



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

گزارش پروژه‌ی درس مبانی تصمیم‌گیری

نویسندگان

حامد اعراب – ۹۹۲۵۰۰۳

علی قادری – ۹۹۲۵۰۳۵

کیانمهر نجفی – ۹۹۲۵۰۴۸

استاد

دکتر سینا کیهانیان

تدریس یار

مهدی رسولی

بهار ۱۴۰۲

فهرست

۳	چکیده
۴	مرور ادبیات
۵	مسئله‌ها
۵	مسئله اول
۵	مسئله دوم
۷	مدل‌های حل مسئله
۷	مدل اصلی
۷	SMARTER
۸	VIKOR
۹	مدل‌های فرعی
۹	آنتروپی شانون
۱۰	COPRAS
۱۱	MOORA
۱۳	نتایج حل مسئله‌ها
۱۳	مسئله اول
۱۳	مدل اصلی
۱۳	مدل‌های فرعی
۱۵	مقایسه مدل‌ها
۱۶	مسئله دوم
۱۶	مدل اصلی
۱۷	نتیجه‌گیری
۱۸	منابع

چکیده

امروزه با گسترش کسب‌وکارهای آنلاین، مردم بسیاری از کالاهای مورد نیاز خود را از فروشگاه‌های آنلاین می‌خرند. در این شرایط، چندین فروشنده در چندین فروشگاه می‌توانند یک کالای مشخص را بفروشند. از این سو انتخاب این که آن کالا از کدام فروشنده خریده شود را می‌توان یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره قلمداد کرد.

در این راستا، برای مطالعه‌ی این مسئله، روش پیشنهادی مقاله‌ای از Miftahul Arif^[1] پیاده‌سازی گردیده است. ابتدا از روش SMARTER در وزن‌دهی به معیارها و سپس از روش VIKOR در رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده خواهد شد. معیارهای انتخاب شده عبارتند از: قیمت محصول، تعداد محصول‌های فروخته‌شده، امتیاز کاربران به فروشنده، تعداد نظرات با ۵ ستاره، و فاصله‌ی مکانی فروشنده.

مرور ادبیات

انتخاب تأمین‌کننده یک فرآیند تصمیم‌گیری حیاتی در صنایع مختلف است که هدف آن تأمین مواد درست در زمان مناسب، با قیمت مناسب و در مقادیر مناسب است. در سال‌های اخیر، پژوهشگران سعی در استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای بهبود فرایند انتخاب تأمین‌کننده داشته‌اند. در این مرور ادبیات، چند مقاله که به این حوزه سهم دارند را بررسی می‌کنیم و از طریق یکپارچه‌سازی روش‌های تصمیم‌گیری مختلف، به جنبه‌های مختلف انتخاب تأمین‌کننده پرداخته می‌شود.

حامد طاهر دوست^[2] در مقاله‌ای، یک چارچوب تعاملی را برای تصمیم‌گیران در فرایند چندمعیاره انتخاب تأمین‌کننده ارائه می‌دهد. در این روش، اولویت‌های تصمیم‌گیر توسط حل یک مسئله ترکیبی بهینه‌سازی با وزن‌های مختلف بین هدف‌ها به دست می‌آید. در مرحله بعد، با استفاده از یک استراتژی انتخاب پرسش خاص، یک زوج از پاسخ‌های محاسبه شده انتخاب می‌شود و تصمیم‌گیر نظر خود را درباره آن‌ها بیان می‌کند. این دو مرحله تا رسیدن به یک معیار توقف خاص تکرار می‌شوند. مقاله، استراتژی‌های انتخاب پرسش سریع جدیدی را معرفی می‌کند و اثربخشی آن‌ها را از طریق آزمایش‌های محاسباتی نشان می‌دهد.

مقاله‌ای از Junyi Chai^[3] بررسی نظام‌مند ادبیاتی است که مقالات منتشر شده در دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ در مورد استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری در انتخاب تأمین‌کننده را بررسی می‌کند. نویسندگان در این مرور، با استفاده از یک تحلیل تصمیم‌گیری روش‌مند، ۱۲۳ مقاله را انتخاب و بررسی کرده‌اند. در این چارچوب دسته‌بندی، ۲۶ روش تصمیم‌گیری شناسایی شده‌اند از سه منظر: روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی (MP) و روش‌های هوش مصنوعی (AI). مقاله هر یک از این ۲۶ روش را مورد بررسی قرار می‌دهد و روش‌های ادغام این روش‌ها در انتخاب تأمین‌کننده را تحلیل می‌کند. این بررسی توصیه‌هایی برای تحقیقات آینده نیز می‌دهد.

