

Д. О. КРИЩЕНКО

аспірант кафедри автоматизації
та комп'ютерних технологій систем управління
Національний університет харчових технологій
ORCID: 0009-0005-1030-3800

О. М. РОМАЩУК

аспірант кафедри автоматизації
та комп'ютерних технологій систем управління
Національний університет харчових технологій
ORCID: 0009-0007-4298-5193

СЦЕНАРНЕ КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

У статті розглядаються проблеми організації процесів керування технологічними комплексами провідних галузей харчової промисловості: цукрової та спиртової. Охарактеризовані особливості таких об'єктів керування як багатофакторність, нестаціонарність, висока ступінь невизначеності, що має характер як стохастичності, так і нечіткості; складний характер поведінки, визваний суттєвою нелінійністю, що приводить до виникнення нештатних режимів функціонування об'єктів через явища детермінованого хаосу. Разом з тим в таких об'єктах наявна здатність до самоорганізації, яка може забезпечити при відповідних заходах превентивного характеру організацію ефективних ресурсощадних стратегій керування, побудованих не з примусових позицій, а з урахуванням природної направленості технологічних процесів. Таку передбачуваність систем керування забезпечує застосування сценаріїв керування, за допомогою яких окреслено усі можливі виробничі ситуації і рішення по керуванню в цих ситуаціях. Метою даної роботи є розробка сценаріїв керування технологічними комплексами цукрової та спиртової галузі з урахуванням різних факторів виробництва та ситуаційної обстановки в об'єктах керування. Розроблена методологія побудови сценаріїв керування складними технологічними об'єктами керування з урахуванням специфіки протікання технологічних процесів природного характеру. На основі побудованих факторно-цільових діаграм і експертного опитування сформовані сценарії керування для різних умов функціонування обладнання та виробничих завдань. Сценарії керування представлені у вигляді графових моделей, переходи в яких здійснюються на основі якісної оцінки в нечітких категоріях. Розроблені сценарії керування технологічними комплексами провідних галузей харчової промисловості стали основою алгоритмів керування в автоматизованих системах комп'ютерного управління цукровим та спиртовим виробництвами. Реалізація таких систем забезпечила поліпшення якості продукції, зменшення питомих витрат ресурсів виробництва та підвищення продуктивності обладнання.

Ключові слова: харчова промисловість, цукрове виробництво, виробництво спирту, сценарій керування, система керування, організаційно-технічна система.

D. O. KRYSHCHENKO

Postgraduate Student at the Department of Automation
and Computer Technologies of Control Systems
National University of Food Technologies
ORCID: 0009-0005-1030-3800

O. M. ROMASHCHUK

Postgraduate Student at the Department of Automation
and Computer Technologies of Control Systems
National University of Food Technologies
ORCID: 0009-0007-4298-5193

SCENARIO MANAGEMENT OF COMPLEX TECHNOLOGICAL COMPLEXES

The article examines the problems of organizing the processes of managing technological complexes of the leading branches of the food industry: sugar and alcohol. Features of such control objects are characterized as multifactorial, non-stationary, high degree of uncertainty, which has the character of both stochasticity and vagueness; the complex nature of behavior caused by significant nonlinearity, which leads to the emergence of abnormal modes of operation of objects due to the phenomena of deterministic chaos. At the same time, such objects have the ability to self-organize, which can ensure, with appropriate measures of a preventive nature, the organization of effective resource-saving management strategies, built not from forced positions, but taking into account the natural direction of technological processes. Such predictability of control

systems is ensured by the use of control scenarios, with the help of which all possible production situations and management decisions in these situations are outlined. The purpose of this work is to develop scenarios for managing technological complexes of the sugar and alcohol industry, taking into account various factors of production and the situation in the management facilities. A methodology for building control scenarios for complex technological control objects has been developed, taking into account the specifics of the flow of technological processes of a natural nature. On the basis of constructed factor-objective diagrams and expert survey, control scenarios were formed for various conditions of equipment operation and production tasks. Management scenarios are presented in the form of graph models, transitions in which are carried out on the basis of qualitative assessment in fuzzy categories. Developed scenarios for managing technological complexes of the leading branches of the food industry became the basis of control algorithms in automated computer control systems for sugar and alcohol production. The implementation of such systems ensured the improvement of product quality, reduction of the specific costs of production resources and improvement of equipment productivity.

