Archive of SID

فصلنامه مدلسازی اقتصادسنجی سال سوم، شماره دوم (پیاپی ۹)، بهار ۱۳۹۷ (صفحات ۴۹ تا ۹۱)

# مدلسازی چند هدفه خوشه های صنعتی از منظر تولید سلولی پویا و توسعه اقتصادی پایدار [1]

**عباس سرافرازی** (نویسنده مسئول)
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، مربی، مرکز تحصیلات تکمیلی دانشگاه پیام نور، تهران
A_sarafrazi@pnu.ac.ir

**مهدی بشیری**
استاد، دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران
Bashiri@shahed.ac.ir

**رضا توکلی مقدم**
استاد، دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تهران
Tavakoli@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

**چکیده:**
طراحی مدل مناسب برای خوشه‌های صنعتی، به عنوان روشی فراگیر در اقتصاد منطقه‌ای، مسئله مهم برنامه‌ریزان توسعه اقتصادی و صنعتی می‌باشد. توجه به اهداف توسعه پایدار و اقتصاد سبز، علاوه بر اهداف سنتی اقتصادی، نیاز امروز کشورها می‌باشد. در این مقاله به منظور پاسخگویی به اهداف توسعه پایدار، مدل برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه پویا برای خوشه های صنعتی به جهت بهینه سازی چهار هدف؛ سود، اشتغال، هزینه حمل و نقل مواد و امتیاز ارزیابی زیست محیطی، طراحی و آزمون شد. در طراحی بخش‌هایی از مدل، در تخصیص شرکت‌ها و ایجاد روابط درون و بین شبکه‌های همکاری، از مبانی و ادبیات تولید سلولی به لحاظ نزدیکی مفاهیم، استفاده شد. نتایج حل مسئله با روش تجزیه مدل و وزن‌دهی اهداف با نظر خبرگان و تحلیل آزمایشات، تأیید کرد که جواب‌های بهینه آزمایشات در حداقل‌سازی تابع متریک ۹۹ درصد بهبود یافت.

***طبقه بندی JEL***: Q56 ,C61 , R11, O18.

***واژه‌های کلیدی***: خوشه های صنعتی، تولید سلولی، مدلسازی چند هدفه، شبکه همکاری، توسعه اقتصادی پایدار

[1]. مقاله مستخرج از رساله دکتری

www.SID.ir

Archive of SID



## ۱. مقدمه

در سه دهه اخیر، توسعه اقتصادی و صنعتی از طریق خوشه‌های صنعتی،[1] یکی از مدلهای غالب، کارآمد و رایج توسعه اقتصادی در دنیا می‌باشد. توجه گسترده به اقتصادهای منطقه ای به ویژه خوشه‌های منطقه‌ای، تاکیدی بر اهمیت موضوع دارد (مارشال[2]،۱۸۹۰؛ پورتر[3]،۱۹۹۰؛ گورون و مک کن[4]،۲۰۰۰؛ موروسینی[5]، ۲۰۰۴؛ دورینگ[6]، ۲۰۰۶؛ جان و پادر[7]، ۲۰۰۶؛ کاجیکاوا[8]، ۲۰۰۹؛ ولمن[9]،۲۰۱۰؛ سرافرازی، ۲۰۱۱؛ محمدلو، ۲۰۱۶). یکی از تصمیمات مهم و راهبردی مدیران و برنامه‌ریزان اقتصادی، انتخاب مدل مناسب توسعه می‌باشد. با بررسی الگوهای توسعه صنایع، بنگاهها و کسب و کارهای خرد، کوچک و متوسط[10](MSME) در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، دیده شد که تجمع بنگاهها بصورت همجواری جغرافیایی، زمینه های مشترک صنعتی، گرایشی غالب می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد صنایع ایران خرد، کوچک و متوسط هستند و علی رغم ۳۰ درصد ارزش تولیدات صنعتی حدود ۵۶ درصد اشتغال پایدار را پوشش می‌دهند (فلاح و فتحی، ۱۳۹۳: ۶). شرکت‌های مستقر در خوشه‌ها بر اساس منابع حاصل از خوشه‌سازی، همانند رقابت‌پذیری بیشتر، برای درک و بهبود رشد اقتصادی منطقه‌ای مهم هستند (ولمن و هینکاپی، ۲۰۱۰: ۲). در ادبیات جغرافیای اقتصادی، بطور وسیعی پذیرفته شده که خوشه‌های صنعتی نقش حیاتی در توسعه کشورها ایفا می‌کنند. چرا که باعث تخصصی شدن و تقسیم کار در بین بنگاههای اقتصادی، انتشار و سرریز دانش و شکل‌گیری بازار کار نیروی ماهر می‌گردد (مارشال، ۱۹۲۰: ۱۵). مطالعه ده سال اخیر خوشه‌های صنعتی ایران، تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی منطقه‌ای را اثبات کرده بطوریکه یک درصد رشد خوشه‌های صنعتی ۰/۰۹درصد رشد اقتصادی را در بر داشته است (محمدلو، ۱۳۹۶: ۳۰). کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری، افزایش اشتغال، رشد اقتصادی بیشتر، منافعی از همکاری بین بنگاهی در قالب خوشه‌های صنعتی می‌باشند.

---

1. Industrial cluster
2. Marshal
3. Porter
4. Gordon and McCann
5. Morosini
6. Doring
7. John and Pouder
8. Kajikawa
9. Wallman & Hincapie
10. MSME: Micro, Small and Medium Enterprises

www.SID.ir

Archive of SID



با وجود هزاران خوشه صنعتی در سرتاسر جهان و بیش از ۴۳۰ خوشه صنعتی شناسایی شده در کشور و برنامه‌های متعدد حمایتی به منظور تقویت پایایی آنها، نیاز به تحقیقات گسترده در حوزه‌های مختلف این پدیده اقتصادی-اجتماعی،[1] ضروری به نظر می‌رسد. لذا با توجه به گستردگی موضوع خوشه‌های صنعتی و تحقیقات متعدد در حوزه های مرتبط با خوشه‌های صنعتی، برای توسعه اقتصادی خوشه-محور[2] همچنان خلأهای تحقیقاتی مختلف و بسیاری وجود دارد. بر اساس نظر مارشال، پورتر و سایرین در تعاریف و مشخصات خوشه‌ها، تخصصی شدن، تقسیم کار و همکاری بین بنگاهها یکی از محرک های اصلی و تأثیرگذار در رشد و توسعه خوشه‌ها می‌باشد. بطوریکه خوشه‌هایی که فاقد چنین مشخصه‌های مهمی باشند، به عنوان خوشه توسعه نیافته شناسایی می شوند. مسأله ایجاد شبکه/زیر خوشه[3]های همکاری بین بنگاهها همراه با تخصیص بهینه بنگاهها به زیرخوشه‌ها و تعیین آرایش فعالیت‌ها در درون و بین زیرخوشه‌های مختلف، یکی از چالش‌های برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران توسعه خوشه‌های صنعتی می‌باشد.کارهای انجام شده، عمدتاً کیفی و مفهومی بوده و تحقیقات اندکی با استفاده از روشهای ریاضی انجام شده است. تئوری شبکه (کاجیکاوا و همکاران،۲۰۱۰: ۱۷۲) در خوشه‌ها یکی از این کارها بوده است که مشخصات محدودی همانند فاصله بین بنگاهها، تعداد گره‌ها، شاخه‌های ارتباط با مشتریان و تأمین‌کنندگان را در نظر گرفته است. هدف از این تحقیق، ارائه یک روش کمّی و ریاضی برای حل مسأله تخصیص و آرایش بهینه شرکت های همگن در درون و بین شبکه‌ها/ زیرخوشه های همکاری می‌باشد. بطوریکه منافع همکاری در تولید و عرضه محصول/خدمات برای شرکت‌های همکار و عضو شبکه حداکثر شود. در این مدل، رشد و توسعه اقتصادی خوشه بر اساس مدل ریاضی با اهداف چندگانه مهم و جامع توسعه پایدار[4] اقتصادی لحاظ شده است. در ادامه مقاله، ضمن تبیین ادبیات و پیشینه تحقیق سعی در ارائه مدل مناسب برای حل مسأله تخصیص شبکه‌ها و زیر خوشه‌ها، حل مدل با استفاده از داده های یکی از خوشه‌های کشور بصورت مطالعه موردی آزمون، تحلیل و بررسی می شود. سپس مدل ریاضی مسئله، روش حل و تحلیل با داده های مطالعه موردی، نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی سازماندهی شده است. در این تحقیق، تلاش شد با توسعه مدل ریاضی مناسب و کارآتر،

[1]. Social-Economic
[2]. Cluster-Based
[3]. Network/Sub-cluster
[4]. Sustainable development

www.SID.ir

Archive of SID



محدودیت‌های قبلی تحقیقات کاهش یابد و اهداف چندگانه کمُی و کیفی رشد و توسعه اقتصادی پایدار خوشه‌های صنعتی، بهینه شده و بهبود یابد.

## ۲. پیشینه تحقیق

اقتصاد تجمعی[1]و متمرکز، در یک ناحیه جغرافیایی، اولین بار توسط مارشال در ۱۹۸۰ مورد توجه قرار گرفت و منافع وجود نیروی کار تخصصی، سر ریز دانش حاصل از این همجواری، تمرکز بر رشد شرکت‌ها برای اقتصاد منطقه و اشکال مختلف تجمع و تمرکز بنگاهها مطرح گردید. پورتر در سال ۱۹۹۸ با نظریه خوشه‌های صنعتی و تبیین ساختار اقتصادی-اجتماعی شرکتها، با ارتباطات درونی و متمرکز در یک ناحیه جغرافیایی، زمینه مشترک تولیدی، فرصتهای مشترک، همراه با نقش بازیگران طرف عرضه و تقاضا و شبکه های همکاری، اهمیت موضوع را در توسعه اقتصادی محلی برجسته کرد و توجه جامعه علمی، سیاستگذران اقتصادی و سازمانهای مرتبط را به ترویج توسعه خوشه‌ای جلب نمود. بطوریکه عامل موفقیت بنگاههای کوچک و متوسط را حاصل سازماندهی و مدیریت آنها در محتوای خوشه دانسته و عمده‌ترین دلیل در ضعف رقابت‌پذیری ملت‌ها را فقدان خوشه‌های توانمند و عدم توسعه اقتصادی خوشه محور در این کشورها می‌داند (پورتر، ۱۹۹۰). لذا توجه گسترده به اقتصادهای منطقه‌ای به ویژه خوشه‌های منطقه‌ای، تأکیدی بر اهمیت بسیار زیاد موضوع دارد (مارشال،۱۸۹۰؛ پورتر،۱۹۹۰؛ گورون و مک کن،۲۰۰۰؛ موروسینی، ۲۰۰۴؛ دورینگ، ۲۰۰۶؛ جان و پادر، ۲۰۰۶؛ کاجیکاوا، ۲۰۰۹؛ ولمن،۲۰۱۰؛ مجیدی، ۱۳۸۴؛ سرافرازی، ۱۳۸۷؛ داداش پور، ۱۳۸۸؛ ضرغام و محمد امینی، ۱۳۹۰؛ رجب پور و ستاری فر، ۱۳۹۲؛ داداش پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ فتحی و فلاح، ۱۳۹۳؛ موسوی نقابی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ظهوریان و رحیم نیا، ۱۳۹۴؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ مقصود پور، ۱۳۹۵؛ محمدلو، ۱۳۹۶). انجام تحقیقات متعدد در اقتصاد خوشه محور و خوشه‌های صنعتی، به دلیل گستردگی موضوع در حوزه‌های مختلف، در سه دهه اخیر عمدتا" درباره تعاریف و انواع خوشه‌ها، مشخصات اقتصادی و اجتماعی خوشه، روش-های شناسایی و الویت‌بندی خوشه‌ها، تأثیر بر عملکرد شاخص های اقتصادی رشد و توسعه اقتصادی، بررسی ابعاد و چرخه عمر خوشه، تأثیر پایایی و بقاء بنگاه در درون خوشه، تأثیر بر شاخص‌های رشد بنگاه در درون خوشه، بررسی عوامل و راهکارهای عملی مداخله در توسعه خوشه‌های صنعتی، تأثیر شبکه‌سازی بر توسعه کسب وکار بنگاه، بررسی

[1]. Agglomeration Economiec

www.SID.ir

Archive of SID



روابط عمودی و افقی و تأثیر بر افزایش هم‌افزایی خوشه بوده است. همچنین در سالهای اخیر بررسی ارتباط برخی موضوعات روز با خوشه‌های صنعتی پنجره جدیدی از تحقیقات را به روی محققان، گشود. به دلایل کاهش و نایابی منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی، ترافیک و آلودگی‌های زیست محیطی ارائه مدل مفهومی زنجیره تأمین در خوشه‌ها به عنوان مدل آینده زنجیره تأمین با افزایش ارتباطات افقی زنجیره‌های تأمین تلاش می‌کند که روشی برای کاهش اثرات منفی فعالیت‌های اقتصادی کنونی ارائه دهد (هان[۱]، ۲۰۰۹: ۱۲۷، وینوسکا سالک[۲]، ۲۰۱۴: ۱۱۵، چن[۳] و سایرین، ۲۰۱۴: ۱۹۰۷، چاج[۴] و سایرین، ۲۰۱۴: ۴۰۷). طراحی و بهینه‌سازی مدل ریاضی زنجیره تأمین خوشه با بررسی یکی از اهداف زنجیره یعنی کاهش هزینه حمل و نقل مواد در زنجیره تأمین با فرض دو زنجیره تکی و مرتبط با همدیگر، یکی از تحقیقات بر پایه مدل ریاضی در خوشه‌های صنعتی بود (لی[۵] و سایرین، ۲۰۱۲: ۹۲۰).

از دیگر مشخصات مهم خوشه‌های محلی و منطقه‌ای، علاوه بر بنگاهها به عنوان بازیگر اصلی، تنوع بازیگران در درون محتوای خوشه می‌باشد که شامل تأمین کنندگان، مصرف کنندگان، صنایع پیرامونی و تکمیلی، سازمانهای دولتی و موسسات حمایتی همانند دانشگاهها هستند (پورتر، ۱۹۹۰، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰). در مجموع وجود شبکه‌ای از بازیگران، کلید فهم عمکرد خوشه های منطقه‌ای هست (استینل و اشنیل[۶]، ۲۰۰۴). عملکرد شرکت اچ پی و دیگر شرکتهای مستقر در خوشه تکنولوژی دره سیلیکون کالیفرنیا به دلیل همجواری فیزیکی و توسعه مشارکت بلند مدت، همراه با نزدیکی به تأمین‌کنندگان، بهبود داشت (سکسنیان[۷]، ۱۹۹۴). انتشار دانش و یادگیری از طریق شبکه‌های منطقه‌ای در اقتصاد امروز مهمترین عامل رشد اقتصادی و توسعه اقتصاد دانش بنیان هست (برگرون[۸] و دیگران ۱۹۹۸؛ کاجیکاوا و دیگران، ۲۰۱۰: ۱۶۹). توسط(مک اویلی و ظاهر[۹]، ۱۹۹۹) انواع شبکه‌های اجتماعی، حرفه‌ای و اقتصادی در یک خوشه جغرافیایی و همچنین رابطه شبکه‌ها با توانایی رقابتی سطح شرکت کشف شد.