Junyi Chai^[4] در مقاله‌ای دیگر، به بررسی مقالات مرتبط منتشر شده در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ می‌پردازد. این مقاله تکنیک‌های تصمیم‌گیری مختلف را در یک فرایند انتخاب تأمین‌کننده به‌طور جامع بررسی می‌کند و به توسعه روش‌های تصمیم‌گیری در آینده توجه می‌کند. نویسندگان به جهت‌گیری‌هایی که در آینده می‌توانند در این حوزه حاکم باشند، توجه ویژه‌ای می‌کنند. این مقاله همچنین به توسعه علوم میان‌رشته‌ای مختلف از جمله داده‌های بزرگ (BigData) و نظریات اقتصادی به بُعد روش‌شناختی توجه می‌کند و از منظر بین رشته‌ای، پتانسیل این حوزه را بررسی می‌کند و در نهایت توصیه‌ها و پیشنهاداتی برای جهت دادن به تحقیقات آینده می‌دهد.

مرور ادبیات فوق، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انتخاب تأمین‌کننده و فروشنده (خرده فروشی) را بررسی می‌کند و راهکارها و پیشنهادهای مختلف را برای بهبود فرایند انتخاب تأمین‌کننده ارائه می‌دهد.

مسئله‌ها

مسئله اول

مسئله‌ی اول ما شامل داده‌های مقاله‌ی اصلی راجع به خرید یک مدل گوشی موبایل است که یک مدل اصلی و چهار مدل فرعی بر روی آن اجرا شده‌اند.

	C1	C2	C3	C4	C5
Name	Seller Score Rating	Number of Reviews with 5 Starts	Product Price	Number of Products Sold	Location Distance
Category	Benefit	Benefit	Cost	Benefit	Cost
Priority Level	1	2	3	4	5

Marketplace	Seller's Name	Code	Location	C1	C2	C3	C4	C5
Tokopedia	one's_olshop	A1	Kab. Bogor	4.90	76	1604000	1093	480
Tokopedia	Distributor Ponsel	A2	Jakarta barat	4.70	276	1636000	2207	452
Tokopedia	varelle ponsel	A3	Jakarta barat	5.00	110	1665000	484	452
Tokopedia	Barokah Online Abadi	A4	Demak	4.80	64	1625000	207	34
Tokopedia	HN Store 2003	A5	Jakarta Pusat	5.00	40	1620000	607	446
Shopee	quenzzyqee	A6	Kab. Tangerang	4.90	93	1600000	453	485
Shopee	murah2019	A7	Tangerang Selatan	4.90	9	1609999	62	463
Shopee	nashop7979	A8	Jakarta Selatan	4.90	39	1610000	70	405
Shopee	hnstore2003	A9	Jakarta Pusat	4.80	8	1620000	13	446
Shopee	shopeedia	A10	Jakarta barat	4.70	6	1675000	20	452
Bukalapak	JAYA STORE	A11	Jakarta Utara	4.70	16	1674000	41	444
Bukalapak	Xiaomi Store	A12	Jakarta Pusat	4.20	1	1673070	8	446
Bukalapak	Gojap	A13	Jakarta barat	4.80	95	1675000	438	452
Bukalapak	Dsun Shop	A14	Kab. Bogor	5.00	9	1625000	13	480
Bukalapak	Metta Cell Bekasi	A15	Bekasi	5.00	5	1670000	14	424

مسئله دوم

مسئله‌ی دوم، شامل داده‌های استخراج شده از فروشگاه‌های ایرانی برای خرید گوشی موبایل Samsung Galaxy A54 256GB 8GB RAM است که تنها مدل اصلی بر روی آن اجرا شده است. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط متفاوت در ایران، سطح اولویت معیارها را مطابق زیر به گونه‌ای تغییر داده‌ایم تا میزان قیمت بیشترین اولویت را داشته باشد. میزان فروش نیز اولویت بعدی است.

	C3	C4	C1	C2	C5
Name	Product Price	Number of Products Sold	Seller Score Rating	Number of Reviews with 5 Starts	Location Distance
Category	Cost	Benefit	Benefit	Benefit	Cost
Priority Level	1	2	3	4	5

Seller's Name	Code	C3	C4	C1	C2	C5
Digikala	A1	15840000	63	4.80	5	1
MeghdadIT	A2	15699000	25	5.00	0	1
TechnoLife	A3	16699000	26	5.00	3	1
Banino	A4	15045000	5	5.00	0	1
BartarDigital	A5	15100000	12	5.00	1	3
RyanMobile	A6	15150000	10	5.00	0	2
Nazdikeh	A7	15150000	17	4.90	0	1
AhwazKala	A8	15490000	15	5.00	0	3
Anarino	A9	15200000	13	4.80	0	2
DGLand	A10	15292000	8	4.90	1	1

مدل‌های حل مسئله

مدل اصلی

مدل اصلی حل مسئله، از روش SMARTER برای وزن‌دهی و از روش VIKOR برای رتبه‌بندی استفاده می‌کند.

SMARTER

روش وزن‌دهی SMARTER یک روش تصمیم‌گیری است که به شما کمک می‌کند به صورت سیستماتیک وزن‌هایی را به معیارها در فرآیند تصمیم‌گیری اختصاص دهید. SMARTER مخفف عبارت Simple Multi-Attribute Rating Technique Exploiting Ranks می‌باشد.

