

Хэрэглээний Математик

Байгууламжийн оновчтой байршил сонгоход олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын аргуудыг хэрэглэх нь

Т. Дөлтуяа¹, А. Оюумаа¹, Т. Цэрэннадмид^{2,*}, А. Энхболор¹

¹МУИС, ХШУИС, Хэрэглээний Математикийн Тэнхим

²МУИС, ХШУИС, Мэдээлэл, Компьютерийн Ухааны Тэнхим

Хүлээн авсан 2022.05.18; Хянагдсан 2022.12.04; Зөвшөөрөгдсөн 2022.12.06

*Холбоо баригч зохиогч: tserennadmid@seas.num.edu.mn

Хураангуй

Сүүлийн жилүүдэд төрийн болон хувийн бүх төрлийн бизнес, тэр дундаа үйлдвэрлэл, үйлчилгээний байгууллагуудын хувьд байршлыг зохистой сонгох хэрэгцээ шаардлага маш их болсон байна. Байгууламжийн байршлын оновчтой шийдвэр гаргахын тулд олон шалгуурт шийдвэр гаргах (Multi Criteria Decision making-MCDM) техникийн төрлүүд болох АНР, PROMETHEE, TOPSIS аргуудыг дэлхийн улс орнуудад хот болон бүс нутагтаа хэрэглэж байгааг олон судалгааны ажлуудад харуулжээ. Энэхүү судалгааны ажлаар бид эдгээр аргуудыг ашиглан нэгэн байгууллагын хувьд хэрэгцээт байгууламжаа өөрийн сонгосон хувилбаруудаас оновчтой сонгоход тусалсан үр дүнг гаргаж, аргуудын харьцуулалт хийж харуулсан болно.

Түлхүүр үг: аналитик шаталсан процесс, олон шалгуурт шийдвэр гаргах арга, байгууламжийн оновчтой байршил.

1 Удиртгал

Үйлдвэрлэл, үйлчилгээний байгууллагуудын урт хугацааны төлөвлөлтөд байгууламжийн байршлын шийдвэр асар их ач холбогдолтой байдаг. Үйлдвэрлэлийн тодорхой зориулалт бүхий байгууламжийн байршлыг сонгохдоо үйлдвэрлэлийн нөөцийн боломж, хөрөнгө оруулалтын зардал, мөн байгууламжид ойр байх гэх мэт чанарын болон тоон чухал шалгууруудыг ихэвчлэн харгалзан үздэг. Байгууллагын амжилт, бүтэлгүйтэл нь эдгээр шалгуурыг харгалзан үзэхээс ихээхэн хамаардаг. Байгууламжийн байршлыг сонгоход олон боломжит хувилбаруудыг авч үздэг. Эдгээр хувилбаруудаас чанарын болон тоон шалгуур үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэхэд хүндрэлтэй байдаг. Үүний тулд шийдвэр гаргах онолыг ашиглах нь тохиромжтой байдаг. Шийдвэр гаргах онолд буй АНР (Analytic Hierarchy Process) арга нь комплекс шийдвэрүүдийг задлан шинжлэх болоод зохион байгуулахын тулд математик болон сэтгэл судлалын ухаанд суурилан зохиогдсон техник юм. АНР нь зөв шийдвэр гэхээсээ илүү шийдвэр гаргагчдад өөрсдийн зорилго, асуудлын талаарх ойлголтод хамгийн сайн тохирох шийдвэрийг олоход тусалдаг. Өндөр хөгжилтэй орнуудын АНР болон PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation) аргыг хэрэглэсэн туршлагаас дурдвал

- Turkish Airline-Туркийн агаарын тээврийн компани болон бусад агаарын тээврийн компаниу-

дын зах зээлд өрсөлдөх чадварын судалгаанд хамгийн сайн стратегийг сонгоход уг аргыг ашигласан.