Key words: food industry, sugar production, alcohol production, management scenario, management system, organizational and technical system.

Постановка проблеми

Технологічні комплекси харчових виробництв мають всі характерні ознаки складної організаційно-технічної системи [1]. Серед цих ознак можна виділити: багатофакторність, нестационарність, висока ступінь невизначеності, що має характер як стохастичності, так і нечіткості; проблематична природа поведінки, яка визивається наявністю дисипативних просторово-часових структур, включаючи воедино регулярну, стохастичну і хаотичну складові; схильність до самоорганізації; наявність в контурі керування активних елементів у вигляді людського фактору. Такі особливості наведених об'єктів зобов'язують застосування вельми ефективних передових методів сучасної теорії та практики керування, а також їх реалізації на базі сучасних комп'ютерних технологій [2]. Новий клас організаційно-технічних систем має риси як технічних, так і організаційних систем, найбільш важливими серед них є: багатомірність, складність та непостійність структури, присутність і змінність цілей та їх пріоритетності в залежності від виробничої ситуації. Тому при створенні ефективних систем керування організаційно-технічними процесами пропонуються комбіновані підходи, які інтегрують переваги як формалізованих, так і інтелектуальних методів і евристик. Дані методи забезпечують можливість багатоаспектної, повноцінної оцінки динаміки і перспектив розвитку складних об'єктів технологічного та організаційного характеру в умовах виробництва зі змінною ситуаційною поведінкою. Найбільш ефективний результат в цьому аспекті дають сценарії, за допомогою яких формально генеруються та аналізуються альтернативні варіанти (магістралі) розвитку ситуаційної обстановки в об'єкті керування при заданих чи ситуаційно-залежних цілях, а також ситуаційного змінювання пріоритетності критеріїв їх оцінки [3]. Сценарії розвитку складної системи належать до класу так званих неповних математичних моделей, тобто. моделей, до яких включено лише суттєві фактори, які можуть бути формалізовані з прийнятним ступенем точності [4]. Ключовою задачею використання такого роду моделей є визначення істотних оцінок характеристик об'єктів керування з різних точок зору: песимістичного, реалістичного та оптимістичного спрямування, і, що особливо, формування відповідного комплексу стратегій рішень по керуванню. Елементи сценарного підходу необхідні, коли дослідник стикається з можливістю вибору різних варіантів управління, із змінними критеріями оцінки результатів, з невизначеністю поведінки системи, що вивчається, та її середовища, з недостатністю інформації про досліджуваний об'єкт [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В останні роки, окремим важливим напрямком досліджень, в рамках якого розглядаються ряд принципів для сценарного підходу в системах керування методологічних та практичних питань, є тема аналізу сценаріїв, зокрема шляхом когнітивного моделювання, та прийняття рішень в багатокритеріальній постановці в умовах ситуаційних змінювань в об'єкті керування [6]. Так, в роботі [7] прийнятий багатоатрибутний метод аналізу ризику для вибору стратегії керування, а також розв'язані проблеми прийняття рішень на основі динамічних та ризикованих характеристик. В роботі [8] розроблена система аналізу рішень за кількома критеріями для дисперсної групи, здійснений нечіткий багатокритеріальний аналіз та спільне прийняття рішень у багатокритеріальному аналізі за участю багатьох учасників. В статті [9] розроблені діаграми впливу, які широко використовуються для представлення багатоступінних проблем прийняття рішень, у яких кожне рішення є вибором із дискретного набору альтернативних варіантів дій, невизначені випадкові події мають дискретні результати, а попередні рішення можуть ендогенно впливати на розподіли ймовірностей невизначених випадкових подій. В роботі [10] розглядається підхід до перетворення чітких оцінок, отриманих від респондентів, у форму сірих інтервальних чисел на основі медіани зібраних балів шляхом застосування певної форми шкали Лайкерта.

Побудова сценаріїв керування технологічними комплексами із використанням наведених наукових результатів з відповідним удосконаленням дозволить підвищити ефективність систем керування.