روش SMARTER شامل مراحل زیر است:

(۱) شناسایی معیارها: ابتدا معیارهایی که در تصمیم وجود دارند را شناسایی کنید. این معیارها باید عوامل کلیدی یا بعدهای مهم را که در فرآیند تصمیم‌گیری باید مدنظر قرار گیرند، دربرگیرند.

(۲) اختصاص سطح اولویت: به معیارها رتبه براساس اهمیت یا اولویت اختصاص دهید. این رتبه‌ها می‌تواند با استفاده از مقادیر عددی یا با استفاده از برچسب‌های کلامی مانند "بالا"، "متوسط" و "پایین" صورت گیرد. این رتبه‌ها باید اهمیت معیارها در دستیابی به هدف‌های تصمیم را منعکس کنند.

(۳) محاسبه امتیازهای وزن‌دار: با ضرب رتبه اختصاص داده شده توسط رتبه بندی با ارزشیابی اهمیت، امتیازهای وزن‌دار برای هر معیار محاسبه شود. این مرحله منجر به اختصاص وزن به هر معیار می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت نسبی آن در فرآیند تصمیم‌گیری است.

(۴) نرمال‌سازی وزن‌ها: وزن‌های اختصاص داده شده را نرمال‌سازی کنید تا مجموع آنها به یک برسد. این کار با تقسیم هر وزن معیار بر مجموع وزن‌های تمام معیارها انجام می‌شود. نرمال‌سازی وزن‌ها امکان مقایسه و تجمیع معیارها را در فرآیند تصمیم‌گیری فراهم می‌کند.

$$w_j = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^J \frac{1}{i}$$

(۵) ارزیابی عملکرد: عملکرد یا سهم جایگزین‌ها در هر معیار را ارزیابی کنید. این ممکن است شامل استفاده از امتیازهای عددی، ارزیابی‌های کیفی یا سایر اندازه‌گیری‌های مناسب باشد.

(۶) محاسبه امتیازهای کلی: امتیازهای کلی را برای هر گزینه محاسبه کنید. برای این کار، امتیازهای عملکرد هر جایگزین را با وزن معیار مربوطه ضرب کنید. جمع امتیازهای وزن‌دار برای تمامی معیارها، امتیاز کلی برای هر گزینه را نتیجه می‌دهد.

(۷) تصمیم‌گیری: امتیازهای کلی جایگزین‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید تا گزینه ترجیحی را تعیین کنید. گزینه‌ای که بالاترین امتیاز کلی را دارد، بهترین گزینه بر اساس وزن‌های اختصاص داده شده و ارزیابی عملکرد است.

روش وزن‌دهی SMARTER یک چارچوب ساختاری برای ارزیابی اهمیت معیارهای مختلف است و با ترکیب رتبه‌های نسبی معیارها و مقایسه دو به دو اهمیت آنها، فرایند تصمیم‌گیری را موثرتر و شفاف‌تر می‌کند.

VIKOR

روش تصمیم‌گیری (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) VIKOR یک روش مقایسه چند شاخصه است که برای انتخاب بهترین گزینه از بین چند گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با ترکیب نسبت شاخص‌ها و امتیازهای کلی، تصمیم نهایی را برای انتخاب بهترین گزینه مشخص می‌کند. در ادامه، مراحل اصلی روش VIKOR توضیح داده می‌شوند:

- ۱) معیارها و شاخص‌ها: در ابتدا، مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌ها را برای ارزیابی گزینه‌ها مشخص می‌کنیم. این معیارها باید قابل اندازه‌گیری و ارزیابی باشند و به ویژگی‌های مهم گزینه‌ها اشاره کنند. مثال‌هایی از معیارها در مقایسه فروشندگان اینترنتی موبایل می‌تواند شامل قیمت، کیفیت محصول، سرویس مشتری، سرعت تحویل و گارانتی باشند.
- ۲) وزن‌دهی معیارها: پس از تعیین معیارها، وزنی به هر معیار براساس اهمیت آن در تصمیم‌گیری اختصاص می‌دهیم. این وزن‌ها می‌توانند با استفاده از تکنیک‌های مختلفی مانند روش تخصیص نظرات خبرگان یا روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مشخص شوند. وزن‌ها معمولاً به صورت نسبی و در بازه ۰ تا ۱ نشان داده می‌شوند.
- ۳) نسبت شاخص‌ها: در این مرحله، نسبت شاخص برای هر معیار و هر گزینه محاسبه می‌شود. نسبت شاخص برای یک معیار، نسبت ارزش بهترین گزینه به ارزش گزینه مورد نظر است. این نسبت برای هر معیار و هر گزینه محاسبه شده و به عنوان ورودی در مراحل بعدی استفاده می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^+ - f_{ij}}{f_j^+ - f_j^-}$$

$$R_i = \max \left\{ w_j \frac{f_j^+ - f_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \right\}$$

