عوامل موثر در تعیین محل کارخانه‌های صنایع لبنی

امیر بیات ترک[۱]
علیرضا سلوک‌دار[۲]
تارا نیک‌اندام مدبر[۳]

چکیده

تعیین محل کارخانه، یکی از گام‌های کلیدی تأسیس آن است؛ چرا که نتایج این تصمیم در درازمدت ظاهر می شود و اثرات بسزایی از بعد اقتصادی، محیط زیست، مسایل اجتماعی و ... دارد. هدف این تحقیق شناسایی عوامل موثر بر تعیین محل کارخانه‌های صنایع لبنی و اولویت‌بندی گزینه‌های آن است. برای این تحقیق شرکت‌های لبنیاتی شهر رشت به‌عنوان جامعه آماری تعیین گردیدکه شامل پنج شرکت سرگل، سارا، پگاه، فرامان و پخش و توزیع کاله است که در مجموع ۷۵۰ نفر نیروی کار دارند. با توجه به مطالعات کتابخانه‌یی در ابتدا عوامل موثر در تعیین محل صنایع لبنی توسط پرسشنامه‌ای با مقیاس لیکرت شناسایی شد که مبتنی بر دیدگاه‌های پانزده مدیر خبره پنج شرکت مذکور است، در تعیین جامعه روش نمونه‌گیری طبقه‌یی به‌کار گرفته شد. نتایج بدست آمده از پرسش‌نامه لیکرت با آزمون کولموگرف و دو جمله‌یی سنجیده عوامل اصلی شناسایی شد که شامل آب و انرژی، مواد اولیه، راه و ترابری، نیروی انسانی، امکانات زیستی و سیاست و برنامه دولت بود، آنگاه با استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی، اولویت‌بندی و درجه اهمیت عوامل درمدل تحلیل سلسله مراتبی فازی مشخص گردید. سپس نتایج با مدل وزن‌دهی به عوامل جایابی از طریق آزمون اسپیرمن مقایسه گردید که در هر دو مدل پاسخ‌ها یکسان بود. در بین معیارهای اصلی مواد اولیه و در میان معیارهای فرعی نرخ حمل و نقل بهترین معیار و مناسب‌ترین گزینه از بین سه محل پیشنهادی برای احداث کارخانه شهر لاهیجان بوده است.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن‌دهی به عوامل جایابی، صنایع لبنی.

---

۱. عضو هیات علمی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد تهران مرکز.
۲. عضو هیات علمی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد تهران مرکز.
۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد تهران مرکز.

مقدمه

در هر کشوری سیاست‌گذاران بخش صنعت ناگزیر از اتخاذ سیاست‌های مناسب در مکان‌یابی صنایع هستند. هدف مدیران فراهم کردن ابزاری برای مکان‌یابی است تا مزایای استراتژیک بلندمدت را تامین کند. مکان مناسب نقش مهمی در رقابت‌پذیری یک شرکت در بازار دارد و باید به گونه‌ای انتخاب شود که دستیابی به مزایای استراتژیک را در مقایسه با سایر رقبا موجب شود. هدف از مکان‌یابی و ارزیابی معیارهای مناسب برای تصمیم‌گیری و استفاده از روش مناسب برای تعیین اولویت‌ها است (خورشید دوست و عادلی، ۱۳۸۸).

ایجاد واحد صنعتی به منطقه شخصیت صنعتی می‌دهد و گاهی با واحد صنعتی و مناطق صنعتی دیگر ارتباط و پیوستگی دارد که بعضی کارخانه‌ها مواد خام کارخانه‌های دیگر را تولید می‌کنند و بر نیروی کار مورد نیاز داخل منطقه اثر می‌گذارد و بقیه واحدهای صنعتی منطقه نیز با این واحد صنعتی روابط و همبستگی متقابل خواهند داشت (حق‌شناس،۱۳۶۷).

مکان مناسب نقش مهمی در رقابت‌پذیری شرکت در بازار دارد و باید به گونه‌ای انتخاب شود که دستیابی به مزایای استراتژیک را در مقایسه با سایر رقبا موجب شود. چراکه نتایج این تصمیم در درازمدت اثرات بسزایی از بعد سیاسی، اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و فنی خواهد داشت؛ لذا تعیین مطلوب محل کارخانه از جمله گام‌های کلیدی در مرحله تأسیس آن است (خورشید دوست و عادلی،۱۳۸۸).

عوامل و دلایل گوناگونی بر حجم و میزان تولید محصول و چگونگی پراکنش تولید در مناطق مختلف کشور تاثیر دارد که عمده‌ترین دلایل آن عبارت‌اند از:

امکانات زیستی و رفاهی، امنیت، آب و انرژی، بازار مصرف، بافت اجتماعی، راه‌وترابری، سیاست‌ها و برنامه‌های دولت، شرایط جغرافیایی واقلیمی، مسائل مالی و اقتصادی، مواد اولیه، نیروی انسانی، همبستگی کارخانه با دیگر صنایع موجود در منطقه ازاین‌رو در اینجا به بررسی متداول‌ترین عوامل موثر در تعیین محل کارخانه پرداخته می‌شود (بیات ترک،۱۳۹۰).

استان گیلان با توجه به شرایط آب‌وهوایی و گستردگی صنعت کشاورزی و دامداری آن، برای صنایع لبنی پتانسیل مناسب‌تری دارد و به این جهت در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

انتخاب مکان مناسب برای صنایع لبنی رقابت شدیدی را بین شرکت‌هایی ایجاد کرده است که در این صنعت پیشرفته هستند؛ چرا که صنایع لبنی به مکان مناسب، تخصص و چالاکی لازم نیاز دارند تا امکان رقابت و ادامه حیات در بین دیگر شرکت‌های پویا را پیدا کند.

تعیین محل کارخانه از نظر اقتصادی هم در میزان سرمایه‌گذاری اولیه در هنگام تاسیس کارخانه و هم تاثیر کلیدی در قیمت تمام شده به هنگام بهره‌برداری طرح دارد. احداث یک یا چند واحد صنعتی در مکان‌های مطلوب و بهترین شرایط ممکن، نه تنها گردش مواد و خدمات بین صنعت و مشتریان را بهبود می‌بخشد؛ بلکه کارخانه را نیز در یک وضعیت مطلوب قرار می‌دهد. تصمیم‌های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی‌های مکان‌یابی یک مرکز، می‌تواند اثر بزرگی بر توانایی کسب و حفظ مزیت رقابتی داشته باشد. در بررسی مشاغل زودبازده مشخص شده است که بیش از ۵۰ درصد آن‌ها در سال اول و حدود ۳۰ درصد آن‌ها پس از دو سال، ورشکسته می‌شوند و به شغل دیگری رو می‌آورند. با اینکه در آغاز راه‌اندازی این مشاغل، تمام جوانب ارایه خدمات بررسی می‌شود ولی بی‌توجهی به مساله مهم مکان موجب می‌شود تا واحد تولیدی از تحقق هدف و رسیدن به سوددهی مورد نظر بازماند (فرقانی،۱۳۸۷).

