

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НЕЧІТКОГО БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ

**Кирилович Валерій
Анатолійович,**

д.т.н., проф. кафедри

РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Мета та завдання дослідження

Мета: розробити програмний продукт, що дозволяє автоматизовано розв'язувати задачі нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА), який є інваріантним щодо розмірностей та змісту вирішуваних задач.

Завдання:

- Виконати аналіз існуючих напрацювань проблеми НБВА.
- Розробити методики нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив: серединний випадок для MMS:A, MMS:M, MMS:S MMS:G серединних параметрів.
- Розробити методичне забезпечення автоматизованого розв'язування множини задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив, розроблених у ДУ «Житомирська політехніка».
- Розробити алгоритмічно-програмне забезпечення розв'язування задач НБВА.
- Продемонструвати працездатність розробленого програмного забезпечення.
- Визначити напрямки подальших досліджень.

Загальні характеристики задач НБВА

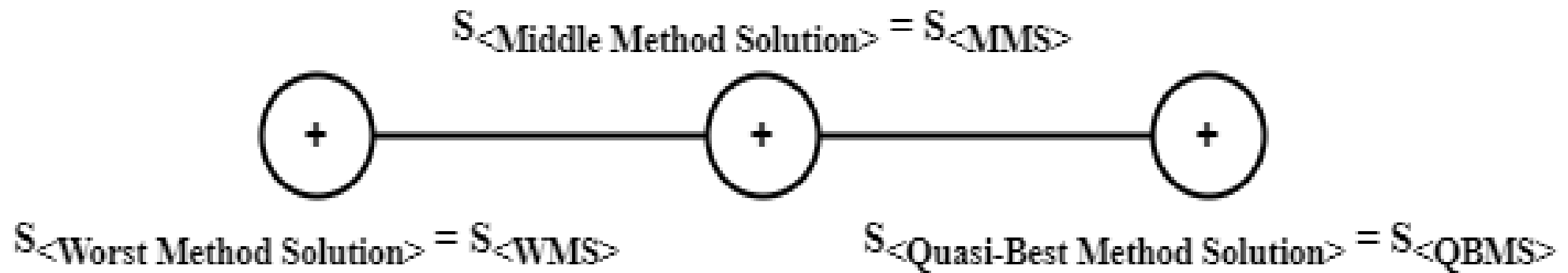
- Априорі і апостеріорі кінцеве рішення задачі не відоме;
 - Різна природа походжень дискретних локальних критеріїв;
 - Задачі даного змісту розв'язуються за умови попередньо проведеного строгого експертного ранжування критеріїв методом анкетуванням;
- * Проведені у даній роботі дослідження базуються на єдиній матриці експертного анкетування, що дає можливість проводити порівняльні дослідження отриманих результатів.

Існуючі методики НБВА, що розроблені у ДУ

«Житомирська політехніка»

- Методика найгіршого випадку (**WMS** - модифіковано);
- Методика квазі-кращого випадку (**QBMS** - розроблено);
- Методика серединного випадку (**MMS** - розроблено);
 - Середньоарифметичний параметр (**MMS: A** - розроблено);
 - Медіанний параметр (**MMS: M** - розроблено);
 - Середньоквадратичний параметр (**MMS: S** - розроблено);
 - Середньогеометричний параметр (**MMS: G** - розроблено).

Схема підходу щодо розробки методик НБВА



Визначення серединних параметрів

- **Медіана**

$$\tilde{x} = \frac{(x_k + x_{k+1})}{2}$$

для непарного ряду:

$$\tilde{x} = x_{k+1}$$

- **Середньоарифметичне**

$$\bar{S}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n S_{ji} \mid \forall j = \overline{1, m}.$$

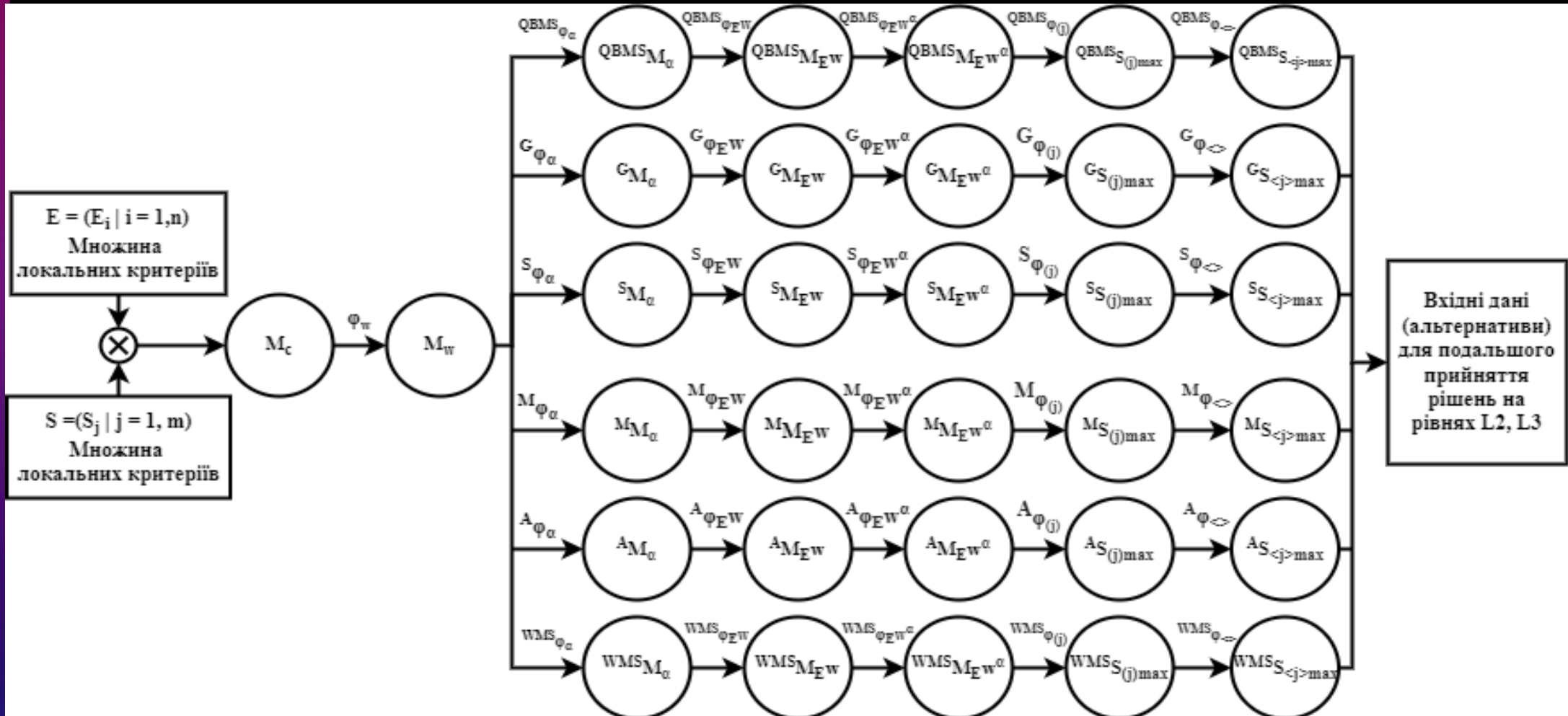
- **Середньоквадратичне**

$$MS = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_j^2 + \dots + S_m^2}{m}}.$$

- **Середньогометричне**

$$Gm = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$$

Семантична модель множини розроблених методик нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив WMS, MMS, QBMS



Аналіз існуючого програмного забезпечення для розв'язування задач НБВА

Card for data entry

№ of experiment: Вибір РМСТ
Date of the survey: 30.12.2019

Set rating

Experts	Criteria	Rating
Студент 1	Якість знань (ЯК)	7
Студент 2	Мовні здібності (МЗ)	8
Студент 3	Комунікативні здібності	6
Студент 4	Організованість (ОРГ)	4
Студент 5	Високий інтелект (ВІ)	10
Студент 6	Персональна оцінка	1
Студент 7	Доброчесність (ДОВ)	12
Студент 8	Уважність (УВ)	2
Студент 9	Перегляд своїх поглядів	11
Студент 10	Уміння запобігти конф.	5

Calculating

Worst case method calculation (WMS)
 Quasi-best case method calculation (QBMS)
 Method of pairwise comparisons (MPC)

Студент	ВІ	ДОВ	КЗ	МЗ	ІН	ОРГ	ПС	ПСП	УВ	УЗК	ЧІВ	ЯК
Студент 1	10	12	6	8	9	4	1	11	2	5	3	7
Студент 10	1	2	9	12	8	10	6	7	3	4	5	11
Студент 11	7	3	8	12	4	9	1	10	6	2	5	11
Студент 12	10	4	9	7	2	8	5	6	1	3	11	12
Студент 2	6	2	11	9	4	7	1	10	5	3	8	12
Студент 3	11	2	8	7	3	5	1	9	6	4	10	12
Студент 4	8	2	10	9	6	11	1	5	3	4	7	12
Студент 5	7	6	11	10	4	2	3	1	8	5	9	12
Студент 6	10	8	11	2	9	3	1	5	4	7	6	12
Студент 7	10	3	1	11	6	9	12	8	4	7	5	12
Студент 8	12	3	9	10	2	8	1	4	7	6	5	11
Студент 9	4	3	11	6	7	5	10	8	2	1	9	12

Worst Method Solution (WMS)

Обробка даних Коэф. відносної важливості Е Нечітка множина рішень Прямі/обі нечіткі множини на Si Пр

Експерт	Score
Експерт 8	0.77389647614...
Експерт 1	0.76200659751...
Експерт 10	0.74818624543...
Експерт 3	0.74419383549...
Експерт 6	0.73778187459...
Експерт 5	0.72258587938...
Експерт 7	0.72258587938...
Експерт 2	0.70188537068...
Експерт 9	0.68298989535...
Експерт 4	0.62054020244...

