

В.И. Кузнецов, Г.Л. Евтушенко, М.В. Андрюхина,
Д.А. Куриленко, А.Э. Дубровин

**РЕШЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ЗАДАЧ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО
АНАЛИЗА В СППР NOOTRON**

Аннотация. Использование методов многокритериального анализа становится неотъемлемой частью решения проблем, возникающих при анализе, оптимизации, оценке эффективности сложных слабо структурируемых систем.

Цель данной работы – продемонстрировать возможности методов многокритериального анализа из библиотеки СППР NooTron [8] в системных задачах сложной структуры на конечном множестве альтернатив и критериев, включая задачи и методы, реализованные в новой версии СППР NooTron.

Методы многокритериального анализа применяются во многих областях науки и практики. В свою очередь, особый интерес представляют количественные методы МКА. Эти методы предоставляют по своей сути алгоритмы разбиения исследуемой системной задачи на отдельные элементы (декомпозиция), проведения анализа в выделенных блоках, определение степени влияния каждого элемента на другие (анализ), определение локальных (критериальных) результатов и сведение их в глобальную оценку (агрегация).

Для исследования выбрана группа количественных многокритериальных методов, которые являются наиболее широко используемыми и модифицируемыми, а именно: метод анализа иерархий, метод анализа сетей, методология оценки эффективности BOCR, метод взвешенных сумм, метод матрицы решений.

В данной работе проведен анализ возможностей использования методов многокритериального анализа в СППР NooTron в системных задачах сложной структуры на конечном множестве альтернатив и критериев.

Ключевые слова: СППР NooTron, многокритериальный анализ, МАИ.

Использование методов многокритериального анализа (МКА) становится неотъемлемой частью решения проблем, возникающих при анализе, оптимизации, оценке эффективности сложных слабо структурируемых систем [1 – 7]. Это такие проблемы, как сравнительный анализ и выбор лучшей альтернативы, принятие проектных решений, векторная оптимизация, распределение ресурсов, диагностика, составление рейтингов.

Методы многокритериального анализа применяются во многих областях науки и практики. В свою очередь, особый интерес представляют количественные методы МКА. Эти методы предоставляют по своей сути алгоритмы разбиения исследуемой системной задачи на отдельные элементы (декомпозиция), проведения анализа в выделенных блоках, определение степени влияния каждого элемента на другие (анализ), определение локальных (критериальных) результатов и сведение их в глобальную оценку (агрегация).

Выбор метода МКА для конкретной задачи представляет собой отдельную проблему и зависит от таких основных факторов: структура задачи (иерархия, сеть и т.п.), количество исследуемых элементов проблемы, наличие и характер внешних условий, уровень знания методов МКА лицом, принимающим решение.

Отметим, что большинство практических задач, для решения которых применяются методы МКА, являются дискретными, то есть задачами на конечном множестве альтернатив и критериев [3].

Цель данной работы – продемонстрировать возможности методов многокритериального анализа из библиотеки СППР NooTron [8] в системных задачах сложной структуры на конечном множестве альтернатив и критериев, включая задачи и методы, реализованные в новой версии СППР NooTron.

Для исследования выбрана группа количественных многокритериальных методов, которые являются наиболее широко используемыми и модифицируемыми, а именно: метод анализа иерархий, метод анализа сетей, методология оценки эффективности VOCR, метод взвешенных сумм, метод матрицы решений.

Метод анализа иерархий (МАИ) разработан американским ученым, проф. Томасом Саати. За более чем 30 лет своего существования, метод анализа иерархий применялся в решении большого количества научно-практических задач принятия решений и признан одним из самых точных методов многокритериального анализа, который позволяет выполнять все этапы системного исследования [1, 2]. Этот метод использован нами в качестве базового для разработки общей концепции интеграции количественных многокритериальных методов [7, 8].

Метод анализа иерархий основан на иерархическом представлении элементов системной задачи (цель, критерии, альтернативы), приоритеты элементов определяются с помощью парных сравнений. Он предназначен для ответственных задач многокритериального ранжирования и выбора.

Метод анализа сетей и методология оценки эффективности BOCR основаны на методе анализа иерархий и развивают его [1]. Так, метод анализа сетей позволяет учитывать горизонтальные и обратные связи, а методология BOCR – позволяет оценить эффективность альтернатив (проектов) с учетом положительных и отрицательных аспектов исследуемой задачи.