پیشینه تحقیق: از جمله روش‌های مناسب و مهم مطالعه اولویت‌ها روش AHP-FUZZY است. این روش از ابزار تصمیم‌گیری گسترده چند معیاره است که فرآیندهایی چون مکان‌یابی با استفاده از آن عملی می‌شود.

مهم‌ترین قابلیت مجموعه AHP فازی توانایی آن در نشان دادن داده‌های مبهم و نامشخص است. لارهوون و پدرکیز[1] (۱۹۸۳) برای اولین بار روش AHP فازی را با استفاده از اعداد فازی مثلثی ارایه دادند. چانگ[2] ۱۹۹۶ رویکرد جدیدی را برای انجام تحلیل فازی AHP معرفی نمود. لئونگ و چاوو[3] از جمله دلایل پایین بودن دقت کسب نظرات از افراد در روش سنتی AHP را به این دلیل می‌دانند که از فرد خواسته می‌شود براساس درک خود از پدیده‌ها، نسبتی دقیق به مقایسه زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این در حالی است که درک فرد از پدیده در قالب عددی قطعی[4] قابل بیان نیست؛ بلکه بازه‌ای

1. LaarhovenAndPedrcyz
2. Chang
3. Leung And Cao
4. Crisp

از اعداد می‌تواند بهتر از عددی قطعی منعکس‌کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌ای دیگر باشد. بنابراین AHP فازی قادر است بهتر از AHP سنتی روند تصمیم‌گیری در ذهن انسان را شبیه‌سازی کند.

تاکنون محققان زیادی از روش AHP فازی در تحقیقات خود استفاده کرده‌اند. برای، مثال در تعیین اهمیت نیازمندی‌های مشتریان (Chan etal, 2012)، انتخاب تامین‌کننده (Show etal, 2011)، انتخاب مشاوران ERP (Vayvay etal, 2012)، ارزیابی ریسک (Wang etal, 2012)، مکان‌یاب تسهیلات (Boran, 2011) و موارد متعدد دیگر.

چارچوب نظری: عوامل و دلایل گوناگونی بر حجم و میزان تولید محصول و چگونگی پراکنش تولید در مناطق مختلف کشور تاثیر دارد که این عوامل از دیدگاه دکتر بیات ترک به شرح زیر است:

مواد اولیه: مواد اولیه مرغوب نقش اساسی در کیفیت محصول ایفا می‌کند و باید تلاش‌های هرچه بیشتر در زمینه کیفیت مواد صورت گیرد، تا محصول هر چه بهتر تولید شود. صمنا علاوه بر کیفیت مواد نزدیکی به مواد اولیه و درجه اطمینان از دسترسی به مواد اولیه نیز حائز اهمیت است.

نیروی انسانی سرمایه‌گذاران به مساله نیروی کار از نظر سطح هزینه دستمزدها به‌عنوان عامل مهم هزینه تولید توجه می‌کنند که سود آن‌ها را در کدام رشته، کدام منطقه، کدام محل و حتی کدام کشور بیشتر تأمین می‌کند. در انتخاب نوع تکنولوژی محاسبه می‌شود که آیا بهتر است از نیروی کار انسانی استفاده شود و یا به جای آن از ماشین افزارهای جدیدتر برای تولید محصول استفاده کنند؛ ضمنا بافت نیروی کار منطقه از نظر فعال یا غیر فعال بودن، میزان تامین نیروی کار اعم از متخصص، نیمه متخصص و ساده و قابلیت آموزش و بهبود توانایی‌های انسانی نیز حائز اهمیت است.

در تعیین و مکان‌یابی پروژه‌های صنعتی آب نقش مهمی ایفا می‌کند. در رشته‌هایی مانند صنایع غذایی، نوشابه‌سازی و داروسازی‌ها آب مشخصه مواد خام را داشته و حتی بخشی از محصول را تشکیل می‌دهد. از این‌رو، تردیدی نیست که آب در کیفیت محصول اثرگذار خواهد بود. انرژی نیز که شامل برق و سوخت است. در صنایع لبنی بسیار مهم

است و سالانه هزینه‌های زیادی از بودجه کارخانه را به خود اختصاص می‌دهد؛ بنابراین هزینه برق و دسترسی به شبکه، میزان آب و کیفیت آب موجود در منطقه و منابع تامین‌کننده در منطقه مهم خواهد بود.

راه و ترابری برای حمل مواد اولیه به کارخانه، مسافت و نوع جاده‌های موجود در منطقه بسیار موثر است و باید نرخ حمل و نقل تا محل کارخانه مقرون به صرفه باشد و عملیات حمل و نقل به صورت هرچه‌بهتر انجام گیرد. در این ارتباط تعداد، مسافت و نوع جاده‌های موجود در منطقه، نرخ حمل نقل و وضعیت حمل و نقل شهری از عوامل اساسی است.

سیاست‌ها و برنامه‌های دولت معافیت‌ها، مشوق‌ها و تسهیلات مالیاتی در ایجاد یک صنعت در منطقه و هم‌چنین تسهیلات بانکی در قالب وام بانکی با بهره پایین در رشد و توسعه صنایع و چرخش چرخ اقتصاد بسیار موثر است. در این زمینه به عوامل معافیت‌ها، مشوق‌ها و تسهیالات مالیاتی، تسهیلات بانکی موجود در منطقه، محدودیت‌ها و مقررات زیست محیطی، قیمت زمین و وجود شهرک‌های صنعتی باید توجه داشت.

امکانات زیستی و رفاهی وضعیت مسکن، بهداشت ودرمان، وضعیت ارتباطی، خدمات ایمنی و امکانات تفریحی در پیدایش صنعت در منطقه و هم‌چنین در جذب نیروی کار بسیار موثر است. وضعیت مراکز آموزشی، وضعیت ارتباطی منطقه، وضعیت ایمنی و رفاهی منطقه نیز در این زمره است.

بازار مصرف نزدیکی محصول به بازارهای مصرف و استقبال از محصول توسط مردم منطقه در موفقیت یک محصول بسیار مهم است. محصولی موفق است که بازار و خریداران خود را داشته باشد و در صورت آشباع بودن بازار محصول، صنعت با شکست مواجه می‌شود. در این زمینه نیز نزدیکی به بازار فروش و مصرف، استقبال مردم منطقه از محصول و جایگاه و نقش محصول در زندگی مردم حائز اهمیت است.

در نهایت هدف کلی تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری در مساله مکان‌یابی و زیر معیارهای آن‌ها، است.

