

روش^۱ TOPSIS

این تکنیک را هوانگ (C.L.Hwang) و یون (K.Yoon) در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد کردند. در این تکنیک هر مساله به صورت یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی فرض می شود.

اساس کار TOPSIS براین است که بهترین گزینه، نزدیکترین به جواب ایدئال مثبت و دورترین از جواب ایدئال منفی است. (اصغری زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۶)

از آنجا که تکنیک TOPSIS یکی از پرکاربردترین تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره می باشد، این روش برای رتبه بندی سایت های کاندید بیمارستان انتخاب شد.

تئوری روش TOPSIS

پس از تشکیل ماتریس تصمیم، می بایست نرمال سازی انجام شود؛ برای این کار مطابق رابطه ی زیر عمل می کنیم.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (15)$$

سپس ماتریس نرمال حاصل را در وزن معیارهای داده شده ضرب می کنیم.

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (16)$$

در گام بعد پس از اینکه ماتریس t به دست آمد، با توجه به سود یا هزینه بودن معیار، دو مجموعه جواب مثبت و منفی به دست می آوریم.

$$\begin{aligned} s^+ &= \{t_1^+, t_2^+, \dots, t_m^+\} \\ s^- &= \{t_1^-, t_2^-, \dots, t_m^-\} \end{aligned} \quad (17)$$

در اینجا لازم است سود یا هزینه بودن یک معیار تشریح شود.

¹ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

- معیار سود: معیاری است که با افزایش آن ، مطلوبیت معیار افزایش می یابد.
برای این معیار ها مجموعه جواب مثبت برابر با ماکزیمم و مجموعه جواب منفی برابر با مینیمم معیار است.
- معیار هزینه: معیاری است که با کاهش آن ، مطلوبیت معیار افزایش می یابد.
برای این معیار ها مجموعه جواب مثبت برابر با مینیمم و مجموعه جواب منفی برابر با ماکزیمم معیار است.

در گام بعد، باید فاصله هر درایه (گزینه) را از مجموعه جواب منفی و مثبت به دست آوریم. این فاصله در واقع فاصله اقلیدسی هر درایه از مجموعه جواب هاست و در منابع ، از آن به عنوان Separation یا جدا کننده نیز یاد می شود.

$$\begin{aligned} d_i^- &= \sqrt{\sum_{j=1}^m (t_{ij} - t_j^-)^2} \\ d_i^+ &= \sqrt{\sum_{j=1}^m (t_{ij} - t_j^+)^2} \end{aligned} \quad (18)$$

در گام آخر نیز فاصله نسبی و یا اندازه نزدیکی نسبی هر گزینه از جواب ایده آل را به کمک رابطه زیر محاسبه می کنیم.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (19)$$

و در نهایت Alternative با بالاترین مقدار به عنوان بهترین کاندیدا انتخاب می شود.

مزایای روش TOPSIS

- ۱- محدودیت چندانی در تعداد گزینه هایی که باید ارزیابی شوند ندارد و بدون توجه به گزینه هایی که باید ارزیابی شوند همیشه می تواند^۱ NIS و^۲ PIS و نزدیکی نسبی را محاسبه کند.
- ۲- تحت تأثیر ارزیابی تجربی ذهنی تصمیم گیرندگان قرار نمی گیرد، و نزدیکی NIS و PIS محاسبه شده در فرآیند ارزیابی، تنها بر اساس داده های اصلی است.
- ۳- نتایجی که به طور مستقیم در این روش بدست می آیند، قادر به رتبه بندی مزایا و معایب هستند که این مهم برای تصمیم گیرندگان گزینه مناسبی است.
- ۴- یک مقدار اسکالر که بهترین و بدترین گزینه ها را به طور همزمان در نظر می گیرد.
- ۵- یک منطق صحیح که بیانگر منطق انتخاب انسان است.
- ۶- عملکرد Alternative ها بر روی معیارها قابل بصری سازی است.

معایب روش TOPSIS

از آنجایی که روش TOPSIS نزدیکی گزینه را به NIS و PIS محاسبه می کند، حاصل PIS تنها بر اساس بهترین شاخص های مثبت و حاصل NIS تنها بر اساس بدترین شاخص های منفی است و NIS و PIS ممکن است بین شاخص ها در تضاد باشد و نتایج ارزیابی ممکن است به واقعیت نزدیک نباشند. بنابراین، هنگام استفاده از روش TOPSIS، ضروری است که وضعیت واقعی گزینه ها بررسی شوند.