---

1. Han
2. Wiśniewska-Sałek
3. Chen
4. Chadge
5. Li
6. Steinle and Schiele
7. Saxenian
8. Bergeron
9. McEvily and Zaheer

www.SID.ir

Archive of SID



شرکت‌های درون هر شبکه با دسترسی به ایده‌ها، اطلاعات و فرصت‌ها، از طریق ارتباط داخلی و اتصال سازمانی در خوشه بهره‌مند خواهند شد. جهت برانگیختن خوشه‌های جدید (چستون[1]، ۱۹۹۹) و حمایت خوشه‌های موجود (پورتر، ۲۰۰۳)، با سیاست و استراتژی توسعه خوشه ها، تلاشی موفقیت‌آمیز شروع شد. به منظور توسعه هر دو خوشه‌های موجود و جدید، درک ساختار شبکه، مرحله‌ای اجتناب ناپذیر در فهم وضعیت جاری ساختار صنعتی و تأثیر سیاستهای توسعه بر خوشه می‌باشد (کاجیکاوا و دیگران، ۲۰۱۰: ۱۶۹). بررسی شبکه‌های خوشه‌های ژاپن نشان داد که با کاهش متوسط طول مسیر گردش جریان دانش، وضعیت بهتر خواهد بود و با افزایش ظریب خوشه‌بندی در شبکه‌ها، تقویت و قدرت ارتباطی شبکه بیشتر خواهد شد. همچنین یافته‌های تحقیق کاجیکاوا نشان داد که در خوشه‌ها، شرکت‌های اتصال دهنده نادری وجود دارند که تقویت شبکه‌ها را پشتیبانی می‌کنند که تکثیر و وجود آنها ارتباط شبکه‌ها را تقویت می‌کند. شبکه سازی در کسب و کار بنگاه‌های کوچک و متوسط معمولا در دو سطح شبکه سازی با رقبا (همکاران منطقه ای) و شبکه سازی با مشتریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه‌ها، به شرکت‌ها و سازمان‌های صنعتی و تولیدی، اجازهء به اشتراک گذاشتن هزینه‌ها و ریسک‌هایی را می‌دهند که وقتی شرکت‌ها بسیار بزرگ هستند با آنها مواجه می‌شوند (سرافرازی و دیگران، ۱۳۹۰: ۴۵). اما اخیراً تنها مطالعه نزدیک به تحقیقات این مقاله از نظر مدلسازی ریاضی و تک هدفه و نه محتوای اصلی کار، با حداکثر سازی انتقال دانش بین شرکت های خوشه منتشر شده است(دزفولیان و دیگران، ۲۰۱۷: ۸۳۸). به هر حال با تعداد اندک کارهای موجود در زمینه بررسی و ارزیابی ساختار شبکه در خوشه‌ها، ادبیات و پیشینه غنی در این حوزه وجود ندارد.

بنابراین با بررسی و مرور تحقیقات انجام شده و مطالعات گسترده در خوشه های صنعتی، خلاء تحقیقاتی عمیقی در طراحی و مدل سازی بهینه خوشه‌ها وجود دارد بطوریکه کارهای گزارش شده، بسیار محدود و عمدتا کیفی و مفهومی هستند. به ویژه در زمینه طراحی شبکه‌ها / زیر خوشه‌های همکاری و تخصیص بهینه اعضاء خوشه و شرکت‌های اصلی، فاقد مدل ریاضی بهینه می‌باشد. بر این اساس برای پاسخ به مسئله طراحی بهینه شبکه همکاری بین شرکت‌های خوشه (آرایشی مناسب از نحوه همکاری بهینه شرکتها در انجام ماموریت و فعالیت‌های تولیدی مشترک) مدل ریاضی مسئله فوق توسعه داده شد. لذا تحقیقات حاضر تلاشی در جهت پر کردن خلأ موجود و توسعه

[1]. Chaston

www.SID.ir

Archive of SID



رو شی علمی و دقیق تر برای شبکه سازی می با شد. معمولا تحقیقات کامل، رویای هر پژوهشگری می باشد اما به دلایل وسعت دامنه موضوعات در محیط واقعی اقتصاد، کسب و کار و محدویت‌های موجود، تلاش شد در این مقطع زمانی اهدافی مهم و ضروری برای توسعه اقتصادی مد نظر قرار بگیرد و سهم قابل توجهی از نظرات ذی‌نفعان مختلف خوشه‌های صنعتی و توسعه اقتصادی را برآورده کند. بطوریکه تا حدودی رضایت گروه‌های مختلف جامعه را از نظر رشد و توسعه اقتصادی تأمین کرده و علی‌رغم پیشرفت و کسب ثروت برای بشر تا حد مناسبی در حفظ منابع و محیط زیست زمین موثر باشد. همچنین با توجه به مسایل روز و مورد توجه در توسعه اقتصادی پایدار، مدل طراحی شده چهار هدف سود، هزینه حمل و نقل مواد، اشتغال، محیط زیست و امتیاز سبز بودن خو شه را همزمان تحلیل و برر سی می‌کند. این پژوهش تلاش دارد که برای کمک به برنامه‌ریزان خو شه‌های صنعتی و اقتصادی، در شبکه سازی، تصمیماتی بهینه تولید کند. نوآوری پژوهش شامل مدل‌سازی خو شه‌های صنعتی، تو سعه مدل با اهداف چندگانه مهم ر شد و تو سعه اقتصادی (با رویکرد های سنتی و همچنین جدید تو سعه پایدار)، توسعه سیستم های تولید سلولی[1] در شبکه‌سازی خوشه‌ای و توسعه مدل‌های بهینه‌سازی چندهدفه با چهار تابع هدف می‌باشد.

## ۳. مبانی نظری

نظریه و تعریف خوشه‌های صنعتی اولین بار توسط پورتر در سال ۱۹۹۰ ارائه شد. پورتر بر پایه نظریه اقتصاد تجمعی و متمرکز مار شال، از ۱۹۸۰-۱۹۲۰ خو شه‌های صنعتی و اثرات آنها را بر توسعه اقتصادی کشورها مطرح کرد. اولین بار پورتر در کتاب مزیت نسبی ملتها، نظریه خوشه های صنعتی را مطرح کرد که مورد توجه بسیاری قرار گرفت و سپس تکمیل مفاهیم و مشخصات توسط وی و سایر محقیق تاکنون ادامه یافته است. خوشه‌ها، تراکم جغرافیایی شرکت‌های بهم مرتبط، عرضه‌کنندگان تخصصی، ارائه‌کنندگان خدمات، بنگاههای صنایع مرتبط و نهادهای حمایتی همانند دانشگاهها و موسسات استاندارد و انجمن‌های تجاری در زمینه‌های خاص هستند که علاوه بر رقابت با همدیگر همکاری می‌کنند (پورتر، ۲۰۰۱). در تعریفی دیگر خوشه‌ها، مجموعه نسبتاً بزرگ از شرکت‌ها هستند که در محدوده مکانی خاصی قرار داشته و پیشینه تخصصی مشخصی دارند و درون خو شه، تجارت بین شرکتی و تخصص آنها چشم‌گیر هست

[1]. Cell manufacturing system

www.SID.ir

Archive of SID



(آلتنبرگ و اشـــتامر[1]، ۱۹۹۹). همچنین در تعریفی دیگر، بخش‌های مختلف خوشـــه بعنوان یک اکو سیستم پویا و زنده بیشتر تشریح می شود و بیان می‌کند که خوشه‌ها مجموعه‌ای مرکب از تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان مواد اولیه، سـازندگان ماشـین‌آلات، موسسات آموزشی و مشاوره‌ای، شرکت‌های حمل و نقل، توزیع‌کنندگان و فروشندگان محصـول نهایی می باشـند که از منابع یکسـان و مشـترک اسـتفاده نموده و دامنه‌ای از محصولات مرتبط و مکمل را تولید و عرضه می‌کنند و با فرصت‌ها و تهدیدات مشترکی مواجه می‌شـوند (موروسـینی، ۲۰۰۴: ۳۰۸؛ سـرافرازی، ۲۰۰۸: ۱۰۴). با توجه به دامنه تحقیق در مورد شبکه‌ها/ زیرخوشه‌های همکاری، برخی محقیق در تعریف، به شبکه‌ها و ارتباطات داخلی و خارجی بین اعضـــاء شـــبکه تمرکز بیشـــتری دارند. بر این اســـاس، خوشه‌های صنعتی تجمع صنایع همکار و رقیب در یک منطقه شبکه شده به صورت ارتباطات عمودی و افقی شامل پیوندهای مشترک و قوی عرضه کننده، خریدار و متکی بر موسسات اقتصادی متخصص، هستند (استیمسون[2] و دیگران، ۲۰۰۶). چون برخی خوشه‌ها حول شرکت‌های صادرات محور شکل می‌گیرند درآمد و ثروت جدید حاصل از صادرات به رشد اقتصادی منطقه کمک خواهد کرد (هادی زنور و برمکی، ۱۳۹۰: ۴). هر چند که هدف نهایی برنامه‌های توسعه تمامی خوشه‌های اقتصادی، دستیابی به خوشه صادرات گرا و تقویت پایایی خوشه، مبتنی بر بازارهای بزرگ جهانی هست.

با توجه به تعاریف متعدد در روند مطالعات خوشه‌ها، تلاش شده است که مفهوم خوشه‌ها تکمیل‌تر و ابعاد مختلف و پیچیده آنها مورد بررسی و کنکاش قرار گیرند. هر چند که در بین صاحب نظران اتفاق نظر در تعریف خوشه‌ها وجود ندارد، اما خوشه در مفهومی عام به تمرکز مکانی فعالیت‌های اقتصـادی در زمینه خاص اشـاره دارد (آلتنبرگ و اشـتامر، ۱۹۹۹). اما مشخصات مشترک و کلیدی در عموم خوشه‌ها وجود دارد که شامل تمرکز، تجمیع مکانی و جغرافیایی، تمرکز فعالیت‌های اقتصادی یکسان و تکمیل‌کننده همراه با تولید کالا و خدمات یکســـان و هم‌خانواده، وجود روابط همکاری و تکمیل‌کننده بین واحدها (در واقع شبکه سازی و توسعه زیرخوشه‌های تجاری) که کسب کارایی و منافع جمعی بیشـتری نسـبت به منافع تکی دارد، فرصـت‌ها و چالش‌های مشـترک می‌باشـد (محمدلو، ۱۳۹۶: ۴؛ اردکان و معتمدی، ۱۳۹۱: ۲۰۴). شکل‌گیری خوشه‌ها عمدتاً خود انگیخته و طبیعی هســـتند اما در برخی موارد نادر، ایجادی می‌باشـــند که در هر دو

[1]. Altenburg & Schtamer
[2]. Stimson

www.SID.ir

Archive of SID



کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه وجود دارند. علی رغم اینکه اندازه توسعه، منافع کسب شده، موفقیت و بالندگی خوشه‌های مختلف متغیر می‌باشد ولی خوشه‌ها زمانی دستخوش رشد و بالندگی صنعتی می شوند که از طریق شبکه‌های همکاری و تجاری کارآمد و اثربخش به بازارهای بزرگ و دور دست وصل شده باشند و بین شرکتها، اعتمادی پایدار شکل گرفته باشد (اشمیتز[1]، ۱۹۹۹). با بررسی ۳۱ عامل مهم پیشبرنده رشد و توسعه خوشه های صنعتی که در ادبیات خوشه ها آمده است (اردکان و معتمدی، ۱۳۹۱: ۲۱۰)، عامل همکاری عمودی و افقی اعضاء خوشه در بیشتر مطالعات اشاره شده است (پورتر،۱۹۹۹؛ همفری و اشمیتز[2]، ۱۹۹۵؛ پایک[3]، ۱۳۸۱؛ اشمیتز و ندوی[4]، ۱۹۹۵؛ رابلوتی[5]، ۱۹۹۵؛ التنبرگ و اشتامر، ۱۹۹۹؛ یونیدو[6]، ۲۰۰۳؛ نصیری، ۱۳۸۵)، عامل مرتبط بعدی، شبکه ها و پیوندهای تجاری کارآمد هست (همفری و اشمیتز، ۱۹۹۵؛ پایک، ۱۳۸۱؛ اشمیتز و ندوی، ۱۹۹۵؛ رابلوتی، ۱۹۹۵؛ یونیدو، ۲۰۰۳) و نهایتا" عامل تخصصی شدن بخش‌ها و وجود شبکه های قوی از شرکت‌های کوچک که در یک زمینه خاص و مستقل تخصص دارند (پورتر،۱۹۹۹؛ همفری و اشمیتز، ۱۹۹۵؛ پایک، ۱۳۸۱؛ اشمیتز و ندوی، ۱۹۹۵؛ رابلوتی، ۱۹۹۵؛ نصیری، ۱۳۸۵) به اهمیت تحقیقات گسترده و عمیق در شبکه سازی بهینه خوشه‌ها، تاکید دارد. بنابراین پژوهش حاضر تلاشی جهت پرکردن شکاف و خلأ تحقیقاتی موجود می‌باشد.

شبکه/زیرخوشه به مجموعه‌ای از اعضاء تولیدی/تجاری/غیرتجاری/نهادی/خدماتی گفته می شود که بر اساس هدف یا ماموریت مشترک با تعدادی محدود و ارتباطات افقی و/یا عمودی بطور موقت یا دائمی تشکیل می‌شود. اعضاء شبکه ممکن است اشخاص یا شرکت‌ها باشند که بسته به تخصص و توانمندی که دارند در ساختار شبکه تخصیص می‌یابند. کارکرد اصلی شبکه در واقع ایجاد بستری هست که جریان اطلاعات بین اعضاء به راحتی تسهیل شود و از این طریق زمینه‌ای برای همکاری و انجام سایر فعالیتهای مشترک را فراهم کند (رحمتی و دیگران، ۱۳۹۳: ۵). با مروری به مراحل توسعه مفهومی خوشه از تمرکز مکانی بنگاهها تا مراحل امروزی شبکه محوری خوشه‌ها، به روشنی نقش و اهمیت شبکه در خوشه توسعه یافته درک می‌شود. گذر از مراحل جنینی و

---

1. Schmit
2. Humphrey & Schmitz
3. Pyke
4. Schmitz & Nadvi
5. Rabellotti
6. UNIDO: United Nations Industrial Development Organization

www.SID.ir

Archive of SID



توسعه نیافتگی به مرحله توسعه یافتگی و پایائی در چرخه عمر خوشه، تنها با ایجاد شبکه/زیرخوشه همکاری امکان پذیر هست (مانزل و فورنال[1]، ۲۰۰۹: ۲۲۹). بنابراین با توجه به نقش اصلی شبکه‌ها در خوشه‌های صنعتی و مراحل توسعه خوشه‌ها در ادبیات، خوشه‌ها بدون شبکه سازی، فاقد رشد و توسعه اقتصادی و پایائی هستند و همچنان در مرحله عدم توسعه یافتگی قرار داشته و موقعیت شان در منحنی عمر خوشه، بدون شبکه‌های کارآمد، هرگز ارتقاء نخواهد یافت و خوشه‌ای بالغ و پایا نمی‌شوند.

با توجه به مفاهیم جدید رشد و توسعه اقتصادی و تغییر رویکرد از رشد تک بعدی به رشد چند بعدی در اقتصاد و جامعه، همچنین توجه به شاخص‌های توسعه پایدار، تحقیقات در خوشه‌های صنعتی به عنوان بخشی از اقتصاد امروز کشورها، علاوه بر تمرکز بر شاخص‌های اقتصادی و سودآوری، توجه به شاخص های اجتماعی و زیست محیطی به عنوان عناصر مهمی از توسعه پایدار مد نظر می‌باشد. مطالعات در ۳۲ کشور منتخب نشان می‌دهد که رابطه مثبت و معناداری بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست و کاهش کیفیت محیط زیست وجود دارد به این معنا که افزایش رشد اقتصادی به دلیل نرخ برداشت منابع و تولید آلودگی بیشتر، تخریب محیط زیست بیشتر خواهد بود (احمدیان و دیگران، ۱۳۹۶: ۱۷). روند بررسی‌ها در نیم قرن گذشته، سه رویکرد در مورد ارتباط رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست را بیان می‌کند. رویکرد اول رابطه مستقیم رشد اقتصادی با آلودگی را نشان می‌دهد یعنی با افزایش رشد اقتصادی، آلودگی و تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد و بلعکس. رویکرد دوم معتقد هست که با رشد بیشتر اقتصادی و افزایش درآمد، استانداردهای زیست محیطی افزایش یافته و تقاضا برای رعایت آنها بیشتر می شود و کیفیت زیست محیطی بهبود می‌یابد. رویکرد سوم منطبق بر نظریه کوزنتس در سال ۱۹۹۵، که در مراحل ابتدای رشد اقتصادی تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد اما پس از رسیدن به حداکثر رشد و درآمد، در مراحل بالاتر محیط زیست بهبود می‌یابد (جعفری صمیمی و علیزاده ملفه، ۱۳۹۵: ۵۹؛ پژویان و مراد حاصل، ۱۳۸۶: ۱۴۱، صادقی و ستاری،۱۳۹۳: ۵۳) که نتیجه اثر افزایش درآمدها، توجه بیشتر به کیفیت زندگی در بکارگیری تکنولوژیهای نوین و مصرف محصولات سبز و دوست دار محیط زیست می‌باشد. امروزه سیاستگذاران اقتصادی و صنعتی تلاش می‌کنند که هم به اهداف سنتی و هم به اهداف جدید توسعه که مبتنی بر توسعه پایدار هست، دست یابند. افزایش سود و درآمد، کاهش هزینه، رشد تعداد