- Газар хөдлөлтөд сүйрсэн Туркийн Adapazari хотын нүүлгэн шилжүүлэлтийн хамгийн сайн байршлыг 2001 онд АНР аргыг ашиглан тогтоосон.
- Хятад улс усны менежмент тогтвортой хөгжлийн бодлогын хүрээнд усны менежментын болон ашиглалтын оновчтой бодлогыг тодорхойлоход энэхүү аргыг хэрэглэсэн.
- Disney хүүхдийн паркийг Хятадад байгуулах оновчтой байршлыг тогтооход АНР аргыг хэрэглэсэн ба энэ судалгааны үр дүнгээр Хонг Конг хамгийн өндөр үзүүлэлттэй гарчээ.
- АНУ-ын цөмийн хог хаягдлыг аюулгүй байдлаар зайлуулах стратегийн үнэлгээнд АНР аргыг хэрэглэсэн.
- АНУ-ын Мексик муж шинэ ХАА хүнсний агуулахын оновчтой байршлыг үнэлэхэд чиглэсэн байршлын асуудал, агробизнесд хамгийн их ашиглагддаг шинж чанар, шалгуурт дүн шинжилгээ хийх кейс судалгаанд ашигласан

зэрэг өндөр хөгжилтэй орнуудын эрдэм шинжилгээний ажлууд олон улсын сэтгүүлүүдэд хэвлэгдсэн байна.

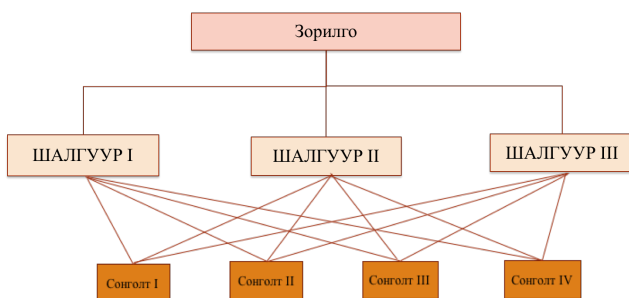
Олон шалгуураар шийдвэр гаргах процесс нь хэдийгээр үйлдлийн шинжилгээний бусад салбаруудаас ялгаатай боловч эвристик төрлийн техникүүд, логикууд дээр тулгуурлан янз бүрийн аргачлал боловсруулан практикт хэрэглэж туршигдсаар байгааг дээрх олон ажлуудаас харж болно. Энэхүү судалгааны ажлаар байгууламжийн оновчтой байршлыг сонгох шийдвэр гаргахын тулд олон шалгуурт шийдвэр гаргах АНР буюу аналитик шаталсан процесс аргаар шалгуур үзүүлэлтүүдийн ач холбогдлын жинг тооцоолно. Харин PROMETHEE болон TOPSIS (Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution) аргуудыг авч үзэж буй кейс дээр тулгуурлан тайлбарлаж дүн шинжилгээ хийн танилцуулна.

2 Олон шалгуураар шийдвэр гаргах арга

Байгууламжийн байршлын оновчтой шийдвэр гаргахын тулд олон шалгуурт шийдвэр гаргах (Multi Criteria Decision making-MCDM) техникийн төрлүүд болох АНР, PROMETHEE болон TOPSIS аргуудыг дэлхийн улс орнуудад хот болон бус нутагтаа хэрэглэж байгааг олон судалгааны ажлуудад дурдсан байдаг [1]. Аналитик шаталсан процессыг (Analytic Hierarchy Process) [2] анх Питтсбург Их Сургуулийн профессор Thomas L. Saaty (Univ. Pittsburgh) дэвшүүлж практикийн олон бодлогод хэрэглэн хөгжүүлсэн юм. Мөн судлаачид PROMETHEE [3] аргыг дэвшүүлэн онолын түвшинд болон практикт өргөн хэрэглэж байна.

2.1 АНР арга

Энэ арга нь ямар нэг зорилгод нийцсэн сонголтуудыг тоон утгын тусламжтайгаар эрэмбэлэх арга бөгөөд сонголтуудын зорилгодоо нийцсэн байдлыг шалгахад шаардлагатай шалгуур хүчин зүйлийг сонгож, шалгуурын ач холбогдлын жинг тодорхойлон гаргадаг. Энэхүү үйл явцыг Зураг 1-ээр харууллаа.