Формулювання мети досліджень

Метою даної роботи є розробка сценаріїв керування технологічними комплексами цукрової та спиртової галузі з урахуванням різних факторів виробництва та ситуаційної обстановки в об'єктах керування.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розроблені сценарії керування технологічними комплексами цукрової та спиртової галузей харчової промисловості. У загальному задумі можна запропонувати отаке визначення задачі побудування сценаріїв: зобразити допустимі спрямування перебігу в об'єктах керування декількома різновидами так, щоб у межах поставленого змістовного завдання дати максимальне всеосяжне бачення про дозволені майбутні стани та траєкторії розвитку системи. Ключовим поняттям методології сценарного підходу є поняття невизначеності. Під невизначеністю розуміють ситуацію, коли частково чи повністю відсутня інформація про структуру та можливі стани системи та (або) її середовища. Побудова сценаріїв має дві мети щодо невизначеності: по-перше, максимально можливе в рамках цього підходу її зниження; по-друге, опис не усуненої частини невизначеності за допомогою ряду сценарних варіантів. Тим самим закладається основа для подальшого зменшення невизначеності розвитку систем у процесах прогнозування, планування та управління. Вирізняють різні компоненти невизначеності: об'єктивну невизначеність перебігу процесів у часі, суб'єктивний фактор, що полягає у процесі прийняття рішень, неповноту інформації, що враховується, невизначеність впливу середовища на систему, неоднозначність, критеріїв вибору у процесі прийняття рішень.

У змістовному плані з точки зору теорії управління сценарієм поведінки об'єкта є модель зміни обстановки, пов'язаної з виникненням та розвитком тієї чи іншої ситуації та визначається в дискретному часовому просторі із заданим часовим кроком [2].

За допомогою сценарію здійснюється первинне впорядкування проблеми, виявлення даних про її передісторію, поточний стан та зв'язки з зовнішнім середовищем, також може будуватись прогноз перспектив розвитку процесу. Сценарій – засіб, за допомогою якого забезпечується досягнення визначеної мети функціонування системи, При цьому враховуються різноманітні чинники оточення, в якому перебуває система, зокрема, операції та зв'язки між ними. Існують два різновиди сценаріїв: абстрактний (А) та структурний (С). В першому моменті дії здійснюються з неструктурованими об'єктами (ігнорується структура об'єкта). С-сценарій базується на відомій структурі об'єктів, які характеризуються комплектуваннями властивостей-атрибутів. Атрибути піддаються змінам шляхом реалізації певних правил.

Першочерговим кроком в побудові сценаріїв управління технологічними процесами підприємства є розробка факторно-цільової діаграми [2].

Розглянемо, для прикладу, факторно-цільову діаграму для технологічного комплексу (ТК) цукрового заводу, зображену на рисунку 1. На ній вказані цілі, що характерні для технологічного комплексу цукрового заводу, засоби досягнення цілей та фактори впливу Φ_i (табл. 1).