Зберегти результат

Альтернатива №4

Альтернатива №5

Export data to Excel

ПЗ, розроблене Бельським Д.Г.,
2020 р.,
мова Objective Pascal,
методика QBMS

ПЗ, розроблене Місяцем М.С., 2018 р.,
мова С#,
методика WMS

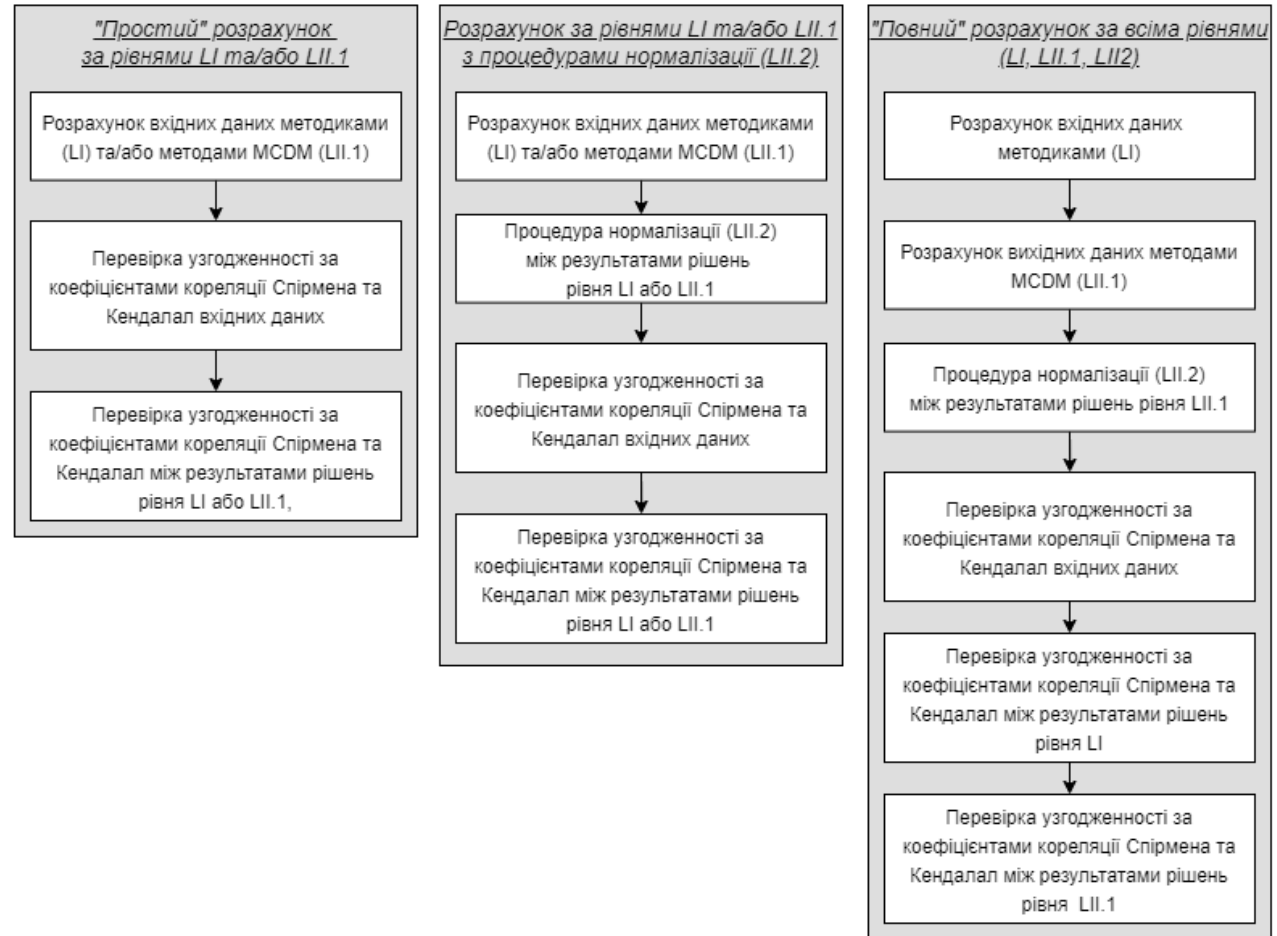
В наявних інформаційних джерелах наявного ПЗ, що розв'язує задачі НБВА, не знайдено

Узагальнена структурно-функціональна схема програмного забезпечення

Введення попередньо сформованих даних

Валідація даних

Баготорівнева система автоматизованого розв'язування задач НБВА



Виведення результатів

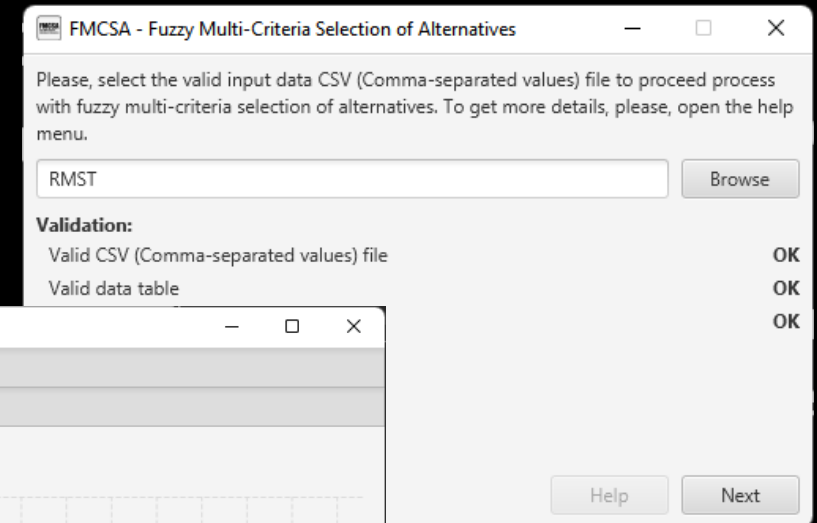
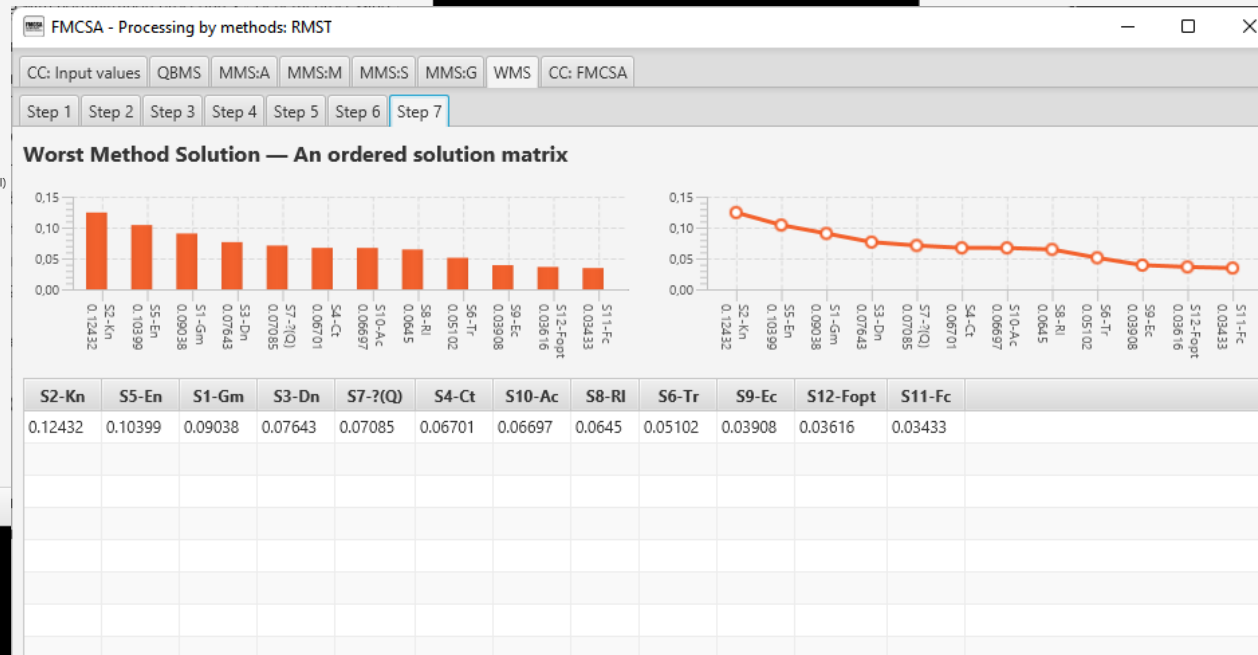
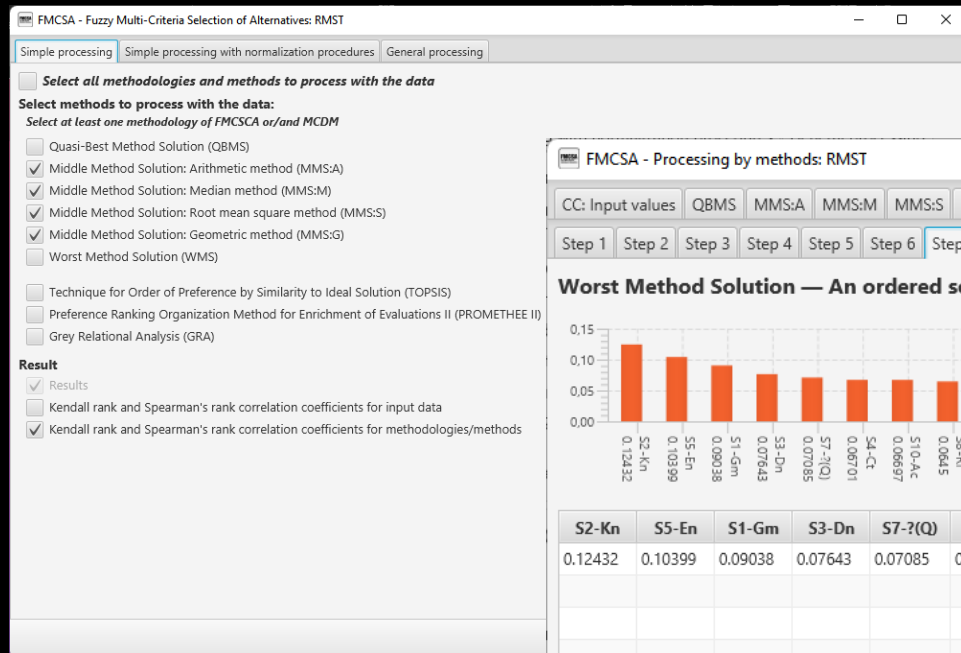
Обґрунтування вибору мови програмування Java