Зураг 1: Аналитик шаталсан процесс

Аналитик шаталсан процессын чухал үе шат нь тухайн асуудлыг шийдвэрлэхэд шалгууруудыг (хүчин зүйлүүдийг) сонгох, тэдгээрийн ач холбогдлыг хос хосоор нь эрэмбэлэх бөгөөд энэ үйл явцад туршлагатай экспертүүд (төлөөлөл) оролцох шаардлагатай байдаг. Олон экспертүүдийн ач холбогдлын эрэмбэлэлтийн тоон утгын геометр дундажаар нэгдсэн эрэмбэлэлтийг гаргаж болно. Шалгууруудын ач холбогдлыг хос хосоор нь жинлэх техникийг нарийвчлан авч үзье. Аналитик шаталсан процесс нь сонголтыг эрэмбэлэхэд хэрэглэгдэх шалгууруудын ач холбогдлын жингийн утгыг тодорхойлох нь хамгийн чухал үйл явц юм.

Энэхүү аргад $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ шалгуурын ач холбогдлыг хос хосоор нь жинлэхдээ тогтсон $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ онооны хуваарилалтыг авч үзсэн байдаг. Үүнийг психофизикийн Вебер-Фехнер хуультай холбоотойгоор тогтоосон байна [4]. Тайлбарыг Хүснэгт 1-ээр үзүүлээ. Аналитик Шаталсан Процесс нь дараах алхамуудаас бүрдэнэ:

1. Шалгуур үзүүлэлтүүдийг хос хосоор нь харьцуулах $X = (x_{ij})$ матрицыг байгуулах
2. Шалгууруудын хос хосоор нь харьцуулсан матрицын нийцтэй байдлыг шалгах

$$CI(X) = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad CR(X) = \frac{CI(X)}{RI_n}$$

$CR \leq 0.1$ нөхцөлийг хангах матрицыг хүлээн зөвшөөрөх боломжтой гэж үздэг. Энд RI_n нь санамсаргүй байдлаар үүсгэгдсэн n хэмжээтэй матрицуудын өгөгдлөөс олж авсан утга юм.

3. Шалгуурын давамгай байдлын векторыг тооцоолох. $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ шалгуурын давамгай байдлын векторыг хувийн векторын аргаар тооцоолно:

$$\begin{cases} Xw = \lambda_{max} \\ w^T [1, 1, \dots, 1]^T = 1 \end{cases} \quad (1)$$

4. Шалгуур бүрийн хувьд хувилбаруудын хос хосоор харьцуулах матрицыг байгуулах
5. Хувилбаруудын хос хосоор харьцуулах матрицуудын нийцтэй байдлыг шалгах
6. Хувилбаруудын локал давуу байдлын векторуудыг (1) томъёогоор тооцоолж

$$S = [s_1, s_2, \dots, s_n]$$

-ийн утганд өгөх

7. Глобал давуу байдлын векторуудыг олж, хувилбаруудыг эрэмбэлэх

$$v = Sw$$

Хүснэгт 1: Психофизикийн Вебер-Фехнер хууль

Ач холбогдлын оноо	Тодорхойлолт	Тайлбар
1	Адил ач холбогдолтой	Хоёр хүчин зүйлийн нөлөөлөл тэнцүүхэн
2	Багахан эсвэл сул	
3	Дунд зэргийн ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө арай илүү нөлөөлөл үзүүлэх
4	Дундаас арай илүү	
5	Хүчтэй ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө илүү хүчтэй нөлөөлөл үзүүлэх
6	Илүү хүчтэй ач холбогдолтой	
7	Маш хүчтэй эсвэл маш чухал ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө маш хүчтэй нөлөөлөл үзүүлэх
8	Маш их хүчтэй ач холбогдолтой	
9	Хамгийн их ач холбогдолтой	Нэг нь нөгөөгөөсөө дээд зэргээр илүү нөлөөлөл үзүүлэх
1/k	1/2, ..., 1/9	Урвуу хамаарал

Энэхүү судалгааны ажилд нэгэн байгууллагын үйлдвэрээ барих байршлын оновчтой байрлалыг авч үзэж болох 10 хувилбараас сонгохын тулд бидний танилцуулж буй аргыг хэрхэн хэрэглэх тухай тайлбарлалаа. Үйлдвэр барих тохиромжтой байрлалыг сонгоход нэн чухал гэж үзсэн 9 шалгууруудыг сонгож авсан. Эдгээр шалгууруудын ач холбогдлын

бол PROMETHEE II нь гүйцэд эрэмбэлдэг арга юм ([3]).