- ۴) امتیاز کلی: با استفاده از نسبت شاخص‌ها و وزن‌های معیارها، امتیاز کلی برای هر گزینه محاسبه می‌شود. برای محاسبه امتیاز کلی، از فرمولی استفاده می‌شود که نسبت شاخص‌ها و وزن‌ها را با هم ترکیب می‌کند. این امتیاز کلی نشان دهنده عملکرد نسبی هر گزینه است.

$$Q_i = v \frac{S_i - S^+}{S^+ - S^-} + (1 - v) \frac{R_i - R^+}{R^+ - R^-}$$

- ۵) رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه: در این مرحله، با ترکیب امتیاز کلی و نسبت شاخص‌ها، رتبه‌بندی بین گزینه‌ها صورت می‌گیرد. گزینه‌ای که دارای امتیاز بالاتر و رتبه بهتری است، به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

با استفاده از مراحل فوق، می‌توان با روش VIKOR بین چند فروشنده اینترنتی موبایل، بهترین گزینه را انتخاب کرد. این روش با توجه به وزن‌دهی معیارها و ترکیب نسبت شاخص‌ها و امتیازهای کلی، توانایی ما در تصمیم‌گیری بهتر و مقایسه صحیح‌تر را افزایش می‌دهد.

توضیح کامل فرمول‌ها و مراحل محاسبات به صورت مفصل در منابع مرتبط با روش VIKOR قابل یافتن است.

مدل‌های فرعی

برای مطالعه‌ی بیشتر، ۴ مدل دیگر نیز اجرا شدند که به این ترتیبند:

Shannon Entropy + COPRAS (۱)

SMARTER + COPRAS (۲)

Shannon Entropy + MOORA (۳)

SMARTER + MOORA (۴)

آنتروپی شانون

روش وزن‌دهی آنتروپی شانون یک روش ریاضی است که در تصمیم‌گیری‌ها برای تعیین وزن‌دهی به متغیرها استفاده می‌شود. این روش بر اساس مفهوم آنتروپی در نظریه اطلاعات شانون استوار است.

آنتروپی، یک مفهوم اصلی در نظریه اطلاعات است که اندازه‌گیری ناخواسته نامرتب‌ی را برای ترتیب و شاخص‌های ناخواسته ارائه می‌دهد. در مفهوم آنتروپی، یک متغیر تصادفی با توزیع احتمال مشخصی در نظر گرفته می‌شود و میزان ناهمواری و ناقص بودن اطلاعات موجود در آن را نشان می‌دهد. آنتروپی یک تابعی از توزیع احتمال است که مقدار آن نشان دهنده میزان عدم قطعیت در یک سیستم است. آنتروپی شانون برای یک متغیر تصادفی گسسته با توزیع احتمال P به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H(P) = -P(x) \ln(P(x))$$

در اینجا، x نماینده مقادیر مختلف متغیر تصادفی است و $P(x)$ نماینده احتمال وقوع هر مقدار x است. لگاریتم در این تعریف معمولاً با پایه ۲ استفاده می‌شود و واحد آنتروپی بیت است.

حالا که با مفهوم آنتروپی آشنا شدیم، به جزئیات روش وزن‌دهی آنتروپی شانون می‌پردازیم. این روش معمولاً در تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود. در این حالت، برای هر متغیر تصمیم، مقادیر مختلفی وجود دارد و باید وزنی به هر یک از این مقادیر اختصاص داده شود.

روش وزن‌دهی آنتروپی شانون در تصمیم‌گیری به شکل زیر است:

$$E_j = -k \left(\sum_{i=1}^m r_{ij} \times \ln(r_{ij}) \right)$$

$$D_j = 1 - E_j$$

$$w_j = \frac{D_j}{\sum D_j}$$

در نهایت، با استفاده از این وزن‌ها، می‌توان تصمیم‌هایی را اتخاذ کرد که بر اساس مقدار و وزن‌های متغیرهای تصمیم مختلف به دست می‌آید.

روش وزن‌دهی آنتروپی شانون یک روش مفید برای تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به ما امکان می‌دهد وزن‌دهی مناسبی به مقادیر مختلف متغیرهای تصمیم بدهیم بر اساس میزان عدم قطعیت مرتبط با آنها.

COPRAS

روش تصمیم‌گیری (COPRAS) (Complex PROportional ASsessment) یک روش مبتنی بر ترازبندی چندشاخصه است که برای انتخاب بهترین گزینه از بین چند گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با استفاده از ارزش‌دهی نسبی به شاخص‌ها و ترازبندی گزینه‌ها، تصمیم‌نهایی را برای انتخاب بهترین گزینه تعیین می‌کند. در ادامه، مراحل اصلی روش COPRAS توضیح داده می‌شود:

(۱) معیارها و شاخص‌ها: در ابتدا، مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌ها را برای ارزیابی گزینه‌ها مشخص می‌کنیم. این معیارها باید قابل اندازه‌گیری و ارزیابی باشند و به ویژگی‌های مهم گزینه‌ها اشاره کنند. برای مثال، در مقایسه فروشندگان اینترنتی موبایل، معیارهایی مانند قیمت، کیفیت محصول، سرویس مشتری، سرعت تحویل و گارانتی می‌توانند استفاده شوند.