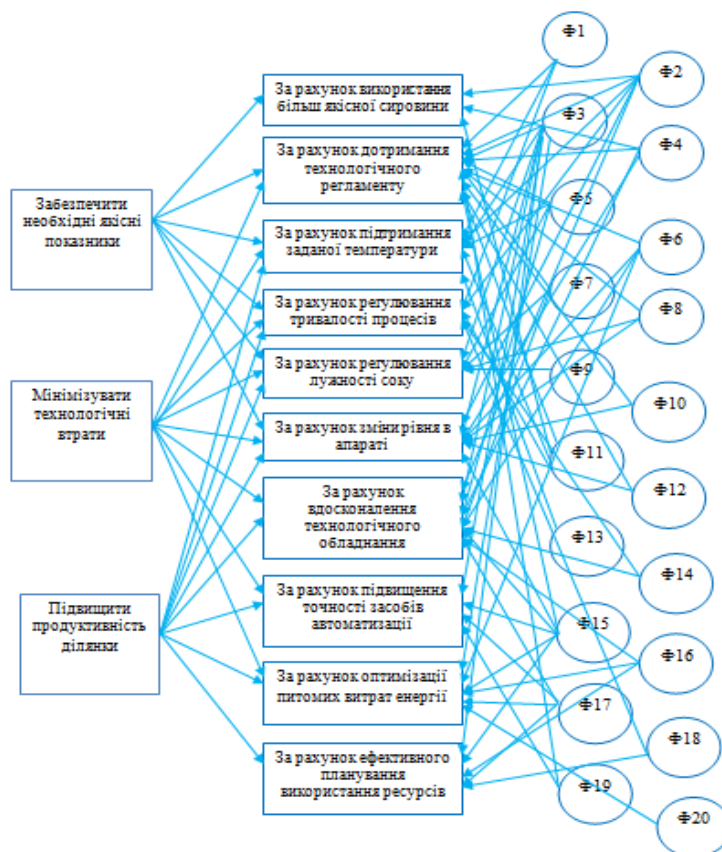


Рис. 1. Факторно-цільова діаграма ТК цукрового заводу

Таблиця 1

Позначення основних факторів виробництва цукру

Фактор	Зміст
Ф1	Цукристість буряку
Ф2	Якість стружки
Ф3	Співвідношення стружка-вода
Ф4	Температурний режим дифузії
Ф5	Вміст сухих речовин
Ф6	Тривалість дифузії
Ф7	Концентрація сатураційного газу
Ф8	Концентрація вапнякового молока
Ф9	Кількість газу, що подається на сатурацію
Ф10	Температурний режим дефекації та сатурації
Ф11	Якість дифузійного соку
Ф12	Тривалість дефекації та сатурації
Ф13	Інтенсивність обробки вапняковим молоком
Ф14	Кількість сухих речовин у відфільтрованому соку
Ф15	Кількість пари на отримання сиропу
Ф16	Розрахунок обладнання, визначення кількості проміжних ємностей
Ф17	Врахування завантаження попереднього та наступного обладнання
Ф18	Вибір способу керування ТК
Ф19	Виконання своєчасної перевірки засобів вимірювання
Ф20	Енергоємність обладнання

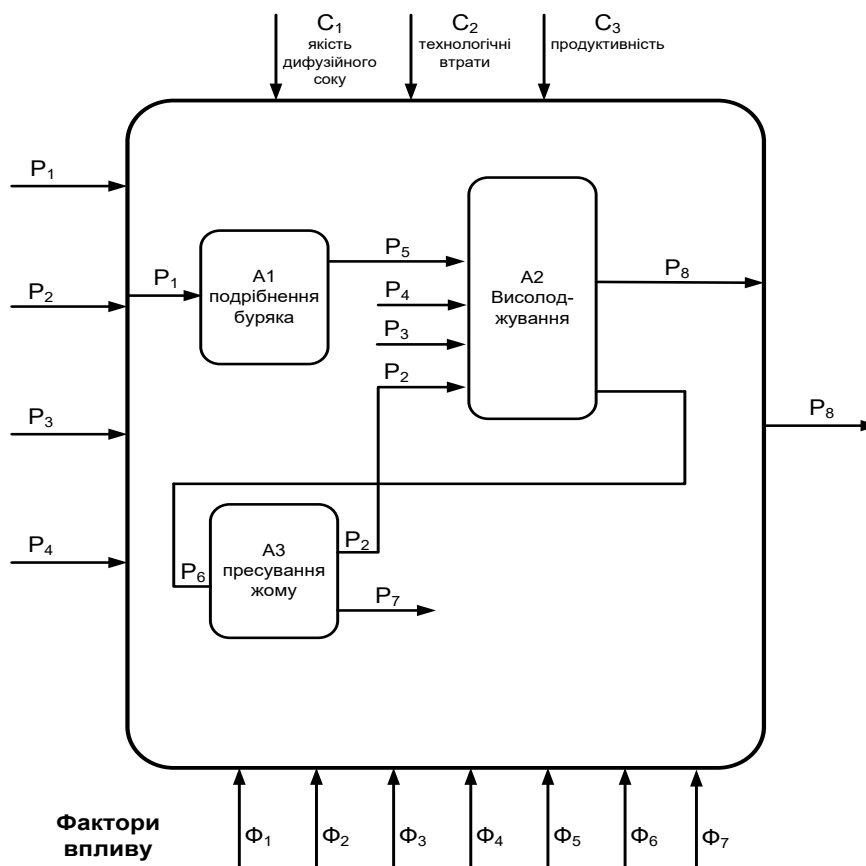


Рис. 2. А – сценарій процесу одержання дифузійного соку

Покажемо представлення А – сценарію процесу одержання дифузійного соку на рисунку 2, при цьому виділяємо об’єктні потоки, що показано в табл. 2.