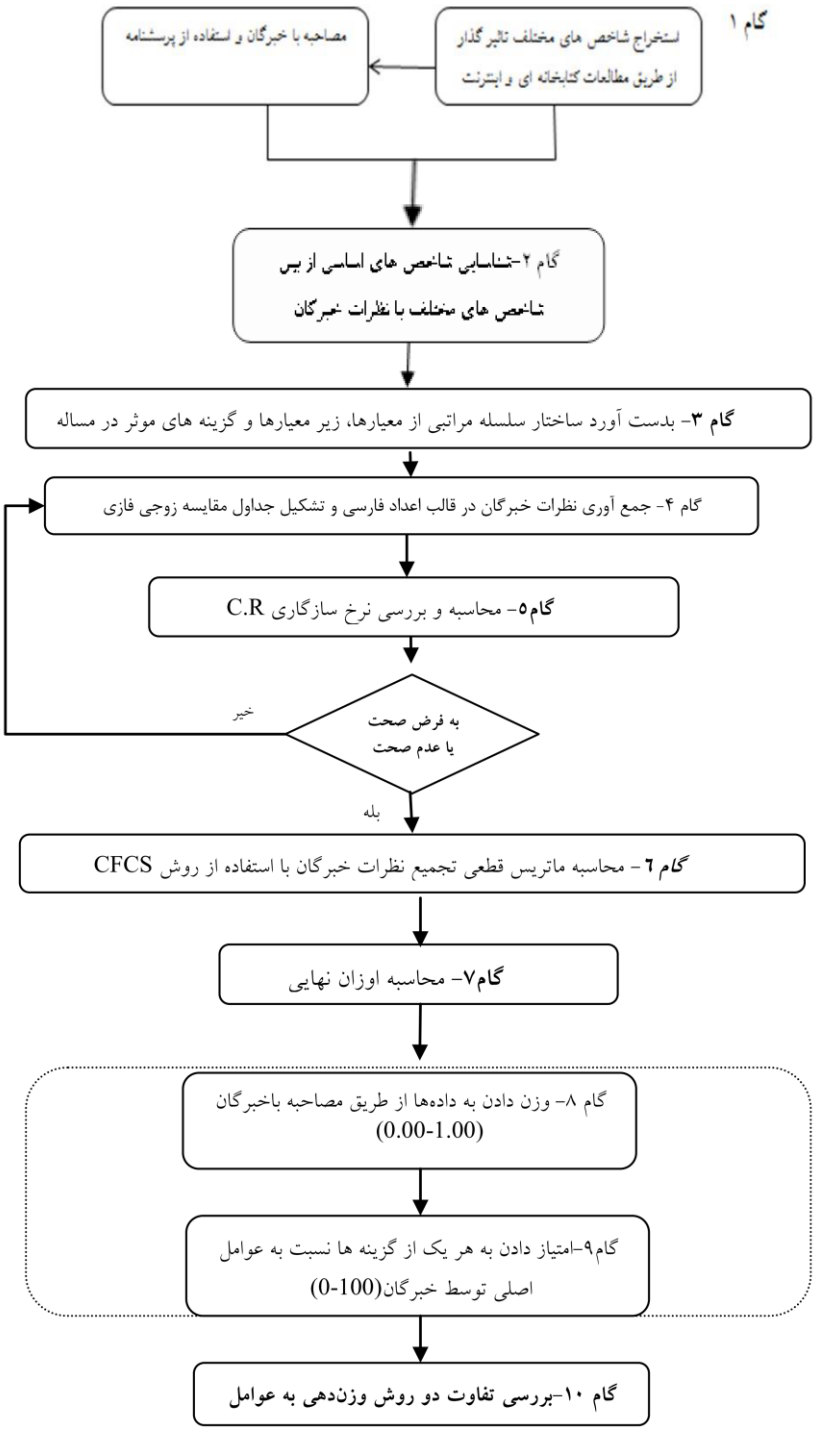
فرضیات تحقیق: بر اساس مبانی نظری و عوامل مرتبط و موثر در تولید، توزیع و بازار مصرف محصول فرضیات زیر تبیین شده است:

۱. رابطه معناداری بین راه و ترابری، آب و انرژی، همبستگی کارخانه، امکانات زیستی و رفاهی، نیروی انسانی، مواد اولیه، مسائل مالی و اقتصادی، شرایط جغرافیایی و اقلیمی، بافت اجتماعی، امنیت، سیاست‌ها و برنامه‌های دولت و بازار مصرف با تعیین محل کارخانه صنایع لبنی وجود دارد.

۲. بین نتایج روش AHP-FUZZY و روش وزن‌دهی به عوامل جایابی تفاوت معناداری وجود دارد.

روش و متدولوژی تحقیق: در این مطالعه در مرحله شناسایی عوامل موثر بر تعیین محل صنایع لبنی از روش آزمون آماری کولموگوروف – اسمیرنوف و دو جمله‌یی و برای ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل، شاخص‌ها و گزینه‌های موثر مکان‌یابی از روش AHP-FUZZY استفاده شده است؛ سپس برای مقایسه دو روش AHP-FUZZY و روش وزن‌دهی به عوامل جایابی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. تحقیق حاضر به لحاظ هدف کاربردی، روش از نوع توصیفی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات از شاخه میدانی است.

برای انجام این تحقیق مراحل اجرایی به‌صورت شماتیک آورده شده است. ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه‌یی و مصاحبه با خبرگان و از طریق پرسش‌نامه لیکرت معیارهای اصلی شناسایی گردید و سپس برای رتبه‌بندی معیارها از روش FAHP و وزن‌دهی به عوامل جایابی استفاده گردید و سرانجام نتایج دو روش باهم مقایسه گردید. مدل شکل (۱) به‌عنوان مدل اجرایی کامل این تحقیق تعیین گردید.



شکل ۱: مدل اجرایی تحقیق

نتایج تحقیق: در این تحقیق، مکان‌یابی کارخانه صنایع لبنی از طریق مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی و مدل وزن‌دهی به عوامل جایابی و نتایج آن‌ها بررسی شد تا مناسب‌ترین مکان برای محل کارخانه تعیین گردد و در این میان از مطالعات کتابخانه‌یی و نظر خبرگان این صنعت، برای نتیجه‌گیری هر چه مطلوب‌تر بهره گرفته شد. دوازده عامل به‌عنوان عوامل موثر در تعیین محل کارخانه‌های لبنی شناسایی گردید که با نظر سنجی از خبرگان و بررسی آزمون فرضیات به هفت عامل موثر محدود شد و سپس، با توزیع پرسشنامه بین خبرگان، عوامل تعیین (عوامل اصلی و فرعی) مقایسه شد و همچنین مناسب‌ترین مکان برای احداث کارخانه از دو روش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به قرار زیر ارائه گردید:

الف) نتایج مربوط به شناخت عوامل موثر و آزمون فرضیات

گام ۱. استخراج شاخص‌های مختلف تاثیرگذار و مصاحبه با خبرگان و استفاده از پرسشنامه و شناسایی عوامل موثر در تعیین محل صنایع لبنی از طریق مطالعات کتابخانه‌یی.