- Простий об'єктно-орієнтовний синтаксис
- Безвідмовність та безпечність
- Суворая типізація
- Висока продуктивність виконання
- Багатоплатформність
- Багатонитковість
- Зв'язуваність модулів
- Проста реалізація графічного інтерфейсу
- Придатність до змісту розв'язуваних задач НБВА



Вимоги до розроблюваного ПЗ FMSCA

- Варіативність щодо змісту та розмірності вхідних даних
- Інтуїтивно зрозумілий та простий інтерфейс
- Проста обробка та дослідження проміжних
- та кінцевих результатів



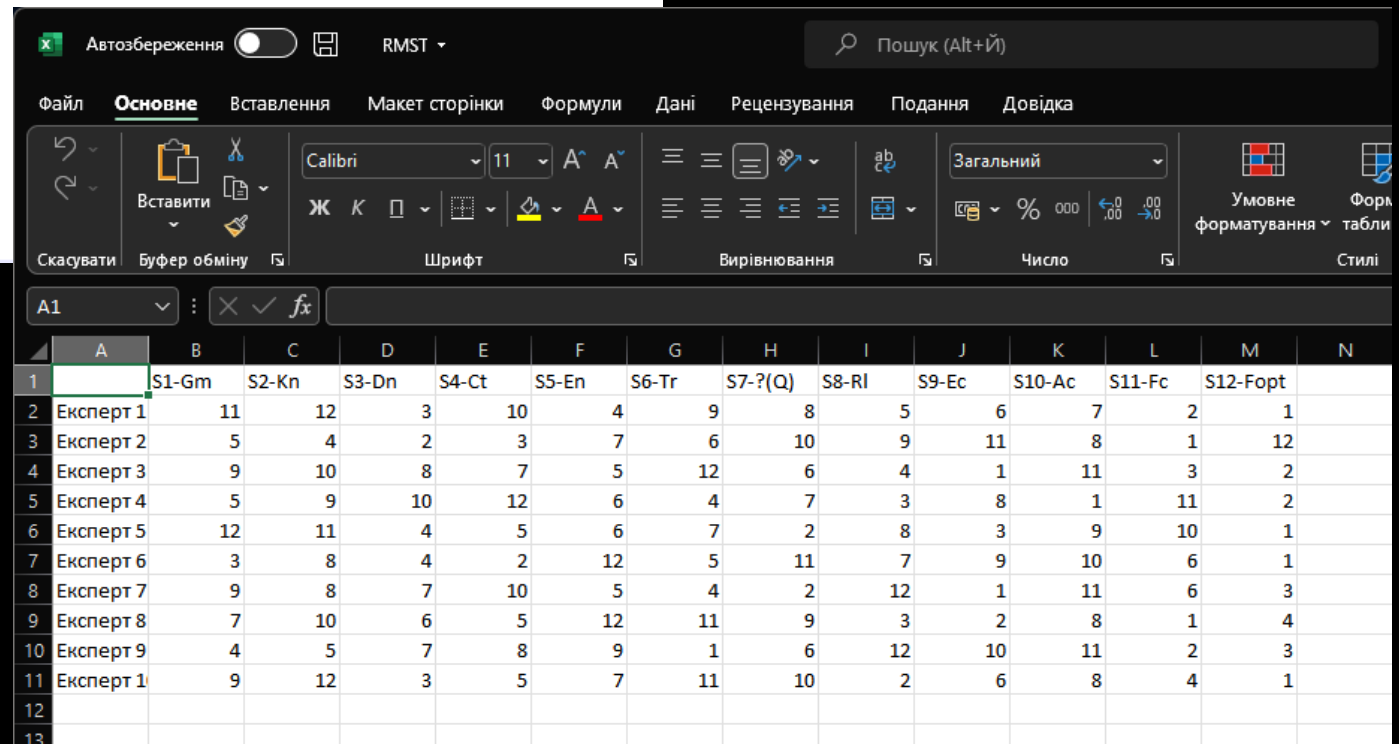
Особливості функціонування розробленого ПЗ FMSCA

- Для використання програмного забезпечення потрібен **Java Runtime Environment** (потрібно встановити JDK 15 версії);
- Вхідні дані представляються у **CSV** форматі даних (comma-separated values), що дає можливість використовувати наступне ПЗ для формування вхідних даних:
 1. MS Excel;
 2. Notepad++;
 3. Блокнот;
 4. Будь-яке ПЗ для роботи з табличними даними.

Вхідні дані у форматі CSV

```
1 ;S1-Gm;S2-Kn;S3-Dn;S4-Ct;S5-En;S6-Tr;S7-?(Q);S8-Rl;S9-Ec;S10-Ac;S11-Fc;S12-Fopt
2 Експерт 1;11;12;3;10;4;9;8;5;6;7;2;1
3 Експерт 2;5;4;2;3;7;6;10;9;11;8;1;12
4 Експерт 3;9;10;8;7;5;12;6;4;1;11;3;2
5 Експерт 4;5;9;10;12;6;4;7;3;8;1;11;2
6 Експерт 5;12;11;4;5;6;7;2;8;3;9;10;1
7 Експерт 6;3;8;4;2;12;5;11;7;9;10;6;1
8 Експерт 7;9;8;7;10;5;4;2;12;1;11;6;3
9 Експерт 8;7;10;6;5;12;11;9;3;2;8;1;4
10 Експерт 9;4;5;7;8;9;1;6;12;10;11;2;3
11 Експерт 10;9;12;3;5;7;11;10;2;6;8;4;1
```

Представлення табличних даних
формату CSV у Notepad++

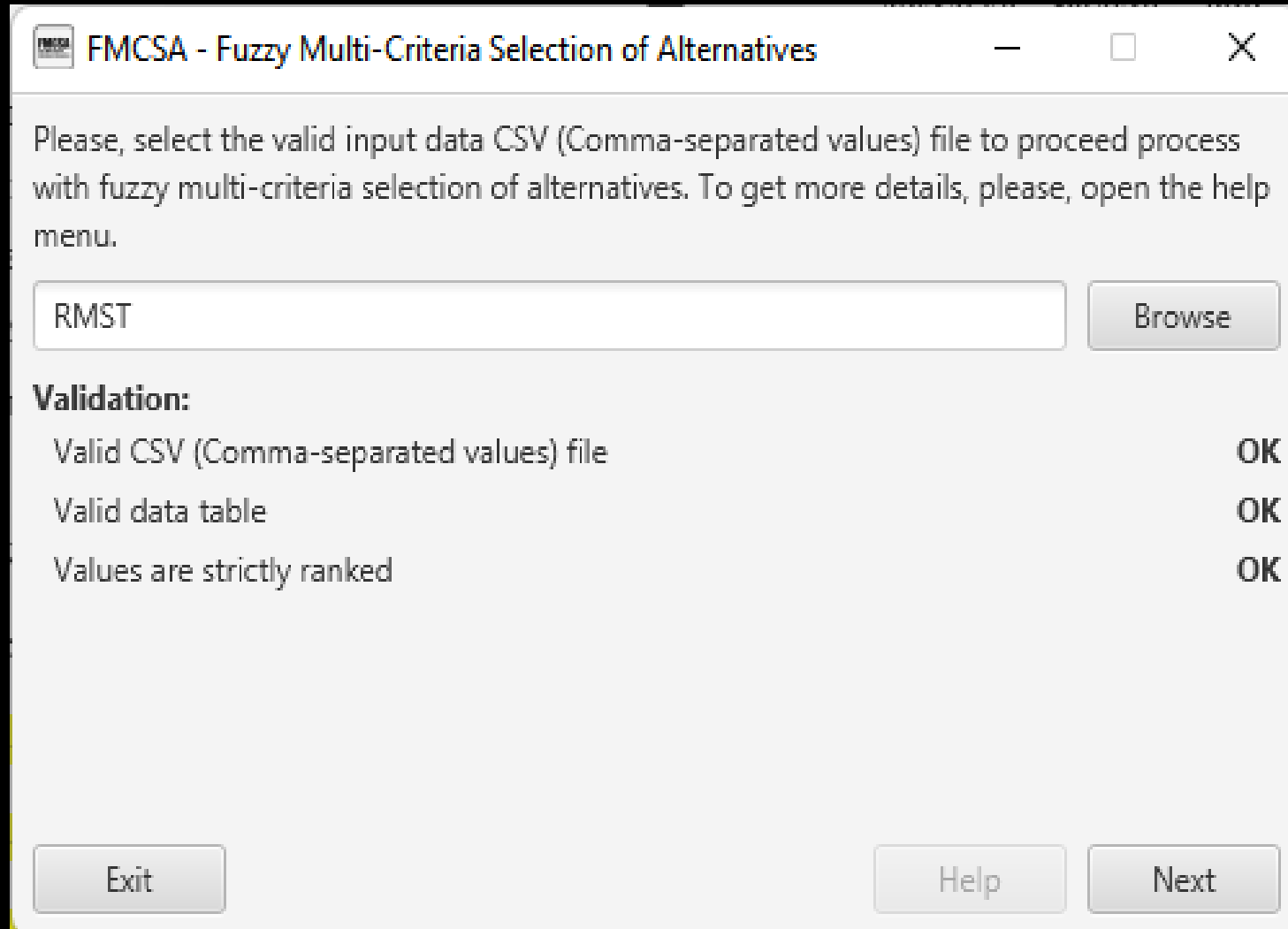


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-Rl	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt	
2	Експерт 1	11	12	3	10	4	9	8	5	6	7	2	1	
3	Експерт 2	5	4	2	3	7	6	10	9	11	8	1	12	
4	Експерт 3	9	10	8	7	5	12	6	4	1	11	3	2	
5	Експерт 4	5	9	10	12	6	4	7	3	8	1	11	2	
6	Експерт 5	12	11	4	5	6	7	2	8	3	9	10	1	
7	Експерт 6	3	8	4	2	12	5	11	7	9	10	6	1	
8	Експерт 7	9	8	7	10	5	4	2	12	1	11	6	3	
9	Експерт 8	7	10	6	5	12	11	9	3	2	8	1	4	
10	Експерт 9	4	5	7	8	9	1	6	12	10	11	2	3	
11	Експерт 1	9	12	3	5	7	11	10	2	6	8	4	1	
12														
13														