Метод матрицы решений позволяет учитывать так называемые «варианты внешних условий», которые относятся к прогнозируемому будущему. В методе матрицы решений выбор лучшей альтернативы осуществляется на основе одного или нескольких правил метода (Вальда, Байеса-Лапласа, Гурвица и др.) [4 – 6]. Проблема метода – выбор правила для конкретной задачи. Отдельной задачей является заполнение матрицы (или нескольких матриц) полезностей.

Метод взвешенных сумм позволяет работать с большим количеством критериев сложной иерархической структуры и большим количеством альтернатив [3]. Используется для составления рейтингов и классификаций. Метод представляется простым и понятным, ограничения на количество и структуру критериев, так же как и на количество сравниваемых объектов в этом методе отсутствуют, из-за чего он является неустойчивым и может подвергаться манипулированию, а главной проблемой метода является согласованное определение весов критериев.

Как отмечалось ранее, решение задач с использованием многокритериальных методов включает три основных, общих процедуры: декомпозиция, анализ, агрегация. Первый этап, декомпозиция, состоит в структурировании проблемы, построении иерархической или сетевой структуры проблемы.

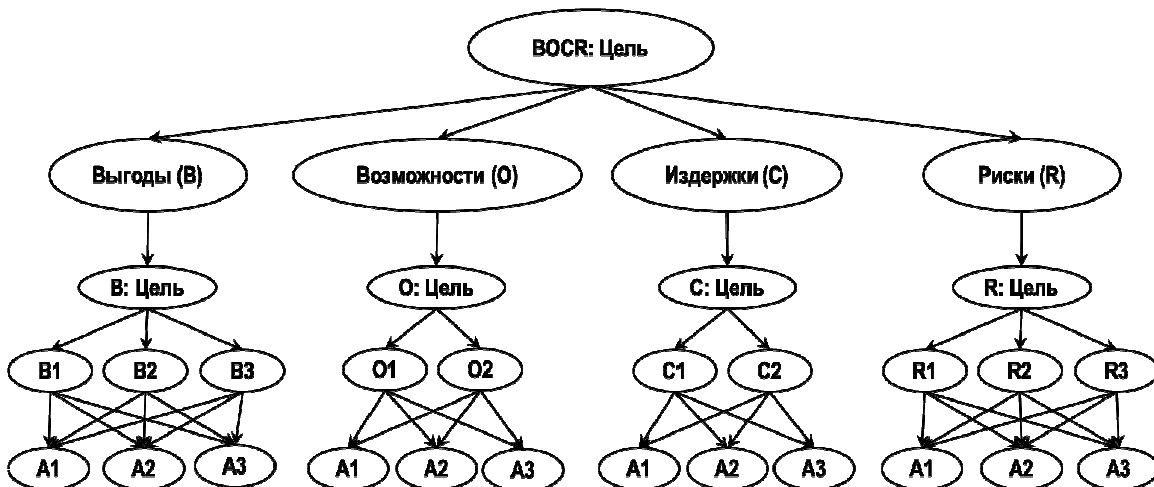


Рисунок 1 – Пример многокритериальной иерархической модели BOCR [20]

Структура задачи – основа для выбора соответствующего метода МКА или нескольких, для использования на разных этапах. Это особенно характерно для задач сложной структуры. Например, задач, приведенных в таблице 1 [9 – 19].

На рисунках 1 – 4 приведены примеры графов системных задач с многоуровневой структурой, горизонтальными и обратными связями, решенных с использованием СППР NooTron [8].



Рисунок 2 – Граф системной задачи для ММР+МАИ-Обобщенный [7, 20]