[1]. Menzel & Fornahl

www.SID.ir

Archive of SID



بنگاهها و شاخص های اقتصادی از اهداف پایه و سنتی توسعه و افزایش کیفیت کالا و کارکنان، رشد اشتغال، حفظ محیط زیست، کاهش مصرف انرژی و آلودگی و کاهش حمل و نقل از جمله اهداف جدید توسعه پایدار هستند. مفهوم توسعه پایدار مبتنی بر سه محور اصلی ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی هست که در خوشه‌های صنعتی قابل تعمیم است و در خوشه‌ای از برزیل با تاکید بر بازیافت مواد، مطالعه شده است (فرر[1] و سایرین، ۲۰۱۲: ۱۴۲؛ موهوا، ۲۰۱۰: ۹۱). همچنین الگو ساختار صنعتی کم‌کربن برای خوشه‌های صنعتی، با ترکیب شبکه خوشه‌ای و مدل تولید چرخه ای و بازیافت، منجر به معرفی الگو جدید خوشه صنعتی چرخه‌ای شد که با تحلیل تابع منافع الگو از منافع هر دو الگو ترکیب شده بهره‌مند می شود ( شائوهونگ و سیپنگ[2]، ۲۰۱۱: ۷۰۵؛ کی رانگ و لی[3]،۲۰۱۲: ۹۶۷). موضوع خوشه‌های سبز و دوستدار محیط زیست با شاخص های بررسی زنجیره تأمین سبز با تحلیل سلسه‌مراتبی و خوشه‌بندی صنایع به دو خوشه توجه بیشتر به زنجیره تأمین سبز و خوشه با توجه کمتر دسته‌بندی شدند.(پویا و قربان پور، ۱۳۹۲). تأثیر اجرای برنامه‌های حفاظت محیط زیست در یک مجموعه و خوشه صنعتی، به دلیل ارتباطات نزدیکتر و اثر همکاری های شبکه‌ای، بیشتر از یک واحد صنعتی تکی خواهد بود. همچنین به دلیل افزایش آلودگی‌های زمین و تهدید خطرات ناشی از افزایش فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی، رویکرد تولید سبز به جهت کاهش اثرات منفی تولید، به کمک توسعه پایدار آمد. آمارها نشان می‌دهد که منشاء بیش از ۷۰ درصد از آلودگی‌های محیط زیست، فعالیت‌های ساخت و تولید می‌باشد (وانگ و ژنگ[4]، ۲۰۱۳: ۱۳۴۳). تولید سبز حالتی از تولید جدید هست که علاوه بر تضمین هزینه، کیفیت و عمکرد محصول بر اثرات منفی محیط زیست و کارآیی منابع طبیعی توجه دارد. تولید سبز تلاش می کند محصولاتی تولید کند که بطور ایده آل آلودگی نداشته باشد یا حداقل آلودگی را ایجاد کند و نرخ مصرف منابع را بهینه کرده و مصرف انرژی را کاهش دهد. تولید سبز در مقایسه با تولید انبوه، ناب و چابک تغییراتی یافته که علاوه بر کارآیی تولید و کیفیت به مباحث طراحی سبز، ضایعات، بازیافت، استفاده مجدد، زمان، مصرف منابع و محصول توجه بیشتری دارد (وانگ و ژنگ، ۲۰۱۳: ۱۳۴۴) و تغییرات آتی شرکتها را شامل می شود. این اهداف تلاش می کنند تا

[1]. Ferrer
[2]. Shaohong &Sipenga
[3]. Qi Rong & Ling
[4]. Wang & Zhan

www.SID.ir

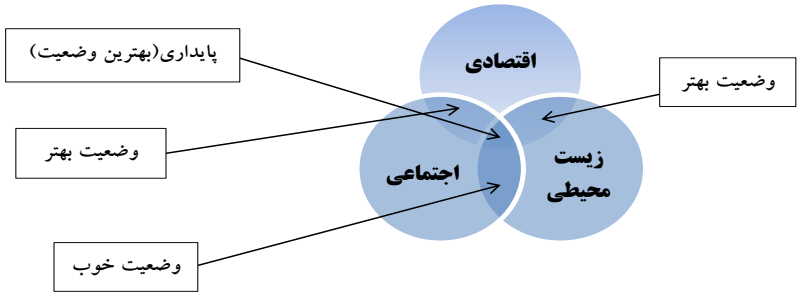
Archive of SID



برای تمام زنجیره ذی نفعان و ضعیت برنده را رقم بزنند. تو سعه ا ستراتژی برد-برد-برد[1] علاوه بر ذی‌نفعان طرف عرضه و تقاضا به ذی‌نفعان غیر مستقیم جامعه و محیط زیست بشری نیز توجه خاص دارد. شکل (۱) دیاگرام ملاحظات توسعه اقتصادی پایدار را نشان می‌دهد. بدیهی است که پوشش کامل هر سه ناحیه مشترک اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست بهترین مطلوبیت را دارد.

در هر حال برآیند مطالعات و گزارشات جهانی وضعیت محیط زیست، به توجه بیشتر بر ابعاد محیط زیست در کنار ابعاد اقتصادی کشورها تاکید دارد. لذا در تحقیقات حاضر توجه به اهداف حفظ محیط زیست همراه با رشد و توسعه خوشه‌های صنعتی در جهت تأمین توسعه پایدار منطقه‌ای مد نظر می‌باشد.

**شکل۱. دیاگرام ملاحظات توسعه اقتصادی پایدار**




مأخذ: سازمان همکاریهای اقتصادی OECD[2]

نتیجه ر شد و تو سعه خو شه‌های صنعتی، ر شد اقت صادی می‌با شد و مدل سازی تو سعه خو شه‌ها با ملاحظات محیط زیستی، تلاش دارد فرایند تو سعه پایدار را سریعتر کرده و رشد اقتصادی خوشه را با ملاحظات محیط زیست بهبود دهد. گروه بندی اقلام و فعالیت های مشابه یا نسبتا مشابه در یک گروه/دسته/شبکه/خوشه/سلول خاص، روشی است که تلاش می‌کند با اســتفاده از مزایایی همانند کاهش هزینه عملیات و جابجایی به بهینه سازی اهدافش کمک کند. خو شه بندی[3] رو شی ا ست که ت شابه اعضاء در یک خو شه را حداکثر و در مقابل تشابه بین اعضاء یک خوشه را با خوشه دیگر حداقل می‌کند. در این حیطه سیستم تولید سلولی در نیم قرن اخیر در ابعاد مختلف بهینه‌سازی تولید، توسعه

[1]. Win-Win-Win strategy
[2]. OECD:Organization for Economic Co-operation and Development (2001)
[3]. Clustering

www.SID.ir

Archive of SID



بسیاری یافته و کارایی و اثربخشی آن در مطالعات گسترده به اثبات رسیده است. سلول فضای معینی هست که بطور فیزیکی یا مجازی محدود می شود. مسئله ساختار سلولی اولین مرحله طراحی تولید سلولی هست که شامل دو بخش اصلی ساختار خانواده-قطعه و ساختار سلول-ما شین می با شد ( صفایی و دیگران، ۲۰۰۷: ۳۸۳). ساختار خانواده-قطعه گروه‌بندی قطعات یا محصولات مشابه از نظر هندسی، ظاهری و مشخصات فرایندی و تولیدی می‌باشد که از مزایای تشابه در طراحی و تولید بهره می‌برد. از مهمترین مزا یایی رویکرد تولید سلولی، کاهش هزینه حمل و نقل، کاهش ز مان تنظیمات تولید، کاهش موجودی و موجودی در جریان تولید، افزایش انعطاف پذیری و پاسخگویی به تغییرات سریع بازار، کنترل تولید بهتر و کاهش زمان تحویل محصول می‌با شد (رنا[1]، ۲۰۱۵: ۱۹۲؛ آ سکین و ا ستراداا[2]، ۱۹۹۹: ۲۵؛ صفایی و دیگران، ۲۰۰۷: ۳۸۳ ). تخصیص بهینه خانواده قطعات و محصولات به سلولهایی که ماشینی‌های مناسب در آنها مستقر هستند همراه با ملاحظات محیط تولیدی و کسب و کار، سعی می‌کند که تا حد زیادی مشکلات سایر روشهای سنتی تولید را حل کرده و رقابت‌پذیری را افزایش دهد. یکی از شاخه های توسعه یافته تولید سلولی که اولین بار در ۱۹۸۰ بیان شد، حذف مرزهای فیزیکی و تا حد زیادی جابجایی ماشین‌آلات و مواد در درون و بیرون سلولهاست. در واقع برنامه ریزی تولید سلولی مجازی[3] بیش از اینکه فیزیکی باشد مجازی و منطقی هست. تولید سلولی مجازی بر خلاف مدل کلاسیک تغییرات و جابجایی زیادی ندارد و چیدمان اولیه تا حدود زیادی پاسخگو تغییرات تقاضای کمتر نوسان یافته و قابل پیش‌بینی‌تر شده هست. بنابراین کاهش شدید هزینه تغییرات، آرایش مجدد سلول و جابجایی مواد در سلول ب سیار به صرفه و بهینه ه ست. علیرغم شباهت های ب سیار تولید سلولی کلا سیک با مجازی سه تفاوت ا صلی بین آنها وجود دارد، طبیعت پویا سلول مجازی، مفهوم ماشین اشتراکی، چیدمان و آرایش فیزیکی ماشین‌ها (اسماعیلیان و حامدی، ۲۰۱۲: ۳۹۳۸؛ اسماعیلیان و حامدی، ۲۰۱۲، ۸ نامدن[4]، ۲۰۰۸: ۴۴۰). به دلیل هزینه بالای اجرای تولید سلولی این مدل مناسب شرکتهای بزرگ هست اما تولید سلول مجازی به دلیل کاهش بسیار زیاد هزینه در شرکتهای کوچک و متوسط و همچنین اندازه کوچک انباشته تولید، صرفه و قابلیت اجرا

[1]. Rena
[2]. Askin & Estrada
[3]. Virtual Cell
[4]. Nomden

www.SID.ir

Archive of SID



دارد (بابو[1] و دیگران، ۲۰۰۰: ۲۳۲؛ هان[2]، ۲۰۱۳: ۱۴۷۸؛ هان و دیگران، ۲۰۱۴: ۲۸۷؛ خیلوانی[3] و دیگران، ۲۰۱۱: ۵۳۴؛ رضـــاراده و دیگران، ۲۰۱۰: ۳۱۶۱). در دهه اخیر، طراحی مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی تک هدفه و چند هدفه با توابع هدف و محدودیت‌های خطی، غیرخطی، غیرخطی آمیخته با عدد صحیح و حل‌های بهینه و نزدیک به بهینه در توسعه حل مسائل تولید سلولی، بیشترین بررسی و اقبال را داشته است. امروزه سرعت تغییرات، پیچیدگی محیط کسب وکار، تغییرات شدید و نامنظم تقاضا، دوره کوتاه عمر محصـولات و خدمات، افزایش طرف عرضـه و رقابت بسـیار سـنگین در اقیانوس تجارت جهانی، ذی‌نفعان اقتصـــادی به مدل های انعطاف‌پذیر، پویا و پاســـخگو، بیش از بیش نیازمند هستند. بر این اساس، اگر تصور شود یک شبکه همانند یک سلول مجازی با مرز منطقی و غیرفیزیکی، دارای عناصر و اجزایی هست که برای انجام فعالیت و خلق ارزش، با همدیگر ارتباط دارند. پس در این سلول (شبکه)، دسته محصولات مشابه با چالش‌ها و فرصت های مشترک، توسط تولیدکنندگان همگن (همانند خوشه‌های صنعتی) تولید و تکمیل می شـوند. بهینه سـازی ترکیب ارتباطات، فعالیت‌های مشـترک و تکمیل‌کننده بین شرکت‌ها با اهداف توسعه اقتصادی پایدار و پویا، توسعه مدلی خواهد بود که در این مقاله به آن پرداخته خواهد شـــد. مطالعات گســـترده در این حوزه‌ها، اهمیت نیاز به تحقیقات و توسعه مدلهای کارآمد، به جهت پاسخگویی را دو چندان کرده است. در این تحقیق تلاش شده است مدلی ارائه شود که ضمن توسعه مدلهای اقتصادی پویا در قالب تخصیص بهینه شبکه/ زیرخوشه، با اهداف چندگانه مهم توسعه اقتصادی منطقه‌ای، پاسخگوی نیاز مدلهای کسب و کار دنیای امروز باشد.

## ۴. مدلسازی

### ۴-۱. تعریف مسأله و مدلسازی چند هدفه خوشه های صنعتی

رویکرد اصلی توسعه خوشه‌های صنعتی درباره حرکت از وضعیت ناپایدار به وضعیت پایدار هست. بر این اساس برنامه‌ریزان و توسعه‌دهندگان صنعتی، تلاش می‌کنند که از ابزارهای بروز و بهبود دهنده استفاده کنند. در فرایند توسعه خوشه‌های صنعتی، توسط نهادهای حمایتی یا توسط عامل توسعه خوشه یکی از اهداف اصلی، شبکه سازی و ایجاد

[1]. Babu
[2]. Han
[3]. Khilwani

www.SID.ir

Archive of SID



همکاری بین تمامی شرکت‌ها در یک منطقه، برای غلبه بر چالشهای مشترک می‌باشد. در ادبیات خوشه‌های صنعتی این اقدام، توسعه شبکه‌ها و شبکه سازی نامیده می شود. شبکه ها به منظور تسهیل اهداف ذینفعان خوشه، توسعه پایدار اقتصادی و منافع اجتماعی تشکیل می‌شوند. عموماً آرایش و تخصیص عضویت در شبکه‌ها با کمک روشهای کیفی انجام می‌گیرد که جواب دقیق و بهینه ای ندارد و مبتنی بر آزمون و خطا هست. بنابراین فقدان روش‌های کمی و بهینه‌سازی ریاضی شکاف تحقیقاتی در این زمینه هست. مسأله اصلی در این تحقیق توسعه مدل چند هدفه با اهداف متفاوت و تا حدودی جامع، حل بهینه آرایش و الگوی تخصیص شرکت‌ها به شبکه‌ها و نحوه ارتباط آنها هست. به دلیل گستردگی ابعاد مسئله، برای پوشش بخشی از ابعاد مهم منطبق بر توسعه اقتصادی پایدار خوشه در طراحی مدل ملاحظات اقتصادی، صنعتی، اجتماعی و محیط زیستی لحاظ شده است. به هر حال اهداف انتخاب شده و رویکرد چندهدفه مفیدتر و با ارزشتر از مدل‌های تک‌هدفه و محدودتر هست و شبیه‌سازی مسئله خوشه‌های صنعتی به واقعیت نزدیکترخواهد بود. بنابراین مسأله خوشه‌های صنعتی با چهار هدف طراحی شد که به ترتیب شامل حداکثرسازی سود و منافع خوشه (پورتر،۱۹۹۸)، حداقل سازی هزینه حمل و نقل مواد و محصول (مار شال،۱۹۲۰؛ پورتر، ۱۹۹۸؛ فزر[1]، ۱۹۹۸)، حداکثرسازی اشتغال (پورتر، ۱۹۹۸) و نهایتا" حداکثرسازی امتیاز سبز بودن فعالیت‌های زیست محیطی خوشه (پویا،۲۰۱۴). در نتیجه اهداف اصلی مد نظر در مدل چندهدفه پیشنهادی مفاهیم توسعه پایدار را پوشش می‌دهد. اولین هدف به عنوان هدف اصلی مدل با حداکثرسازی سود، قدرت و انگیزه ادامه رشد و توسعه خوشه را به دنبال دارد و عملاً بدون کسب سود ادامه فعالیت‌های اقتصادی فاقد توجیح هست، این هدف به ملاحظات اقتصادی و رشد مرتبط می‌باشد. هدف دوم حداکثرسازی اشتغال در خوشه هست که علاوه بر هدف اجتماعی و توسعه رفاه جامعه، اهداف توسعه کلان اقتصادی را پوشش می‌دهد. هدف سوم حداقل‌سازی هزینه حمل و نقل مواد در خوشه می‌باشد که علاوه بر هدف اقتصادی و کاهش هزینه، با کاهش انتشارکربن، هدف حفاظت از محیط زیست را به عنوان هدفی فرعی و همچنین افزایش توان رقابت پذیری را با کاهش قیمت محصولات، پوشش می‌دهد. هدف چهارم حداکثرسازی امتیاز سبز بودن و پوشش اهداف توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست و رعایت اصول تولید سبز را پوشش می‌دهد. مدل‌های تک‌هدفه به حل دقیق و بهینه

[1]. Feser

www.SID.ir

Archive of SID



ختم می‌شـــود اما مدلهای چند هدفه مجموعه‌ای از جواب را تولید می‌کند که نزدیک به بهینه هسـت اما مسـأله کاملتر با جواب نزدیک به بهینه در مسـأله توسـعه خوشـه های صنعتی جواب قابل قبول‌تر خواهد بود. در نهایت، هدف حداقل سازی تابع هدف کلی در مجموعه توابع هدف مدل می‌باشد.