(۲) ارزش‌دهی نسبی: در این مرحله، برای هر شاخص و به ترتیب اهمیت آن‌ها، ارزش نسبی تعیین می‌شود. ارزش‌دهی نسبی نشان دهنده نسبت اهمیت یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها است. این ارزش‌ها می‌توانند با استفاده از روش‌های مختلفی مانند تخمین خبرگان، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش تخصیص امتیازات تخصصی مشخص شوند.

(۳) نرمال‌سازی شاخص‌ها: پس از ارزش‌دهی نسبی، شاخص‌ها برای هر گزینه نرمال‌سازی می‌شوند. در این مرحله، مقادیر شاخص‌ها برای هر گزینه بر اساس محدوده مقادیر آن شاخص مقیاس می‌شوند. این کار به منظور قابلیت مقایسه و ترازبندی بهتر گزینه‌ها انجام می‌شود.

$$r_{ij}^* = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}$$

$$\hat{r}_{ij} = r_{ij}^* \cdot w_j$$

(۴) ترازبندی گزینه‌ها: با استفاده از شاخص‌های نرمال‌سازی شده و ارزش‌دهی نسبی، می‌توان ترازبندی بین گزینه‌ها انجام داد. این ترازبندی می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلفی مانند مجموع ارزش‌های نرمال‌سازی شده یا مجموع وزن‌دار شاخص‌ها برای هر گزینه انجام شود.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^g \hat{r}_{ij}$$

$$S_i^- = \sum_{j=g+1}^n \hat{r}_{ij}$$

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \times \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}}$$

۵) تصمیم نهایی: با ترازبندی گزینه‌ها، می‌توان بهترین گزینه را تعیین کرد. گزینه‌ای که دارای رتبه بالاتر و ارزش بیشتری است، به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

با استفاده از مراحل فوق، می‌توان با روش COPRAS بین چند فروشنده اینترنتی موبایل، بهترین گزینه را انتخاب کرد. این روش با ترازبندی چندشاخصه و ارزش‌دهی نسبی، به کاربر امکان می‌دهد تا به صورت جامع و سیستماتیک بهترین گزینه را شناسایی کند.

MOORA

روش تصمیم‌گیری (MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) یک روش مبتنی بر ترازبندی چند شاخصه است که برای انتخاب بهترین گزینه از بین چند گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با استفاده از ترازبندی نسبی شاخص‌ها، تصمیم نهایی را برای انتخاب بهترین گزینه تعیین می‌کند. در ادامه، مراحل اصلی روش MOORA توضیح داده می‌شود:

۱) معیارها و شاخص‌ها: در ابتدا، مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌ها را برای ارزیابی گزینه‌ها مشخص می‌کنیم. این معیارها باید قابل اندازه‌گیری و ارزیابی باشند و به ویژگی‌های مهم گزینه‌ها اشاره کنند. برای مثال، در مقایسه فروشندگان اینترنتی موبایل، معیارهایی مانند قیمت، کیفیت محصول، سرویس مشتری، سرعت تحویل و گارانتی می‌توانند استفاده شوند.

۲) نرمال‌سازی شاخص‌ها: پس از تعیین شاخص‌ها، مقادیر هر شاخص برای هر گزینه باید نرمال‌سازی شوند. این کار به منظور قابلیت مقایسه و ترازبندی بهتر گزینه‌ها انجام می‌شود. در روش MOORA، از نرمال‌سازی به روش ه تا ۱ استفاده می‌شود، که مقدار ۱ بهترین مقدار و ۰ بدترین مقدار است.

$$r_{ij}^* = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}}$$

۳) محاسبه وزن‌دهی شاخص‌ها: در این مرحله، وزن هر شاخص برای محاسبه نمره کلی باید تعیین شود. وزن‌دهی شاخص‌ها معمولاً بر اساس اهمیت نسبی شاخص‌ها انجام می‌شود. برای مثال، با استفاده از روش تخمینی (Analytic Hierarchy Process (AHP)، می‌توان وزن‌های مختلف را به شاخص‌ها اختصاص داد.

۴) محاسبه نمره کلی: با استفاده از مقادیر نرمال شده شاخص‌ها و وزن‌دهی مشخص شده، نمره کلی برای هر گزینه محاسبه می‌شود. در روش MOORA، معمولاً از روش مجموع وزن‌دار برای محاسبه نمره کلی استفاده می‌شود. در این روش، برای هر گزینه مجموع حاصل ضرب مقدار نرمال شده شاخص‌ها در وزن مربوطه محاسبه می‌شود.

$$\hat{r}_{ij} = r_{ij}^* \cdot w_j$$
$$value = \sum_{i=1}^g \hat{r}_{ij} - \sum_{i=g+1}^n \hat{r}_{ij}$$

۵) رتبه‌بندی: بر اساس نمره کلی که برای هر گزینه محاسبه شده است، گزینه‌ها را بر اساس رتبه‌بندی نمره کلی به ترتیب نزولی قرار می‌دهیم. در نهایت، گزینه‌ای که نمره کلی بیشتری دارد، به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

با استفاده از مراحل فوق، روش MOORA امکان مقایسه جامع بین گزینه‌ها را فراهم می‌کند و به انتخاب بهترین گزینه بر اساس شاخص‌ها و وزن‌های مشخص شده کمک می‌کند.