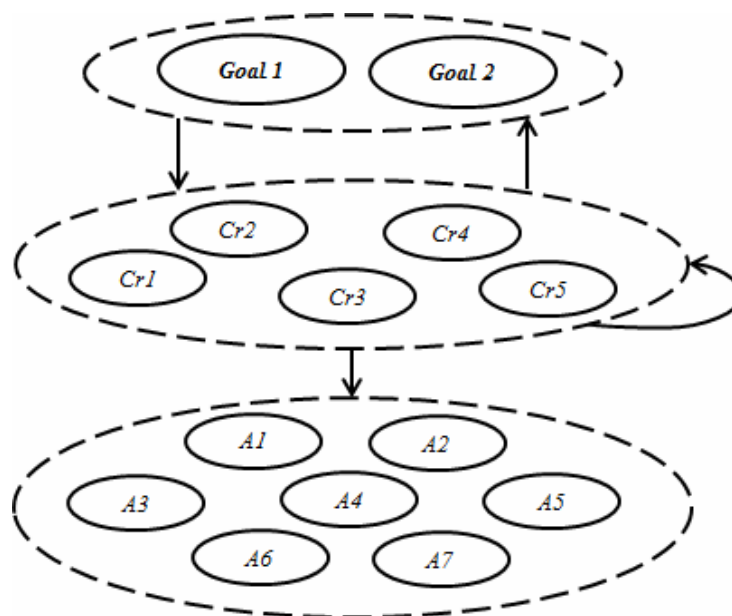


Рисунок 3 – Сетевая структура оценки приоритетов способов правовой охраны компьютерных программ с помощью МАС [18]

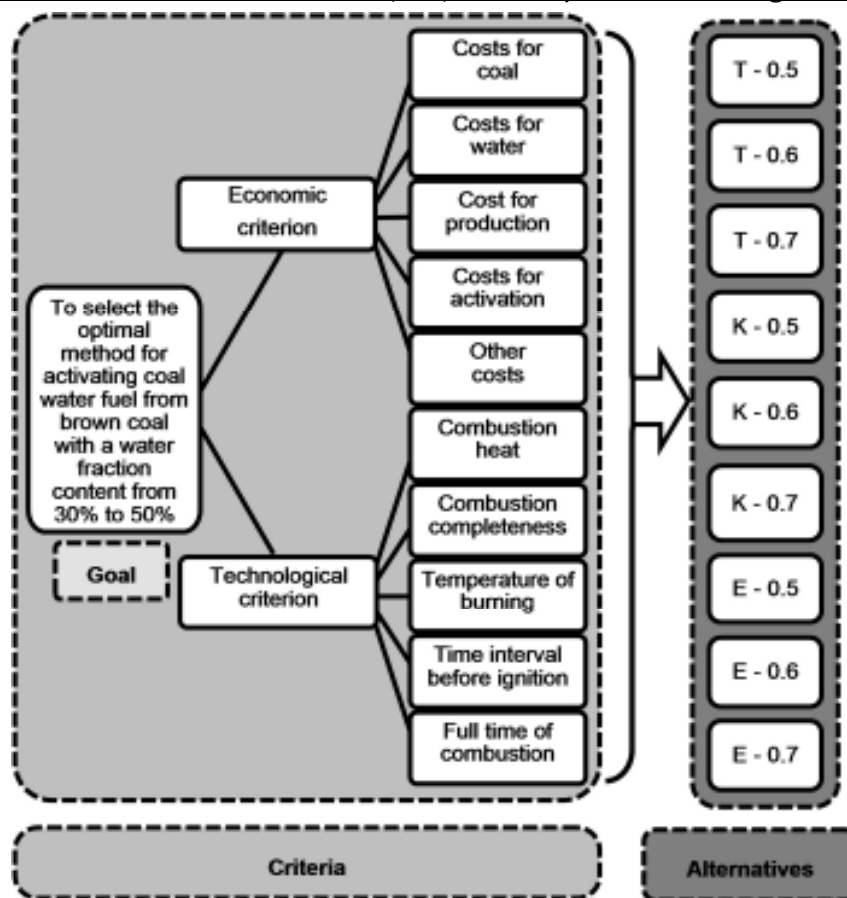


Рисунок 4 – Четырёхуровневая иерархия сравнительного анализа активации водоугольного топлива на базе МАИ [19]

Таблица 1

Системные задачи сложной структуры, решенные
с использованием СППР NooTron

№	Решенная задача	Метод МКА	Структура проблемы
1	Многокритериальная оптимизация параметров теплоэнергетической системы металлургического комбината согласно концепции системной модели [9]	Интегрированный метод МАИ + ММР-Обобщенный	Структура: трёхуровневая иерархия Варианты внешних условий: 12 Критерии: 2 Альтернативы: 20
2	Сравнительный анализ сотовых заполнителей и конструкций [10]	МАИ с использованием количественной шкалы отношений	Структура: трёхуровневая иерархия Критерии: 5 Альтернативы: 4 класса, 13 альтернатив