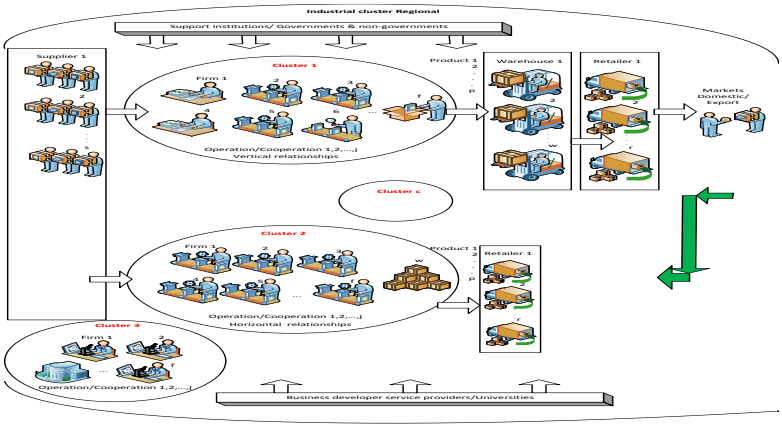
Minimize $\{f1(x), f2(x). . . fm(x)\}$ (۱)

s.t.

$g(x) \leq 0,$

که $x = (x1, x2. . . xn)$ بردار متغیرهای تصمیم هست و $F(x)=(f1(x), f2(x), . . . , fm(x)$ بردار توابع هدف مدل چندهدفه و فضای جواب و $g(x)$ بردار محدویت‌ها می‌باشد(سرایلو و توکلی مقدم، ۲۰۱۰: ۲؛ دیموپولوس[1]، ۲۰۰۶: ۴۸۵۶؛ زیتزلر[2]، ۱۹۹۹). توسعه و طراحی مدل چندهدفه در تولید سلولی و تولید سلولی پویا با فرضیات متعدد و الگوریتم های متفاوت ابتکاری و فراابتکاری بررسی و حل شد (سرایلو و توکلی مقدم، ۲۰۱۰: ۲؛ بجستانی، ۲۰۰۹: ۷۸۰؛ شیرازی و دیگران، ۲۰۱۴: ۶؛ رضائیان و دیگران، ۲۰۱۳: ۱۰۰۶؛ صفایی و توکلی مقدم، ۲۰۰۹: ۳۰۷؛ کیا و دیگران، ۲۰۱۴: ۲۲۰؛ مهدوی، ۲۰۱۱: ۶۵۲۱؛ دیموپولوس، ۲۰۰۶: ۴۸۵۷؛ آریافر و دیگران،۲۰۱۱: ۳۷۹ ). شکل (۲) نمایش مفهومی مدل را نشان می‌دهد.

**شکل۲. شکل مفهومی تحقیق مدل خوشه‌های صنعتی**




مأخذ: مدل پژوهش

[1]. Dimopoulos
[2]. Zitzler

www.SID.ir

Archive of SID



در مدل چندهدفه پویا[1] (پویا در این تحقیق، برنامه‌ریزی بیش از یک افق زمانی هست) و آمیخته عدد صحیح غیرخطی خوشه‌های صنعتی، مفروضات ذیل در نظر گرفته شد که عبارتند:

(۱) هر نوع محصول خوشه‌صنعتی، تعدادی عملیات/فعالیت همکاری شماره‌گذاری شده با توالی عملیات[2] دارد.

(۲) تقاضا برای هر نوع محصول خوشه در هر دوره و افق زمانی، معین و قطعی هست.

(۳) سود/منافع/ارزش هر شرکت در خوشه معین هست.

(۴) سود/منافع هر زمینه همکاری بین شرکتها معین هست.

(۵) حداکثر تعداد شبکه/زیرخوشه در هر افق زمانی از پیش معلوم و تعیین شده است.

(۶) حداکثر اندازه و تعداد شرکت‌های عضو هر شبکه/زیر خوشه از پیش معین هست.

(۷) شرکتها در مدل خوشه خرد، کوچک و متوسط هستند.

(۸) ظرفیت هر شرکت در افق زمانی برنامه، ثابت می‌باشد.

(۹) تقاضاها در افق زمانی برنامه‌ریزی قطعی و ثابت هستند.

(۱۰) انباشته شدن و کمبود موجودی مجاز نمی‌باشد.

(۱۱) هزینه حمل و نقل مواد اولیه و موجودی در جریان کار شامل هزینه خرید و عملیات آن.

(۱۲) تأمین مواد حداقل برابر تقاضا هست و کمبود در این مدل مجاز نمی‌باشد زیرا پارامترها قطعی هستند.

(۱۳) ظرایب و وزن اهمیت هر تابع هدف در افق زمانی برنامه‌ریزی ثابت هستند.

(۱۴) همکاری بین شرکت‌ها در شبکه‌های خوشه‌صنعتی اثرات مثبت افزایشی دارند که هم افزایی[3] نامیده می‌شود.

(۱۵) هنگامیکه شرکت‌ها یک سود تضمین شده داشته باشند با انگیزه بیشتر به شبکه‌ها متصل می‌شوند.

(۱۶) همکاری شرکتها درون شبکه‌ها در خوشه، حداقل سود ممکن را به همراه دارد اما مطالعات گسترده نشان می‌دهد که سود حاصله بیشتر هست همانند تخفیف گروهی خرید مواد اولیه در اثر خرید انبوه.

---

1. Dynamic Multi-objective
2. Operation Sequence
3. Synergy

www.SID.ir

Archive of SID



(۱۷) در زنجیره‌تأمین خوشه‌صنعتی[1] انواع فعالیت‌های تولیدی، خدماتی و تجاری و تکمیل‌کننده وجود دارد.

(۱۸) همکاری بین شرکت‌ها در خوشه و شبکه‌ها به دلیل توسعه فعالیت‌ها و دسترسی به بازارهای بزرگتر و صادرات باعث افزایش و پایداری اشتغال می‌شود.

(۱۹) هر شرکت می‌تواند در چند عملیات تولیدی با دیگر شرکت‌های خو شه همکاری کند.

(۲۰) هر شرکت می‌تواند در چند زمینه عملیات تولیدی و فعالیت اقتصادی با شرکت‌های خوشه همکاری داشته باشد.

(۲۱) هزینه‌های متغیر تولید واحد هر محصول هر شرکت، در هر افق برنامه‌ریزی با توجه به تقاضا در افق برنامه (فرض دوم و نهم)، ثابت و معین هست و برای هر شرکت بسته به ظرفیت و حجم‌کاری و مشخصات تکنولوژیکی متفاوت می‌باشد.

(۲۲) افق زمانی برنامه‌ریزی در خوشه‌های صنعتی میان‌مدت یا بلندمدت می‌باشد.

(۲۳) شرکت‌های عضو شبکه همکاری خوشه، فرض می‌شوند که توانایی انجام چند عملیات تولیدی و خدماتی را متناسب با هدف شبکه همکاری داشته باشند.

(۲۴) شرکت‌های عضو شبکه/زیرخو شه همکاری با جلسات متعدد و ساز وکار ایجادی توسط نهادهای پشتیبان، متعهد به همکاری کامل منطبق بر پروتکل‌های ظرفیت تولیدی و استانداردهای کیفیت مورد توافق با برنامه تولید شبکه هستند.

(۲۵) قبل از تشکیل شبکه‌های تولیدی و همکاری در خوشه، برنامه عملیاتی شامل فعالیت‌های حساس‌سازی، روابط مختلف کاری و اجتماعی، اعتمادسازی[2] بین شرکت‌های عضو شبکه، همکاری‌های کاری با سایر ذی‌نفعان و نهادهای متعدد، سرمایه اجتماعی[3] افزایش می‌یابد.

اندیس‌های مورد استفاده در توابع مدل چندهدفه خوشه‌های صنعتی عبارتند از:

c اندیس شبکه/زیرخوشه شرکت‌ها، $c=(1,\ldots,C)$

c` اندیس شبکه/زیرخوشه شرکت‌ها در خوشه بعدی، $c`=(1,\ldots,C`)$

f اندیس شرکت‌ها تولیدی/خدماتی $f=(1,\ldots,F)$

f` اندیس شرکت‌ها و بنگاههای تولیدی/خدماتی شبکه/ زیرخوشه دیگر $f`=(1,\ldots,F`)$

p اندیس نوع محصول/خدمات، $p=(1,\ldots,P)$

[1]. Industrial cluster of supply chain
[2]. Trust Building
[3]. Social Capital

www.SID.ir

Archive of SID



h اندیس دوره افق زمانی برنامه‌ریزی، h=(1,…,$H$)

j اندیس عملیات مرتبط با محصولp، j=(1,…, J)

k اندیس عملیات مرتبط با همکاری شبکه‌ای محصولp، k=(1,…, K)

C حداکثر تعداد شبکه/زیر خوشه همکاری

F تعداد شرکت‌های عضو در شبکه‌سازی

P تعدادمحصولات/خدمات تولیدی در شبکه خوشه صنعتی

H تعداد افق زمانی برنامه‌ریزی

J تعداد عملیات تولیدی در شبکه خوشه

K تعداد فعالیت اقتصادی و همکاری در شبکه خوشه

متغیرهای تصمیم مدل عبارتند از:

$X_{jpfch}$ اگر عملیاتj درمحصول p درون شبکه c برای شرکت f درافق زمانی h تخصیص یابد عدد ۱در غیراینصورت۰

$X_{kpfch}$ اگر همکاری k درمحصول p درون شبکهc برای شرکت f درافق زمانی hتخصیص یابد عدد ۱در غیراینصورت۰

$N_{fch}$ تعداد شرکت های f درون شبکه c درافق زمانی h

پارامترهای مدل عبارتند از:

$Djph$ تعداد/مقدار تقاضای عملیات j برای همکاری بین شرکت‌ها در شبکه‌های تولید محصول p در افق زمانی h

$UB$ حداکثر و حد بالا اندازه و تعداد اعضاء خوشه

$b_{jpf}$ سود/ارزش ایجاد شده حاصل از عملیات j و همکاری در تولید محصول p توسط شرکت f

$w_{jp}$ وزن اهمیت سیاست خوشه در تولید محصول p با عملیات j

$w_{kp}$ وزن اهمیت سیاست خوشه صنعتی در همکاری k بین شرکتها در تولید محصول p

$\beta_{jkp}$ سهم سود حاصل از عملیاتj در همکاری نوع k در تولید محصولp بین شرکتها در شبکه همکاری خوشه

$a_{jpf}$ اگرعملیات j وهمکاری در تولید محصول p توسط شرکت f انجام شود برابر ۱ در غیر اینصورت برابر صفر

www.SID.ir

Archive of SID



$a_{kpf}$ اگر عملیات همکاری k در تولید محصولp توسط شرکت f انجام شود برابر ۱در غیر اینصورت برابر صفر

$Q_{ph}$ مقدار تقاضای محصولp در افق زمانیh

$UB_f$ حداکثر یا حد بالای سود شرکتf

$LB_{jp}$ حداقل یا حد پایین تعداد عملیاتj توسط شرکتf

$UB_{jp}$ حداکثر یا حد بالای تعداد عملیاتj توسط شرکتf

$E_{jpfch}$ اشتغال عملیات j محصول p حاصل همکاری درون شبکه c برای شرکت f در افق زمانی h

$E_{kpfch}$ اشتغال عملیات همکاری k محصول p حاصل همکاری درون شبکه c برای شرکت f در h

$\alpha_{jp}$ حداقل درصد مورد انتظار اشتغال عملیات j برای محصول p

$B$ اندازه انباشته تولیدی

$d_{ff'}$ فاصله بین دو شرکت با جدول فاصله از-به

$\gamma_{ph}^{inter}$ هزینه حمل و نقل بین شبکه‌های خوشه

$\gamma_{ph}^{intra}$ هزینه حمل و نقل درون شبکه‌های خوشه

$\gamma_{jpf}$ منافع شرکت f از فرایند تولید j در محصول سبز p

$G_{jpfc}^{q}$ شاخص زیست محیطی برای فرایند تولید j درمحصول سبزp توسط شرکت f در خوشه c

$W_p$ وزن اهمیت محصول p

$S_{jpfch}$ شاخص امتیاز ارزیابی سبز و محیط زیستی عملیاتj محصول p حاصل همکاری درون شبکه c برای شرکت f در افق زمانی h (یه و چوآنگ[1]، ۲۰۱۱: ۴۲۴۷)

امتیاز ارزیابی محیط زیستی خوشه با تکمیل چک لیست خوشه برای هر شرکت عضو شبکه تهیه شد. مهمترین شاخص‌ها بر اساس مطالعه یه و چوآنگ شامل محصولات سبز، بازیافت مواد و محصول، استفاده مجدد از ضایعات، کاهش ضایعات، تولید مجدد، طراحی سبز، کاهش مصرف مواد و منابع، کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف آب، بازیافت آب، آلودگی آب، آلودگی هوا، تولید گرد و غبار، گواهینامه‌های زیست محیطی همانند ایزو ۱۴۰۰۰، انتشار مواد شیمیایی و فلزات خاص، ضایعات جامد، استراتژی‌های زیست محیطی، ضایعات الکترونیکی.

[1]. Yeh & chuang

www.SID.ir

Archive of SID



در مدل پیشنهادی دو تابع هدف سود و حمل و نقل خوشه، غیرخطی و دو تابع هدف دیگر، اشتغال و زیست محیطی خوشه، خطی هستند. به دلیل ترکیبی از توابع خطی و غیرخطی درجه دو و متغیرهای عدد صحیح و صفر و یک، مدل طراحی شده از نوع MINILP[1] هست. حل مسائل غیرخطی مشکل‌تر از مسائل خطی هست و برای کاهش حجم محاسبات تبدیل توابع غیرخطی به خطی با روش تغییر متغیر و اضافه شدن متغیرهای جدید کمکی، تأثیر بسیار زیادی در کاهش حجم و زمان دارد. در هر حال مسئله در ابعاد بزرگ از نوع مسائل سخت NP-Hard می‌باشد که استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری[2] در حل مسائل با ابعاد بزرگ رویکردی مناسب هست. با تبدیل توابع غیرخطی به خطی، پیچیدگی و سرعت حل مسأله به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. جهت تبدیل توابع غیرخطی به خطی از متغیرها و روش زیر استفاده شد. متغیر خطی‌سازی برای متغیرهای باینری در تابع هدف اول سود شرکت‌ها و شبکه‌های تولید و همکاری در خوشه صنعتی

$$U1\ (j, k, p, f, c, h)$$
$$X_{jpfch}.X_{kpfch} = U1\ (j, k, p, f, c, h) \qquad (۲)$$
$$X_{jpfch} + X_{kpfch} <= 1 + U1\ (j, k, p, f, c, h)$$
$$X_{jpfch} + X_{kpfch} >= 2\ U1\ (j, k, p, f, c, h)$$
$$\forall j, k, p, f, c, h$$

متغیر خطی‌سازی برای متغیرهای باینری در تابع هدف سوم هزینه حمل و نقل مواد درون و بین شرکت‌های تخصیص یافته به شبکه‌های تولید خوشه صنعتی

$$U2\ (j, j1, f, f1, f, p, c, c1, h)$$
$$X_{jpfch}.X_{j+1pf1c1h} = U2\ (j, j1, f, f1, f, p, c, c1, h) \qquad (۳)$$
$$X_{jpfch}.X_{j+1pf1c1h} <= 1 + U2\ (j, j1, f, f1, f, p, c, c1, h)$$
$$X_{jpfch}.X_{j+1pf1c1h} >= 2\ U2\ (j, j1, f, f1, f, p, c, c1, h)$$
$$\forall j, j1, f, f1, f, p, c, c1, h$$

تابع هدف اول حداکثرسازی سود (ارزش)، Z1

$$Max\ Z1 = \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C} N_{fch}.b_{fch} + \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J} X_{jpfch}.b_{jpf}.D_{jph}.w_{jp} + \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} \beta_{jkp}.X_{jpfch}.X_{kpfch} + \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J} \gamma_{jpf}.S_{jpfch}.X_{jpfch} \qquad (۴)$$

تابع هدف دوم حداکثرسازی اشتغال، Z2

[1]. MINLP: Mix intigear nonlinear programing
[2]. Meta-heuristics

www.SID.ir

Archive of SID



$$Max\ Z2 = \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J} X_{jpfch}.E_{jpfch}.W_{jp} + \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J} X_{jpfch}.EG_{jpfch}.WG_{jp} \quad (۵)$$

تابع هدف سوم حداقل‌سازی هزینه حمل و نقل، Z3

$$Min\ Z3 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{h=1}^{H}\left\lceil\frac{D_{ph}}{B}\right\rceil \times \gamma_{ph}^{inter} \times \left[\left(\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{f=1}^{F}\sum_{f'=1}^{F'}\sum_{c=1}^{C}\sum_{c'=1}^{C'}\sum_{h=1}^{H} d_{ff'}.X_{jpfch}.X_{j+1.p.f'.c'.h}\right);\ c \neq c'\right] + \sum_{p=1}^{P}\sum_{h=1}^{H}\left\lceil\frac{D_{ph}}{B}\right\rceil \times \gamma_{ph}^{intra} \times \left[\left(\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{f=1}^{F}\sum_{f'=1}^{F'}\sum_{c=1}^{C}\sum_{c'=1}^{C'}\sum_{h=1}^{H} d_{ff'}.X_{jpfch}.X_{j+1.p.f'.c'.h}\right);\ c = c'.f \neq f'\right] \quad (۶)$$

تابع هدف چهارم حداکثرسازی امتیاز زیست محیطی، Z4

$$Max\ Z4 = \sum_{h=1}^{H}\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P} X_{jpfch}.S_{jpfch} \quad (۷)$$

$$S_{jpfc} = \sum_{q=1}^{Q} W^{q}.G_{jpfc}^{q}\ .Q = 24 \quad (۷-۱)$$

تابع هدف سود از چهار بخش تشکیل شده که به ترتیب سود کل شرکت، سود حاصل از عملیات‌های تولیدی درون شبکه با ارتباطات عمودی و افقی، سود حاصل از شبکه‌های همکاری پشتیبانی همانند خرید مشترک، سود حاصل از فعالیت های زیست محیطی و محصولات سبز خوشه می‌باشد. تابع هدف اشتغال از دو بخش اشتغال تولیدی و فعالیت-های پایدار خوشه تشکیل شده است. تابع هدف هزینه از دو بخش هزینه حمل و نقل مواد بین شرکت‌ها درون و بین شبکه/زیرخوشه‌ها تشکیل شده است. در نهایت تابع هدف زیست محیط دارای یک بخش مجموع امتیازات ارزیابی محیط زیست می‌باشد.