Таблиця 2

Основні об'єктні потоки

Позначення	Зміст
P1	Витрата буряку
P2	Витрата жомопресованої води
P3	Витрата живильної води
P4	Витрата пари
P5	Витрата стружки
P6	Витрата сирого жому
P7	Витрата пресованого жому
P8	Витрата дифузійного соку

На рисунку 3 наведений С-сценарій, при якому досягається максимальна продуктивність брагоректифікаційної установки спиртового заводу.

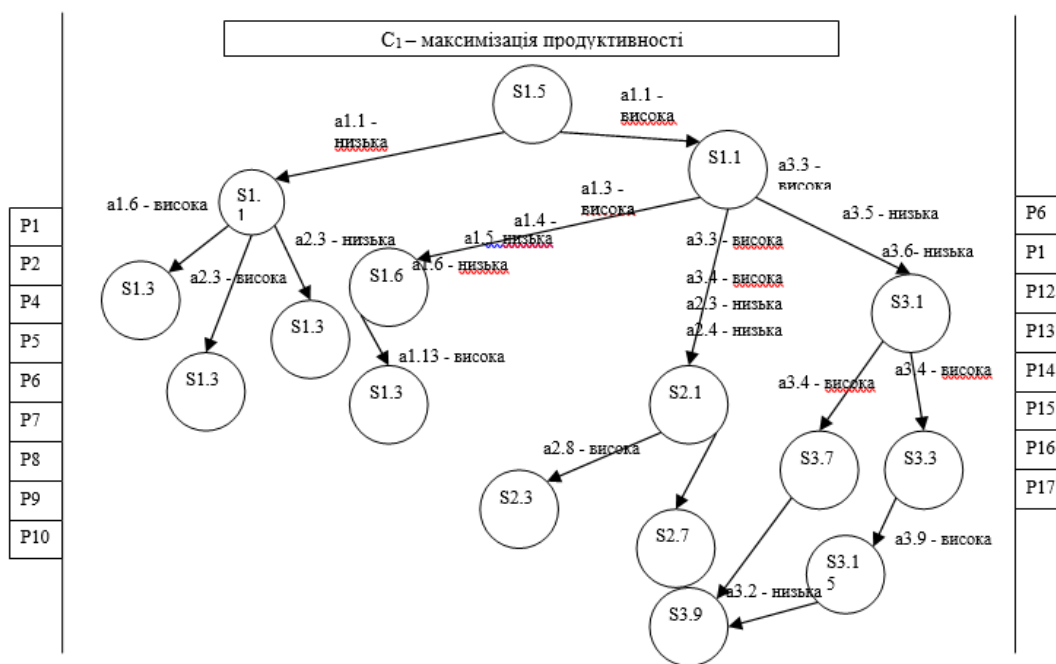


Рис. 3. Узагальнений С – сценарій максимізації продуктивності брагоректифікаційної установки

С-сценарій являє собою деталізацію А – сценарію з урахуванням еволюції об'єкта при здійсненні операцій та передачі об'єктів від одних операцій до інших. Еволюція об'єктів при здійсненні операцій виявляється у переміні змістів їх ознак (атрибутів) [2].

Висновки

Розроблені сценарії керування технологічними комплексами провідних галузей харчової промисловості стали основою алгоритмів керування в автоматизованих системах комп'ютерного управління цукровим та спиртовим виробництвами. Реалізація таких систем забезпечила поліпшення якості продукції, зменшення питомих витрат ресурсів виробництва та підвищення продуктивності обладнання.

Список використаної літератури

1. Ладанюк А.П., Решетюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я.В. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: Монографія. Київ: Центр учбової літератури. 2014. 280 с.
2. Смітюх Ярослав, Ладанюк Анатолій, Кишенько Василь. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: Монографія. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2019. 184 с.
3. Yoo T.S., Lafotune S. (2010). A general architecture for decentralized supervisory control of discrete event systems. *Discrete Event Dynamic Systems: Theory & Applications*. 12(3). 335–337. doi:10.1023/A:1015625600613