3	Многокритериальная оценка и выбор лучших образцов тепловизионной техники для охраны государственной границы [11]	МАИ с использованием количественной шкалы отношений и шкалы Саати	Структура: четырёхуровневая иерархия Критерии: 10 Альтернативы: 5
4	Оценка эффективности проектов интегрированным методом многокритериального анализа [12]	Интегрированный метод МАИ + ММР с заполнением матрицы полезностей на базе методологии BOCR	Структура: 4 иерархии BOCR Варианты внешних условий: 3 Критерии: 10 Альтернативы: 3
5	Разработка модели многокритериального ранжирования подразделений вуза [13, 14]	Интегрированный метод МВС + МАИ	Структура: пятиуровневая иерархия (3 уровня критериев, 1 – цель, 1 – альтернативы) Критерии: 51 Альтернативы: 3
6	Формирование команды научного проекта высшего учебного заведения [15]	Интегрированный метод МВС + МАИ и метод ранжированных весов критериев	Структура: пятиуровневая иерархия (3 уровня критериев, 1 – цель, 1 – альтернативы) Критерии: 24 Альтернативы: 5
7	Многокритериальный анализ эффективности портфелей научных проектов вузов [16]	Методология BOCR с разработанной шкалой важности факторов	Структура: 4 иерархии BOCR Критерии: 14 Альтернативы: 2
8	Сравнительный анализ технологий металлургии железа [17]	МАИ и нелинейный МВС	Структура: четырёхуровневая иерархия Критерии: 10 Альтернативы: 6
9	Оценка приоритетов способов правовой охраны компьютерных программ [18]	МАС и МАИ в абсолютных измерениях	Структура: сеть Цели: 2 Критерии: 5 Альтернативы: 7
10	Сравнительный анализ и построение множеств оптимальных вариантов активации водоугольного топлива [19]	МАИ с дополнительным построением множеств оптимальных решений	Структура: четырёхуровневая иерархия Критерии: 12 Альтернативы: 9

В таблице 1 приведены практические системные задачи, решенные с использованием СППР NooTron [8]. Можно сделать вывод о том, что данная система предоставляет широкий спектр возможностей для системного аналитика, а также позволяет выполнять анализ слабоструктурируемых систем.

Проект «СППР NooTron» продолжает развиваться и совершенствоваться. На момент написания данной статьи выполнены следующие разработки в развитие системы:

1. Архитектура проекта усовершенствована на основе выделенных компонентов многокритериальных методов [20] и JavaScript фреймворка React, с целью будущей поддержки и масштабирования.

2. Организован обмен данными между компонентами, их синхронизация и обработка состояния приложения.

3. Улучшено взаимодействие с сервером для получения промежуточных результатов решения задачи.

4. Разработан унифицированный компонентный гибкий вариант метода анализа иерархий с помощью JavaScript фреймворка React.

5. Реализовано отображение динамической иерархической структуры многокритериальной задачи в МАИ.

6. Ведется разработка упрощенного алгоритма BOCR для оценки эффективности IT-проектов.

The screenshot shows the Nootron MAI data entry interface. The header includes the 'Nootron' logo and navigation links: 'СПРАВКА', 'РЕШИТЬ ЗАДАЧУ', and 'АВТОРИЗАЦИЯ'. A sidebar on the left contains a menu with 'Метод анализа иерархий' and several sub-items: 'Начало', 'Ввод данных', 'Парные сравнения критериев', 'Парные сравнения альтернатив', 'По критерию "Предметная область"', 'По критерию "Технологии"', 'По критерию "Долгосрочная перспектива"', and 'Результат'. The main area is titled 'Для решения задачи необходимы следующие входные данные' and contains input fields for 'Цель' (Goal), 'Критерии' (Criteria), 'Альтернативы' (Alternatives), and 'Комментарии' (Comments). The 'Цель' field is labeled 'Выбор проекта' and has a character limit of 'До 80 символов'. The 'Критерии' field has three sub-entries: 'Предметная область', 'Технологии', and 'Долгосрочная перспектива'. The 'Альтернативы' field has four sub-entries: 'Проект 1', 'Проект 2', 'Проект 3', and 'Проект 4'. There are 'Добавить' (Add) buttons for each section. The 'Комментарии' field has a character limit of 'До 100 символов'.