محدودیت‌های اشتغال خوشه صنعتی

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{h=1}^{H} E_{jpfch}.X_{jpfch} \geq \alpha_{jp} \times \left(\sum_{f=1}^{F} E_f\right) \quad (۵-۱)$$

میزان اشتغال خوشه حداقل برابر مجموع اشتغال شرکت‌هاست

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{c=1}^{C} E_{jpfch}.X_{jpfch} - \sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{c=1}^{C} E_{jpfc(h-1)}.X_{jpfc(h-1)} \geq 0.\ \forall h.h-1 \quad (۵-۲)$$

میزان اشتغال خوشه حداقل برابر اشتغال افق زمانی قبل هست.

محدویت‌های مدل عبارتند از: محدویت‌های سود (منافع/ارزش) خوشه

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C} a_{jpf}.X_{jpfch} = 1\ .\forall\ h.j.p \quad (۴-۱)$$

تخصیص یک به یک هر عملیات محصول و افق زمانی

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{c=1}^{C} a_{kpf}.X_{kpfch}.X_{jpfch} = 1\ .\forall\ h.k.j.p \quad (۴-۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID



تخصیص یک به یک همکاری و مشارکت در فعالیت های گروهی $k$ در هر عملیات محصول و افق زمانی

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P} D_{ph}.X_{jpfch} \leq \sum_{f=1}^{F} T_f \ .\forall\, c.h \qquad (۴-۳)$$

مجموع تقاضا هر محصول در هر افق زمانی کوچکتر ومساوی ظرفیت کل

$$\sum_{f=1}^{F} N_{fch} \leq UB_c.\ \forall\, c.h \qquad (۴-۴)$$

مجموع شرکت‌ها در هر شبکه و افق زمانی کوچکتر و مساوی حد بالا

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{f=1}^{F} N_{fch} \geq 1.\ \forall\, c.h \qquad (۴-۵)$$

در هر شبکه و افق زمانی مجموع شرکت‌ها حداقل یک هست

$$N_{fch} \geq 1.\ \forall\, c.h.f \qquad (۴-۶)$$

هر شرکت در هر خوشه و افق زمانی حداقل یکبار تخصیص می یابد

$$\left(\sum_{c=1}^{C}\sum_{f=1}^{F} N_{fch} - \sum_{c=1}^{C}\sum_{f=1}^{F} N_{fc(h-1)}\right) \geq 0.\forall\, h \qquad (۴-۷)$$

تعداد عضویت شرکت ها در هر شبکه حداقل برابر افق زمانی قبلی هست

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{f}^{F}\sum_{p=1}^{P} b_{jpf}.D_{jph}.X_{jpfch} \geq UB_f.\forall h.j.f \qquad (۴-۸)$$

مجموع سود هر شرکت برای تمام محصولات در شبکه بزرگتر از حد بالا

$$LB_j \ \leq \sum_{j=1}^{J} X_{jpfch} \leq UB_j.\forall\, p.f.c.h \qquad (۴-۹)$$

مجموع عملیاتها برای هر شرکت در هر شبکه و افق زمانی محدود هست

$$LB_k \ \leq \sum_{k=1}^{K} X_{kpfch} \leq UB_k.\forall\, p.f.c.h \qquad (۴-۱۰)$$

مجموع همکاریها برای هر شرکت در هر شبکه و افق زمانی محدود هست

محدودیت‌های امتیاز ارزیابی زیست محیطی و سبز خوشه

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{c=1}^{C} S_{jpfch}.X_{jpfch} \ \geq Max\left(S_{jpfch}.N_{fch}.\beta_{jp}\right).\forall h \qquad (۶-۱)$$

امتیاز خوشه حداقل مساوی مجموع امتیاز شرکتها در هر افق باشد

$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{c=1}^{C} S_{jpfch}.X_{jpfch} \ -$$
$$\sum_{f=1}^{F}\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{c=1}^{C} S_{jpfc(h-1)}.X_{jpfc(h-1)} \geq\ 0.\ \forall h.h-1 \qquad (۶-۲)$$

امتیاز زیست محیطی هر افق زمانی حداقل برابر افق قبل باشد

Binary Constraints (۵-۱)

$$N_{fch}.X_{jpfch}.X_{kpfch} \in \{0.1\}$$

Non-negative constraints (۵-۲)

$$D_{jph}.\beta_{jkp}.S_{jpfch}.E_{jpfch} \geq 0$$

www.SID.ir

Archive of SID



## ۴-۲. متدولوژی پیشنهادی مدل خوشه صنعتی

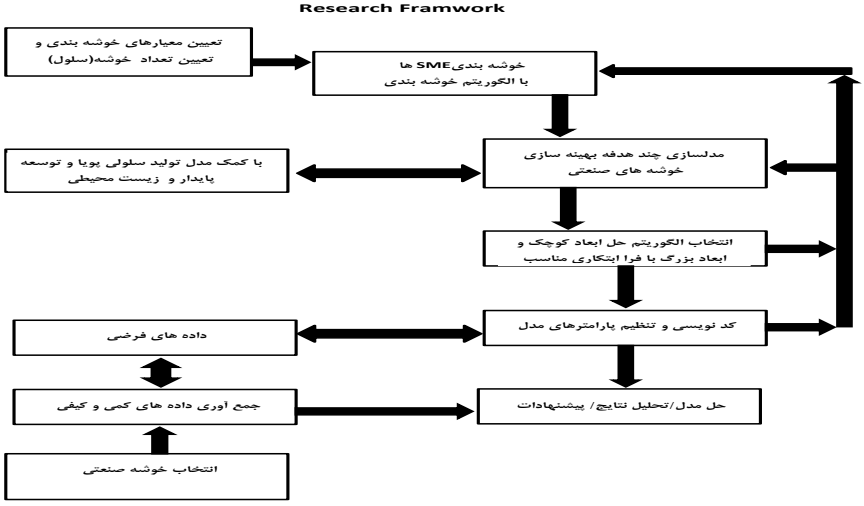
تعداد بنگاهها در خوشه‌های صنعتی و اقتصادی، بسته به عوامل مختلف، شرایط ژنریک و برنامه‌های کارآمد توسعه در مناطق جغرافیایی کشورها، متغیر هستند. ادبیات تحقیق تاکنون نشان داده است که بین ۹ تا بیش از ۵۰۰۰ واحد اقتصادی با سطوح مختلف کیفیتی، گردش مالی و تکنولوژیکی در خوشه‌ها وجود دارند. خوشه‌ها معمولا با تعداد قابل توجه‌ای شرکت در یک منطقه تجمع پیدا کرده‌اند. تعداد زیاد تولیدکنندگان با تفاوت‌هایی در اندازه شرکت، فناوری، گردش مالی، دسته محصولات و خدمات تولیدی، سطح کیفیت، اندازه بازار و صادرات بنگاهها، نیازمند دسته بندی اولیه شرکت‌ها به گروهها و خوشه‌های کوچکتر هست. گروههای جدید کوچکتر با حداکثر شباهت و همگنی نسبت به همدیگر در هر گروه، به کاهش محاسبات و شبکه سازی بهتر کمک می‌کند. همچنین تلاش می‌شود بین هر گروه افراز شده حداکثر تفاوت وجود داشته باشد. این رویکرد به جهت کاهش ابعاد مسأله و بهبود جواب ضروری هست. از روش‌های مشهور آماری کاهش متغیرها و داده‌ها، می‌توان به روش خوشه‌بندی، روش تحلیل مولفه‌های اصلی و روش‌های گروه‌بندی کیفی اشاره کرد. در این مقاله از معروف‌ترین روش یعنی تجزیه و تحلیل خوشه‌بندی استفاده شده است. پس به منظور گروه‌بندی مناسب شرکتها، ۱۱۱ متغیر کمی و کیفی از طیف وسیعی از مشخصات شرکت‌ها، طراحی و در روش خوشه بندی شرکت‌های عضو خوشه صنعتی استفاده شد. نتیجه این مرحله کاهش تعداد قابل توجه‌ای از شرکت‌ها با حداکثر شباهت به همدیگر هست. این شرکت‌های مشابه در گروههای کوچکتر، به منظور ورودی به مدل ریاضی پیشنهادی خوشه صنعتی تعیین می‌شوند. نهایتاً در مرحله بعد، ساختار بهینه شبکه همکاری خوشه صنعتی محاسبه و طراحی شود. شکل-۳ مراحل و چارچوب پژوهش را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



**شکل۳. چارچوب تحقیقاتی توسعه یافته**




مأخذ: طرح تحقیق

برای مطالعه موردی از بین ۴۳۰ خوشه شناسایی شده کشور، خوشه صنعتی سنگ محلات به دلیل بیش از یک دهه کار مطالعاتی و اجرایی برنامه توسعه پژوهشگر در این خوشه انتخاب شد. داده‌های جمع‌آوری شده برای هر شرکت شامل ظرفیت تولید، هزینه تولید، سود شرکت، فرایندهای عملیاتی، توالی عملیات، زمینه های فعالیت‌های همکاری و منافع حاصله، میزان اشتغال، هزینه حمل ونقل مواد و کالای در جریان ساخت بین شرکت‌ها، پیش بینی تقاضا، می باشد. همچنین داده‌های برای دو دوره زمانی یک ساله پیش بینی شده است. برای شرکت‌ها و محیط تولیدی خوشه ۲۴ شاخص های کمی و کیفی محیط سبز همانند کیفیت محصول، میزان آلودگی محیط، گواهی استاندارد ایزو۱۴۰۰۰، مصرف منافع طبیعی، کاهش ضایعات، استفاده مجدد از ضایعات، محصول سبز، بازیافت، کاهش مصرف انرژی، چرخه بسته بازیافت مواد، انتشار مواد شیمیایی و خطرناک تعدادی تحلیل و امتیاز سبز هر شرکت نسبت به محصول و فرایند محاسبه شد. برای حل مدل چندهدفه خوشه‌های صنعتی از نرم‌افزار گمزGAMES,R23.5 و جهت پارامترهای مدل و محاسبه امتیاز ارزیابی زیست محیطی از نرم‌افزارهای اکسل و آماری مینی‌تب Minitab R14 استفاده شد.

هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسأله است. برای یک مسأله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسه آنها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. انتخاب این تابع به

www.SID.ir

Archive of SID



طبیعت مسأله وابسته است. گاهی در بهینه‌سازی چند هدف به طور همزمان مد نظر قرار می‌گیرد؛ این گونه مسائل بهینه‌سازی را که در برگیرنده چند تابع هدف هستند، مسائل چندهدفه می‌نامند. در بهینه‌سازی چندهدفه مجموعه ای از جواب‌ها تولید می‌شود که مجموعه پاراتو گفته می‌شود. ساده‌ترین راه در برخورد با این گونه مسائل، تشکیل یک تابع هدف جدید به صورت ترکیب خطی توابع هدف اصلی است که در این ترکیب میزان اثرگذاری هر تابع با وزن اختصاص یافته به آن مشخص می‌شود که روش وزنی نامیده می‌شود. به منظور کاهش تأثیر نظرات و سلیقه تصمیم‌گیرندگان روش LP-metricتوسعه یافت(نورالسناء و اردکانی، ۱۳۸۷: ۶۵). فاصله متریک P به منظور سنجش یک راه‌حل موجود نسبت به راه‌حل‌های ایده‌آل استفاده می‌شود که هر چه بزرگتر باشد انحراف بیشتری از راه‌حل ایده‌آل را نشان می‌دهد. تابع سازگار $L_P$ به منظور کاهش انحرافات از راه‌حل ایده‌آل باید حداقل شود. در این روش به منظور بی اثر کردن مقیاس اهداف از رابطه زیر استفاده می شود:

$$L_P = \sum_{j=1}^{k} \gamma_j \left( \left[ \frac{f_{j(x^{\max j})} - f_j(x)}{f_{j(x^{\max j})} - f_j(x^{\min j})} \right]^P \right)^{1/P} \qquad (۸)$$

$\gamma_j$ وزن اهمیت هر تابع هدف می‌باشد.

P فاصله بسته بین یک و بی نهایت می‌باشد که در تحقیقات از اعداد ۱،۲ و بی نهایت استفاده می‌شود و ثابت شده که هر مقدار می تواند جواب قابل قبولی تولید کند که به ازاء $\gamma_j$ <۰جواب های سازگار تولید می‌شود (چانکونک و هیمز[1]، ۱۹۸۳؛ نورالسناء و اردکانی، ۱۳۸۷: ۶۶). از مزایای این روش انعطاف‌پذیری جهت یافتن جواب‌های موثر با تأثیرP، w می‌باشد (نورالسناء و اردکانی، ۲۰۰۹: ۱۸). روش دیگر، روش محدودیت اپسیلون Ɛ-constraint می باشد که یکی از توابع هدف به عنوان تابع اصلی و سایر توابع هدف به عنوان محدودیت تعیین شده که مقادیر مشخصی از اپسیلون به عنوان مقادیر سمت راست محدودیت مدل تعیین می‌شود. مدل چندهدفه به صورت زیر فرض می‌شود:

$$\text{Max } (f_1(x), f_2(x). \ldots . f_P(x)) \qquad (۹)$$

s.t.: x∈s,

[1]. Chankong & Haimes

www.SID.ir

Archive of SID



این روش مزایای بیشتری نسبت به روش‌های قبل دارد و برای مدلهای ترکیبی غیرخطی عدد صحیح جواب‌های بهتری تولید می‌کند و جواب‌های از گوشه ناحیه جواب خارج شده و مقیاس توابع بی تأثیر هست (ماوروتاس[1]، ۲۰۰۹: ۴۵۷).

$$\begin{aligned}&\text{Max } f_1(x)\\&\text{s.t.:}\\&f_2(x) \le \varepsilon_2,\\&f_3(x) \le \varepsilon_3,\\&\dots\\&f_P(x) \le \varepsilon_P,\ x \in s,\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

**۳-۴. نتایج شبیه‌سازی**

برای آزمون تجربی مدل، از ۵ شرکت مشابه که با خوشه بندی اولیه در یک گروه قرار گرفتند با تولید۲ دسته محصول و ۳ فرایند عملیات تولیدی به ترتیب توالی عملیات درون ۲ شبکه/زیرخوشه همکاری استفاده شد. همچنین ۳ زمینه همکاری شامل تأمین مشترک مواد، کنترل کیفیت مشترک و شبکه مشترک فروش در ۲ افق زمانی یک ساله در نظر گرفته شد. نتایج بهترین جواب بهینه مدل شامل مقادیر توابع هدف، برنامه تولید در هر افق زمانی، تخصیص شرکت‌ها به هر شبکه بر اساس نوع محصول و عملیات، برنامه همکاری غیرتولیدی و ارتباطات عمودی، افقی و تخصیص همکاری در جدول (۱) نشان داده شده است.