Бид судалгаандаа ашигласан PROMETHEE II аргын тооцооллын алхамуудыг [5]; [6], судалгаанд авч үзсэнээр танилцуулбал:

$$\max\{C_1(a), C_2(a), \dots, C_k(a) \mid a \in A\}$$

Хүснэгт 2: Салбарын төлөөлөгчийн шалгуур үзүүлэлтүүдийг хос хосоор нь харьцуулсан матриц

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
C_1	1	5	9	5	9	1	1	1	1
C_2	0.2	1	5	5	5	5	5	5	5
C_3	0.1	0.2	1	0.1	1	1	1	1	0.1
C_4	0.2	0.2	9	1	9	5	0.2	0.2	9
C_5	0.1	0.2	1	0.1	1	0.1	1	1	0.1
C_6	1	0.2	1	0.2	9	1	9	9	1
C_7	1	0.2	1	5	1	0.1	1	1	0.1
C_8	1	0.2	1	5	1	0.1	1	1	0.1
C_9	1	0.2	9	0.1	9	1	9	9	1

энд $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ бол сонголтуудын олонлог, C_i нь i -р шалгуур, $C_i(a)$ бол a сонголтын C_i шалгуураарх үнэлгээг тэмдэглэсэн. Энэ аргын хувьд аль шалгуурыг хамгийн их жинтэй байх, аль нь бага жинтэй байхыг шийдвэр гаргагчид (экспертүүд) тодорхойлох болно. Энэ нь бид өмнөх бүлэгт шалгуурын жинг тодорхойлох тухай дурьдсантай адилхан ойлголт юм. Хүснэгт 3-аар шалгууруудын хувьд хувилбаруудын өгөгдлийн матрицыг харууллаа.

Хүснэгт 3: Шалгууруудын хувьд хувилбаруудын өгөгдлийн матриц

a	$C_1(\cdot)$	$C_2(\cdot)$	...	$C_k(\cdot)$
a_1	$C_1(a_1)$	$C_2(a_1)$	...	$C_k(a_1)$
a_2	$C_1(a_2)$	$C_2(a_2)$	...	$C_k(a_2)$
...
a_i	$C_1(a_i)$	$C_2(a_i)$	...	$C_k(a_i)$
...
a_n	$C_1(a_n)$	$C_2(a_n)$	...	$C_k(a_n)$

жинг хос хосоор нь стандарт оноогоор жинлэх ажлыг мэргэжлийн холбооны нийт 10 экспертүүдээс саналыг нь авч үнэлгээний матрицыг ашигласан. Хүснэгт-2-оор эдгээр экспертүүдийн нэг үнэлгээний матрицийг харууллаа. Шалгуур үзүүлэлтүүдийн ач холбогдлын жинг АНР аргын алхмын дагуу хүн тус бүрийн үнэлгээнээс дундаж жинг гаргаж дараа дараагийн тооцоололд ашиглалаа.

2.2 PROMETHEE арга

Preference-Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) аргыг анх 1982 онд профессор Ж. П. Бранс (Univ. Brussel) дэвшүүлэн хөгжүүлсэн бөгөөд PROMETHEE I арга нь сонголтуудыг хагас эрэмбэлэх арга

1. Дээрх хүснэгтийн утгуудыг X матриц гэж үзвэл $x_{ij} = C_j(a_i)$ буюу j -р шалгуурын хувьд i -р сонголтын өгөгдлийг тэмдэглэсэн. Шалгуурууд нь тоон утгаар илэрхийлэгдэх эсвэл тоон утгаар илэрхийлэгдэхгүй үгээр илэрхийлэгдэх түүнчлэн хэмжих нэгж нь өөр өөр байдаг тул тэдгээ-

рийн x_{ij} утгуудыг нэг ижил хэмжээс рүү шилжүүлэх нэгжээс чөлөөлөх шаардлагатай болдог. Энэ асуудлыг X матрицыг нормалчилсоноор шийддэг. Гэхдээ шалгуурыг нөлөөллөөр нь эерэг болон сөрөг гэсэн хоёр бүлэгт хувааж тус бүрд өөр өөр томъёогоор нормалчилна. Өөрөөр хэлбэл эерэг шалгуурын утга их л байвал сайн, харин сөрөг шалгуурын харгалзах утга бага бол сайн байна гэсэн үг юм.