ثانیاً رتبه بندی بدست آمده توسط روش TOPSIS تنها رتبه بندی تطابق نسبی است، و اندازه تطابق نسبی مشابه وزن گیری توسط روش AHP یا روش های آنتروپی نیست، این تطابق نسبی به عنوان یک مقدار عددی ممکن است به تصمیم گیرندگان اجازه ندهد که درجه های مختلف برای هر گزینه ارزیابی شده را تشخیص دهند.

^۱ Negative ideal solution

^۲ Positive ideal solution

سوماً، روش TOPSIS بستگی زیادی به وزن هر شاخص ارزیابی دارد، و وزن بین شاخص‌ها در روش TOPSIS بر نتیجه نهایی ارزیابی تأثیر می‌گذارد، در حالی که تنظیم وزن شاخص ممکن است ذهنی باشد و در نظر گرفتن وزن‌های مختلف می‌تواند بر واقعیت نهایی ارزیابی تأثیر داشته باشد.

همچنین استفاده از فاصله اقلیدسی در این روش به همبستگی معیارها توجهی ندارد. این موضوع باعث می‌شود که وزن‌دهی به معیارها، به خصوص با اضافه شدن معیارهای بیشتر، دشوار باشد.

پیاده سازی روش TOPSIS

برای پیاده سازی تکنیک TOPSIS ابتدا فایل CandidateSites.xlsx را به عنوان ورودی می‌گیریم و مراحل ذکر شده در قسمت تئوری را به ترتیب اجرا می‌کنیم. پس از اجرای کد TOPSIS.ipynb نتایج به صورت زیر قابل مشاهده است.

جدول (۱): Decision Matrix

119.616	526.645	136.535	893.234	1895.059	1839.870	177.922	24.041
142.746	524.766	4.901	1003.430	1436.360	1227.410	288.041	31.586
149.746	548.210	81.506	826.420	2140.823	2109.750	39.941	29.144
297.286	113.437	115.357	627.984	1967.946	757.810	20.017	34.074
150.064	229.951	13.231	178.491	1687.546	275.432	229.879	37.023
75.745	164.360	94.444	800.315	2849.616	1210.380	142.666	36.879
175.718	324.908	61.607	695.826	2994.187	1461.180	6.843	37.179
204.471	225.324	146.720	768.951	2531.582	1116.960	627.205	38.532
214.757	112.508	189.757	357.799	2802.482	1663.000	372.209	39.620
161.302	79.195	34.257	128.301	2795.577	1566.270	68.791	40.599
131.809	128.076	107.902	314.777	3112.600	1828.780	61.664	40.660

جدول (٢): Normalized Matrix

0.206	0.494	0.391	0.405	0.234	0.380	0.208	0.203
0.246	0.492	0.014	0.455	0.177	0.254	0.337	0.266
0.258	0.514	0.233	0.374	0.264	0.436	0.047	0.246
0.513	0.106	0.330	0.284	0.243	0.157	0.023	0.287
0.259	0.216	0.038	0.081	0.208	0.057	0.269	0.312
0.131	0.154	0.271	0.363	0.351	0.250	0.167	0.311
0.303	0.305	0.176	0.315	0.369	0.302	0.008	0.314
0.353	0.211	0.420	0.348	0.312	0.231	0.734	0.325
0.371	0.105	0.544	0.162	0.345	0.344	0.436	0.334
0.278	0.074	0.098	0.058	0.345	0.324	0.080	0.342
0.227	0.120	0.309	0.143	0.384	0.378	0.072	0.343

جدول (٣): Weighted normalized Matrix

0.0233	0.0558	0.0489	0.0142	0.0698	0.0293	0.0269	0.0225
0.0278	0.0556	0.0018	0.0159	0.0529	0.0195	0.0435	0.0296
0.0292	0.0581	0.0292	0.0131	0.0789	0.0336	0.0060	0.0273
0.0580	0.0120	0.0413	0.0100	0.0725	0.0121	0.0030	0.0319
0.0293	0.0244	0.0047	0.0028	0.0622	0.0044	0.0347	0.0347
0.0148	0.0174	0.0338	0.0127	0.1050	0.0193	0.0215	0.0345
0.0343	0.0344	0.0221	0.0110	0.1104	0.0233	0.0010	0.0348
0.0399	0.0239	0.0525	0.0122	0.0933	0.0178	0.0947	0.0361
0.0419	0.0119	0.0679	0.0057	0.1033	0.0265	0.0562	0.0371
0.0314	0.0084	0.0123	0.0020	0.1030	0.0249	0.0104	0.0380
0.0257	0.0136	0.0386	0.0050	0.1147	0.0291	0.0093	0.0381