Рисунок 5 – Страница ввода данных МАИ в СППР NooTron

СППР NooTron знаходиться в свободному доступі [8]. Вона активно використовується в навчальному процесі. На рисунку 5 на прикладі МАІ наведено новий інтерфейс багатокритеріального методу в СППР NooTron. Цей варіант підвищує наочність, полегшує структурування задачі і переміщення між етапами порівняльного аналізу і внесення корективів, що було не так просто здійснити в попередній версії системи.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т.Л.Саати. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
2. Саати Т. Л. Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений : [Электронный ресурс] / Т. Л. Саати // Cloud Of Science. – 2015. – Т. 2. – № 1. – С. 5 – 39. – Режим доступа к журналу: http://cloudofscience.ru/sites/default/files/pdf/CoS_2_5.pdf
3. Микони С. В. Багатокритеріальний вибір на кінцевому множині альтернатив: [навч. посібник] / С.В. Микони. – СПб. : Видавництво «Лань», 2009. – 272 с.
4. Мушик Э. Методи прийняття технічних рішень. / Э. Мушик, П. Мюллер – М. : Мир, 1990. – 208 с.
5. Козлов В. Н. Системний аналіз і прийняття рішень / В. Н. Козлов.– СПб. : Видавництво Політехнічного університету, 2009.– 223 с.
6. Овезгельдыев А. О. Синтез і ідентифікація моделей багаточинного оцінювання і оптимізації / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров – К. : Наук. думка, 2002. – 164 с.
7. Кузнецов В.І. Системне моделювання складних об'єктів на базі методів багатокритеріального аналізу / В.І. Кузнецов, Г.Л. Євтушенко // Системні технології моделювання складних систем : монографія / [за загальною ред. проф. Михалєва А.І.]. – Дніпро: НМетАУ-ІВК «Системні технології», 2016. – С. 349 – 373. ISBN 978-966-2596-19-9
8. Система підтримки прийняття рішень NooTron [Електронний ресурс] – Електрон. дані – Режим доступу: <http://nootron.net.ua>, вільний. – Загол. з екрану.
9. Михальов О.І. Системна модель для багатокритеріального аналізу технологій використання енергетичних ресурсів металургійного виробництва / О.І. Михальов, В.І. Кузнецов, Г.Л. Євтушенко // Сучасні проблеми металургії. – №17. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 50 – 65.
10. Сливинский В.И. Багатокритеріальний аналіз сотових заповнювачів в системі підтримки прийняття рішень NooTron / В.И. Сливинский, А.И. Михалєв, В.И. Кузнецов, Г.Л. Теплякова // Ефективність сотових конструкцій в изделиях авіаційно-космічної техніки: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 141 – 151.
11. Євдохович Б.В. Багатокритеріальне оцінювання та вибір найкращих зразків тепловізійної техніки для охорони державного кордону / Б.В. Євдохович, Г.Л.

Євтушенко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Випуск 5 (217). – Хмельницький : ХНУ, 2014. – С. 203 – 209.

12. Михалёв А.И. Оценка эффективности проектов объединённым методом многокритериального анализа / А.И. Михалёв, В.И. Кузнецов, Г.Л. Теплякова // Системні технології. Регіона-льний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (80). – Дніпропетровськ, 2012. – С. 113 – 121.

13. Теплякова Г.Л. Модель построения рейтинга кафедр интегрированным многокритериальным методом МВС+МАИ / Г.Л. Теплякова // Системні технології. Регіональний міжву-зівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (86). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 135 – 141.

14. Кузнецов В.И. Система ранжирования подразделений вуза NooScore / В.И. Кузнецов, Г.Л. Евтушенко, И.В. Гайдуков, С.А. Гаращенко, Д.А. Левченко, А.Д. Светличный // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Випуск 4 (93).– Днепропетровск, 2014. – С. 126 – 135.

15. Драч І.Є. Формування команди наукового проекту вищого навчального закладу на основі методу зважених сум / І.Є. Драч, Г.Л. Теплякова // Управління розвитком складних систем. Збірник наукових праць. – Випуск 15. – Київ, 2013. – С. 11 – 20.