Представлення табличних даних формату CSV у MS Excel

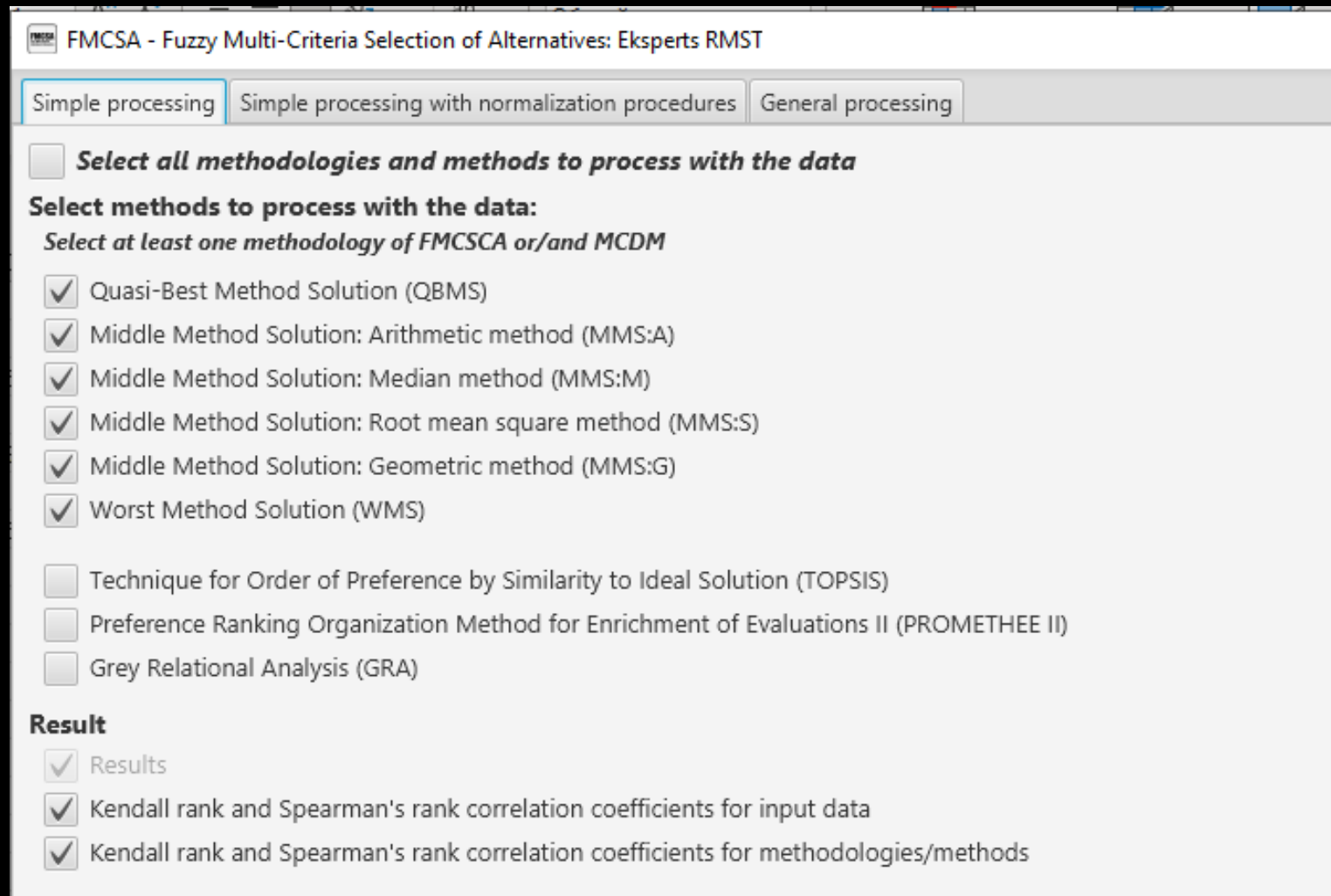
Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Введення даних та їх валідація



Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Вибір методик розрахунку БВА



FMCSA - Fuzzy Multi-Criteria Selection of Alternatives: Eksperts RMST

Simple processing | Simple processing with normalization procedures | General processing

Select all methodologies and methods to process with the data

Select methods to process with the data:
Select at least one methodology of FMCSA or/and MCDM

- Quasi-Best Method Solution (QBMS)
- Middle Method Solution: Arithmetic method (MMS:A)
- Middle Method Solution: Median method (MMS:M)
- Middle Method Solution: Root mean square method (MMS:S)
- Middle Method Solution: Geometric method (MMS:G)
- Worst Method Solution (WMS)
- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
- Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations II (PROMETHEE II)
- Grey Relational Analysis (GRA)

Result

- Results
- Kendall rank and Spearman's rank correlation coefficients for input data
- Kendall rank and Spearman's rank correlation coefficients for methodologies/methods

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Обробка вхідних даних – визначення коефіцієнта конкордації Кендала (W) та коефіцієнта кореляції Спірмена (ρ) для вхідних даних для НБВА РМСТ (див. слайд 13)

The screenshot shows the FMCSA software interface with the following data:

Kendall rank correlation coefficient: 0.204 - Weak consistency;
Spearman's rank correlation coefficient:

Alternatives	Coefficient	Explanation
Експерт 1 - Експерт 2	-0.175	Alternatives are almost inconsistent
Експерт 1 - Експерт 3	0.65	Good consensus
Експерт 1 - Експерт 4	0.112	Alternatives are almost inconsistent
Експерт 1 - Експерт 5	0.448	Noticeable consistency
Експерт 1 - Експерт 6	0.049	Alternatives are almost inconsistent
Експерт 1 - Експерт 7	0.273	Weak consistency
Експерт 1 - Експерт 8	0.462	Noticeable consistency

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована матриця експертного опитування для НБВА – РМСТ

FMCSA - Processing by methods: RMST

CC: Input values QBMS MMS:A MMS:M MMS:S MMS:G WMS CC: FMCSA

Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5 Step 6 Step 7

Worst Method Solution — Matrix of input values

	S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-RI	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt	
Експерт 1	11.0	12.0	3.0	10.0	4.0	9.0	8.0	5.0	6.0	7.0	2.0	1.0	
Експерт 2	5.0	4.0	2.0	3.0	7.0	6.0	10.0	9.0	11.0	8.0	1.0	12.0	
Експерт 3	9.0	10.0	8.0	7.0	5.0	12.0	6.0	4.0	1.0	11.0	3.0	2.0	
Експерт 4	5.0	9.0	10.0	12.0	6.0	4.0	7.0	3.0	8.0	1.0	11.0	2.0	
Експерт 5	12.0	11.0	4.0	5.0	6.0	7.0	2.0	8.0	3.0	9.0	10.0	1.0	
Експерт 6	3.0	8.0	4.0	2.0	12.0	5.0	11.0	7.0	9.0	10.0	6.0	1.0	
Експерт 7	9.0	8.0	7.0	10.0	5.0	4.0	2.0	12.0	1.0	11.0	6.0	3.0	
Експерт 8	7.0	10.0	6.0	5.0	12.0	11.0	9.0	3.0	2.0	8.0	1.0	4.0	
Експерт 9	4.0	5.0	7.0	8.0	9.0	1.0	6.0	12.0	10.0	11.0	2.0	3.0	
Експерт 10	9.0	12.0	3.0	5.0	7.0	11.0	10.0	2.0	6.0	8.0	4.0	1.0	

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Розрахована матриця ваг альтернатив для НБВА – РМСТ (Слайд 5, Крок φ_W)

FMCSA - Processing by methods: RMST

CC: Input values QBMS MMS:A MMS:M MMS:S MMS:G WMS CC: FMCSA

Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5 Step 6 Step 7

Worst Method Solution — Matrix of alternative weights

	S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-RI	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt	
Експерт 1	0.14865	0.13483	0.05556	0.14925	0.05479	0.12857	0.11268	0.07692	0.10526	0.08333	0.04348	0.03333	
Експерт 2	0.06757	0.04494	0.03704	0.04478	0.09589	0.08571	0.14085	0.13846	0.19298	0.09524	0.02174	0.4	
Експерт 3	0.12162	0.11236	0.14815	0.10448	0.06849	0.17143	0.08451	0.06154	0.01754	0.13095	0.06522	0.06667	
Експерт 4	0.06757	0.10112	0.18519	0.1791	0.08219	0.05714	0.09859	0.04615	0.14035	0.0119	0.23913	0.06667	
Експерт 5	0.16216	0.1236	0.07407	0.07463	0.08219	0.1	0.02817	0.12308	0.05263	0.10714	0.21739	0.03333	
Експерт 6	0.04054	0.08989	0.07407	0.02985	0.16438	0.07143	0.15493	0.10769	0.15789	0.11905	0.13043	0.03333	
Експерт 7	0.12162	0.08989	0.12963	0.14925	0.06849	0.05714	0.02817	0.18462	0.01754	0.13095	0.13043	0.1	
Експерт 8	0.09459	0.11236	0.11111	0.07463	0.16438	0.15714	0.12676	0.04615	0.03509	0.09524	0.02174	0.13333	
Експерт 9	0.05405	0.05618	0.12963	0.1194	0.12329	0.01429	0.08451	0.18462	0.17544	0.13095	0.04348	0.1	
Експерт 10	0.12162	0.13483	0.05556	0.07463	0.09589	0.15714	0.14085	0.03077	0.10526	0.09524	0.08696	0.03333	