Эерэг шалгуурын хувьд нормалчилах томъёо дараах хэлбэртэй байна:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j}$$

Сөрөг шалгуурын хувьд нормалчилах томъёо дараах хэлбэртэй байна:

$$R_{ij} = \frac{\max X_j - x_{ij}}{\max X_j - \min X_j}$$

Энд: X_j гэдгээр j -р баганыг тэмдэглэсэн ба $\min X_j$ бол j -р баганын хамгийн бага утга нь бол $\max X_j$ нь хамгийн их утга юм. Энэ алхамд R нормальчлагдсан матриц үүснэ.

- Шалгуур бүрийн хувьд сонголтуудыг хос хооронд нь авч давуу байдлыг тодорхойлох $P_j(\cdot, \cdot)$ функцийг утгыг тооцоолохдоо дараах томъёог хэрэглэдэг. Үүнд:

$$P_j(i, i') = \max\{0, R_{ij} - R_{i'j}\}$$

Энэ алхамын үр дүнг бидэнд $n(n-1) \times k$ хэмжээстэй матрицад хадгалан авна.

- Нийт шалгуурын хувьд сонголтуудын хослолын давуу байдлыг илэрхийлэх нэгдмэл $\pi(\cdot, \cdot)$ функцийг (aggregated preference function) утгыг тооцоолдог. Энд өмнөх бүлэгт танилцуулсан шалгууруудын ач холбогдлын жин $W = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ утгуудыг ашиглана.

$$\pi(i, i') = \frac{\sum_{j=1}^k w_j P_j(i, i')}{\sum_{j=1}^k w_j}$$

Энэ функцийг $(n \times n)$ хэмжээстэй матрицад хадгалсан болно.

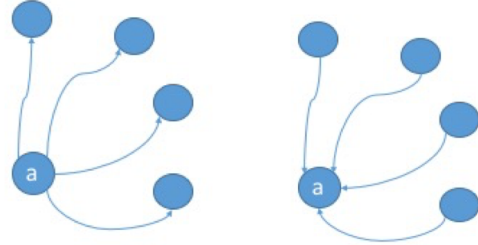
- Тухайн сонголт бүрээс бусад сонголттой харьцуулахад давамгай байдлын эерэг урсгалыг тодорхойлоход (positive outranking flow) функцийг

$$\varphi^+(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i'=1}^n \pi(i, i'),$$

гэж харин бусад сонголтууд тухайн сонголтоос давамгай байх сөрөг урсгалыг тодорхойлох (negative outranking flow) функцийг

$$\varphi^-(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i'=1}^n \pi(i', i)$$

гэж тус тус тодорхойлдог. Учир нь энэхүү аргын харьцуулалт нь чиглэлтэй ойлголт учир хоёр талын урсгалыг тооцоолдог юм (Санааг доорх Зураг 2-оор харууллаа).



Зураг 2: Давамгай байдлын эерэг, сөрөг урсгал

- Сонголт бүрийн хувьд нийт урсгалын функцийг дараах байдлаар тодорхойлов. Үүнд:

$$\varphi(i) = \varphi^+(i) - \varphi^-(i)$$

- Бүх сонголтуудын хувьд $\varphi(i)$ утгын эрэмбээр ранжийг тодорхойлно. Өөрөөр хэлбэл $\varphi(i)$ утга хамгийн их байвал i -р буюу a_i сонголт хамгийн өндөр ранжтай болно.

Авч үзэж кейсийн үндсэн өгөгдлийг тухайн байгууллагын хүсэлтээр Монгол Улсын Үндэсний Хөгжлийн газар болон Статистикийн газраас авсан болно. Хүснэгт-4 дээрх өгөгдлүүд $x_{ij} = C_j(a_i)$ утгуудыг илэрхийлэх тул PROMETHEE II аргын алхмуудын тусламжтай тооцоолсон $\varphi(i)$ утга хамгийн их байвал i -р байршил хамгийн өндөр ранжтай болно.