4. Z. Hong, J. Lingzi. (2000). Scenario analysis in an automated tool for requirements engineering. *Requirements Engineering Journal*. 5(1). 2–22. doi: 10.1007/PL00010341
5. A. Duran, A. Ruiz-Cortez, R. Corchuelo, and M. Toro. (2002). Supporting requirements verification using xslt. *In Proceedings of IEEE Joint International Conference on on Requirements Engineering (RE02)*. 165–172. doi: 10.1109/ICRE.2002.1048519
6. Geldermann J., Bertsch V., Treitz M., French S., Papamichail K. (2009). Multi-criteria decision support and evaluation of strategies for nuclear remediation management. *Omega*. 37, 238–251. DOI: 10.1016/j.omega.2006.11.006
7. Ahti Salo, Raimo P. Hämäläinen, Tuomas Juhani Lahtinen (2021). Multicriteria Methods for Group Decision Processes: An Overview. *Handbook of Group Decision and Negotiation*. 1–29. DOI:10.1007/978-3-030-12051-1_16-1
8. Reema Sharma, Prashant Kumar, Subhasis Bhaumik, Praveen K. Thakur (2022). Optimization of weights and ratings of DRASTIC model parameters by using multi-criteria decision analysis techniques, *Arabian Journal of Geosciences*. 15(10). DOI:10.1007/s12517-022-10034-4
9. Ahti Salo, Juho Andelmin, Fabricio Oliveira. (2022). Decision Programming for Mixed-Integer Multi-Stage Optimization under Uncertainty. *European Journal of Operational Research* .299(7). 550-565. DOI:10.1016/j.ejor.2021.12.013
10. D. Stanujkic, D. Karabasevic, G. Popovic, P. Stanimirovic (2021). An Innovative Grey Approach for Group Multi-Criteria Decision Analysis Based on the Median of Ratings by Using Python. *Axioms*, 10(2), 124. DOI: 10.3390/axioms10020124

References

1. Ladanyuk A.P., Reshetyuk V.M., Kyshen'ko V.D., Smityukh YA.V. Innovatsiyni tekhnolohiyi v upravlinni skladnymy biotekhnolohichnymy ob'yektamy ahropromyslovoho kompleksu: Monohrafiya. Kyviv: Tsentr uchbovoyi literatury. 2014. 280 s
2. Smityukh Yaroslav, Ladanyuk Anatoliy, Kyshen'ko Vasyl'. Ctsenarnyy pidkhid pry avtomatyzatsiyi tekhnolohichnykh protsesiv: Monohrafiya. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2019. 184 s
3. Yoo T.S., Lafotune S. (2010). A general architecture for decentralized supervisory control of discrete event systems. *Discrete Event Dynamic Systems: Theory & Applications*. 12(3). 335–337. doi:10.1023/A:1015625600613
4. Z. Hong, J. Lingzi. (2000). Scenario analysis in an automated tool for requirements engineering. *Requirements Engineering Journal*. 5(1).2–22. doi: 10.1007/PL00010341
5. A. Duran, A. Ruiz-Cortez, R. Corchuelo, and M. Toro. (2002). Supporting requirements verification using xslt. *In Proceedings of IEEE Joint International Conference on on Requirements Engineering (RE02)*. 165–172. doi: 10.1109/ICRE.2002.1048519
6. Geldermann J., Bertsch V., Treitz M., French S., Papamichail K. (2009). Multi-criteria decision support and evaluation of strategies for nuclear remediation management. *Omega*. 37, 238–251. DOI:10.1016/j.omega.2006.11.006
7. Ahti Salo, Raimo P. Hämäläinen, Tuomas Juhani Lahtinen (2021). Multicriteria Methods for Group Decision Processes: An Overview. *Handbook of Group Decision and Negotiation*. 1-29. DOI:10.1007/978-3-030-12051-1_16-1
8. Reema Sharma, Prashant Kumar, Subhasis Bhaumik, Praveen K. Thakur (2022). Optimization of weights and ratings of DRASTIC model parameters by using multi-criteria decision analysis techniques, *Arabian Journal of Geosciences*. 15(10). DOI: 10.1007/s12517-022-10034-4
9. Ahti Salo, Juho Andelmin, Fabricio Oliveira. (2022). Decision Programming for Mixed-Integer Multi-Stage Optimization under Uncertainty. *European Journal of Operational Research* .299(7). 550-565. DOI:10.1016/j.ejor.2021.12.013
10. D. Stanujkic, D. Karabasevic, G. Popovic, P. Stanimirovic (2021). An Innovative Grey Approach for Group Multi-Criteria Decision Analysis Based on the Median of Ratings by Using Python. *Axioms*, 10(2), 124. DOI: 10.3390/axioms10020124