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Розрахована матриця важливості кожного критерія через його вагу на множині альтернатив для НБВА – РМСТ (Слайд 5, Крок $WMS_{\varphi_{\alpha}}$)

FMCSA - Processing by methods: RMST

CC: Input values QBMS MMS:A MMS:M MMS:S MMS:G WMS CC: FMCSA

Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5 Step 6 Step 7

Worst Method Solution — Matrix of significance of every of its criteria, due to its weight, within the set of alternatives as a fuzzy set

	S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-RI	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt
Експерт 1	0.83457	0.79562	0.81865	0.84926	0.76201	0.83186	0.81977	0.80755	0.8483	0.76521	0.83118	0.87738
Експерт 2	0.77442	0.70189	0.79599	0.76582	0.80298	0.80214	0.83659	0.84809	0.88672	0.77629	0.79788	0.96537
Експерт 3	0.81883	0.77924	0.87617	0.82364	0.77809	0.85362	0.79858	0.79268	0.74419	0.80338	0.85129	0.90108
Експерт 4	0.77442	0.76993	0.88981	0.86267	0.79148	0.77347	0.80987	0.7739	0.86633	0.62054	0.91908	0.90108
Експерт 5	0.84149	0.78776	0.83511	0.80017	0.79148	0.81331	0.72259	0.83981	0.8064	0.7862	0.91393	0.87738
Експерт 6	0.73778	0.75965	0.83511	0.73961	0.84452	0.78912	0.84388	0.83052	0.87381	0.79517	0.88681	0.87738
Експерт 7	0.81883	0.75965	0.8681	0.84926	0.77809	0.77347	0.72259	0.86867	0.74419	0.80338	0.88681	0.91525
Експерт 8	0.79954	0.77924	0.85889	0.80017	0.84452	0.84698	0.82861	0.7739	0.78286	0.77629	0.79788	0.92543
Експерт 9	0.7582	0.71999	0.8681	0.83314	0.82209	0.68299	0.79858	0.86867	0.88057	0.80338	0.83118	0.91525
Експерт 10	0.81883	0.79562	0.81865	0.80017	0.80298	0.84698	0.83659	0.74819	0.8483	0.77629	0.86586	0.87738

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Розрахована матриця важливості альтернатив для НБВА – РМСТ

(Слайд 5, Крок $WMS_{\varphi_{EW}}$)

FMCSA - Processing by methods: RMST

CC: Input values QBMS MMS:A MMS:M MMS:S MMS:G WMS CC: FMCSA

Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5 Step 6 Step 7

Worst Method Solution — Matrix of weights of expert opinion in relation to every criterion as fuzzy set

	S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-RI	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt
Експерт 1	0.14103	0.15385	0.03846	0.12821	0.05128	0.11538	0.10256	0.0641	0.07692	0.08974	0.02564	0.01282
Експерт 2	0.0641	0.05128	0.02564	0.03846	0.08974	0.07692	0.12821	0.11538	0.14103	0.10256	0.01282	0.15385
Експерт 3	0.11538	0.12821	0.10256	0.08974	0.0641	0.15385	0.07692	0.05128	0.01282	0.14103	0.03846	0.02564
Експерт 4	0.0641	0.11538	0.12821	0.15385	0.07692	0.05128	0.08974	0.03846	0.10256	0.01282	0.14103	0.02564
Експерт 5	0.15385	0.14103	0.05128	0.0641	0.07692	0.08974	0.02564	0.10256	0.03846	0.11538	0.12821	0.01282
Експерт 6	0.03846	0.10256	0.05128	0.02564	0.15385	0.0641	0.14103	0.08974	0.11538	0.12821	0.07692	0.01282
Експерт 7	0.11538	0.10256	0.08974	0.12821	0.0641	0.05128	0.02564	0.15385	0.01282	0.14103	0.07692	0.03846
Експерт 8	0.08974	0.12821	0.07692	0.0641	0.15385	0.14103	0.11538	0.03846	0.02564	0.10256	0.01282	0.05128
Експерт 9	0.05128	0.0641	0.08974	0.10256	0.11538	0.01282	0.07692	0.15385	0.12821	0.14103	0.02564	0.03846
Експерт 10	0.11538	0.15385	0.03846	0.0641	0.08974	0.14103	0.12821	0.02564	0.07692	0.10256	0.05128	0.01282

Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Розрахована матриця важливості альтернатив відносно кожного критерія для НБВА – РМСТ (Слайд 5, Крок $WMS_{\varphi_{EW\alpha}}$)

FMCSA - Processing by methods: RMST

CC: Input values QBMS MMS:A MMS:M MMS:S MMS:G WMS CC: FMCSA

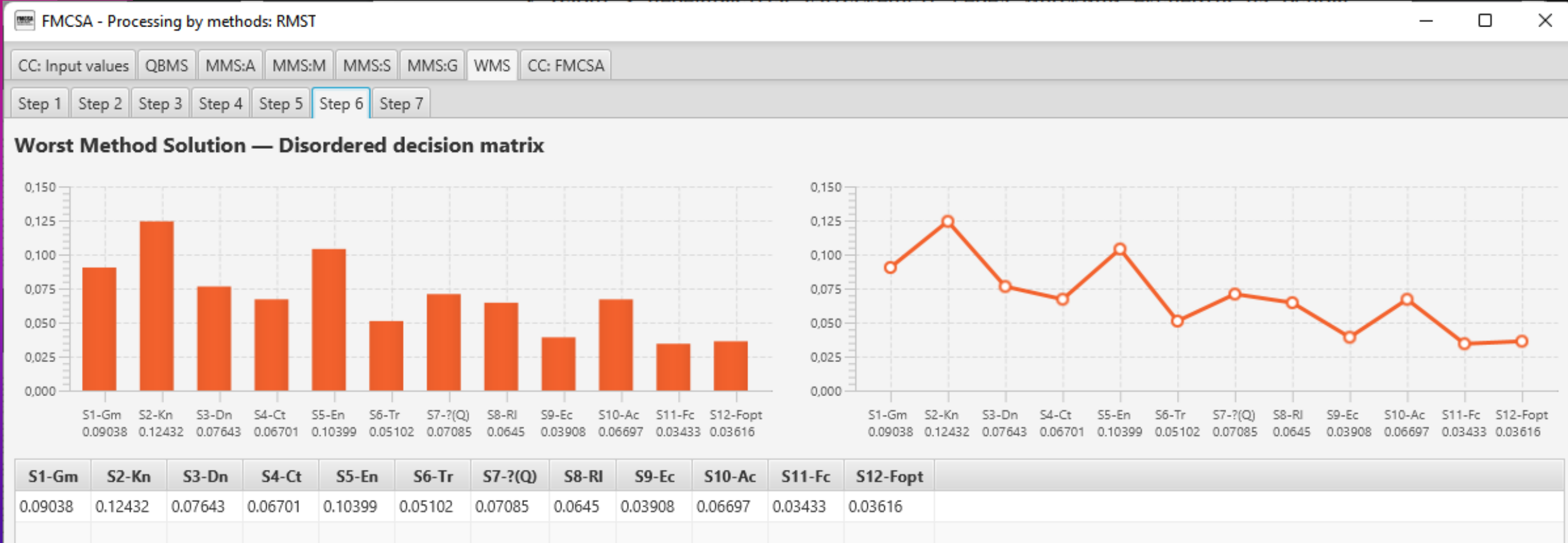
Step 1 Step 2 Step 3 Step 4 Step 5 Step 6 Step 7

Worst Method Solution — Matrix of significance of alternatives (expert opinions) by determining weighs of alternatives regarding every criterion as fuzzy set

	S1-Gm	S2-Kn	S3-Dn	S4-Ct	S5-En	S6-Tr	S7-?(Q)	S8-RI	S9-Ec	S10-Ac	S11-Fc	S12-Fopt
Експерт 1	0.22478	0.24019	0.08352	0.20903	0.10399	0.19291	0.17635	0.12326	0.14163	0.15929	0.06132	0.03616
Експерт 2	0.1454	0.12432	0.07643	0.10159	0.18413	0.16525	0.23651	0.21965	0.25287	0.20222	0.04699	0.2688
Експерт 3	0.20047	0.21682	0.18365	0.16628	0.12944	0.24833	0.14826	0.10964	0.03908	0.23276	0.08851	0.06545
Експерт 4	0.18181	0.26183	0.27952	0.31301	0.20359	0.1583	0.22403	0.13242	0.24338	0.06697	0.29656	0.10296
Експерт 5	0.25858	0.24283	0.11691	0.13736	0.1567	0.17517	0.07085	0.19291	0.09496	0.21005	0.22667	0.04293
Експерт 6	0.09038	0.18635	0.11175	0.06701	0.25133	0.13175	0.2357	0.16887	0.20327	0.2197	0.15071	0.04018
Експерт 7	0.21005	0.19291	0.17517	0.22667	0.13736	0.11691	0.07085	0.25858	0.04293	0.24283	0.1567	0.09496
Експерт 8	0.15479	0.20399	0.13738	0.1193	0.2349	0.21961	0.18802	0.08034	0.05871	0.17164	0.03433	0.10038
Експерт 9	0.1315	0.15315	0.19271	0.21112	0.2288	0.05102	0.17346	0.27848	0.24587	0.26241	0.08191	0.10804
Експерт 10	0.19875	0.24648	0.08736	0.12803	0.16468	0.23095	0.21505	0.0645	0.14674	0.18199	0.10835	0.0384