جدول (٤): S^- , S^+

Negative Solutions
0.0580
0.0084
0.0679
0.0159
0.0529
0.0336
0.0010
0.0381

Positive Solutions
0.0148
0.0581
0.0018
0.0020
0.1147
0.0044
0.0947
0.0225

جدول (٥): d_i^- , d_i^+

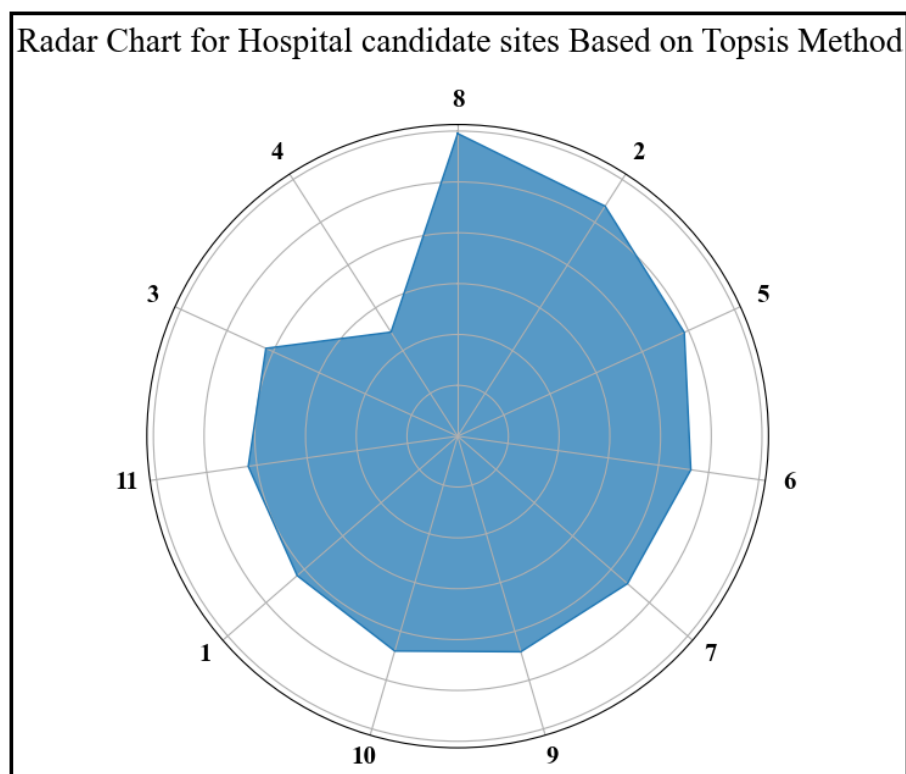
Negative Distance
0.0709
0.0979
0.0750
0.0406
0.0856
0.0805
0.0824
0.1071
0.0774
0.0816
0.0771

Positive Distance
0.0984
0.0842
0.1054
0.1263
0.0887
0.0928
0.1036
0.0728
0.0978
0.1037
0.1077

جدول (۶): رتبه بندی نهایی سایت‌های کاندید بیمارستان طبق روش TOPSIS

Site	Score
8	0.5952
2	0.5377
5	0.4913
6	0.4645
7	0.4429
9	0.4420
10	0.4404
1	0.4188
11	0.4172
3	0.4157
4	0.2432

طبق جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از روش TOPSIS، سایت شماره ۸ مناسب‌ترین گزینه برای احداث بیمارستان است. همچنین چارت زیر جهت نمایش نحوه تناسب سایت‌ها قابل مشاهده است.



شکل (۱): Radar chart سایت‌های کاندید بیمارستان طبق روش TOPSIS

روش¹ MAUT

این تکنیک توسط Keeney و Raiffa (Alinezhad, A., & Khalili, J. 2019) در سال ۱۹۷۶ معرفی شد. سادگی در حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره یکی از مزایای این تکنیک به شمار می‌رود و در مواردی مانند ارزیابی شرکت های صنعتی و ... کاربرد دارد.