نتایج حل مسئله‌ها

مسئله اول

مدل اصلی

	C1	C2	C3	C4	C5	Si	Ri	Qi	Rank	
A1		0.0571	0.1867	0.0084	0.0456	0.0396	0.3373	0.1867	0.0905	4
A2		0.1713	0.0000	0.0752	0.0000	0.0371	0.2835	0.1713	0.0270	1
A3		0.0000	0.1549	0.1358	0.0705	0.0371	0.3983	0.1549	0.0809	3
A4		0.1142	0.1979	0.0522	0.0819	0.0000	0.4461	0.1979	0.1858	6
A5		0.0000	0.2203	0.0418	0.0655	0.0365	0.3641	0.2203	0.1651	5
A6		0.0571	0.1708	0.0000	0.0718	0.0400	0.3397	0.1708	0.0659	2
A7		0.0571	0.2492	0.0209	0.0878	0.0380	0.4530	0.2492	0.2757	10
A8		0.0571	0.2212	0.0209	0.0875	0.0329	0.4195	0.2212	0.2057	7
A9		0.1142	0.2501	0.0418	0.0898	0.0365	0.5324	0.2501	0.3333	12
A10		0.1713	0.2520	0.1567	0.0895	0.0371	0.7065	0.2520	0.4591	14
A11		0.1713	0.2427	0.1546	0.0886	0.0364	0.6935	0.2427	0.4345	13
A12		0.4567	0.2567	0.1526	0.0900	0.0365	0.9925	0.4567	1.0000	15
A13		0.1142	0.1689	0.1567	0.0724	0.0371	0.5492	0.1689	0.2106	8
A14		0.0000	0.2492	0.0522	0.0898	0.0396	0.4308	0.2492	0.2601	9
A15		0.0000	0.2529	0.1462	0.0898	0.0346	0.5235	0.2529	0.3316	11

مدل‌های فرعی

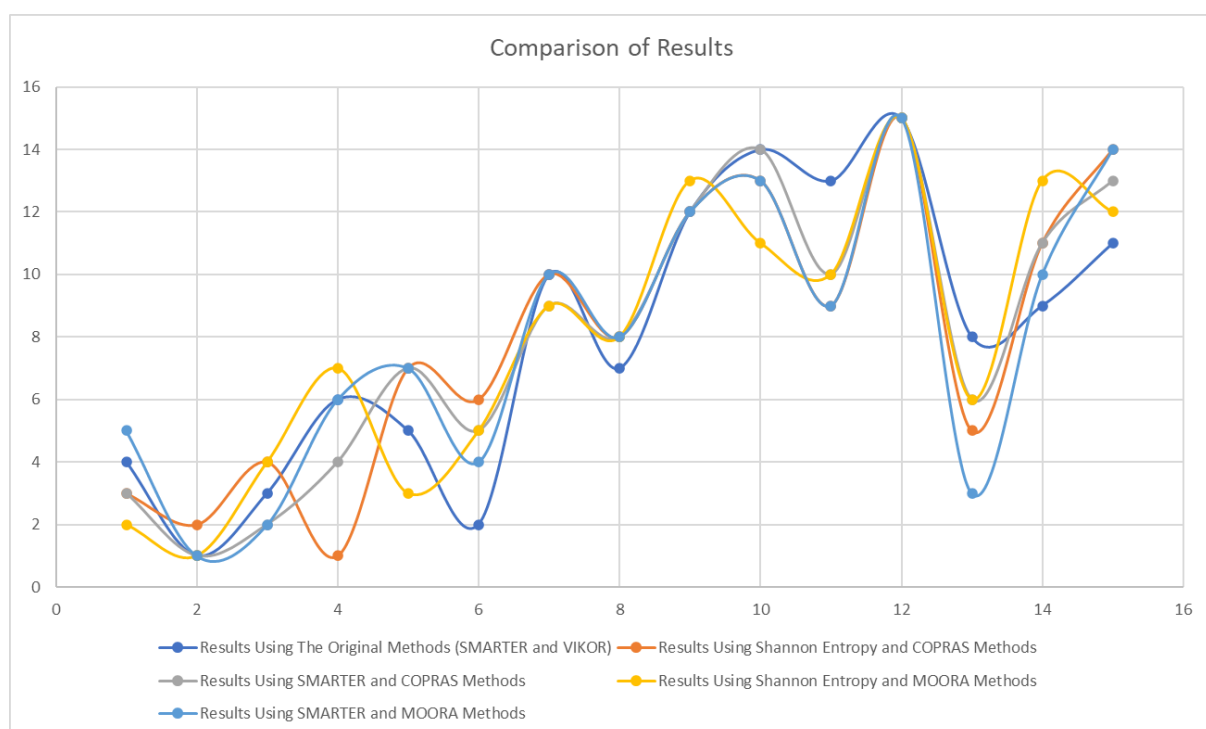
Results Using Shannon Entropy and COPRAS Methods									
	C1	C2	C3	C4	C5	S+i	S-i	Qi	Rank
A1	0.0000	0.0359	0.0000	0.1078	0.0025	0.1438	0.0026	0.0001704	3
A2	0.0000	0.1305	0.0000	0.2177	0.0024	0.3482	0.0024	0.0004383	2
A3	0.0000	0.0520	0.0000	0.0477	0.0024	0.0998	0.0024	0.0001256	4
A4	0.0000	0.0303	0.0000	0.0204	0.0002	0.0507	0.0002	0.0008208	1
A5	0.0000	0.0189	0.0000	0.0599	0.0024	0.0788	0.0024	0.0001005	7
A6	0.0000	0.0440	0.0000	0.0447	0.0026	0.0887	0.0026	0.0001041	6
A7	0.0000	0.0043	0.0000	0.0061	0.0025	0.0104	0.0025	0.0000128	10
A8	0.0000	0.0184	0.0000	0.0069	0.0021	0.0254	0.0022	0.0000356	8
A9	0.0000	0.0038	0.0000	0.0013	0.0024	0.0051	0.0024	0.0000065	12
A10	0.0000	0.0028	0.0000	0.0020	0.0024	0.0048	0.0024	0.0000061	13
A11	0.0000	0.0076	0.0000	0.0040	0.0024	0.0116	0.0024	0.0000149	9
A12	0.0000	0.0005	0.0000	0.0008	0.0024	0.0013	0.0024	0.0000017	15
A13	0.0000	0.0449	0.0000	0.0432	0.0024	0.0882	0.0024	0.0001109	5
A14	0.0000	0.0043	0.0000	0.0013	0.0025	0.0056	0.0026	0.0000066	11
A15	0.0000	0.0024	0.0000	0.0014	0.0022	0.0038	0.0023	0.0000051	14