گام ۲. شناسایی شاخص‌های اساسی از بین شاخص‌های مختلف با نظارت خبرگان و طراحی.

پرسشنامه‌ای با مقیاس لیکرت که توسط خبرگان شرکت‌ها تکمیل گردید و در پیوست ب ارائه شده است خبرگان با پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه هفت عامل با بیشترین تاثیر در انتخاب محل کارخانه را انتخاب کردند. پرسش‌نامه ابتدا از لحاظ روایی با فرمول لاوشه سنجیده شد که حاصل آن CVR=0.49 بود و روایی پرسش‌نامه تایید شد. سپس پایایی آن با آزمون آلفای کرونباخ مورد سنجش قرار گرفت و نتایج بدست آمده از نرم افزارspss نشان داد که با آلفای کرونباخ ۰,۷۵۶پرسش‌نامه پایایی لازم را دارد.

در مرحله بعدی برای سنجش نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگوروف -اسمیرنوف استفاده شده است آیا داده‌ها در سطح معنی‌دار ۵ درصد با توزیع پواسون با پارامتر $\lambda \leq 3$ همگون هستند یا نیستند.که فرضیه آن به شرح زیر است:

$$H_0: \lambda \leq 3$$
$$H_1: \lambda > 3$$

براساس محاسبه آزمون کولموگوروف –اسمیرنوف طبق جدول۱، D بدست آمد و نشان داد که $D_{0.05,15}=0.338$ و Dهای بزرگتر قابل قبول‌اند که عبارت از هفت معیار: امکانات زیستی، آب و انرژی، بازار مصرف، راه و ترابری، سیاست دولت، مواد اولیه و نیروی انسانی‌اند و در فرض یک صدق می‌کنند؛ بنابراین این هفت عامل به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب گردید که رابطه معناداری بین آن‌ها با تعیین محل کارخانه وجود دارد.

جدول ۱: آزمون کولموگوروف ـ اسمیرنوف آزمون نرمال بودن

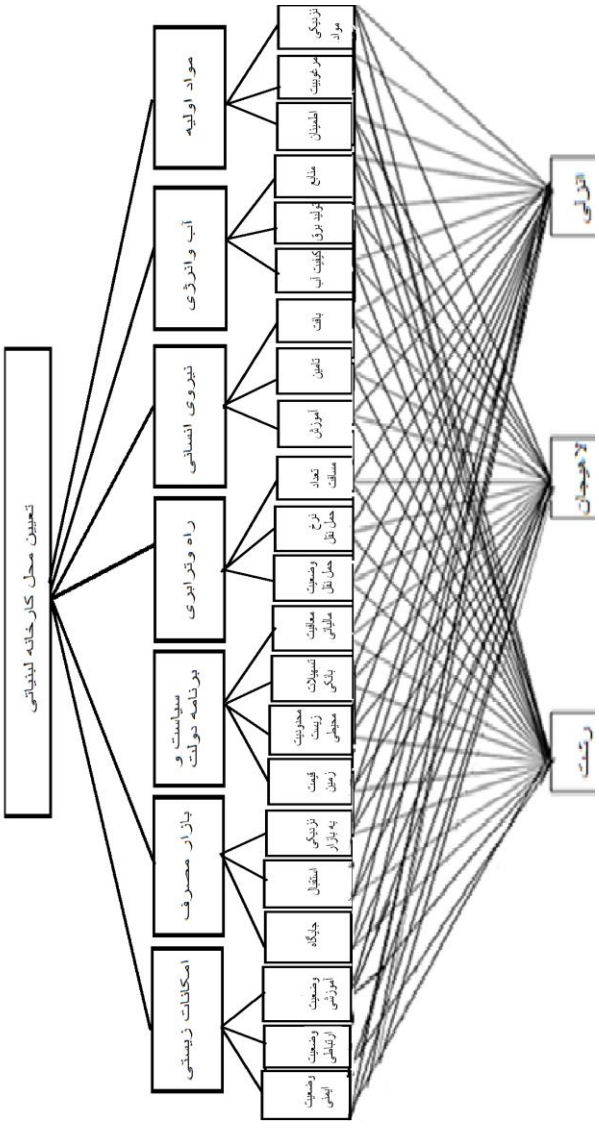
	Kolmogorov-Smirnov[a]			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
emkanat	.402	15	.000	.694	15	.000
amnyat	.316	15	.000	.790	15	.003
Ab	.403	15	.000	.667	15	.000
Bazar	.367	15	.000	.713	15	.000
Rah	.419	15	.000	.603	15	.000
Baft	.326	15	.000	.755	15	.001
syasat	.367	15	.000	.713	15	.000
goghrafi	.316	15	.000	.790	15	.003
Niro	.350	15	.000	.643	15	.000
Mavad	.439	15	.000	.606	15	.000
Mali	.251	15	.012	.798	15	.003
Hambastegi	.316	15	.000	.790	15	.003
a. Lilliefors Significance Correction						

در مرحله بعدی برای سنجش داده‌های غیرنرمال از آزمون ناپارامتر یک دوجمله‌یی استفاده شد. با این فرض که آیا در سطح معنادار ۰/۰۵ میانگین کمتر از ۳ است.

با توجه به میانگین پرسش‌نامه پاسخ داده شده توسط خبرگان داده‌هایی که میانگین‌شان از ۳ بیشتر بو د با علامت + مشخص و شمارش شد که مشتمل بر ۷ عدد بود؛ بنابراین $x=7$ است. طبق رابطه ۱ مقدار $c = 2$ است. چون $x = 7$ بزرگ‌تر از $c=2$ است؛ بنابراین فرضیه صفر قبول است و $\mu\geq 3$ است که هفت معیار امکانات زیستی، آب و انرژی، بازار مصرف، راه ترابری، سیاست دولت، مواد اولیه و نیروی انسانی را در بر می‌گیرد.

$$C_{0.05,12,0.5}=2 \qquad (1)$$

گام ۳. به‌دست آوردن ساختار سلسله مراتبی یافتن معیارها و زیر معیارها و گزینه‌های موثر در مساله با توجه به داده‌های به‌دست آمده از گام یک و دو، هفت معیار زیر که ۲۲ زیر معیارند در سه گزینه رشت، لاهیجان و انزلی، به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب و ساختار سلسله مراتبی آن در شکل ۲ آمده است.



