اتفاق می‌افتد.

۵-۳- نتیجه‌گیری

در نتیجه مدل پیشنهادی قادر است با انتخاب مناسب‌ترین برنامه‌ها از هر سبد متناسب با سطح مهارتی، یک هم‌افزایی در واحدهای خوشه به‌منظور کاهش هزینه‌های کسب دانش ایجاد نماید. بنابراین، براساس تحلیل انجام‌شده براساس هزینه‌های ایجادشده، مدل قادر خواهد بود براساس تخصیص بهینه در مصرف هزینه‌ها صرفه‌جویی مطلوبی ایجاد نماید. طبق تحلیل‌های انجام‌شده، مدل پیشنهادی از حیث هزینه‌کرد، عملکرد مطلوبی دارد.

۶- جمع‌بندی و پیشنهادها

در پژوهش جاری یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی باینری عدد صحیح به‌منظور انتخاب بهترین برنامه‌ها از سبد تخصصی برای ارتقای دانش جمعی در یک خوشه صنعتی ارائه شد. این مدل ریاضی مناسب‌ترین برنامه‌هایی را از سبدهای تخصصی انتخاب می‌کند که با بودجه تعیین‌شده، بیشترین تأثیر را در ارتقای دانش اعضای خوشه داشته باشند. نتایج نشان داد که هزینه اجرای مشترک و خوشه‌ای برنامه‌ها نسبت به اجرای مجزای آن‌ها کمتر است. مدل پیشنهادی در یک خوشه صنعتی با ۱۰ عضو، ۵ سبد تخصصی و ۱۳ برنامه به‌کار گرفته‌شده و تعداد ۵ برنامه گزینش شد. ارتقای دانش حاصل از اجرای برنامه‌ها ۳۳۴/۸ و در بالاترین حد ممکن و بهینه است. هزینه اجرای برنامه‌ها به‌صورت مشترک ۲۱۷۸۰ و به‌صورت مجزا ۲۹۸۷۵ بود.

نتایج این پژوهش با اغلب پژوهش‌های مشابه از جمله [۳] در زمینه کسب دانش در خوشه‌های صنعتی و [۱۰] در زمینه استفاده بهینه از منابع و دستیابی به مزایای مختلف از جمله کسب بیش‌ترین نسبت دانش

به هزینه حاصل از تمرکز بنگاه‌ها و تشکیل خوشه و همچنین [۱۷] در زمینه کسب دانش خوشه‌ای در تقویت نوآوری و مزیت رقابتی در واحدهای خوشه، همسویی کامل دارد. اما درخصوص پژوهش [۱۲] در زمینه تأثیر خوشه‌های صنعتی بر تقویت روابط و سازمان‌دهی منابع و جذب استعدادهای منطقه، بی‌تأثیر است.

پیشنهاد می‌شود: شرکت‌کنندگان برای هر برنامه از واحدهای خوشه صنعتی به‌گونه‌ای انتخاب شوند که اجرای برنامه بیش‌ترین تأثیر را بر دانش مربوطه دارد.

۷- نتیجه‌گیری

مدل ریاضی پژوهش جاری به‌منظور انتخاب برنامه‌ها از سبدهای تخصصی با هدف بیش‌ترین نسبت دانش به هزینه پیشنهاد شد. نتایج روی یک خوشه نشان داد که هزینه اجرای مشترک و خوشه‌ای برنامه‌ها نسبت به اجرای مجزای آن‌ها کمتر بوده و بیشترین ارتقای دانش با بودجه تعریف‌شده حاصل می‌گردد. همچنین، نتایج پژوهش نشان داد که ارتقای دانش حاصل از اجرای برنامه‌ها به‌صورت خوشه‌ای، کمتر از اجرای آن‌ها به‌صورت مجزا است. در نتیجه، مدل پیشنهادی در بحث ایجاد همسویی دانش در سازمان، قابلیت مناسبی از خود نشان می‌دهد. این مدل در برای ارتقای دانش (کسب و انتقال) در شرکت‌هایی که قابلیت توسعه خوشه‌ای دارند، قابل استفاده است.