تئوری روش MAUT

سادگی در حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره یکی از مزایای این تکنیک است و آزادی عمل فراوانی را به تصمیم گیرندگان می دهد تا نتیجه را دقیق تر و واقعی تر نشان دهند.

در این روش نیز پس از تشکیل ماتریس تصمیم ، باید نرمال سازی انجام شود .

برای معیار های سود فرایند نرمال سازی مطابق رابطه‌ی زیر انجام می‌شود.

$$r_{ij}^* = \frac{r_{ij} - \min(r_{ij})}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})} \quad j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, m \quad (20)$$

برای معیار های هزینه فرایند نرمال سازی مطابق رابطه‌ی زیر انجام می‌شود.

$$r_{ij}^* = 1 + \left(\frac{\min(r_{ij}) - r_{ij}}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})} \right) \quad j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, m \quad (21)$$

در گام بعد باید Marginal Utility Score محاسبه شود که رابطه آن به صورت زیر می‌باشد.

$$u_{ij} = \frac{e^{\left(r_{ij}^*\right)^2} - 1}{1.71} \quad j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, m \quad (22)$$

¹ Multi-Attribute Utility Theory

در گام آخر Final Utility Score برای هر alternative محاسبه می‌شود.

$$U_i = \sum_{j=1}^n u_{ij} \cdot w_j \quad j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, m \quad (23)$$

در نهایت Alternative با بالاترین Score به عنوان بهترین کاندیدا انتخاب می‌شود.

مزایای روش MAUT

روش MAUT به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد که یک مشکل پیچیده را به صورت سلسله‌مراتبی ساده سازماندهی کرده و عوامل کمی و کیفی بسیاری را در حضور عدم قطعیت ارزیابی کند.

مزیت اصلی MAUT این است که عدم قطعیت را در نظر می‌گیرد. این روش می‌تواند به یک utility اختصاص داده شود که این ویژگی در بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در نظر گرفته نمی‌شود

معایب روش MAUT

یکی از معایب روش MAUT این است که نیاز به مقدار زیادی ورودی توسط تصمیم‌گیرنده دارد تا بتواند اولویت‌ها را به درستی ثبت کند. این سطح ورودی و حجم داده ممکن است برای هر مسئله تصمیم‌گیری در دسترس نباشد.

همچنین، اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان باید دقیق باشند و وزن‌های خاصی به هر یک از معیارها داده شود که نیازمند فرضیات قوی در هر سطح است. این موضوع ممکن است دشوار باشد و نتایج نسبی‌ای را به همراه داشته باشد.

پیاده‌سازی روش MAUT

برای پیاده‌سازی تکنیک MAUT ابتدا فایل CandidateSites.xlsx را به عنوان ورودی می‌گیریم و مراحل ذکر شده در قسمت تئوری را به ترتیب اجرا می‌کنیم. پس از اجرای کد MAUT.ipynb نتایج به صورت زیر قابل مشاهده است.

جدول (٧): Decision Matrix

119.616	526.645	136.535	893.234	1895.059	1839.870	177.922	24.041
142.746	524.766	4.901	1003.430	1436.360	1227.410	288.041	31.586
149.746	548.210	81.506	826.420	2140.823	2109.750	39.941	29.144
297.286	113.437	115.357	627.984	1967.946	757.810	20.017	34.074
150.064	229.951	13.231	178.491	1687.546	275.432	229.879	37.023
75.745	164.360	94.444	800.315	2849.616	1210.380	142.666	36.879
175.718	324.908	61.607	695.826	2994.187	1461.180	6.843	37.179
204.471	225.324	146.720	768.951	2531.582	1116.960	627.205	38.532
214.757	112.508	189.757	357.799	2802.482	1663.000	372.209	39.620
161.302	79.195	34.257	128.301	2795.577	1566.270	68.791	40.599
131.809	128.076	107.902	314.777	3112.600	1828.780	61.664	40.660

جدول (٨): Normalized Matrix

0.802	0.954	0.288	0.126	0.274	0.147	0.276	1.000
0.698	0.950	1.000	0.000	0.000	0.481	0.453	0.546
0.666	1.000	0.586	0.202	0.420	0.000	0.053	0.693
0.000	0.073	0.402	0.429	0.317	0.737	0.021	0.396
0.665	0.321	0.955	0.943	0.150	1.000	0.360	0.219
1.000	0.182	0.516	0.232	0.843	0.490	0.219	0.228
0.549	0.524	0.693	0.351	0.929	0.354	0.000	0.209
0.419	0.312	0.233	0.268	0.653	0.541	1.000	0.128
0.373	0.071	0.000	0.738	0.815	0.244	0.589	0.063
0.614	0.000	0.841	1.000	0.811	0.296	0.100	0.004
0.747	0.104	0.443	0.787	1.000	0.153	0.088	0.000