2.3 TOPSIS арга

Шийдвэр гаргах асуудлыг m хувилбар ба n шалгуураас бүрдэнэ гэж үзээд $X = (x_{ij})_{(m \times n)}$ шийдвэрийн матрицыг байгуулах хэрэгтэй [1], [7]. TOPSIS алгоритм нь дараах зургаан алхмаас бүрдэнэ:

- Шийдвэрийн матрицыг нормалчилна.
 x_{ij} - ийн утгуудыг нэг ижил хэмжээс рүү шилжүүлэх эсвэл нэгжээс чөлөөлөх шаардлагатай тул дараах томъёогоор нормалчилдаг:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

Энд x_{ij} нь j -р шалгуурын хувьд i -р хувилбарын өгөгдөл.

- Жинлэсэн нормалчлагдсан шийдвэрийн матрицыг тооцоолох.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

Энд: w_j нь j -р шалгуурын ач холбогдлын жин ба $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ байна.

Хүснэгт 4: Авч үзсэн кейсийн үндсэн өгөгдөл

№	Хувилбар	Т.нөөц	Бүг.Хэр	У.нөөц	Цах.ач	Аж.хүч	А-зай	Б-зай	В-зай	Г-зай
1	Байршил-1	1811.36	169.7	17012.2	193	2433	324	299	119	6
2	Байршил-2	2161.31	124.5	7496.9	1600	1707	299	320	142	13
3	Байршил-3	3417.32	132.0	84598.0	84	1899	677	80	208	204
4	Байршил-4	3219.63	110.4	36405.0	292	1513	549	93	93	8
5	Байршил-5	3629.28	133.5	7948.0	177	1862	293	451	79	203
6	Байршил-6	3112.74	110.7	13543.6	138	1525	370	251	95	263
7	Байршил-7	3038.45	109.3	11135.5	146	1539	362	338	83	257
8	Байршил-8	7904.85	266.2	5494.7	268	3523	390	438	107	264
9	Байршил-9	2620.07	117.2	70130.0	146	1735	678	202	102	432
10	Байршил-10	1757.11	324.8	16534.1	2500	4437	536	206	96	361

3. Эерэг, сөрөг идеал шийдийг тодорхойлох.

Эерэг идеал шийд (A^*):

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_j v_{ij} | i \in I' \right), \left(\min_j v_{ij} | i \in I'' \right) \right\},$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, \dots, n$$

Сөрөг идеал шийд (A^-):

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_j v_{ij} | i \in I' \right), \left(\max_j v_{ij} | i \in I'' \right) \right\},$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, \dots, n$$

I' нь эерэг/ашигтай байдлын/ шалгуур үзүүлэлтүүд, I'' нь сөрөг /зардлын/ шалгуур үзүүлэлтийг тэмдэглэв.

4. Эерэг, сөрөг идеал шийдээс хувилбар бүрийн зайг тооцоолох.

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

5. C_i^* утгыг тооцоолох /Relative closeness to the ideal solution/

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

6. Давуу байдлын эрэмбэлэлт. Эцэст нь, хувилбаруудыг хамгийн сайнаас хамгийн муу хүртэл эрэмбэлнэ.

TOPSIS аргын алхмуудын тусламжтай авч үзэж буй кейсийн 10 байршил дээр C_i^* утгыг тооцоолон эрэмбэлнэ. Үүний тулд мөн Хүснэгт-4 дэх бодит өгөгдлүүдийг $X = (x_{ij})_{(m \times n)}$ шийдвэрийн матрицын элемент болгон ашиглана.

3 Үр дүн

Бид байгууламжийн оновчтой байршил тогтоохын тулд түүнд нөлөөлөх шалгуур үзүүлэлтүүдийг нэгэн салбарын бүтээгдэхүүн үйлвэрлэгчид болон тухайн салбарын холбоодын төлөөлөл болсон 10 хүний оролцоотойгоор тодорхойлж гаргалаа. Захиалагч талаас өөрсдийн мэдээллийг нууцлахыг хүссэн учраас байршил болон бүтээгдэхүүний нэрсийг энд дурдаагүй болно. Шалгуур үзүүлэлтүүдийн ач холбогдлын жинг АНР аргын алхмын дагуу хүн тус бүрийн үнэлгээнээс дундаж жинг гаргалаа. Тухайн үйлдвэрлэлийн байршлын шалгуур үзүүлэлтийн нөлөөллийн дундаж жинг Хүснэгт 5-аар харууллаа.