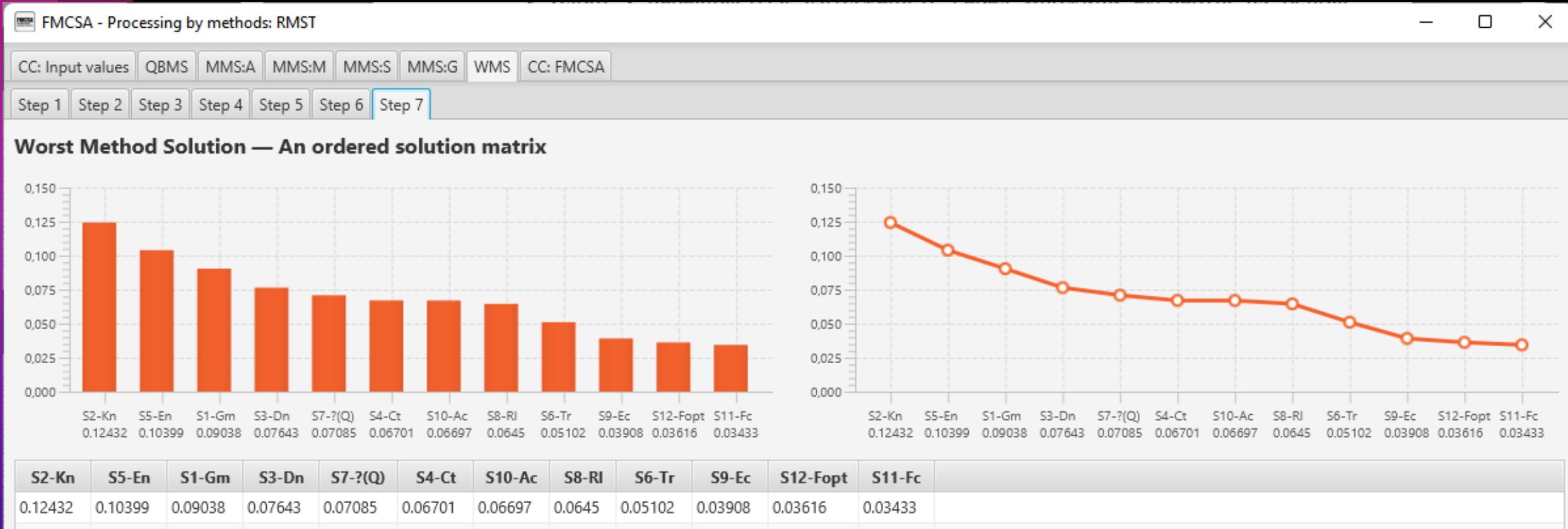
Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована (${}^{WMS}S_{(j)}$) для НБВА – РМСТ (Слайд 5, Крок ${}^{WMS}\varphi_{(j)}$)



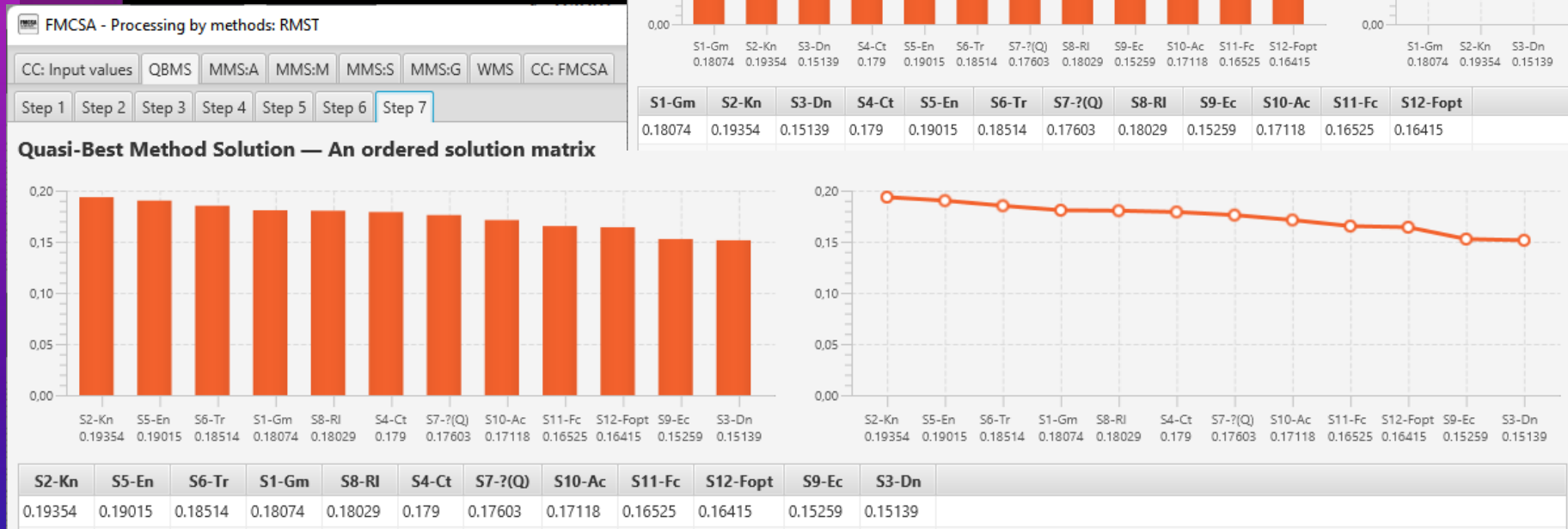
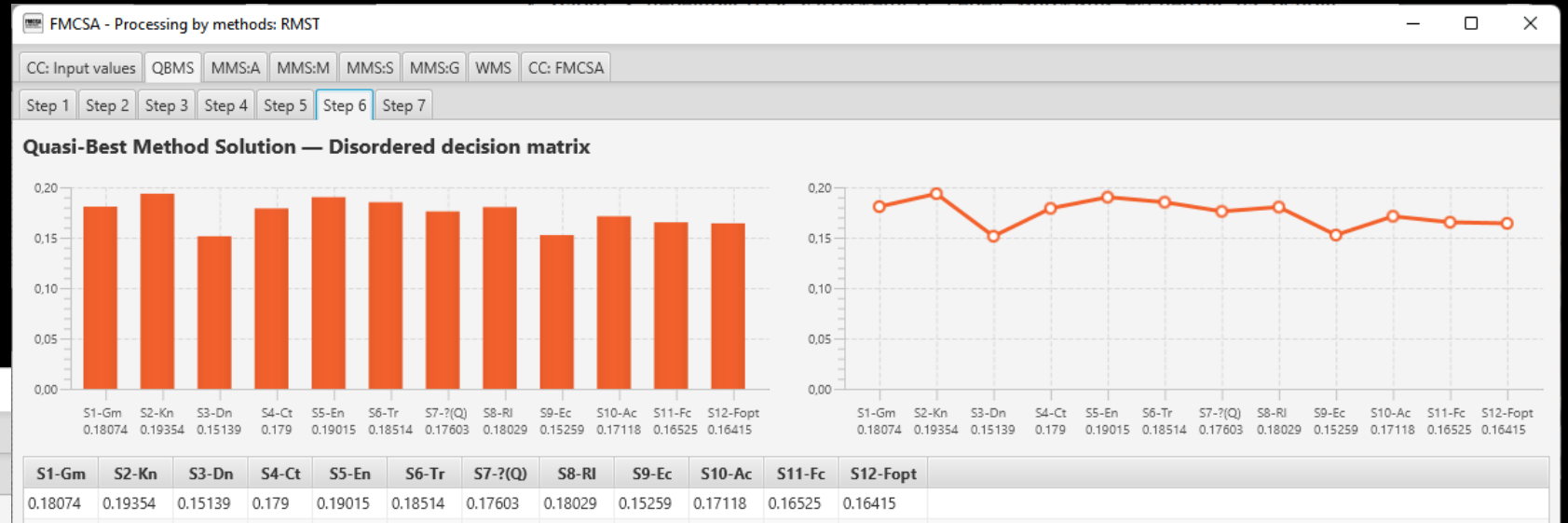
Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Упорядкована ($WMS_{S_{<j>}}$) для НБВА – РМСТ (Слайд 5, Крок $WMS_{\varphi_{<j>}}$)