۸- مراجع

1- A. JAFARNEJAD, M. MOMENI, S. A. Morovati, and Z. M. Karimi, “Designing a Model for Sustainable Development of Industrial Clusters,” 2020.
2- D. J. Teece, “Strategies for Managing Knowledge Assets: The role of firm structure and industrial context (in: Managing Industrial Knowledge,” Creation, transfer and utilization. London. Sage Publications, pp. 125–144, 2001.
3- C.-C. Huang, “Knowledge sharing and group cohesiveness on performance: An empirical study of technology R&D teams in Taiwan,” Technovation, vol. 29, no. 11, pp. 786–797, 2009.
4- S. Breschi and F. Malerba, “The geography of innovation and economic clustering: some introductory notes,” Ind. Corp. Chang., vol. 10, no. 4, pp. 817–833, 2001.
5- A. De Bem Machado, S. Secinaro, D. Calandra, and F. Lanzalonga, “Knowledge management and digital transformation for Industry 4.0: A structured literature review,” Knowl. Manag. Res. Pract., vol. 20, no. 2, pp. 320–338, 2022.
6- R. Tarazona, D. García-Hurtado, C. Devece, and V. E. Hoffmann, “Industrial cluster and knowledge creation: a bibliometric analysis and literature review,” Multidiscip. J. Educ. Soc. Technol. Sci., vol. 11, no. 1, pp. 127–150, 2024.
7- M. D. Shakib, “Using system dynamics to evaluate policies for industrial clusters development,” Comput. Ind. Eng., vol. 147, p. 106637, 2020.
8- P. Morosini, “Industrial clusters, knowledge integration and performance,” World Dev., vol. 32, no. 2, pp. 305–326, 2004.
9- J. Xiong, Z. Duan, and Y. Wang, “Modeling and simulation of the inter-organizational knowledge transfer impact factors in industrial clusters,” in The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Management System Innovation, 2013, pp. 161–171.
10- A. Moarrefi, V. Ashtiyani, and M. Ilanloo, “Industrial Clusters, Theory and Applications in Urban and Regional Planning, Qom.” Aien Mahmoud Press, 2013.
11- V. E. Hoffmann, G. S. C. Lopes, and J. J. Medeiros, “Knowledge transfer among the small businesses of a Brazilian cluster,” J. Bus. Res., vol. 67, no. 5, pp. 856–864, 2014.
12- L. Sarach, “Analysis of cooperative relationship in industrial cluster,” Procedia-Social Behav. Sci., vol. 191, pp. 250–254, 2015.
13- L. Mayangsari, S. Novani, and P. Hermawan, “Batik solo industrial cluster analysis as entrepreneurial system: a viable co-creation model perspective,” Procedia-Social Behav. Sci., vol. 169, pp. 281–288, 2015.
14- A. T. Arikan, “Interfirm knowledge exchanges and the knowledge creation capability of clusters,” Acad. Manag. Rev., vol. 34, no. 4, pp. 658–676, 2009.
15- H. Dezfoulian and P. Samouei, “A New Model to Optimize the Knowledge Exchange in Industrial Cluster: A Case Study of Semnan Plaster Production Industrial Cluster,” Commer. Surv., vol. 16, no. 88–89, pp. 37–52, 2018.
16- N. Wardhani, N. Noermijati, and S. Sunaryo, “Knowledge-Worker Productivity in Defense Industry: The Role of Knowledge Management through Employees’ Adaptability and Job Satisfaction,” Media Ekon. dan Manaj., vol. 37, no. 1, pp. 140–160, 2022.
17- C. Corker, J. Lane, and J. F. Wilson, “Knowledge flows and industrial clusters: assessing the sources of competitive advantage in two English regions,” Enterp. Soc., pp. 1–25, 2023.
18- N. Wickramasinghe, A. Fadlalla, and E. Geisler, “Knowledge management and data mining: Strategic imperatives for healthcare,” 2003.
19- C. Casanueva, I. Castro, and J. L. Galán, “Informational networks and innovation in mature industrial clusters,” J. Bus. Res., vol. 66, no. 5, pp. 603–613, 2013.
20- T. Sonar, V. Balasubramanian, S. Malarvizhi, T. Venkateswaran, and D. Sivakumar, “Multi-response mathematical modelling, optimization and prediction of weld bead geometry in gas tungsten constricted arc welding (GTCAW) of Inconel 718 alloy sheets for aero-engine components,” Multiscale Multidiscip. Model. Exp. Des., vol. 3, pp. 201–226, 2020.
21- A. Amin and N. Thrift, “Institutional issues for the European regions: from markets and plans to socioeconomics and powers of association,” in The New Industrial Geography, Routledge, 2002, pp. 292–314.