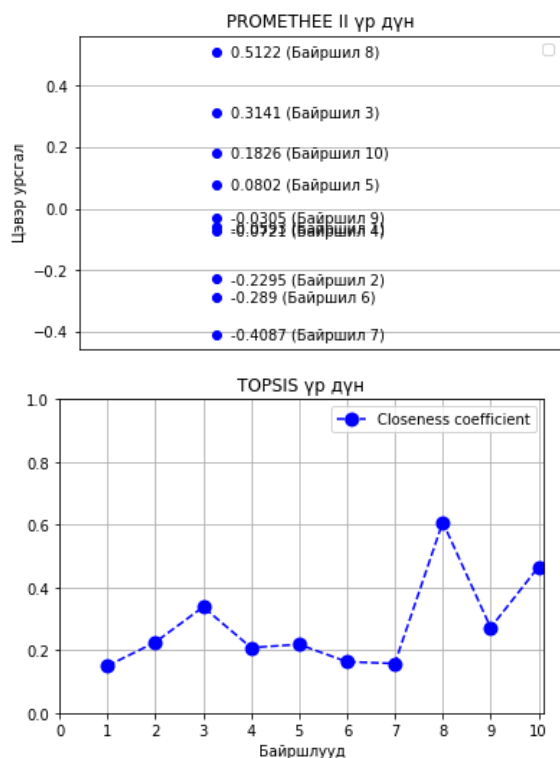
Хүснэгт 5: Шалгууруудын ач холбогдлын жин

Индекс	Шалгуур үзүүлэлтүүд	Дундаж жин w_i
C_1	Түүхий эдийн нөөц	0.2694
C_2	Бүтээгдэхүүн Хэрэглээ	0.2694
C_3	Усны нөөц	0.0970
C_4	Цахилгааны ачаалал	0.1000
C_5	Ажиллах хүч	0.0297
C_6	А хот хүртэлх зай	0.1000
C_7	Б хот хүртэлх зай	0.0297
C_8	В хот хүртэлх зай	0.0628
C_9	Г хот хүртэлх зай	0.0420
	Нийлбэр	1

Өөрөөр хэлбэл C_1 буюу түүхий эдийн нөөцийн шалгуурын жин нь 0.27 буюу түүнийг тохиромжтой байрлал тодорхойлоход 27 хувийн, C_9 буюу Г хот хүртэлх зайг 4 хувийн ач холбогдолтойгоор тооцох болно. Эдгээр шалгууруудын ач холбогдлын жинг АНР аргаар бодохдоо хос хосоор нь стандарт оноогоор жинлэх ажлыг мэргэжлийн холбооны экспертүүдээс саналыг авч үнэлгээний матрицыг ашигласан. Түүнчлэн үнэлгээ нийцлийг АНР аргын 2-р алхамаар шалгахад $CR = 0.02$ буюу нийцтэй байна.

Хүснэгт-4 дээр бид энэхүү судалгааны ажлын үр дүнг туршсан дээрх кейсийн үндсэн өгөгдлийг харуулсан. Үүнд 9 шалгуур үзүүлэлт дээрх 10 байршлын бодит үзүүлэлтийг авч үзсэн. Хэдийгээр байр-

шил болон бүтээгдэхүүний нэрийг нууцласан ч эдгээр аргуудын үр дүнгийн харьцуулалтад нөлөөлөхгүй юм. Мөн Хүснэгт-4-ийн тоон утгууд нэгжийг агуулаагүй, тухайлбал зай бүр километрээр хэмжигдэж байгаа болно. Энэхүү матрицийн утгуудыг шийдвэр гаргалтад нөлөө үзүүлэхгүйн тулд авч үзсэн хоёр арга дээр нормалчилдаг. Иймд тоон утгуудын нэгжийг оруулах шаардлагагүй юм.