**جدول۱. جواب حل بهینه مدل خوشه صنعتی**

| P | W1 | | | W2 | | | W3 | | | W4 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ۰/۱ | | | ۰/۰۵ | | | ۰/۸ | | | ۰/۰۵ | | |
| H1 | C1 | | | | | | C2 | | | | | |
| P | P1 | | | P2 | | | P1 | | | P2 | | |
| J | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 |
| F1 | | | | | | | | | | ۱ | | |
| F2 | ۱ | | | | ۱ | | | | | | ۱ | |
| F3 | | | ۱ | | | ۱ | | | | | | |
| F4 | | ۱ | | ۱ | ۱ | | | | | | | |
| F5 | | | | ۱ | | | | | | ۱ | | |
| H2 | C1 | | | | | | C2 | | | | | |
| P | P1 | | | P2 | | | P1 | | | P2 | | |
| J | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 | J1 | J2 | J3 |
| F1 | | | | | | ۱ | | | | | | |

[1]. Mavrotas (2009)

www.SID.ir

Archive of SID



| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F2 | | | | ۱ | | ۱ | | | | ۱ | ۱ | |
| F3 | | | | | | | | | ۱ | | | |
| F4 | | | | | ۱ | | ۱ | ۱ | | ۱ | | |
| F5 | | | | ۱ | | | | | | ۱ | | |
| H1 | C1 | | | | | | C2 | | | | | |
| P | P1 | | | P2 | | | P1 | | | P2 | | |
| K | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 |
| F1 | ۱ | | ۱ | ۱ | ۱ | | ۱ | | | ۱ | | |
| F2 | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | | ۱ | | | ۱ | | |
| F3 | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | | ۱ | | ۱ |
| F4 | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | | ۱ | ۱ | | ۱ |
| F5 | | ۱ | ۱ | | | ۱ | | ۱ | ۱ | | | ۱ |
| H2 | C1 | | | | | | C2 | | | | | |
| P | P1 | | | P2 | | | P1 | | | P2 | | |
| K | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 | K1 | K2 | K3 |
| F1 | | | ۱ | ۱ | | | | ۱ | | | ۱ | |
| F2 | | | ۱ | | ۱ | ۱ | | | | ۱ | | ۱ |
| F3 | | | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | | ۱ |
| F4 | ۱ | | ۱ | ۱ | ۱ | | ۱ | ۱ | ۱ | | | ۱ |
| F5 | | | ۱ | | | ۱ | | ۱ | | | | ۱ |
| Lp | Z1* | | | Z2* | | | Z3* | | | Z4* | | |
| ۰/۰۲۵ | ۳۴۱۵۵/۷۱ | | | ۱۱/۵۸۰ | | | ۱۳۸۱۴/۲۰ | | | ۲۲۸۵/۳۸۰ | | |

مأخذ: محاسبات پژوهش

**جدول۲. بهترین جواب های ترجیحی حل بهینه مدل خوشه صنعتی**

| P | W1 | W2 | W3 | W4 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Min(Z(Lp)) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۷ | ۰/۱ | ۳۴۱۵۶/۰۱۰ | ۱۱/۷۶۰ | ۱۷۳۸۹/۶۴۰ | ۲۲۷۵/۸۱۰ | ۰/۰۴۷ |
| ۱* | ۰/۱ | ۰/۰۵ | ۰/۸ | ۰/۰۵ | ۳۴۱۵۵/۷۱۰ | ۱۱/۵۸۰ | ۱۳۸۱۴/۲۰۰ | ۲۲۸۵/۳۸۰ | ۰/۰۲۵ |
| ۲ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۷ | ۰/۱ | ۳۴۱۵۵/۶۱۰ | ۱۱/۷۶۰ | ۱۷۳۸۹/۶۴۰ | ۲۲۷۵/۸۱۰ | ۰/۰۷۱ |
| ۳ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۷ | ۰/۱ | ۳۴۱۴۷/۳۱۰ | ۱۱/۸۸۰ | ۴۰۱۴۲/۴۴۰ | ۲۱۱۸/۳۶۰ | ۰/۴۲۳ |
| ۳ | ۰/۵ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۳۴۱۵۵/۲۱۰ | ۱۱/۷۶۰ | ۱۹۳۳۹/۸۸۰ | ۲۲۸۳/۱۷۰ | ۰/۱۳۴ |

مأخذ: محاسبات پژوهش

**جدول۳. جواب‌های حل مدل خوشه صنعتی با اهمیت یکسان اهداف**

| P | W1 | W2 | W3 | W4 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z(Lp) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۳۴۱۵۶/۳۱۰ | ۱۱/۷۶۰ | ۱۹۳۳۹/۸۸۰ | ۲۲۸۳/۱۷۰ | ۰/۰۶۰ |
| ۲ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۳۴۱۳۹/۵۱۰ | ۱۱/۲۸۰ | ۲۲۷۵۲/۸۰۰ | ۲۰۸۸/۹۶۰ | ۰/۷۸۷ |
| ۳ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۳۴۱۴۱/۴۱۰ | ۱۱/۱۶۰ | ۲۳۱۵۹/۱۰۰ | ۲۱۲۹/۳۹۰ | ۰/۸۵۰ |

مأخذ: محاسبات پژوهش

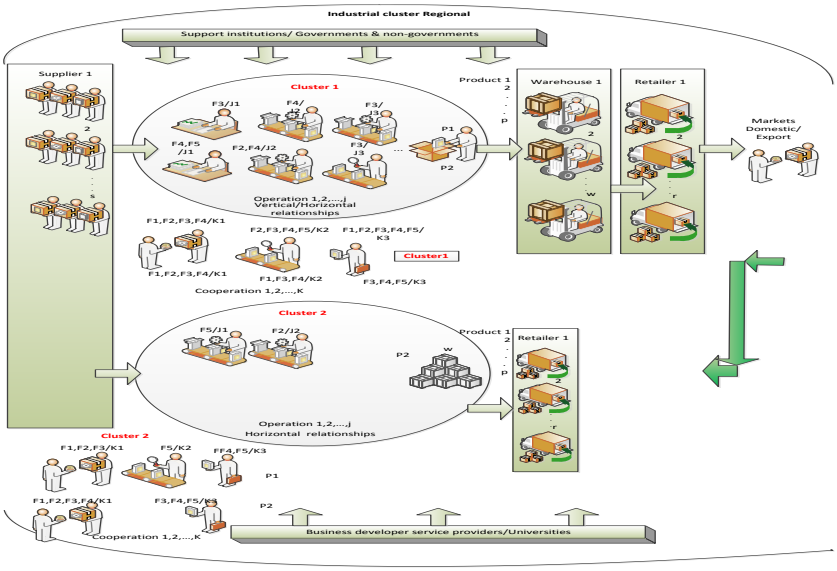
www.SID.ir

Archive of SID



مدل‌های چندهدفه، فاقد جواب بهینه تکی هستند و نمی‌توانند اهداف تمام توابع را همزمان بهینه کنند. بنابراین از بین مجموعه جواب‌های موجه، بهترین جواب ترجیحی و کارآمد توسط تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شود. بنابراین ممکن هست با تمرکز بر بهینه‌سازی یک تابع، توابع دیگر تحت تأثیر مثبت یا منفی قرار بگیرند. نتایج تجربی تحقیق با ۲۴ ترکیب مختلف از وزنهای چهار تابع هدف و مقادیر ۱، ۲ و ۳ برای P نشان داد که در این مدل هر چه مقدار P افزایش یابد مجموعه جوابها بدتر می‌شود.

**شکل۴. تخصیص بهینه شبکه‌های مدل خوشه صنعتی**




مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول (۲) با بررسی وزنهای توابع هدف این آزمایش به ترتیب ۰/۱، ۰/۱، ۰/۷ و ۰/۱ با P برابر یک بهترین جواب را نشان می‌دهد که وزن هزینه حمل و نقل بیشترین تأثیر را بر جواب بهینه داشته و مقدار Lp به منظور کاهش انحرافات با ۰/۰۴۷ حداقل می‌باشد. با مشخص شدن بیشترین تأثیر هدف سوم بر جواب با تحلیل حساسیت آن، جواب بهتری برای ۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۸ و ۰/۰۵ کشف شد. کاهش بسیار زیاد ۰/۲۰۵ درصدی هزینه حمل و همچنین جواب ترجیحی بهبود یافته با Lp برابر ۰/۰۲۴ و کاهش تقریبا ۲ برابری در انحراف تابع نسبت به جواب قبل بهبود نتایج را نشان می‌دهد. سایر اهداف با توجه به اهمیت نتایج کاهش هزینه و افزایش سود حاصله و به تبع کاهش آلودگی کربن

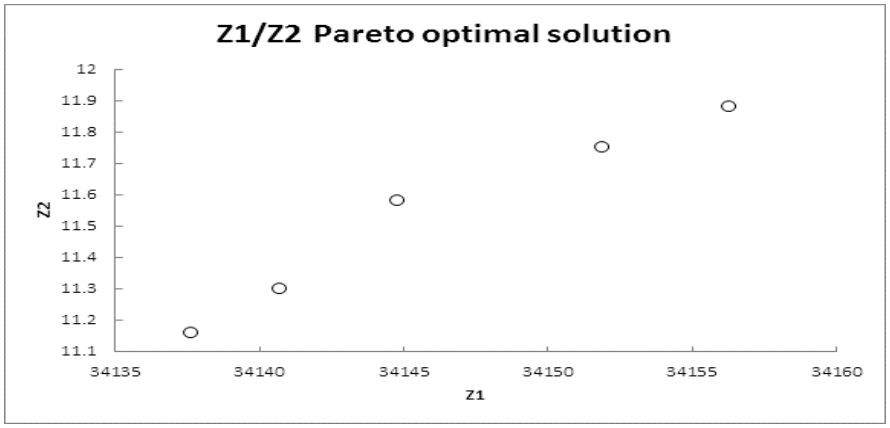
www.SID.ir

Archive of SID



تغییر محسوسی نداشت. جدول (۳) نتایج حل مدل را با توجه به اهمیت یکسان اهداف و در واقع عدم الویت اهداف نسبت به همدیگر (w1=w2=w3=w4=0.25) و بی‌تفاوتی تصمیم‌گیرنده را به اهداف نشان می‌دهد. جوابها در مقادیر ۲ و ۳ برای P بدتر می‌شود لذا توجه به اهمیت اهداف در این مدل در کسب بهترین نتایج بهینه، ضروری است. تصمیم-گیران و برنامه‌ریزان توسعه صنعتی برای اهداف توسعه اقتصادی پایدار خوشه‌ها اهمیت-های متفاوتی با توجه به نوع صنعت و الویت توسعه اقتصادی اجتماعی، مد نظر دارند اما توجه به تولید بهینه پایدار در خوشه صنعتی تضمین توانمندی و افزایش رقابت‌پذیری را با ملاحظات توسعه پایدار به همراه دارد. جوابهای پاراتو مدل در شکل۵تا۷ نشان داده شده است. برای تحلیل مدل اصلی، تأثیر اهداف مسأله بر یکدیگر در نمودار پاراتو در نظر گرفته شد. در شکل (۵) تابع اول و دوم رابطه مستقیم دارند و افزایش سود خوشه بر افزایش اشتغال موثر هست.

**شکل۵. نمودار حل بهینه پاراتو هدف اول و دوم**




مأخذ: یافته‌های پژوهش

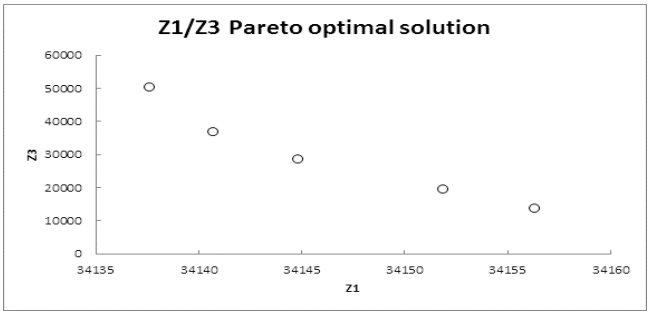
در شکل (۶) تابع اول و سوم رابطه معکوس دارند و کاهش هزینه حمل و نقل مواد در شبکه‌های خوشه بر افزایش سود خوشه موثر هست. تابع حمل و نقل به دلیل تأثیر بسیار زیاد بر کاهش قیمت‌ها، کاهش آلودگی و کربن هوا، بسیار موثر هست و در خوشه با تخصیص بهینه شرکت‌ها و حداقل کردن فاصله‌های حمل‌ونقل، بر رشد و توسعه پایدار اقتصادی تأثیر بسیاری دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



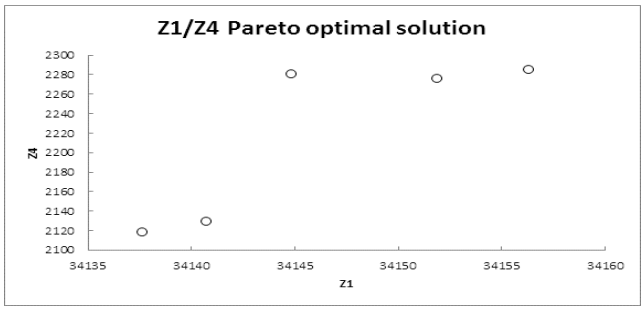
**شکل۶. نمودار حل بهینه پاراتو هدف اول و سوم**




مأخذ: یافته‌های پژوهش

تابع اول و چهارم نیز رابطه مستقیم دارد. با افزایش امتیاز زیست محیطی خوشه، سود حاصل از منافع توسعه پایدار و افزایش رقابت‌پذیری با محصولات سبز و کاهش چالش‌های صنعتی، سود کل خوشه را افزایش می‌دهد که در شکل (۷) نمایش داده شده است.

**شکل۷. نمودار حل بهینه پاراتو هدف اول و چهارم**




مأخذ: یافته‌های پژوهش

میزان ارتباط با ضریب همبستگی پیرسون جهت اهداف مسأله نیز تایید می‌کند که سود با اشتغال در خوشه ارتباط بسیار قوی مثبت، سود با هزینه حمل و نقل ارتباط منفی و متوسط، سود با محیط زیست ارتباط بسیار قوی مثبت، هزینه حمل و نقل با اشتغال ارتباط مثبت و بسیار ضعیف، اشتغال با محیط زیست ارتباط مثبت و قوی و هزینه حمل و نقل با محیط زیست ارتباط منفی و قوی دارند.

| | z1 | z2 | z3 |
|---|---|---|---|
| z2 | ۰/۸۰۱ | | |
| z3 | -۰/۳۹۸ | ۰/۱۸۸ | |
| z4 | ۰/۹۵۵ | ۰/۵۸۹ | -۰/۶۴۰ |

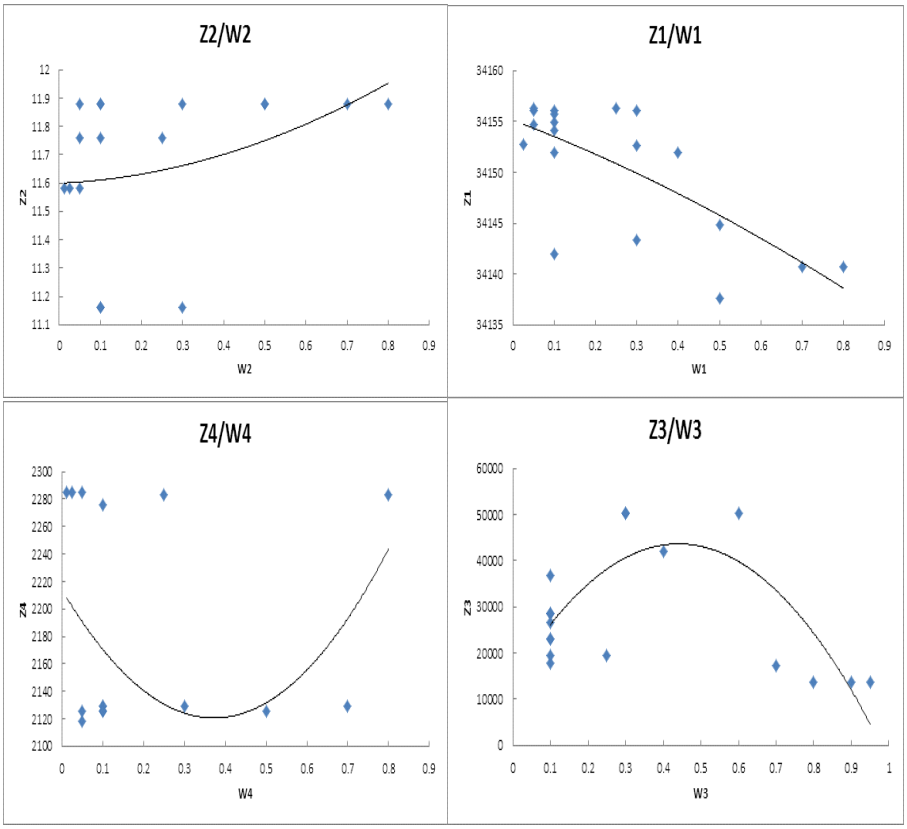
www.SID.ir

Archive of SID



با بررسی نتایج همبستگی، میزان ارتباط اهداف خوشه صنعتی در مدل طراحی شده و تأثیر آنها بر همدیگر با توجه به مفاهیم و ادبیات رشد و توسعه اقتصادی پایدار، منطقی بوده و نتایج بهبود دهنده‌ای برای تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان صنعتی در اقتصاد منطقه رقم می‌زند. در مسائل چندهدفه وزن اهمیت هر هدف برای تصمیم‌گیرندگان بسیار مهم هست و نمی‌توان تصور کرد که اهداف متعدد نسبت به هم برای تصمیم‌گیرنده هیچ الویت و ترجیحی نداشته باشند. نتایج تجربی به جهت یافتن بهترین جواب بهینه، وزن‌ها ($w1=0.1,w2=0.05,w3=0.8,w4=0.05$) با توجه به پارامترهای خوشه مورد مطالعه، توصیه می شود. شکل (۸) روابط میان مقادیر وزن و اهداف مدل را بصورت مستقل از سایر اهداف نشان می‌دهد. در تابع هدف سود، وزن و مقدار تابع، رابطه معکوس دارند که با افزایش اهمیت و وزن تابع، سود کاهش می‌یابد. تابع هدف اشتغال و وزن تابع، رابطه مستقیم دارند و با افزایش وزن، تابع اشتغال افزایش می‌یابد.