16. Драч І.Є. Багатокритеріальний аналіз ефективності портфелів наукових проектів вищого навчального закладу/ І.Є. Драч, Г.Л. Євтушенко // Управління розвитком складних систем. Збірник наукових праць. – Випуск 22, 2015. – Київ, 2015. – С. 33-41.

17. Кузнецов В.И. Многокритериальный анализ и оптимизация технологических систем на базе методов количественного анализа решений / В.И. Кузнецов, Г.Л. Евтушенко, В.С. Вьюненко, А.А. Ткаченко // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Випуск 3 (104).– Днепропетровск, 2016. – С. 3 – 13.

18. Drach I. Managerial decision-making in the field of intellectual property on the basis of multiple-criteria decision analysis / I. Drach, H. Yevtushenko // Marketing and management of innovations. – №1, 2018. – Sumy, 2018, P.207 – 217.

19. Pinchuk V.A. Using the analytic hierarchy process for comparative analysis and construction of optimal option sets for activation of coal–water fuel / V.A. Pinchuk, V.I. Kuznetsov, H.L. Yevtushenko, T.A. Sharabura, & K.S. Yehortsev // International Journal of Energy for a Clean Environment, 2017.- vol. 18, iss.3, (2017).

20. Євтушенко Г.Л. Системне моделювання технологічних та органі-заційних процесів на основі інтегрованих багатокритеріальних методів: дис. ... кандидата техн. наук : 01.05.02 / Євтушенко Галина Львівна. – Дніпропетровськ, 2015. – 223 с.

REFERENCES

1. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyah i obratnyih svyazyah: Analiticheskie seti / T.L.Saati. – М.: Izd-vo LKI, 2008. – 360 s.

2. Saati T.L. Ob izmerenii neosyazaemogo. Podhod k otnositelnyim izmereniyam na osnove glavnogo sobstvennogo vektora matritsyi parnyih sravneniy : [Elektronnyiy

resurs] / T.L. Saati // Cloud Of Science. – 2015. – Т.2. – #1. – S.5 – 39. – Rezhim dostupa k zhurnalu:

http://cloudofscience.ru/sites/default/files/pdf/CoS_2_5.pdf

3. Mikoni S.V. Mnogokriterialniy vybor na konechnom mnozhestve alternativ : [ucheb. posobie] / S. V. Mikoni. – SPb.: Izdatelstvo «Lan», 2009. – 272 s.

4. Mushik E. Metody prinyatiya tehnikeskikh resheniy. / E. Mushik, P. Myuller – M. : Mir, 1990. – 208 s.

5. Kozlov V.N. Sistemniy analiz i prinyatie resheniy / V. N. Kozlov. – SPb. : Izd-vo Politehnicheskogo universiteta, 2009. – 223 s.

6. Ovezgeldiyev A. O. Sintez i identifikatsiya modeley mnogofaktornogo otsenivaniya i optimizatsii / A.O. Ovezgeldiyev, E. G. Petrov, K. E. Petrov – K. : Nauk. dumka, 2002. – 164 s.

7. Kuznetsov V.I. Systemne modeliuvannya skladnykh ob'ektiv na bazi metodiv bahatokryterialnoho analizu / V.I. Kuznetsov, H.L. Yevtushenko // Systemnye tekhnolohyy modelyrovannya slozhnykh system : monohrafiya / [pod obshchei red. prof. Mykhalyova A.Y.]. – Dnepr: NMetAU-YVK «Systemnye tekhnolohyy», 2016. – S. 349 – 373. ISBN 978-966-2596-19-9

8. Sistema podderzhki prinyatiya resheniy NooTron [Elektronniy resurs] – Elektron. danI – Rezhim dostupu: <http://nootron.net.ua>, vIlniy. – Zagol. z ekranu.

9. Mykhalyov O.I. Systemna model dlia bahatokryterialnoho analizu tekhnolohii vykorystannia enerhetychnykh resursiv metalurhiinoho vyrobnytstva / O.I. Mykhalyov, V.I. Kuznetsov, H.L. Yevtushenko // Suchasni problemy metalurhii. – №17. – Dnipropetrovsk, 2014. – S. 50 – 65.

10. Slivinskiy V.I. Mnogokriterialniy analiz sotovyih zapolniteley v sisteme podderzhki prinyatiya resheniy NooTron / V.I. Slivinskiy, A.I. Mihalyov, V.I. Kuznetsov, G.L. Teplyakova // Effektivnost sotovyih konstruktsiy v izdeliyah aviatsionno-kosmicheskoy tekhniki: sbornik materialov V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Dnepropetrovsk, 2013. – S. 141 – 151.