شکل۲: درخت سلسله مراتبی مکان‌یابی

ب) نتایج مربوط به ارزیابی و اولویت‌بندی مکان کارخانه به کمک روشFAHP
گام چهارم این فرایند است:

گام ۴. جمع‌آوری نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی و تشکیل جداول مقایسه زوجی فازی و تجمیع نظر افراد خبره، در این گام نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی جمع‌آوری و جداول مقایسه زوجی فازی تشکیل گردید و با تجمیع نظر افراد خبره و از آنان خواسته شد تا نظرات خود را درخصوص مقایسه زوجی بین معیارها، زیر معیارها و در نهایت مقایسه زوجی بین گزینه‌ها با توجه به زیر معیارها، بیان کنند. بدین‌ترتیب از نظرات همه افراد خبره جداول مقایسه زوجی فازی تکمیل گردید. اعداد فازی متناظر مقیاس‌های کلامی را که از تحقیق تسفاماریام و صدیق (۲۰۰۶) گرفته شده است، در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: اعداد فازی متناظر مقیاس‌های کلامی

متغیر زبانی	عدد فازی	مقیاس عدد فازی مربوطه
یکسان	$\tilde{1}$	(۱، ۱، ۱)
بینابین	$\tilde{2}$	(۱،۲،۳)
اندکی مهم‌تر	$\tilde{3}$	(۲،۳،۴)
بینابین	$\tilde{4}$	(۳،۴،۵)
مهم‌تر	$\tilde{5}$	(۴،۵،۶)
بینابین	$\tilde{6}$	(۵،۶،۷)
بسیار مهمتر	$\tilde{7}$	(۶،۷،۸)
بینابین	$\tilde{8}$	(۷،۳،۹)
اکیدا مهمتر	$\tilde{9}$	(۸،۹،۹)

جدول (۳) نظرات تجمیع شده به کمک روش میانگین هندسی را برای همه افراد خبره (۱۵ فرد) در خصوص مقایسه زوجی بین معیارها در قالب اعداد فازی مثلثی نشان می‌دهد.

جدول ۳: ترکیب مقایسات زوجی خبرگان برای شاخص‌های سطح دوم

معیارها	A	B	C	D	E	F	G
A	(1,1,1)	(4.888,5.915,6.838)	(3.079,4.165,5.219)	(4.255,5.286,6.306)	(2.36,3.398,4.422)	(5.953,6.96,7.91)	(0.724,0.995,1.393)
B	(0.146,0.169,0.205)	(1,1,1)	(0.154,0.183,0.224)	(0.218,0.281,0.397)	(0.243,0.322,0.477)	(4.543,5.562,6.529)	(0.136,0.158,0.189)
C	(0.192,0.24,0.325)	(4.457,5.469,6.478)	(1,1,1)	(3.51,4.315,5.142)	(2.211,3.037,3.849)	(5.465,6.244,6.558)	(0.444,0.586,0.815)
D	(0.159,0.189,0.235)	(2.52,3.557,4.579)	(0.194,0.232,0.285)	(1,1,1)	(0.724,0.941,1.28)	(4.927,5.949,6.916)	(0.13,0.149,0.176)
E	(0.226,0.294,0.424)	(2.095,3.104,4.11)	(0.26,0.329,0.452)	(0.781,1.063,1.382)	(1,1,1)	(4.527,5.618,6.627)	(0.201,0.243,0.304)
F	(0.126,0.144,0.168)	(0.153,0.18,0.22)	(0.152,0.16,0.183)	(0.145,0.168,0.203)	(0.151,0.178,0.221)	(1,1,1)	(0.116,0.123,0.14)
G	(0.718,1.005,1.382)	(5.283,6.325,7.351)	(1.226,1.708,2.254)	(5.684,6.693,7.699)	(3.288,4.123,4.966)	(7.13,8.139,8.586)	(1,1,1)

گام ۵. محاسبه و بررسی نرخ سازگاری (C.R)

همان‌گونه که در قسمت گام‌های لازم برای انجام تحقیق آمد، در این گام باید از سازگاری نظرات تجمیع شده خبرگان اطمینان کامل شود. اما بررسی سازگاری جداول مقایسات زوجی فازی به سادگی بررسی سازگاری جداول قطعی نیست. برای رفع این مشکل سوترا و باکلی[1] (۲۰۰۱) در مقاله خود نشان دادند که اگر $\tilde{A}=[\tilde{a}_{ij}]$ ماتریس مقایسه زوجی فازی با اعداد فازی مثلثی $\tilde{a}_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$ باشد، کافیست ماتریس $A=[m_{ij}]$ تشکیل و سازگاری آن بررسی شود. اگر A سازگار باشد آنگاه $\tilde{A}$ نیز سازگار خواهد بود. برای مثال، برای بررسی سازگاری تجمیع نظرات افراد خبره در مورد اولین جدول مقایسه زوجی که در (جدول ۳) آمده است، باید ماتریسی از اعداد میانی این جدول تشکیل و سپس از رابطه‌های ۲،۳،۴ برای محاسبه بزرگترین مقدار ویژه λ_{max} استفاده شود.

$$C.I=(\lambda_{max}-n)/(n-1) \qquad (2)$$

$$C.R=C.I/R.I \qquad (3)$$

1. Csutora And Buckley

$$\det(A-\lambda I)=0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 1\text{-}\lambda & 5.915 & 4.165 & 5.286 & 3.398 & 6.96 & 0.995 \\ 0.169 & 1\text{-}\lambda & 0.183 & 0.281 & 0.322 & 5.556 & 0.158 \\ 0.24 & 5.469 & 1\text{-}\lambda & 4.315 & 3.037 & 6.244 & 0.586 \\ 0.189 & 3.557 & 0.232 & 1\text{-}\lambda & 0.941 & 5.949 & 0.149 \\ 0.294 & 3.104 & 0.329 & 1.063 & 1\text{-}\lambda & 5.618 & 0.243 \\ 0.144 & 0.18 & 0.16 & 0.168 & 0.178 & 1\text{-}\lambda & 0.123 \\ 1.005 & 6.325 & 1.708 & 6.693 & 4.123 & 8.139 & 1\text{-}\lambda \end{bmatrix} = 0 \qquad (4)$$

بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس تشکیل شده از اعداد میانی جدول ۳ از رابطه ۴، برابر ۷,۷۲۶۲ به‌دست می‌آید از این‌رو، داریم:

$$CI=\frac{(\lambda_{\max}-n)}{(n-1)}=\frac{(7.7262-7)}{(7-1)}=0.121 \qquad C.R.=\frac{0.121}{1.32}=0.0897<0.1$$

بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که ترکیب نظرات برای اولین جدول مقایسه زوجی سازگار است. برای مقایسه معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها در سه شهر رشت، لاهیجان و انزلی ۳۰ جدول مقایسات زوجی تشکیل می‌شود، این محاسبات برای همه ۳۰ جدول با ترکیب نظرات افراد خبره صورت گرفته است.