**شکل۸. نمودار رابطهwهای مختلف با اهداف z**




مأخذ: یافته‌های پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID



با توجه به نمودار وزن تابع هزینه حمل و نقل تا اهمیت متوسط، یعنی حدود ۰/۵ افزایش می‌یابد اما با افزایش بیشتر اهمیت تابع، هزینه به شدت کاهش می‌یابد.
همچنین تابع هدف محیط زیست با افزایش وزن تابع کاهش می‌یابد اما از حدود متوسط شروع به افزایش دارد. بنابراین روندهای اهمیت اهداف بطور مستقل و یکپارچه نشان می‌دهد که الویت‌ها و اوزان توابع در چه محدوده‌ای حساسیت دارند. بنابراین مقادیر P بر جوابها بی تأثیر هست اما نسبت به مقادیر w حساس هستند (نورالسناء و اردکانی، ۲۰۰۹: ۱۴). اهمیت وزن توابع با توجه به مدل یکپارچه و کسب بهترین جواب بهینه در جدول ۱ و ۲ گزارش شد. وزنهای توابع، هر چند ممکن است با سیاستگذاری‌ها، نظرات تجربی و کیفی متفاوت باشند اما آزمایشات و تجربیات کمی حاصل از حل مدل، نتایج بهتری را در این مطالعه گزارش می‌کند. جدول (۴) مقایسه نتایج بهبود یافته اهداف را نشان می‌دهد. بهبود اهداف به ویژه کاهش ۷۲/۵ درصدی هزینه حمل و نقل یعنی ۳۶۵۶۸ واحد پولی و کاهش آلودگی کربن بسیار قابل توجه می‌باشد و تنها تأثیر منفی کاهش ۰/۳ درصدی اشتغال وجود دارد. در سایر اهداف نیز بهبود نسبی مشاهده شد. در ادامه با آزمون آنالیز واریانس ANOVA یکطرفه فرض تأثیرپذیری توابع هدف بر همدیگر مورد آزمون قرار گرفت.

H0: z (i/j) بر z (j/i) تأثیر دارد

H1: z (i/j) بر z (j/i) تأثیر ندارد

| P-value | z1 | z2 | z3 | z4 |
|---|---|---|---|---|
| z1 | - | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۸۱ | ۰/۰۰۷ |
| z2 | ۰/۰۸۸ | - | ۰/۰۰۰ | - |
| z3 | ۰/۰۰۷ | - | - | ۰/۰۰۵ |
| z4 | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۲ | - |

نتایج آزمون‌ها نشان داد که با سطح اطمینان ۹۵ درصد با مقدار P-value کمتر از ۰/۰۵ فرض اول آزمون پذیرفته و تایید می‌شود. بنابراین توابع هدف بر همدیگر تأثیرگذار هستند به جز تأثیر گذاری هدف چهارم بر اول و اول بر سوم که با سطح اطمینان ۹۰ درصد تایید می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول۴. مقایسه جواب بهینه آزمایشات نسبت به نظر خبرگان در مدل خوشه صنعتی**

| روش | W1 | W2 | W3 | W4 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Min(Z(Lp)) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آزمایش | ۰/۱ | ۰/۰۵ | ۰/۸ | ۰/۰۵ | ۳۴۱۴۳/۳۱۰ | ۱۱/۵۸۰ | ۱۳۸۱۴/۲۰۰ | ۲۲۸۵/۳۸۰ | ۰/۰۲۵ |
| خبرگان | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۳۴۱۴۳/۳۱۰ | ۱۱/۸۸۰ | ۵۰۳۸۱/۲۰۰ | ۲۱۲۵/۷۲۰ | ۰/۴۳۸ |
| میزان بهبود جواب بهینه توسط آزمایشات نسبت به نظر خبرگان | | | | | ۱۲/۴ | -۰/۳ | ۳۶۵۶۷ | ۱۵۹/۶۶ | ۰/۴۱۳ |
| | | | | | ٪۰/۰۴ | ٪-۲/۵۳ | ٪۷۲/۵۸ | ٪۷/۵۱ | ٪۹۴/۲۹ |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

## ۴-۴. تحلیل حساسیت

در این تحقیق مشخص شد که مقدار توابع هدف مدل خوشه صنعتی، نسبت به همدیگر حساس هستند و تأثیرات آنها بر همدیگر بر اساس مفاهیم اقتصادی منطقی و قابل تامل می باشد و توابع نسبت به تغییرات وزن تابع، حساس هستند. شکل (۸) نمودار و روند تغییرات را نشان می‌دهد. تابع سود با افزایش وزن کاهش، تابع اشتغال افزایش، وزن تابع هزینه حمل و نقل تا ۴۵ درصد، افزایش و بیش از آن کاهش می‌یابد و وزن تابع امتیاز زیست محیطی تا ۴۰ درصد مقدار تابع کاهش و بیش از آن افزایش دارد. در مورد پارامترهای مسأله تنها با کاهش ۵۰ درصدی حد بالای سود شرکت اول و هموار سازی تقریبی متوسط سود برای تمام شرکت‌ها با نوسان ملایم، نتایج بسیار بهتری در جواب بدست آمد که در جدول (۵) نشان داده شد.

**جدول ۵. بهبود جواب با تحلیل حساسیت**

| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۳۴۱۵۵/۷۱۰ | ۱۱/۵۸۰ | ۱۳۸۱۴/۲۰۰ | ۲۳۸۲/۴۰۰ |
| ۲ | ۳۹۶۲۱/۳۳۷ | ۱۱/۵۸۰ | ۱۳۸۱۴/۲۰۰ | ۲۳۸۲/۴۰۰ |
| - | ۵۴۶۵/۶۲۷ | ۰ | ۰ | ۹۷/۰۲ |
| | ٪۱۶/۰۰ | ٪۰/۰۰ | ٪۰/۰۰ | ٪۴/۲۵ |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

تابع سود با ۵۴۶۵/۶ واحد پولی و ۱۶ درصد نسبت به پارامتر اولیه حد بالا آن، افزایش سود خوشه را بهبود داد. همچنین تابع زیست محیطی با ۹۷ امتیاز و ۴/۲۵ درصد افزایش، بهبود یافته و جواب بهینه‌تری ارائه شد. سایر توابع هزینه حمل و اشتغال، هیچ تغییری نداشتند. در مورد سایر پارامترهای مسئله حداقل مقدار عملیات تولیدی ۲، عملیات غیر تولیدی۱، ظریب تأثیر اشتغال حداکثر۱/۲۸، ظریب تأثیر محیط زیست حداکثر ۱/۳۲، اندازه واحد حجم انباشته برای حمل و نقل در خوشه هر چه بیشتر شود با کاهش تعداد

www.SID.ir

Archive of SID



دفعات حمل هزینه کاهش خواهد داشت (نسبت افزایش/کاهش بر اساس وسایل حمل و نقل استاندارد و معمول است). اما این نسبت با افزایش بیش از دو برابر به شدت کاهش پیدا می‌کند بطوریکه با افزایش ۲ برابری کاهش ۵۰ درصدی هزینه حمل را دارد اما با افزایش ۴ برابری افزایش ۶۸/۵ درصدی، با افزایش ۶ برابری افزایش ۷۹ درصدی، با افزایش ۹ برابری افزایش۸۶ درصدی از طرف دیگر با کاهش ۵۰ درصدی حجم انباشته پیشنهادی، هزینه حمل ۲ برابر افزایش، کاهش ۴۰درصدی، افزایش ۲/۵ برابری خواهد داشت. از طرف دیگر کاهش مقدار حجم انباشته نیز افزایش چند برابری هزینه را به همراه دارد. لذا بهترین حجم انباشته در این خوشه ۱۰۰ واحد می باشد که در جدول (۶) نشان داده شده است.

**جدول ۶. بهبود جواب با افزایش پارامتر حجم انباشته حمل و نقل**

| | B | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Min(Z) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۵ | ۳۹۶۲۱/۳۳۷ | ۱۱/۵۸۰ | ۲۷۶۲۸/۴۰۰ | ۲۳۸۲/۴۰۰ | ۰/۱۲۴ |
| ۲ | ۵۰ | ۳۹۶۲۱/۳۳۷ | ۱۱/۵۸۰ | ۱۳۸۱۴/۲۰۰ | ۲۳۸۲/۴۰۰ | ۰/۲۳۰ |
| ۳ | ۱۰۰ | ۳۹۶۲۱/۳۳۷ | ۱۱/۵۸۰ | ۶۹۰۷/۱۰۰ | ۲۳۸۲/۴۰۰ | ۰/۰۲۷ |
| - | | ۵۴۶۵/۶۲۷ | . | ۶۹۰۷/۱۰۰ | ۹۷/۰۲ | ۰/۲۰۳ |
| | | ٪۱۶/۰۰ | ٪۰/۰۰ | ٪۵۰/۰۰ | ٪۴/۲۵ | ٪۹۹/۸۸ |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

## ۵. نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله، طراحی مدل مناسب برای خوشه‌های صنعتی با اهداف توسعه اقتصادی پایدار، بر اساس برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی و چهارهدفه می‌باشد. مهمترین مزیت خوشه‌های صنعتی، فعالیت‌های مشارکتی بین شرکت‌ها و اعضاء خوشه است. نحوه ترکیب و آرایش بهینه فعالیت‌های مشارکتی و همکاری بین شرکت‌های عضو خوشه صنعتی، همراه با دسترسی به اهداف بهینه توسعه اقتصادی پایدار، پاسخی به مسئله این تحقیق خواهد بود. نتیجه چنین فعالیت‌های مشترکی، صرفه جویی در منابع، زمان، هزینه و هم‌افزایی در تسهیلات تولیدی می‌باشد. توسعه مطالعات در برنامه‌ریزی ریاضی خوشه‌های صنعتی، با تخصیص بهینه شرکت‌های تجاری و غیرتجاری به شبکه‌های همکاری، خلاء تحقیقاتی این بخش می باشد. برای این مدل، چهار هدف طراحی شده است که به ترتیب عبارتند از: (۱) حداکثرسازی سود خوشه، (۲) حداکثر سازی اشتغال، (۳) حداقل سازی هزینه حمل و نقل مواد در درون و بین شبکه ها/ زیر خوشه‌ها و (۴) حداکثرسازی امتیاز ارزیابی محیط زیست در شرکت های عضو شبکه. به دلیل پیچیدگی

www.SID.ir

Archive of SID



در مدل غیرخطی و سختی محاسبات، متغیر توابع غیرخطی هدف اول و دوم، به توابع خطی تبدیل شد که سرعت حل مدل بسیار کاهش یافت. همچنین شرکت‌های عضو خوشه با روش خوشه‌بندی و ۱۱۱ متغیر مختلف (با پوشش کاملی از شاخص‌های مختلف خوشه صنعتی) به گروههایی کوچکتر با حداکثر نزدیکی و شباهت، برای شبکه‌سازی تقسیم شد که نتیجه آن کاهش ابعاد محاسباتی بود. سپس در حل مسأله با روش تجزیه به تک هدفه (امین زاده گوهرریزی، بهرام ،۱۳۹۵: ۱۶) و وزن‌دهی اهمیت توابع هدف با نظرخبرگان/تصمیم‌گیرندگان و روش طراحی آزمایشات تجربی، مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه پاراتو بدست آمد. نتایج آزمایشات نشان داد که جواب بهینه بهتری نسبت به نظر خبرگان بدست آمده است، بطوریکه هدف تابع خطی یکپارچه مدل، ۹۴ درصد بهبود یافت. همچنین ارتباط توابع و تأثیر بر همدیگر، با آزمون همبستگی پیرسون تایید شد. سپس با کمک آزمون تحلیل واریانس، فرضیه تأثیر متقابل اهداف مدل بر همدیگر با فاصله اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته و حساسیت توابع نسبت به همدیگر بررسی و تایید گردید. ارائه روش حل و پیشنهاد ترکیب بهینه توابع و وزن اهداف بر اساس تجربیات، برای ذی‌نفعان خوشه صنعتی نتایج قابل توجه‌ای دارد که به ترتیب عبارتند از: هدف سود خوشه با وزن ۰/۱،  هدف اشتغال با وزن ۰/۰۵، هدف هزینه حمل و نقل مواد با وزن ۰/۸ و هدف امتیاز ارزیابی زیست محیطی ۰/۰۵. در ادامه با هموارسازی پارامتر حد بالا سود شرکت‌ها و افزایش حجم انباشته حمل و نقل از ۵۰ به ۱۰۰ واحد، جواب بهینه سود ۱۶درصد، هزینه حمل و نقل ۵۰ درصد و امتیاز زیست محیطی ۴/۲۵ درصد، بهبود یافت. مدل چندهدفه خوشه‌های صنعتی، به دلیل شبیه‌سازی محیط اقتصادی-اجتماعی بزرگ و افزایش ابعاد مدل از چهار دیواری کارخانه به تجمعی از واحدهای تولیدی مشابه و بر پایه پارادایم تولید سلولی (به عنوان مدلی جامع) نوآوری تحقیق حاضر می باشد. نتایج نشان داد که برنامه‌ریزی شبکه‌های همکاری بین شرکت‌های خوشه، از تصمیم گیری کیفی و تجربی به سمت تصمیم‌گیری ریاضی و دقیق (با کاهش قابل توجه نظرات، سلیقه و خطاهای انسانی) توسعه یافته است. اینکه کدام شرکت/ها با کدام شرکت/های خوشه در زنجیره تولید با همدیگر همکاری کنند، علاوه بر پایائی صنعت خوشه و تأمین بهینه اهداف مذکور مدل، تأثیرات هم افزایی اهداف بر صنعت و جامعه، بیشتر از پیگیری اهداف تک شرکتی در تجمع صنعتی خواهد بود. به منظور تحقیقات بیشتر وکاهش فقر مطالعاتی در مدلسازی خوشه‌های صنعتی، توسعه مدل با جایگزینی اهداف دیگری همانند ارتقاء تکنولوژی، افزایش کیفیت، افزایش صادرات، توسعه نیروی کار و افزایش نوآوری پیشنهاد

www.SID.ir

Archive of SID



می‌شود. توسعه متغیرهای تصمیم با اندیس های جدید مانند نیروی کار تخصیص یافته $l$ به فرایند $j$، استفاده از پارامترهای غیر قطعی و احتمالی در هزینه ها و قیمت محصول در مدل، کاهش مفروضات، حل چندهدفه با روش‌های غیرمستقیم، الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش محاسباتی، برای مسائل با ابعاد بزرگ‌تر، زمینه دیگر توسعه مطالعات در این حوزه می‌باشد.