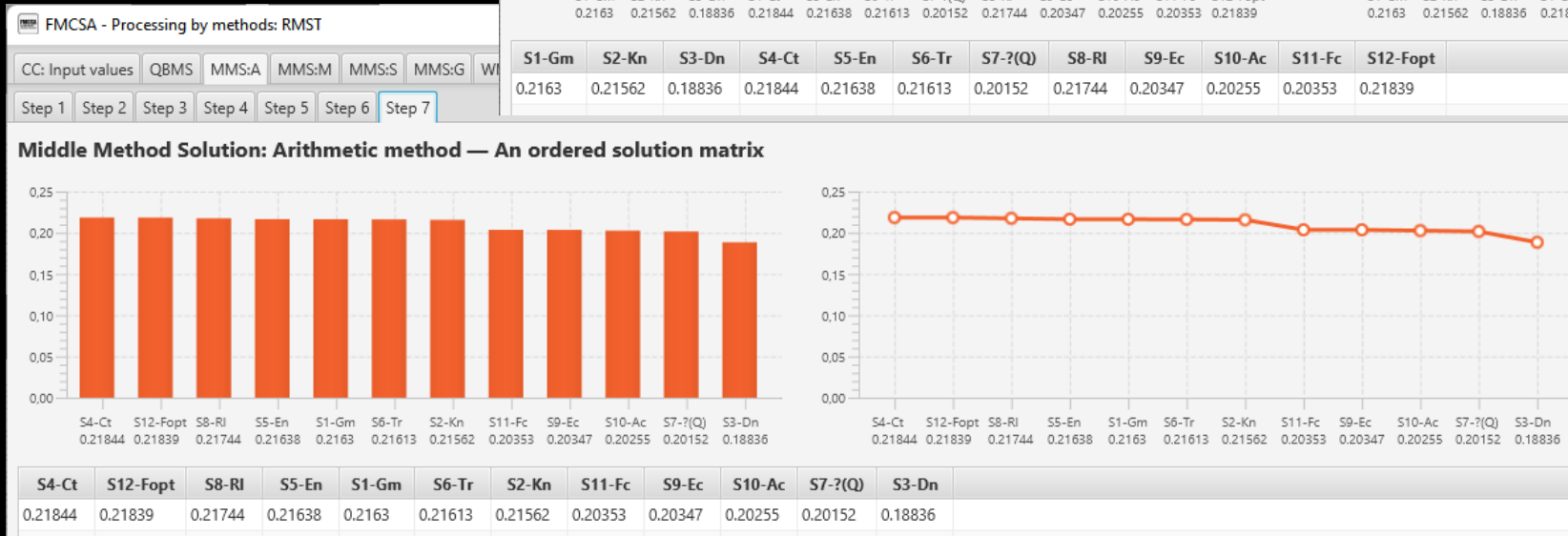
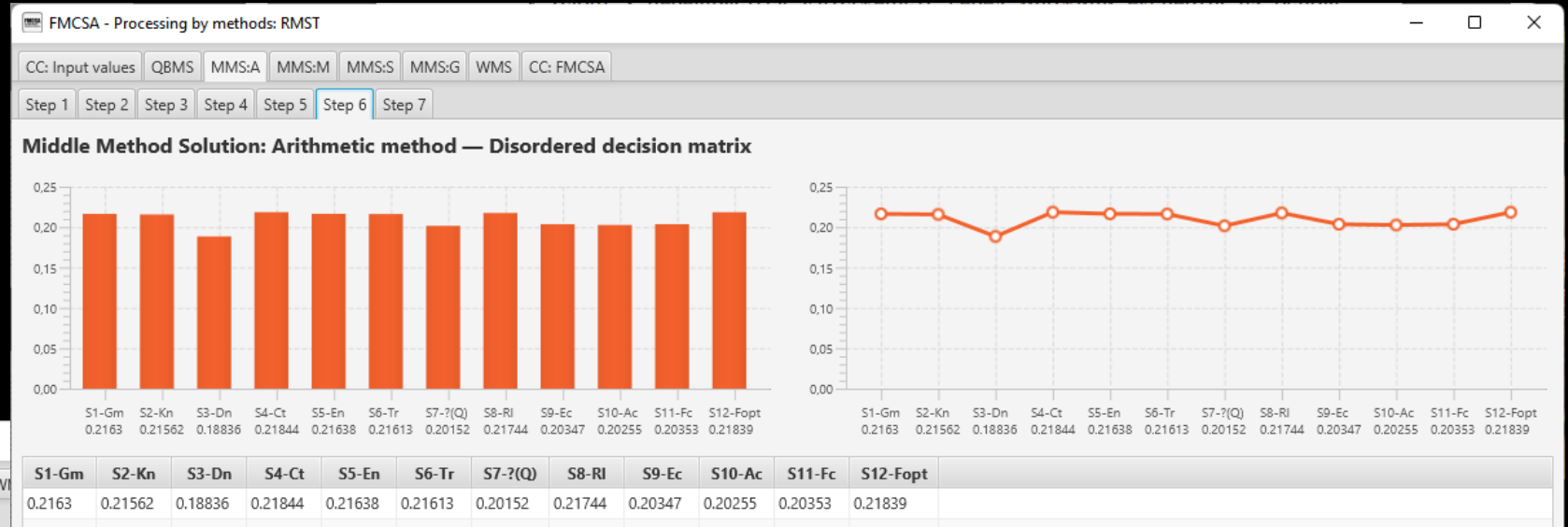
Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована ($QBMS_{S(j)}$) та упорядкована ($QBMS_{S<j>}$) для НБВА - РМСТ (QBMS)



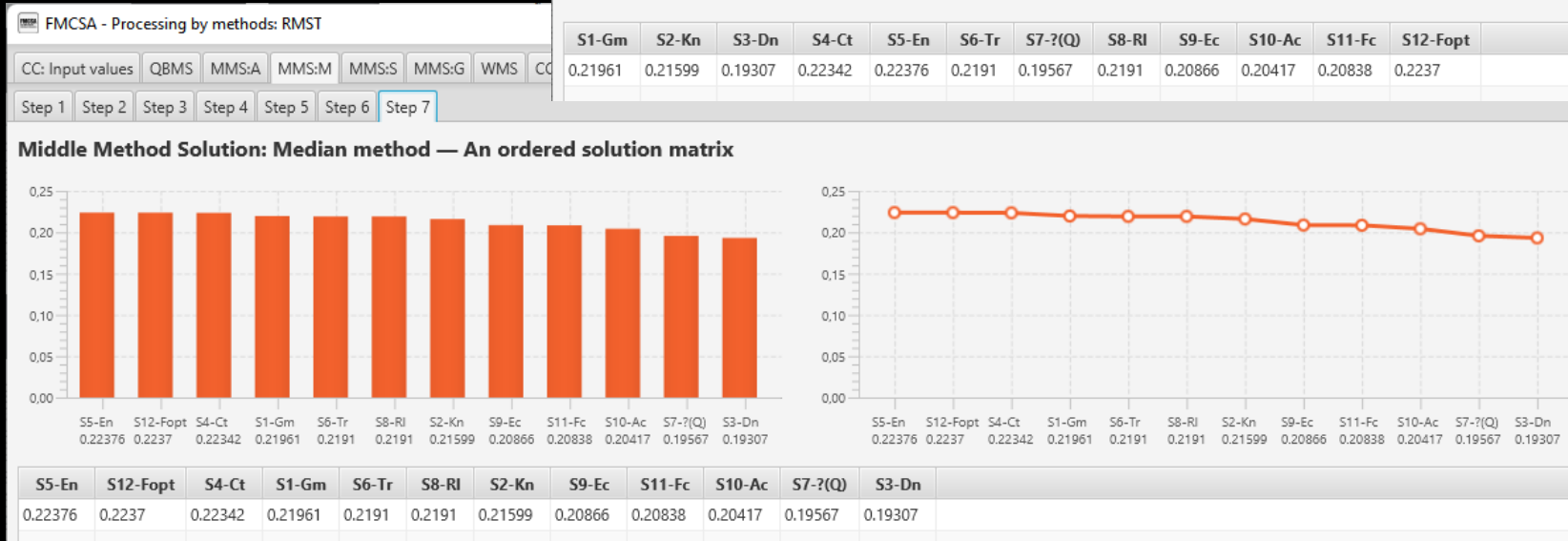
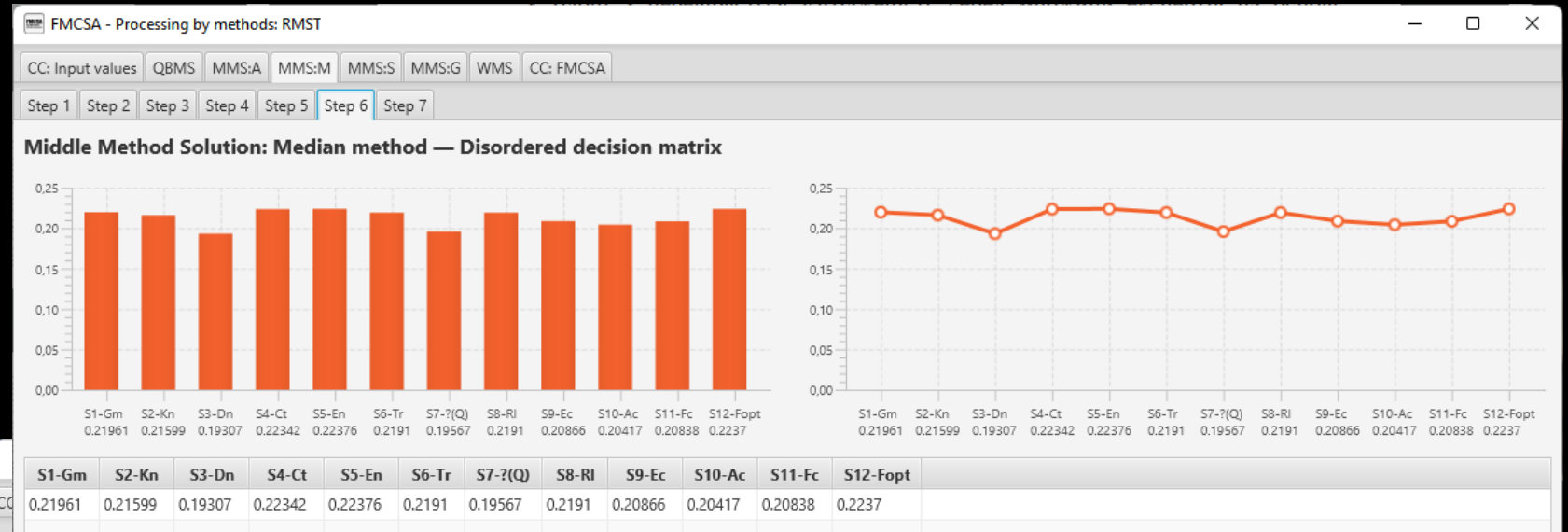
Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована (${}^A S_{(j)}$) та упорядкована (${}^A S_{<j>}$) для НБВА - РМСТ (MMS: A)