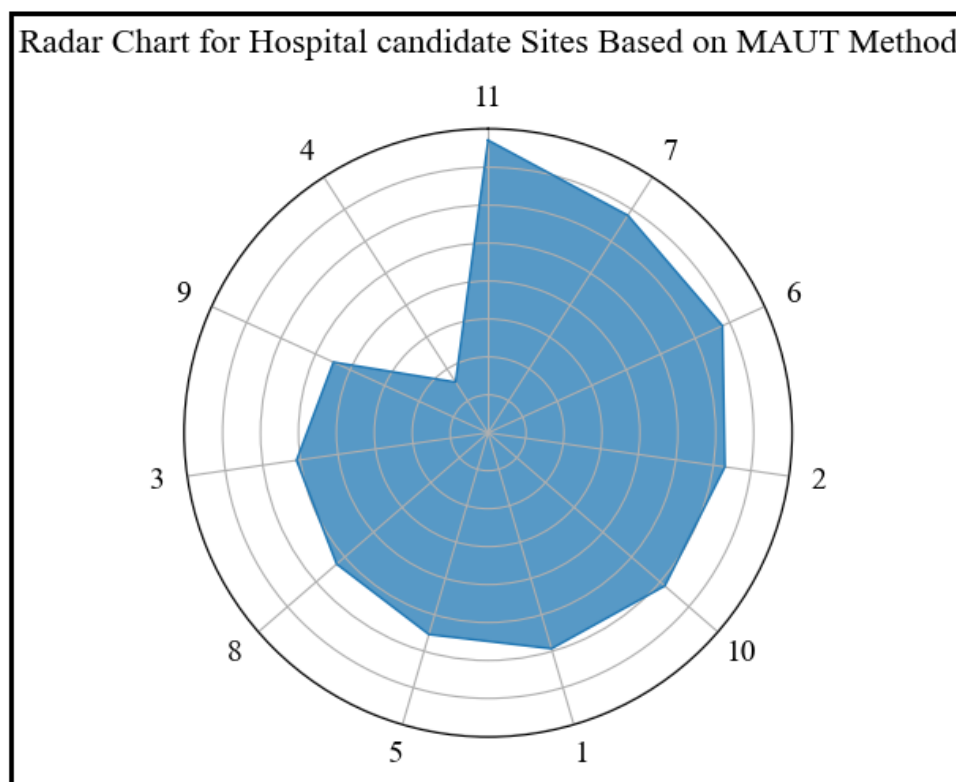
جدول (٩): Marginal Utility Score

0.528	0.868	0.051	0.009	0.045	0.013	0.046	1.005
0.367	0.857	1.005	0.000	0.000	0.152	0.133	0.203
0.326	1.005	0.239	0.024	0.113	0.000	0.002	0.360
0.000	0.003	0.103	0.118	0.062	0.422	0.000	0.099
0.325	0.064	0.871	0.837	0.013	1.005	0.081	0.029
1.005	0.020	0.178	0.032	0.606	0.159	0.029	0.031
0.205	0.185	0.361	0.077	0.802	0.078	0.000	0.026
0.112	0.060	0.033	0.044	0.311	0.199	1.005	0.010
0.087	0.003	0.000	0.423	0.551	0.036	0.242	0.002
0.268	0.000	0.602	1.005	0.544	0.054	0.006	0.000
0.437	0.006	0.127	0.501	1.005	0.014	0.005	0.000

جدول (١٠): Sorted Final Utility Score

Site	Score
11	0.386
7	0.341
6	0.340
2	0.315
10	0.308
1	0.296
5	0.277
8	0.264
3	0.255
9	0.224
4	0.079

طبق جدول (۱۰) که نمایانگر رتبه بندی نهایی سایت‌های کاندید بیمارستان طبق روش MAUT است، می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از این روش، سایت شماره ۱۱ مناسب‌ترین گزینه برای احداث بیمارستان است. همچنین چارت زیر جهت نمایش نحوه تناسب سایت‌ها قابل مشاهده است.



شکل (۲): Radar chart سایت‌های کاندید بیمارستان طبق روش MAUT