## فهرست منابع:


ابویی اردکان، محمد و معتمدی، مهدیه (۱۳۹۱)، بررسی عوامل بازدارنده و پیشران در مسیر رشد و توسعه خوشه های صنعتی (مطالعه مورد خوشه نساجی یزد)، بهبود مدیریت، ۶(۳): ۲۰۳-۲۲۶.

احمدیان، مجید، عبدلی، قهرمان، جبل عاملی، فرخنده، شعبان خواه، محمود و خراسانی، سید عادل (۱۳۹۶)، اثر تخریب محیط زیست بر رشد اقتصادی (شواهدی از ۳۲ کشور در حال توسعه)، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۷(۲۸): ۲۸-۱۷.

پایک، فرانک (۱۳۸۱)، همکاری صنایع، خوشه صنعتی، توسعه پایدار، ترجمه بهرام شادابی، جهانگیر مجیدی، تهران، نشر هزاران چاپ اول.

پژویان، جمشید، مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۸۶)، بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، پژوهش‌های اقتصادی، ۴(۷): ۱۶۰-۱۴۱.

پویا، علیر ضا، قربان پور، احمد (۲۰۱۵)، خو شه بندی صنایع در محیط فازی از لحاظ توجه به سبزیت زنجیره تأمین جهت مدیریت زیست محیطی، مدیریت شهری، ۹(۳۹): ۸۶-۷۱.

جعفری صمیمی، احمد، علیزاده ملفه، الهام (۱۳۹۵)، شبیه‌سازی مالیات سبز بر رشد اقتصادی در ایران با کاربرد روش تعادل عمومی قابل محاسبه، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۶(۲۲): ۷۰-۵۷.

دادش‌پور، هاشم (۱۳۸۸)، خوشه‌های صنعتی، یادگیری، نوآوری و توسعه منطقه‌ای، مجله راهبرد یاس، ۱۸: ۷۰-۵۳.

دادش‌پور، هاشم، پور طاهری، مهدی و معرفی، ابوالفضل (۱۳۹۲)، بررسی و تحلیل رابطه خوشه ای شدن صنعتی و ارتقاء ظرفیت های یادگیری، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد سنندج، ۸(۲۵): ۹۴-۱۰۴.

رجب پور، حسین و محمد ستاری فر (۱۳۹۲)، بررسی اثر توسعه خوشه های صنعتی بر کارایی و مزیت رقابتی بنگاه های کوچک و متوسط SMEs مطالعه موردی: خوشه فرآوری سنگ تهران، دو فصلنامه اقتصاد و توسعه منطقه‌ای، (۶)۲۰: ۸۲-۵۴.


www.SID.ir

Archive of SID



رحمتی، فاطمه سادات، معتمدی، سید امیرحسین، معتمدی، نیک زاد، میرسهیل، کرامتی، محمد مهدی و عطاری، مازیار (۱۳۹۳)، شبکه سازی پژوهش و صنعت و نقش آن در سیاست گذاری علم و فناوری، کنفرانس بین المللی مدیریت فناوری.

ریاحی، ابوالفضل (۱۳۹۲)، رتبه بندی عوامل بحرانی موفقیت بر خوشه هاس صنعتی ایران، فصلنامه مدیریت، ۱۰(۳۱): ۹۱.

سرافرازی، عباس و دیگران (۱۳۹۰)، تأثیر سرمایه اجتماعی در توسعه اقتصادی لرستان با تاکید بر مدل توسعه شبکه محور خوشه ای، همایش بررسی موانع توسعه اقتصادی استان لرستان: ۴۵.

سرافرازی، عباس (۱۳۸۷)، توسعه خوشه های صنعتی و پایایی فعالیت های اقتصادی صنایع کوچک و متوسط؛ مطالعه موردی خوشه سنگ محلات، اولین همایش ملی توسعه فعالیت های اقتصادی:۷۰-۶۳.

صادقی، حسین، ستاری، امید (۱۳۹۳)، شبیه‌سازی منحنی زیست محیطی کوزنتس در ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات، فصلنامه مدلسازی اقتصادسنجی، ۱(۲): ۵۳-۸۰.

ضرغام، حمید، محمد امینی، صمد (۱۳۹۰)، امکان سنجی خوشه گردشگری در شهرستان بندر انزلی، فصلنامه مدیریت گردشگری، ۱۰(۱۴): ۱۲۳-۹۳.

ظهوریان، میثم و رحیم نیا، فریبرز (۱۳۹۴)، ارائهٔ الگوی توسعهٔ پایدار خوشه‌های کسب و کار در ایران، توسعه کارآفرینی، ۸(۱): ۵۹-۴۱.

عزیز محمد لو، حمید (۱۳۹۶)، ساز و کارهای موثر خوشه های صنعتی بر توسعه تقتصادی منطقه ای ایران: رویکرد داده های تابلویی، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۷(۲۶): ۳۴-۱۷.

فتحی، وحیده، فلاح، حسن (۱۳۹۳)، بکارگیری روش تکنولوژی گروهی در جهت شناسایی فعالیت های اقتصادی با هدف توسعه خوشه‌های صنعتی کشور، همایش ملی پژوهش های مهندسی صنایع، همدان.

مقصودپور، محمدعلی (۱۳۹۰)، بررسی عوامل موثر بر تمرکز جغرافیایی صنایع غذایی و آشامیدنی با استفاده داده های پانل پویا، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۷(۲۸):۱۸۰-۱۶۵.

موسوی نقابی، سید مجتبی، نظری، محسن، حسنقلی پور، طهمرث، سلیمانی، غلامرضا و عباسیان، عزت الله (۱۳۹۴)، طراحی مدل شبکه‌سازی فعالیت‌های بازاریابی بنگاه‌های فعال در خوشه‌های صنعتی ایران، انجمن علوم مدیریت ایران، (۱۰)۷۸-۵۱:۳۷.

نصیری، نصرت اله (۱۳۸۵)، نقش خوشه سازی در افزایش رقابت پذیری بنگاههای کوچک و متوسط با محوریت بازاریابی، مرکز مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.

نورالسناء، رسول، کمالی اردکانی، مصطفی (۱۳۸۷)، روش LP متریک در طراحی پارامتر استوار، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران ،۱۹(۴):۷۰-۶۳.

هادی زنور، بهروز، برمکی، افشین (۱۳۹۰)، شناسایی خوشه های استان تهران، فصلنامه اقتصاد مقداری، ۸(۱): ۲۲-۱.

www.SID.ir

Archive of SID



Altenburg, T. & Meyer, S. J. (1999), How to promote clusters: Policy experience from Latin America, World Development, 27(9): 1693-1713.

Ariafar, S., Ismail, N., Tang, S. H., Ariffin, M. K. A. M. & Firoozi, Z. (2011), Design of a facility layout model in hybrid cellular manufacturing systems under variable demand, International Journal of Industrial and Systems Engineering, 9(4): 373-387.

Askin, R. G. & Strada S. (1999), A survey of cellular manufacturing practices, handbook of cellular manufacturing systems, S. Irani (Ed.), John Wiley.

Subash Babu, A., Nandurkar, K. N. & Thomas, A. (2000), Development of virtual cellular manufacturing systems for SMEs, Logistics Information Management, 13(4): 228-242.

Bajestani, M.A., Rabbani, M., Rahimi-Vahed, A.R. & Khoshkhou, G.B. (2009), A multi-objective scatter search for a dynamic cell formation problem, Computers & Operations Research, 36: 777–794.

Bergeron, S., Lallich, S. & Le Bas, C. (1998), Location of innovating activities, industrial structure and techno–industrial clusters in the French economy, 1985–1990, Evidence from US patenting. Research Policy, 26(7-8): 733-751.

Chankong, V. & Haimes, Y. (1983), Multi objective decision making: Theory and methodology, New York, North Holland.

Chaston, I. (1999), Existing propensity to cooperate: an antecedent influencing the potential performance of small-business networks? Environment and Planning, Government and Policy, 17: 567–576.

Chen, Y., Liu, j. & Zhang, N. (2014), Research on Supply Chain Network System Based on Industrial Cluster, Applied Mechanics and Materials, (587-589): 1907-1911.

Dezfoulian, H.R., Afrazeh, A. & Karimi, B. (2017), A new model to optimize the knowledge exchange in industrial cluster: A case study of Semnan plaster production industrial cluster, Scientia Iranica E, 24(2): 834-846.

Dimopoulos, C. (2006), Multi-objective optimization of manufacturing cell design, International Journal of Production Research, 44(22): 4855–4875.

Döring, T. & Schnellenbach, J. (2006), what do we know about geographical knowledge spillovers and regional growth? A survey of the literature, Regional Studies, 40(3): 375-395

Esmaeilian, G. R. & Hamedi, M. (2012), A survey on development of virtual cellular manufacturing systems and related issues. Paper presented at the proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey.

www.SID.ir

Archive of SID



Feser, E. J. & Bergman, E. M. (2000), National industry cluster templates: a framework for applied regional cluster analysis, Regional studies, 34(1): 1-19.

Ferrer, G., Cortezia, S. & Neumann, J. M. (2012), Green City: environmental and social responsibility in an industrial cluster, Journal of Industrial Ecology, 16(1): 142-152.

Menzel, M. P. & Fornahl, D. (2009), Cluster life cycles—dimensions and rationales of cluster evolution, Industrial and corporate change, 19(1): 205-238.

Gordon, I. R. & McCann, P. (2000), Industrial clusters: complexes, agglomeration and/or social networks?, Urban studies, 37(3): 513-532.

Hamedi, Maryam, Esmaeilian, Golamreza, Napsiah bt Ismail (2012), Developing Capability –Based Virtual Cellular Manufacturing Systems and Comparison with Capability-Based Classical Cellular Manufacturing Systems. Applied Mechanics and Materials, (110-116): 3938-3946.

Han, X. (2009), Research on the Relevance of Supply Chain and Industry cluster. International Journal of Marketing Studies, 1(2): 127–130

Han, W. M., Zhao, J. L. & Chen, Y. (2013), A Virtual Cellular Manufacturing System Design Model Based on Axiomatic Design Theory, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 271, pp. 1478-1484), Trans Tech Publications.

Han, W. M., Liu, J. & Mei, L. (2014), The Resource Conflict Resolution Problem for Virtual Cellular Manufacturing Inter-Cell Scheduling under the Conditions of Resource Sharing, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 527, pp. 286-293), Trans Tech Publications.

Humphrey, J. & Schmitz, H. (1998), Trust and inter-firm relations in developing and transition economies, The journal of development studies, 34(4): 32-61.

Li, J., Xiong, N., Park, J. H., Liu, C., MA, S., & Cho, S. (2012), intelligent model design of cluster supply chain with horizontal cooperation, Journal of intelligent Manufacturing, 23(4): 917–93.

Kajikawa, Yuya, Y. T., Ichiro Sakata, Katsumori, Matsushimab (2010), multi scale analysis of inter firm networks in regional clusters, technovation, 30: 168–180.

Kia, R, H. S., Nikbakhsh Javadian, Tavakkoli-Moghaddam, R (2013), A multi-objective model for designing a group layout of a dynamic cellular manufacturing system, Journal of Industrial Engineering International 9(8):14.

Khilwani, N., Ulutas, B. H., Islier, A. A. & Tiwari, M. K. (2011), A methodology to design virtual cellular manufacturing systems, Journal of intelligent manufacturing, 22(4), 533-544.

www.SID.ir

Archive of SID



McEvily, Bill, Zaheer, Akbar (1991), Bridging ties: a source of firm heterogeneity in competitive capabilities, Strategic management, 20(12): 1133-1156.

Mahdavi,I, Paydara, M M., Solimanpur,M. (2011), Multi-objective cell formation and production planning in dynamic virtual cellular manufacturing systems, International Journal of Production Research, 49:6517–6537.

Mavrotas, G. (2009), Effective implementation of the e-constraint method in multi-objective mathematical programming problems, applied mathematics and computation, 213: 455–465.

Marshall, A. (1920), Principles of economics, 8th Edition, London, Macmillan.

Morosini, P. (2004), Industrial clusters, knowledge integration and performance, World Development, 32(2): 305-326

Nadvi, K. (1995), Industrial clusters and networks: Case studies of SME growth and innovation, UNIDO, Vienna

Nomden, G. & van der Zee, D. J. (2008), Virtual cellular manufacturing: Configuring routing flexibility, International Journal of Production Economics, 112(1): 439-451.

Noorossana, R. & Kamali Ardakani, M. (2009), A weighted metric method to optimize multi-response robust problems, Journal of Industrial Engineering International, Islamic Azad University, South Tehran Branch, 8(5): 10-19.

Porter, M. E. (1993), The competitive advantage of nations (pp. 73-93), Cambridge: Harvard Business School Management Programs.

Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition (Vol. 76, No. 6, pp. 77-90). Boston, MA: Harvard Business School Press.

Porter, M.E. (2001), Clusters and the new economics of competition, Harvard.

Porter, M. E. (2003), The economic performance of regions, Regional studies, 37: 549–578.

John, P. (2006), Technology clusters versus industry clusters: resources, networks, and regional advantages, Growth and Change, 37(2): 141-171

Organization for Economic Co-operation and Development; OECD (2001), the DAC guidelines, strategies for sustainable development.

Rong, J. Q. & Ling, L. (2012), Research on Green Manufacturing Model for Circular Economy, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 201, pp. 967-970), Trans Tech Publications.

www.SID.ir

Archive of SID



Rabellotti, R. (1995), External economies and cooperation in industrial districts: A comparison of Italy and Mexico, IDS D. Phil Thesis, University of Sussex.

Renna, P. (2015), Design Policies in Virtual Cellular Manufacturing Systems by Multi-Domain Simulation Environment, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 718, pp. 192-197), Trans Tech Publications.

Rezazadeh, H., Mahini, R. & Zarei, M. (2011), Solving a dynamic virtual cell formation problem by linear programming embedded particle swarm optimization algorithm, Applied Soft Computing, 11(3): 3160-3169.

Ziel, F., Steinert, R. & Husmann, S. (2015), Efficient modeling and forecasting of electricity spot prices, Energy Economics, 47: 98-111.

Safaei, N., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2009), Integrated multi-period cell formation and subcontracting production planning in dynamic cellular manufacturing systems, International Journal of Production Economics, 120(2): 301-314.

Safaei, N., Saidi-Mehrabad, M., & Babakhani, M. (2007), Designing cellular manufacturing systems under dynamic and uncertain conditions, Journal of Intelligent Manufacturing, 18(3): 383-399.

Sarayloo, F., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2010). Multi objective particle swarm optimization for a dynamic cell formation problem, In Proceedings of the World Congress on Engineering III WCE.

Saxenian, A. (1994), Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and route 128, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Shaohong, C. & Sipeng, H. (2011), Research on the Selection of Industrial Organization Pattern in Western Regions under Low-carbon Economy Background, Energy Procedia, 5: 700-707.

Shirazi, H., Kia, R., Javadian, N. & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014), An archived multi-objective simulated annealing for a dynamic cellular manufacturing system, Journal of Industrial Engineering International, 10(2): 58.

Schmitz, H. & Navdi, K. (1998), Clustering and industrialization: introduction, World Development, (27)9:1503-1514.

Steinle, C. & Schiele, H. (2002), When do industries cluster? A proposal on how to assess and industry's propensity to concentrate at a single region or nation, Research Policy, 31: 849-58.

Stimson, R. J., Stough, R. R. & Roberts, B. H. (2006), Industry clusters and industry cluster analysis, Regional Economic Development: Analysis and Planning Strategy: 237-277.

www.SID.ir

Archive of SID



Li, J., Wang, A. & Tang, C. (2014), Production planning in virtual cell of reconfiguration manufacturing system using genetic algorithm, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 74(1-4): 47-64.

UNIDO (2003), Industrial development report learning and innovation through competing.

Wang, A. & Zhang, X. Q. (2013), Green Manufacturing Technology of Manufacturing Industry Sustainable Development, In Advanced Materials Research (Vol. 753, pp. 1343-1346), Trans Tech Publications.

Wiśniewska-Sałek, A. (2014), Future supply chain-cluster supply chain, advanced logistic systems, 5: 113-118.

Wolman, H. & Hincapie, D. (2010), Clusters and Cluster-based development: A literature review and policy discussion, working paper: 1-45.

Yeh, W. C., & Chuang, M. C. (2011), Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems, Expert Systems with applications, 38(4): 4244-4253.

Zeng, S. X., Liu, H. C., Tam, C. M., & Shao, Y. K. (2008), Cluster analysis for studying industrial sustainability: an empirical study in Shanghai, Journal of Cleaner Production, 16(10): 1090-1097.

Zitzler, E. & Thiele, L. (1999), Multi objective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength Pareto approach, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 3(4): 254.

www.SID.ir