Results Using SMARTER and COPRAS Methods									
	C1	C2	C3	C4	C5	S+i	S-i	Qi	Rank
A1	0.0309	0.0230	0.0102	0.0172	0.0030	0.0711	0.0132	0.0009205	3
A2	0.0297	0.0836	0.0104	0.0347	0.0028	0.1480	0.0133	0.0019106	1
A3	0.0316	0.0333	0.0106	0.0076	0.0028	0.0725	0.0135	0.0009234	2
A4	0.0303	0.0194	0.0104	0.0033	0.0002	0.0530	0.0106	0.0008583	4
A5	0.0316	0.0121	0.0103	0.0095	0.0028	0.0532	0.0131	0.0006946	7
A6	0.0309	0.0282	0.0102	0.0071	0.0030	0.0662	0.0132	0.0008567	5
A7	0.0309	0.0027	0.0103	0.0010	0.0029	0.0347	0.0132	0.0004506	9
A8	0.0309	0.0118	0.0103	0.0011	0.0025	0.0439	0.0128	0.0005867	8
A9	0.0303	0.0024	0.0103	0.0002	0.0028	0.0329	0.0131	0.0004299	12
A10	0.0297	0.0018	0.0107	0.0003	0.0028	0.0318	0.0135	0.0004032	14
A11	0.0297	0.0048	0.0107	0.0006	0.0028	0.0352	0.0135	0.0004477	10
A12	0.0265	0.0003	0.0107	0.0001	0.0028	0.0270	0.0135	0.0003429	15
A13	0.0303	0.0288	0.0107	0.0069	0.0028	0.0660	0.0135	0.0008362	6
A14	0.0316	0.0027	0.0104	0.0002	0.0030	0.0345	0.0134	0.0004420	11
A15	0.0316	0.0015	0.0106	0.0002	0.0027	0.0333	0.0133	0.0004288	13

Results Using Shannon Entropy and MOORA Methods							
	C1	C2	C3	C4	C5	Value	Rank
A1	0.0000	0.2317	0.0000	0.2359	0.0089	0.2359	2
A2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0083	1
A3	0.0000	0.1923	0.0000	0.3649	0.0083	0.3649	4
A4	0.0000	0.2456	0.0000	0.4236	0.0000	0.4236	7
A5	0.0000	0.2734	0.0000	0.3389	0.0082	0.3389	3
A6	0.0000	0.2120	0.0000	0.3715	0.0090	0.3715	5
A7	0.0000	0.3093	0.0000	0.4543	0.0086	0.4543	9
A8	0.0000	0.2746	0.0000	0.4526	0.0074	0.4526	8
A9	0.0000	0.3105	0.0000	0.4647	0.0082	0.4647	13
A10	0.0000	0.3128	0.0000	0.4632	0.0083	0.4632	11
A11	0.0000	0.3012	0.0000	0.4588	0.0082	0.4588	10
A12	0.0000	0.3186	0.0000	0.4658	0.0082	0.4658	15
A13	0.0000	0.2097	0.0000	0.3747	0.0083	0.3747	6
A14	0.0000	0.3093	0.0000	0.4647	0.0089	0.4647	13
A15	0.0000	0.3139	0.0000	0.4645	0.0078	0.4645	12