11. Yevdokhovych B.V. Bahatokryterialne otsiniuvannya ta vybir naikrashchykh zrazkiv teploviziinoi tekhniki dlia okhorony derzhavnogo kordonu / B.V. Yevdokhovych, H.L. Yevtushenko // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – Vypusk 5 (217). – Khmelnytskyi : KhNU, 2014. – S. 203 – 209.

12. Mihalyov A.I. Otsenka effektivnosti proektov ob'edinYonnyim metodom mnogokriterialnogo analiza / A.I. Mihalyov, V.I. Kuznetsov, G.L. Teplyakova // Sistemni tehnologiyi. Regionalniy mIzhvuzIvskiy zbIrnik naukovih prats. – Vipusk 3 (80). – DnIpropetrovsk, 2012. – S. 113 – 121.

13. Teplyakova G.L. Model postroeniya reytinga kafedr integrirovannyim mnogokriterialnyim metodom MVS MAI / G.L. Teplyakova // Sistemni tehnologiyi. Regionalniy mIzhvuzIvskiy zbIrnik naukovih prats. – Vipusk 3 (86). – DnIpropetrovsk, 2013. – S. 135 – 141.

14. Kuznetsov V.I. Sistema ranzhirovaniya podrazdeleniy vuza NooScore / V.I. Kuznetsov, G.L. Evtushenko, I.V. Gaydukov, S.A. Garaschenko, D.A. Levchenko, A.D.

Svetlichnyiyy // Sistemnyie tehnologii. Regionalnyiyy mezhvuzovskiy sbornik nauchnyih rabot. – Vyipusk 4 (93).– Dnepropetrovsk, 2014. – S. 126 – 135.

15. Drach I.Ie. Formuvannia komandy naukovooho proektu vyshchoho navchalnoho zakladu na osnovi metodu zvazhenykh sum / I.Ie. Drach, H.L. Tepliakova // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. Zbirnyk naukovykh prats. – Vypusk 15. – Kyiv, 2013. – S. 11 – 20.

16. Drach I.Ie. Bahatokryterialnyi analiz efektyvnosti portfeliv naukovykh proektiv vyshchoho navchalnoho zakladu/ I.Ie. Drach, H.L. Yevtushenko // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. Zbirnyk naukovykh prats. – Vypusk 22, 2015. – Kyiv, 2015. – S. 33-41.

17. Kuznetsov V.I. Mnogokryterialnyiyy analiz i optimizatsiya tehnologicheskikh sistem na baze metodov kolichestvennogo analiza resheniy / V.I. Kuznetsov, G.L. Evtushenko, V.S. Vyunenkov, A.A. Tkachenko // Sistemnyie tehnologii. Regionalnyiyy mezhvuzovskiy sbornik nauchnyih rabot. – Vyipusk 3 (104).– Dnepropetrovsk, 2016. – S. 3 – 13

18. Drach I. Managerial decision-making in the field of intellectual property on the basis of multiple-criteria decision analysis / I. Drach, H. Yevtushenko // Marketing and management of innovations. – №1, 2018. – Sumy, 2018, P.207 – 217.

19. Pinchuk V.A. Using the analytic hierarchy process for comparative analysis and construction of optimal option sets for activation of coal–water fuel / V.A. Pinchuk, V.I. Kuznetsov, H.L. Yevtushenko, T.A. Sharabura, & K.S. Yehortsev // International Journal of Energy for a Clean Environment, 2017.- vol. 18, iss.3, (2017).

20. Yevtushenko H.L. Systemne modeliuвання tekhnolohichnykh ta orhanizatsiinykh protsesiv na osnovi intehrovanykh bahatokryterialnykh metodiv: dys. ... kandydata tekhn. nauk : 01.05.02 / Yevtushenko Halyna Lvivna. – Dnipropetrovsk, 2015. – 223 s.

Received 05.03.2019.

Accepted 11.03.2019.

Вирішення системних задач складної структури з використанням методів багатокритеріального аналізу в СППР NooTron

Мета даної роботи - продемонструвати можливості методів багатокритеріальної-го аналізу з бібліотеки СППР NooTron [8] в системних задачах складної структури на кінцевій множині альтернатив і критеріїв, включаючи завдання і методи, реалізовані в новій версії СППР NooTron.