گام ۶. محاسبه ماتریس قطعی تجمیع نظرات خبرگان با استفاده از روش CFCS پس از اطمینان از سازگاری تجمیع نظرات افراد باید تبدیل ماتریس مقایسات زوجی از مقیاس فازی به مقیاس قطعی که اصطلاحا غیر فازی کردن ماتریس مقایسات زوجی فازی نامیده می‌شود صورت گیرد. در این تحقیق برای غیرفازی نمودن پاسخ‌های فازی خبرگان این کار از روش اپریکویچ و تزنگ[1] (۲۰۰۳) استفاده می‌شود که در رابطه‌های ۹،۱۰،۱۱،۱۲،۸،۷،۶،۵ آمده است. جدول ۴ مقادیر غیر فازی شده جدول ۳ را نشان می‌دهد.

1. Opricovic And Tzeng

۱: محاسبه ماتریس نرمال شده

$$xm_{ij}^{k} = (m_{ij}^{k} - \min l_{ij}^{k}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (5)$$

$$xu_{ij}^{k} = (u_{ij}^{k} - \min l_{ij}^{k}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (6)$$

$$xu_{ij}^{k} = (u_{ij}^{k} - \min l_{ij}^{k}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (7)$$

که در روابط بالا داریم:

$$\Delta_{min}^{max} = \max u_{ij}^{k} - \min l_{ij}^{k} \qquad (8)$$

۲: محاسبه مقادیر نرمال چپ (ls) و راست (us)

$$xls_{ij}^{k} = xm_{ij}^{k} / (1 + xm_{ij}^{k} - xl_{ij}^{k}) \qquad (9)$$

$$xus_{ij}^{k} = xu_{ij}^{k} / (1 + xu_{ij}^{k} - xm_{ij}^{k}) \qquad (10)$$

۳: محاسبه مقدار قطعی نهایی نرمال

$$x_{ij}^{k} = [xls_{ij}^{k}(1 - xls_{ij}^{k}) + xus_{ij}^{k}] / [1 - xls_{ij}^{k} + xus_{ij}^{k}] \qquad (11)$$

۴: محاسبه مقادیر قطعی

$$a^{*k}_{ij} = \min l_{ij}^{k} + x_{ij}^{k} \Delta_{min}^{max} \qquad (12)$$

(Opricovic And Tzeng, 2003)

جدول۴: مقادیر غیر فازی شده جدول ۳

معیارها	A	B	C	D	E	F	G
A	1	5.864262	4.162292	5.264168	3.415383	6.900192	1.018374
B	0.169277	1	0.183134	0.283579	0.32647	5.527055	0.158252
C	0.241399	5.445646	1	4.320462	3.052796	6.138593	0.595032
D	0.189538	3.570513	0.232269	1	0.960256	5.9061	0.149521
E	0.297307	3.128653	0.33219	1.074699	1	5.573263	0.24329
F	0.143762	0.180085	0.1603	0.168305	0.178334	1	0.122905
G	1.024347	6.280055	1.734475	6.644609	4.127735	8.039681	1

گام ۷. محاسبه اوزان نهایی

می‌توان پس از محاسبه مقدار غیر فازی تجمیع نظرات همه افراد، برای محاسبه وزن‌ها، از رابطه (۱۳) استفاده کرد. جدول۵ این اوزان را نشان می‌دهد که توسط ساعتی (۱۹۸۰) معرفی شده است و هر کدام از اعداد ستون از حاصل‌ضرب A,B,C,D.E.F.G به توان$\frac{1}{7}$ (که همان میانگین هندسی است) حاصل می‌شود از تقسیم میانگین هندسی تک تک معیارها بر روی مجموع میانگین هندسی، ستون وزن به‌دست می‌آید.

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^{n} a^*_{ij})^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}(\prod_{j=1}^{n} a^*_{ij})^{1/n}} \qquad i,j=1,2,\ldots,n \qquad (13)$$

جدول ۵: ماتریس قطعی ترکیب نظرات افراد و وزن نهایی شاخص‌ها

معیارها	A	B	C	D	E	F	G	میانگین هندسی	وزن
A	1	5.864262	4.162292	5.264168	3.415383	6.900192	1.018374	3.151	**0.306**
B	0.169277	1	0.183134	0.283579	0.32647	5.527055	0.158252	0.425	**0.041**
C	0.241399	5.445646	1	4.320462	3.052796	6.138593	0.595032	1.809	**0.176**
D	0.189538	3.570513	0.232269	1	0.960256	5.9061	0.149521	0.750	**0.073**
E	0.297307	3.128653	0.33219	1.074699	1	5.573263	0.24329	0.892	**0.087**
F	0.143762	0.180085	0.1603	0.168305	0.178334	1	0.122905	0.205	**0.020**
G	1.024347	6.280055	1.734475	6.644609	4.127735	8.039681	1	3.051	**0.297**

همان‌گونه که از جدول ۵ پیداست معیارها به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: معیارهای «مواد اولیه»، «بازار مصرف»، «آب و انرژی»، «سیاست‌ها و برنامه‌های دولت»، «راه و ترابری»، «نیروی انسانی» و در نهایت «امکانات زیستی و رفاهی».

به همین ترتیب باید جداول مقایسه زوجی مرتبط با ۷ دسته از زیر معیارهای هر معیار برای افراد خبره تجمیع و به لحاظ سازگاری بررسی، غیر فازی و در نهایت وزن نهایی آن‌ها محاسبه شود. جدول۶ خلاصه همه نتایج محاسبات وزن‌ها و نیز رتبه نهایی زیر معیارهای مساله را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که وزن نهایی از ضرب وزن محلی زیر معیارها در وزن معیارها به‌دست می‌آید.