Results Using SMARTER and MOORA Methods							
	C1	C2	C3	C4	C5	Value	Rank
A1	0.0024	0.1485	0.0001	0.0376	0.0105	0.1485	5
A2	0.0073	0.0000	0.0009	0.0000	0.0099	0.0099	1
A3	0.0000	0.1233	0.0016	0.0581	0.0099	0.1233	2
A4	0.0049	0.1574	0.0006	0.0675	0.0000	0.1574	6
A5	0.0000	0.1752	0.0005	0.0540	0.0097	0.1752	7
A6	0.0024	0.1359	0.0000	0.0592	0.0107	0.1359	4
A7	0.0024	0.1983	0.0002	0.0724	0.0101	0.1983	10
A8	0.0024	0.1760	0.0002	0.0721	0.0088	0.1760	8
A9	0.0049	0.1990	0.0005	0.0740	0.0097	0.1990	12
A10	0.0073	0.2005	0.0019	0.0738	0.0099	0.2005	13
A11	0.0073	0.1931	0.0018	0.0731	0.0097	0.1931	9
A12	0.0196	0.2042	0.0018	0.0742	0.0097	0.2042	15
A13	0.0049	0.1344	0.0019	0.0597	0.0099	0.1344	3
A14	0.0000	0.1983	0.0006	0.0740	0.0105	0.1983	10
A15	0.0000	0.2012	0.0017	0.0740	0.0092	0.2012	14

مقایسه مدل‌ها



مسئله دوم
مدل اصلی

	C3	C4	C1	C2	C5	Si	Ri	Qi	Rank
A1	0.2195	0.0000	0.1567	0.0000	0.0000	0.3762	0.2195	0.1181	2
A2	0.1806	0.1682	0.0000	0.0900	0.0000	0.4387	0.1806	0.1486	6
A3	0.4567	0.1637	0.0000	0.0360	0.0000	0.6564	0.4567	1.0000	10
A4	0.0000	0.2567	0.0000	0.0900	0.0000	0.3467	0.2567	0.1378	4
A5	0.0152	0.2257	0.0000	0.0720	0.0400	0.3529	0.2257	0.0917	1
A6	0.0290	0.2345	0.0000	0.0900	0.0200	0.3735	0.2345	0.1411	5
A7	0.0290	0.2036	0.0783	0.0900	0.0000	0.4009	0.2036	0.1292	3
A8	0.1229	0.2124	0.0000	0.0900	0.0400	0.4653	0.2124	0.2491	7
A9	0.0428	0.2213	0.1567	0.0900	0.0200	0.5307	0.2213	0.3708	9
A10	0.0682	0.2434	0.0783	0.0720	0.0000	0.4619	0.2434	0.2998	8

نتیجه‌گیری

در مسئله‌ی اول، با توجه به نمودار ارائه شده، نتایج مدل اصلی و مدل‌های فرعی همگرا می‌باشند و در تقریباً همه‌ی مدل‌ها، گزینه‌ی دوم رتبه‌ی اول را کسب کرده است. در مسئله‌ی دوم نیز، فروشنده‌ای که یکی از کمترین قیمت‌ها، یکی از بیشترین میزان‌های فروش، و یکی از بیشترین امتیازدهی‌های کاربران را دارد، به عنوان رتبه‌ی اول گردیده است.

- 1) Miftahul Arif, Jatmiko Endro Suseno, R. Rizal Isnanto
Multi-Criteria Decision Making with the VIKOR and SMARTER Methods for
Optimal Seller Selection from Several E-Marketplaces
E3S Web Conf. 202 14002 (2020)
DOI 10.1051/e3sconf/202020214002
- 2) Hamed Taherdoost, Aurélie Brard
Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods
Procedia Manufacturing
Volume 32
2019
Pages 1024-1034
ISSN 2351-9789
DOI 10.1016/j.promfg.2019.02.317
- 3) Junyi Chai, James N.K. Liu, Eric W.T. Ngai
Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic
review of literature
Expert Systems with Applications
Volume 40, Issue 10
2013
Pages 3872-3885
ISSN 0957-4174
DOI 10.1016/j.eswa.2012.12.040
- 4) Junyi Chai, Eric W.T. Ngai
Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and
what lies ahead
Expert Systems with Applications
Volume 140
2020
112903
ISSN 0957-4174
DOI 10.1016/j.eswa.2019.112903