Методи багатокритеріального аналізу застосовуються в багатьох областях науки і практики. У свою чергу, особливий інтерес представляють кількісні методи МКА. Ці методи надають за своєю суттю алгоритми розбиття досліджуваної системної задачі на окремі елементи (декомпозиція), проведення аналізу в виділених блоках, визначення ступеня впливу кожного елемента на інші (аналіз), визначення локальний (критеріальних) результатів і зведення їх в глобальну оцінку (агрегація).

Для дослідження обрано групу кількісних багатокритеріальних методів, котоякі є найбільш широко використовуваними і модифікується, а саме: метод аналізу ієрархій, метод аналізу мереж, методологія оцінки ефективності BOCR, метод зважених сум, метод матриці рішень. У даній роботі проведено аналіз можливостей використання методів багатокритеріального аналізу з бібліотеки СППР NooTron в системних задачах складної структури на кінцевій множині альтернатив і критеріїв.

Solving system problems of a complex structure using multi-criteria analysis methods in the DSS NooTron

There were analyzed the possibilities of using multi-criteria analysis methods from the DSS NooTron (<https://nootron.net.ua/>) library considering system problems of a complex structure on a finite set of alternatives and criteria.

The use of multi-criteria analysis methods is becoming an integral part of solving problems arising from the analysis, optimization, and evaluation of the effectiveness of complex weakly structured systems. These are such problems as comparative analysis and choice of the best alternative, making design decisions, vector optimization, resource allocation, diagnostics, rating compilation.

Methods of multi-criteria decision analysis (MCDA) are used in many areas of science and practice. Quantitative methods of MCDA are of particular interest. These methods provide algorithms for dividing the system problem being studied into separate elements (decomposition), analyzing the selected blocks, determining the value of influence of each element on others (analysis), determining local (criterial) results and converting them into a global assessment (aggregation).

The purpose of this work is to demonstrate the capabilities of multi-criteria analysis methods from the DSS NooTron library in system problems of a complex structure on a finite set of alternatives and criteria, including the tasks and methods implemented in the new version of NooTron DSS.

A group of quantitative multi-criteria methods that are the most widely used and modified are chosen for the study, namely: the analytical hierarchy process, the analytical network process, the BOCR efficiency assessment methodology, the weighted sum method, the decision matrix method.

The analysis of the structures of solved practical problems using the DSS NooTron led to the conclusion that this system provides a wide range of possibilities for system analytics, and also allows the analysis of weakly structured systems.

The project "DSS NooTron" continues to evolve and improve. At the time of this writing, the following had been performed in the development of the system:

- 1. The project architecture was improved on the basis of selected components of multi-criteria methods and React JavaScript framework for future support and scaling.*
- 2. Organized data exchange between components, their synchronization and processing of the application state.*
- 3. Improved interaction with the server to obtain intermediate results of solving the problem.*
- 4. A unified component flexible version of the analytical hierarchy process was developed using the React JavaScript framework.*
- 5. Implemented visualization of a dynamic hierarchical structure of a multi-criteria task in AHP.*
- 6. A simplified BOCR algorithm was developed to evaluate the effectiveness of IT projects.*

Кузнецов В.И. - к.т.н., с.н.с., доцент кафедры информационных технологий и систем НМетАУ.

Евтушенко Г.Л. - к.т.н., доцент кафедры информационных технологий и систем НМетАУ.

Андрюхина М.В. - студентка кафедры информационных технологий и систем НМетАУ.

Куриленко Д.А. - студент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Дубровин А.Э. - студент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Кузнецов В.І. - к.т.н., с.н.с., доцент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Євтушенко Г.Л. - к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Андрюхіна М.В. - студентка кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Куриленко Д.О. - студент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Дубровін О.Е. - студент кафедри інформаційних технологій та систем НМетАУ.

Kuznetsov V.I. - Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Information Technologies and Systems NMetAU.

Yevtushenko G.L. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Systems NMetAU.

Andryukhina M.V. - student of the department of information technologies and systems NMetAU.

Kurylenko D.O. - student of the department of information technologies and systems NMetAU.

Dubrovin O.E. - student of the department of information technologies and systems NMetAU.