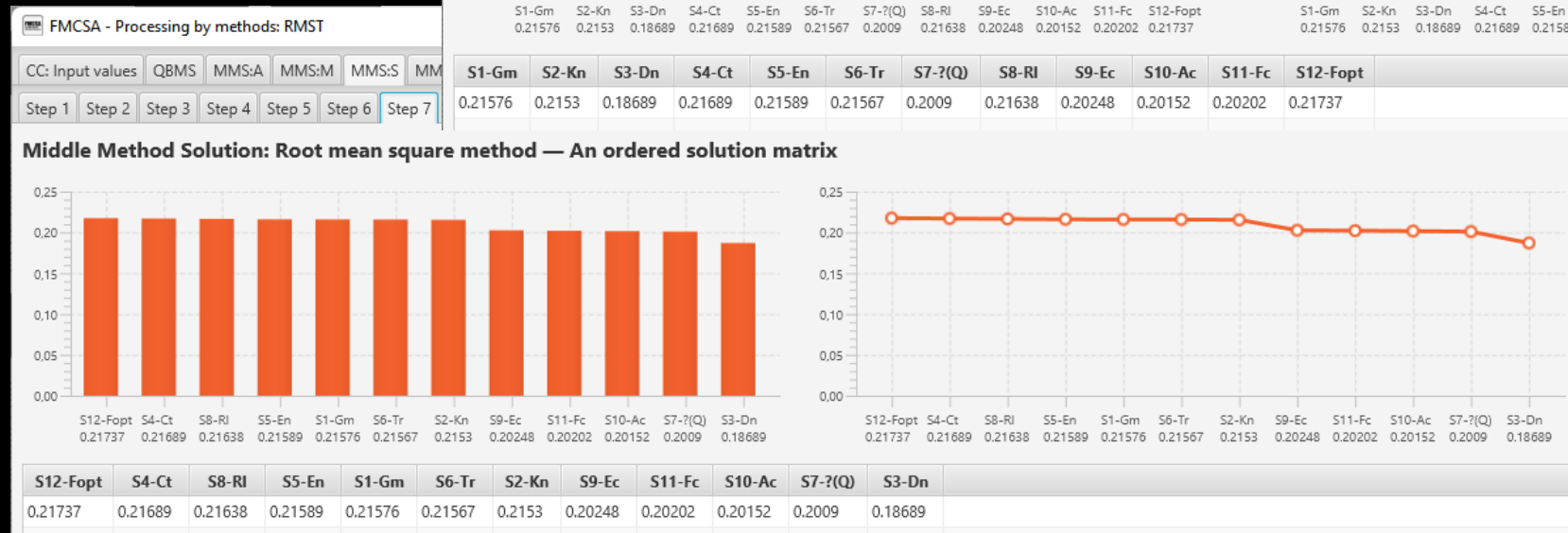
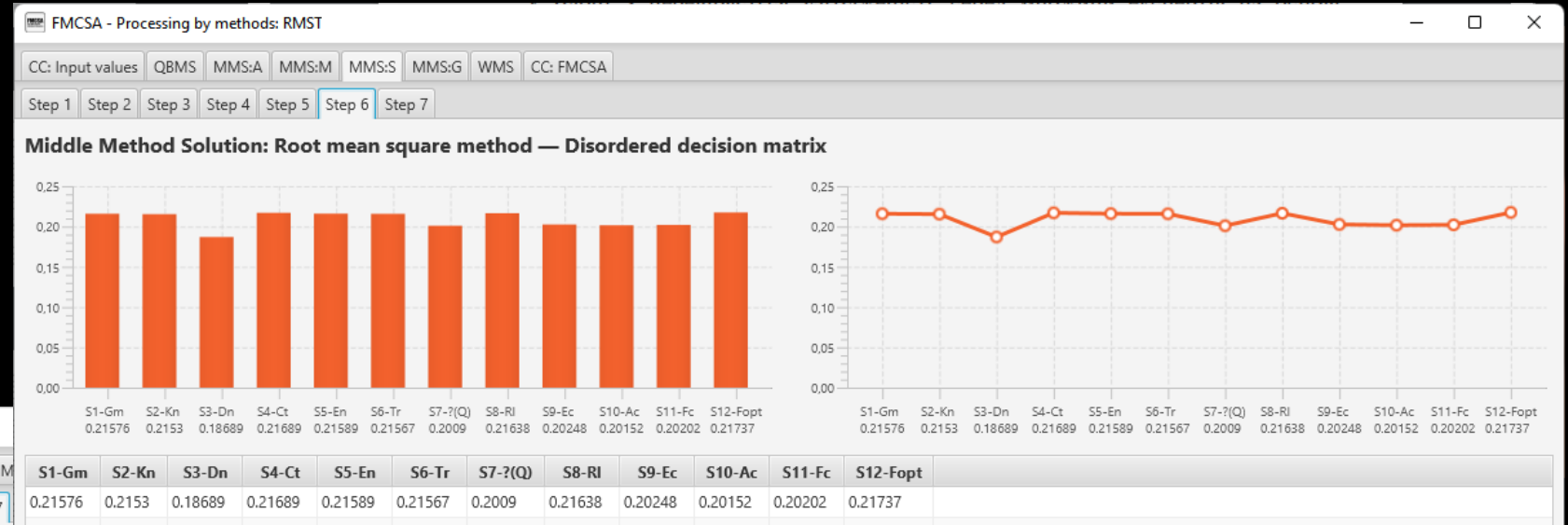
Працездатність розробленого програмного забезпечення FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована (${}^M S_{(j)}$) та упорядкована (${}^M S_{<j>}$) для НБВА - РМСТ (MMS: M)



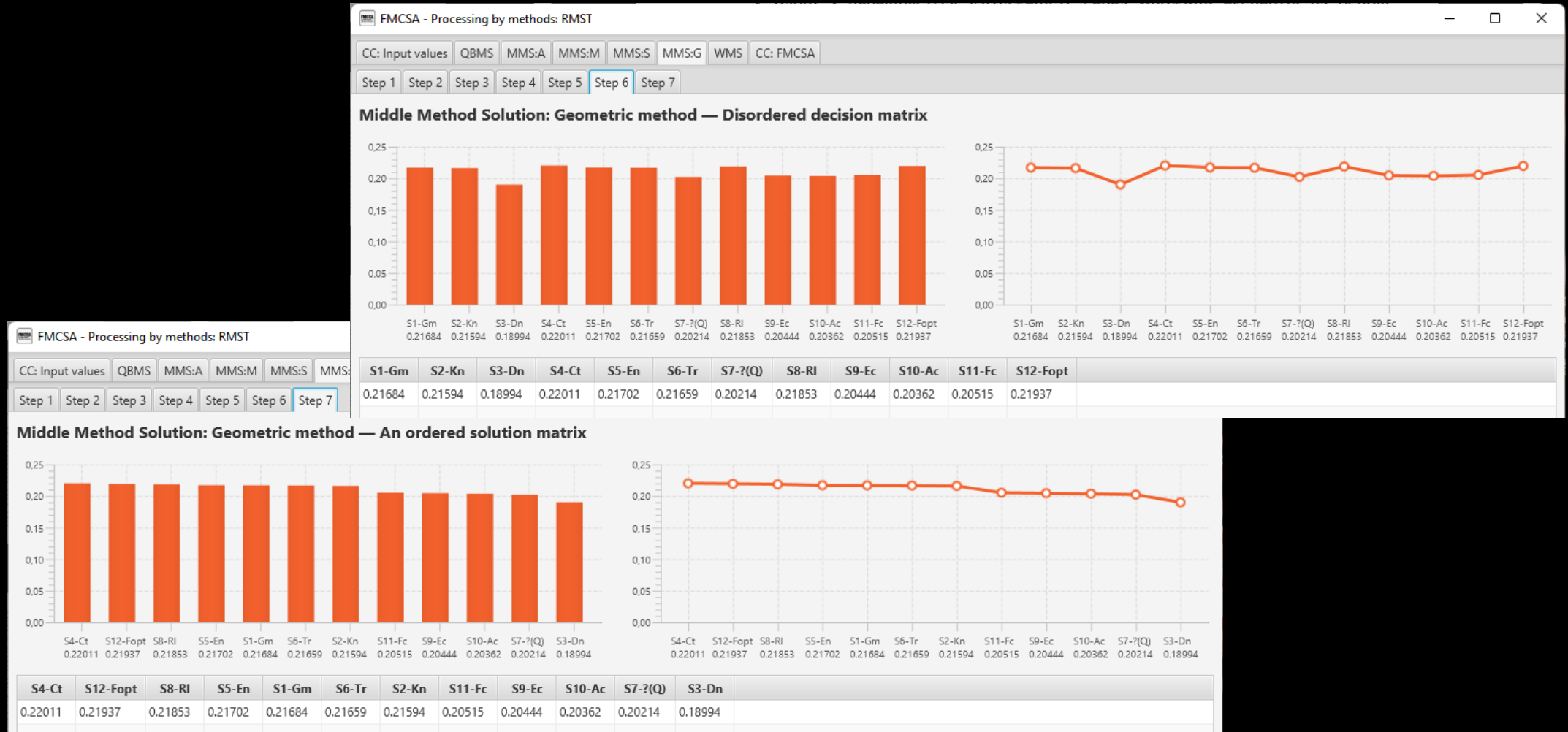
Працездатність розробленого програмного забезпечення FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована (${}^S S_{(j)}$) та упорядкована (${}^S S_{<j>}$) для НБВА - РМСТ (MMS: S)



Працездатність розробленого ПЗ FMCSM як невід'ємної частини FMSCA для розв'язування задач НБВА

- Сформована (${}^G S_{(j)}$) та упорядкована (${}^G S_{<j>}$) для НБВА - РМСТ (MMS: G)



Напрямки подальших досліджень

- Розробка нових підходів реалізації методик НБВА;
- Проведення поглиблених досліджень та оптимізації методик розв'язку задач НБВА, рівень LI – FMCM;
- Оптимізація розробленого програмного забезпечення FMSCA для розв'язування задач НБВА;
- Розширення функціоналу розробленого програмного забезпечення FMSCA для розв'язування задач НБВА.

Загальні висновки

- В даній роботі проведено аналіз існуючих напрацювань щодо автоматизації розв'язування
- Розроблено методики НБВА альтернатив серединного випадку . Спираючись, на раніше розроблені методики (розроблені у ДУ «Житомирська політехніка»), розроблено методичне забезпечення автоматизованого розв'язування множини задач НБВА
- Розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення розв'язування задач НБВА
- Продемонстровано працездатність розробленого ПЗ FMSCA;
- Визначено напрямки подальших досліджень.



Дякую за увагу!

Житомир 2023 р.