جدول۶: خلاصه نتایج محاسبات وزن‌ها و رتبه نهایی زیر معیارها

کد معیار	معیارها	وزن معیارها	زیرمعیارها	کد زیرمعیار	وزن محلی زیر معیار	وزن نهایی	رتبه نهایی
A	مواد اولیه	0.306	نزدیکی به مواد اولیه	A1	0.469	0.1436	2
			میزان مرغوبیت مواد اولیه	A2	0.319	0.0977	4
			درجه اطمینان دسترسی به مواد اولیه	A3	0.213	0.0651	5
B	نیروی انسانی	0.041	باعث نیروی کار منطقه از نظر فعال یا کثیر فعال بودن	B1	0.167	0.0069	18
			میزان تامین نیروی کارآمد از متخصص دنیمه متخصص و ساده	B2	0.371	0.0153	13
			قابلیت آموزش و بهبود توانایی‌های نیروی انسانی	B3	0.462	0.0191	12
C	آب و انرژی	0.176	منابع تامین کننده در منطقه	C1	0.678	0.1193	3
			میزان توانایی برق و وابستگی آن	C2	0.249	0.0438	9
			میزان آب و کیفیت آب موجود در منطقه	C3	0.073	0.0128	16
D	راه و ترابری	0.073	تعداد، مسافت و نوع جاده های موجود در منطقه	D1	0.184	0.0134	14
			نرخ حمل نقل	D2	0.747	0.0545	7
			وضعیت حمل نقل شهری	D3	0.070	0.0051	19
E	سیاستها وبرنامه های دولت	0.087	معافیت ها و تشویق ها و تسهیلات مالیاتی	E1	0.093	0.0081	17
			تسهیلات بانکی موجود در منطقه	E2	0.262	0.0228	11
			محدودیت و مقررات زیست محیطی	E3	0.041	0.0036	21
			قیمت زمین و وجود شهرک های صنعتی	E4	0.603	0.0524	8
F	امکانات زیستی و رفاهی	0.020	وضعیت مراکز آموزشی	F1	0.100	0.0020	22
			وضعیت ارتباطی منطقه	F2	0.255	0.0051	20
			وضعیت آبعنی منطقه	F3	0.646	0.0129	15
G	بازار مصرف	0.297	نزدیکی به بازار فروش ومصرف	G1	0.729	0.2162	1
			استقبال از محصول توسط مردم منطقه	G2	0.190	0.0564	6
			تامین جایگاه محصول و نقش آن درزندگی مردم	G3	0.081	0.0241	10

از نتایج جدول۶ می‌توان دید که زیر معیار «نزدیکی به بازار فروش و مصرف» از زیرمعیارهای معیار «بازار مصرف» مهم‌ترین زیر معیار این تحقیق شناخته شده است. زیرمعیار با اهمیت دیگر «نزدیکی به مواد اولیه» از زیرمعیارهای معیار مواد اولیه است. زیرمعیار با اولویت سوم نیز «منابع تامین‌کننده در منطقه» است که از زیرمعیارهای آب و انرژی است.

به همین ترتیب جدول ۷ نتایج نهایی محاسبات وزنی و نیز رتبه گزینه‌ها را به نسبت هر زیرمعیار نشان می‌دهد.

جدول ۷: محاسبات وزنی و نیز رتبه گزینه‌ها به نسبت هر زیرمعیار

زیر معیار	وزن گزینه‌ها به نسبت هر زیر معیار	رتبه گزینه در هر زیرمعیار
نزدیکی به مواد اولیه	0.111	3
	0.667	1
	0.221	2
میزان مرغوبیت مواد اولیه	0.189	3
	0.569	1
	0.242	2
درجه اطمینان دسترسی به مواد اولیه	0.209	3
	0.465	1
	0.326	2
بافت نیروی کار منطقه از نظر فعال یا غیرفعال بودن	0.220	2
	0.576	1
	0.204	3
میزان تامین نیروی کار اعم از متخصص، نیمه متخصص و ساده	0.193	3
	0.590	1
	0.217	2
قابلیت آموزش و بهبود توانایی‌های نیروی انسانی	0.174	3
	0.647	1
	0.179	2
منابع تامین کننده در منطقه	0.210	3
	0.465	1
	0.325	2
میزان تولید برق و وابستگی آن	0.234	3
	0.493	1
	0.273	2
میزان آب و کیفیت آب موجود در منطقه	0.279	2
	0.442	1
	0.279	3
تعداد، مسافت و نوع جاده‌های موجود در منطقه	0.233	2
	0.564	1
	0.204	3
نرخ حمل نقل	0.189	3
	0.574	1
	0.237	2
وضعیت حمل نقل شهری	0.171	3
	0.545	1
	0.284	2
معافیت‌ها و تشویق‌ها و تسهیالات مالیاتی	0.261	3
	0.465	1
	0.274	2

تسهیلات بانکی موجود در منطقه	0.228	3
	0.496	1
	0.276	2
محدودیت‌ها و مقررات زیست محیطی	0.319	2
	0.405	1
	0.277	3
قیمت زمین و وجود شهرک‌های صنعتی	0.201	2
	0.658	1
	0.142	3
وضعیت مراکز آموزشی	0.120	3
	0.699	1
	0.181	2
وضعیت ارتباطی منطقه	0.151	3
	0.690	1
	0.159	2
وضعیت ایمنی منطقه	0.126	3
	0.729	1
	0.144	2
نزدیکی به بازار فروش ومصرف	0.214	2
	0.620	1
	0.167	3
استقبال از محصول توسط مردم منطقه	0.186	3
	0.585	1
	0.229	2
تعیین جایگاه محصول و نقش آن درزندگی مردم	0.204	3
	0.552	1
	0.243	2

از نتایج به‌دست آمده ازجدول ۷ قابل مشاهده است که شهر لاهیجان یعنی گزینه دوم در تمامی زیرمعیارها نسبت به سایر گزینه‌ها بهتر عمل کرده است. پس از محاسبه همه وزن‌ها نوبت به تجمیع وزن‌ها و محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها می‌رسد. برای این منظور از ضرب ماتریس جدول ۸ که یک ماتریس ۲۲*۳ بعدی است در ماتریس وزن نهایی زیرمعیارها در جدول ۶ که ماتریسی ۱*۲۲ بعدی است ماتریس ۱*۳ وزن نهایی گزینه‌ها به‌دست می‌آید. جدول ۹ خلاصه انجام این ضرب ماتریسی و وزن نهایی گزینه‌ها را نشان می‌دهد. از محاسبات همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، شهر لاهیجان بهترین محل برای احداث کارخانه محصولات لبنی است و شهرهای رشت و انزلی در مکان‌های بعدی قرار دارند.

جدول۸: عملکرد هر گزینه به نسبت هر زیرمعیار

گزینه ها	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	G1	G2	G3
Alt 1	0.111	0.189	0.209	0.220	0.193	0.174	0.210	0.234	0.279	0.233	0.189	0.171	0.261	0.228	0.319	0.201	0.120	0.151	0.126	0.214	0.186	0.204
Alt 2	0.667	0.569	0.465	0.576	0.590	0.647	0.465	0.493	0.442	0.564	0.574	0.545	0.465	0.496	0.405	0.658	0.699	0.690	0.729	0.620	0.585	0.552
Alt 3	0.221	0.242	0.326	0.204	0.217	0.179	0.325	0.273	0.279	0.204	0.237	0.284	0.274	0.276	0.277	0.142	0.181	0.159	0.144	0.167	0.229	0.243

جدول ۹: وزن و رتبه نهایی گزینه‌ها

گزینه‌ها	وزن نهایی	رتبه نهایی
انزلی	۰/۱۹۲۲۷۶	۳
لاهیجان	۰/۵۷۷۰۲۴	۱
رشت	۰/۲۳۱۰۰۶	۲

ج) تعیین اولویت مکان‌یابی با روش وزن‌دهی به عوامل جایابی

گام ۸. وزن دادن به داده‌ها از طریق مصاحبه با خبرگان در بازه (۰,۰۰-۱,۰۰) به‌دست آمد.