Зураг 3: Үр дүн: Цэвэр урсгалын хамгийн их утга авч буй байршил 8, 3, 10 нь PROMETHEE аргаар олсон оновчтой сонголт. Closeness coefficient C_i^* -ийн хамгийн их утга авч буй байршил 8, 10, 3 нь TOPSIS аргаар олсон оновчтой сонголт болно. Аль ч аргын хувьд хамгийн муу эрэмбэлэгдэж байгаа байршлууд мөн ижил 6, 7 байна.

Уг өгөгдлийн тусламжтай PROMETHEE II болон TOPSIS аргуудыг туршин хамгийн сайн хувилбар бүхий байршилыг гаргалаа. Туршилтыг Python программчлалын хэл ашиглан явуулсан бөгөөд кодын ажиллах хугацаа маш богино ба үр дүнг Зураг-3 дээр байх графикаар харууллаа. Python нь сүүлийн үеийн өргөн хэрэглэгтэй өндөр түвшний программчлалын хэл юм. Кодыг уншихад хялбар байлгахаар бүтээгдсэн хэл бөгөөд жижиг гэлтгүй ямар ч хэмжээтэй программыг гаргацтай байдлаар бичих боломжийг олгодогоруу давуу талтай.

4 Дүгнэлт

Байгууламжийн зөв байршилыг боломжит хувилбаруудаас чанарын болон тоон шалгуур үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж сонгоход хүндрэлтэй байдаг. Иймд байгууламжийн оновчтой байршилыг сонгох шийдвэр гаргахын тулд олон шалгуураар шийдвэр гаргахад хэрэглэгддэг АНР, PROMETHEE, TOPSIS аргуудыг ашигласан. Бид нэгэн захиалагчийн хүсэлтээр үйлдвэрлэлийн байгууламжаа байршуулахын тулд 9 шалгууруудыг нэгэн зэрэг харгалзан үзэж, 10 боломжит сонголтөөс хамгийн сайн байршилыг тодорхойлох асуудлыг авч үзсэн. Шалгуур тус бүрийн сонголтод нөлөөлөх ач холбогдлын жинг АНР аргын алхмуудын дагуу гаргасан. Үүний үр дүнд байршлуудын эцсийн эрэмбэлэлт нь (хамгийн сайнаас хамгийн муу хүртэл) PROMETHEE аргын хувьд 8 - 3 - 10 - 5 - 9 - 1 - 4 - 2 - 6 - 7 байсан бол TOPSIS аргын хувьд эрэмбэлэлт 8 - 10 - 3 - 9 - 2 - 5 - 4 - 6 - 7 - 1 байна. Бид захиалагчийн хүсэлтээр хамгийн сайн эрэмбэлэгдсэн гурван байршилыг сонгож авах зорилготой байсан бөгөөд хоёр арга 8, 10, 3-р байршилыг ижил эрэмбэлж байгаа тул зорилгод нийцсэн болно. Тиймээс эдгээр аргууд байгууламжийн байршил сонгох асуудалд үр дүнтэй гэдэг нь харагдаж байна.

Зохиогчийн оролцоо

Т. Долтуяа, А. Оюумаа нар аргуудын судалгааг хийж, кейс олох тал дээр ажиллан өгүүлэл бичсэн. А. Энхболор, Т. Цэрэннадмид нар аргуудыг ажиллуулахад туслах судалгааны өгөгдөл олоход оролцсон мөн өгүүлэл бичсэн.

Ашиг сонирхлын зөрчилгүйн баталгаа

Ашиг сонирхлын зөрчилгүй болно.

Ашигласан ном

- [1] Papathanasiou J, Ploskas N, et al. Multiple criteria decision aid. Methods, Examples and Python Implementations. 2018;136.
- [2] Saaty TL. The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: applications to decisions under risk. European journal of pure and applied mathematics. 2008;1(1):122–196.
- [3] Brans JP, Vincke P, Mareschal B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. European journal of operational research. 1986;24(2):228–238.

- [4] Saaty TL. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology.* 1977;15(3):234–281.
- [5] Doumpos M, Zopounidis C. A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons. *European Journal of Operational Research.* 2004;158(2):378–389.
- [6] Hajkowicz S, Higgins A. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European journal of operational research.* 2008;184(1):255–265.
- [7] Pahlavani P, Badpa M. Ranking Urban Residential Areas Against Earthquake Hazards Using Shannon Entropy AND Topsis Techniques (Case Study: Amol City);.