از خبرگان خواسته می‌شود که به هر یک از عوامل اصلی وزن دهند که از نظرات پانزده خبره میانگین گرفته شده و نتایج آن به قرار جدول ۱۰ است.

گام ۹. امتیاز دادن به هریک از گزینه‌ها نسبت به عوامل اصلی توسط خبرگان در بازه (۱۰۰-۰) است. از پانزده خبره خواسته می‌شود به هر یک از سه شهر رشت، لاهیجان و انزلی در بازه (۱۰۰-۰.) امتیاز دهند، سپس از نظرات پانزده خبره میانگین گرفته شده، نتایج امتیازدهی خبرگان به شرح جدول۱۰ است (متقی،۱۳۸۹).

جدول ۱۰: امتیاز و وزن هر یک از گزینه‌ها نسبت به عوامل اصلی

عوامل جایابی	وزن	رشت	لاهیجان	انزلی
مواد اولیه	۰,۳۱	۴۰	۵۰	۳۰
نیروی انسانی	۰,۰۴	۲۰	۳۰	۲۰
آب و انرژی	۰,۱۷	۳۰	۴۰	۳۰
راه و ترابری	۰,۰۷	۲۰	۳۰	۱۰
سیاست و برنامه دولت	۰,۰۹	۲۰	۳۰	۲۰
امکانات زیستی رفاهی	۰,۰۲	۱۰	۳۰	۲۰
بازار مصرف	۰,۳	۴۰	۴۰	۳۰
جمع کل امتیازات		۲۲,۹	۳۰,۱	۱۹

با توجه به محاسبات انجام شده لاهیجان دارای بیشترین امتیاز است و وزن رشت و انزلی در رتبه های دوم و سوم قرار دارد.

د) مقایسه دو روشFAHP و وزن‌دهی عوامل جایابی

گام ۱۰. بررسی تفاوت دو روش وزن‌دهی به عوامل جایابی و FAHP

بر اساس نتایج به‌دست آمده از دو روش FAHP و وزن‌دهی عوامل جایابی که در جدول ۱۱ مشهود است شهر رشت در روش FAHP با امتیاز ۰,۲۳۱۰۰۶رتبه دوم و در روش وزن‌دهی به عوامل جایابی با امتیاز ۲۲,۹ رتبه دوم، شهر لاهیجان با امتیاز۰,۵۷۷۰۲۴در روش FAHP رتبه اول و با امتیاز ۳۰,۱ در روش وزن‌دهی به عوامل جایابی رتبه اول، شهر انزلی با امتیاز ۰,۱۹۲۲۷۶در روش FAHP رتبه سوم و با امتیاز ۱۹ در روش وزن‌دهی به عوامل جایابی رتبه سوم را کسب نموده است. نتایج حاصل از دو روش که در جدول ۱۱ گردآوری شده، مشخص می‌کند که بین نتایج دو روش همبستگی وجود دارد یا ندارد. به این منظور از آزمون اسپیرمن استفاده شده که فرمول آن به صورت رابطه ۱۴ است.

$$r_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} d^2}{n(n^2-1)} \qquad (14)$$

جدول ۱۱: تفاوت دو روش FAHP و وزن‌دهی به عوامل جایابی

شهر	وزن نهاییFAHP	رتبه	وزن دهی به عوامل جایابی	رتبه	تفاوت d	d^2
رشت	0.231006	2	22.9	2	0	0
لاهیجان	0.577024	1	30.1	1	0	0
انزلی	0.192276	3	19	3	0	0

درنتیجه جاگذاری در رابطه ۱۴، جواب به‌دست آمده برابر یک است؛ بنابراین بین دو روش همبستگی وجود دارد.

منابع

۱. خورشیددوست، علی‌محمد. عادلی، زهرا (۱۳۸۸). «استفاده از AHP " برای یافتن مکان بهینه دفن زباله». **مجله محیط‌شناسی**، شماره۵۰، ص۳۲-۲۷

۲. فرقانی، علی، پورابراهیم، علی (۱۳۸۷). «مسائل مکان‌یابی مراکز صنعتی»، **مجله تدبیر**، شماره ، ۱۹۶ص۵۲-۴۹

۳. بیات ترک، امیر (۱۳۸۹)، «جزوه مدیریت کارخانه»، ۱۳۹۰، ص۱۹-۱۷

۴. متقی، هایده (۱۳۸۹). **مدیریت تولید و عملیات**، چاپ هشتم، تهران، انتشارات آوای شروین، ص۶۲

۵. حق‌شناس، اصغر (۱۳۶۷). «بررسی تئوری‌ها و مدل‌های مختلف جایابی و ارائه مدل جامع برای آن». پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع ،ص۱.

6. Boran, F. E. (2011).An integrated intuitionistic fuzzy multi criteria decision making method for facility location selection. Mathematical and Computational Applications, 16(2), 487.

7. Buckley, J.J. (1985). Fuzzy hierarchal analysis.Fuzzy Sets and Systems, 17, 233–47.

8. Chan, K., Kwong, C., & Dillon, T. (2012). An Enhanced Fuzzy AHP Method with Extent Analysis for Determining Importance of Customer Requirements. Computational Intelligence Techniques for New Product Design, 79–93.

9. Chang, D.Y. (1996). "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP.European", **Journal of Operational Research,** 95, 649–55.

10. Csutora, R., & Buckley, J.J. (2001). Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method's, Fuzzy Sets and Systems, 120(2), 181–95.

11. Laarhoven, P.J.M., &Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory.Fuzzy Sets and Systems, 11, 229–41.

12. Opricovic, S. &Tzeng, G.H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. World, 11(5), 635–652.

13. Saaty, T.L. (1990). "An exposition of the AHP in reply to the paper 'Remarks on the analytic hierarchy process". **Management Science,** 36(3), 259–68.

14. Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., & Thakur, L. S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain.Expert Systems with Applications.

15. Tesfamariam, S., &Sadiq, R. (2006). Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP). Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 21(1), 35–50.

16. Vayvay, O., Ozcan, Y., & Cruz-Cunha, M. M. (2012). "ERP consultant selection problem using AHP, fuzzy AHP and ANP: A case study in Turkey. E3", **Journal of Business Management and Economics.,** 3(3), 106–117.

17. Wang, X., Chan, H. K., Yee, R. W. Y., & Diaz-Rainey, I. (2012). "A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the 19-fashion supply chain". **International Journal of Production Economics,** 135(2), 595–606.