

УДК 681.3.06

А.П. Гожий, канд. техн. наук, доц.,
И.А. Кобылинский, магистр,
Черноморский гос. ун-т им. П. Могилы,
г. Николаев

РАЗРАБОТКА ФРЕЙМВОРКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

О.П. Гожий, И.А. Кобылинский. Розробка фреймворку для вирішення завдань багатокритеріального аналізу і прийняття рішень. Розглянуто питання створення фреймворку для вирішення завдань багатокритеріального аналізу і прийняття рішень. Розроблено фреймворк, в якому реалізовані методи MAI, MOORA, TOPSIS, SAW, ELECTRE. Проведено аналіз методів. Розглянута архітектура та реалізація фреймворку. Наведено приклад вирішення багатокритеріальної задачі за допомогою фреймворку.

Ключові слова: фреймворк, багатокритеріальні методи прийняття рішень, архітектура, реалізація.

А.П. Гожий, И.А. Кобылинский. Разработка фреймворка для решения задач многокритериального анализа и принятия решений. Рассмотрены вопросы создания фреймворка для решения задач многокритериального анализа и принятия решений. Разработан фреймворк, в котором реализованы методы MAI, MOORA, TOPSIS, SAW, ELECTRE. Проведен анализ методов. Рассмотрена архитектура и реализация фреймворка. Приведен пример решения многокритериальной задачи с помощью фреймворка.

Ключевые слова: фреймворк, многокритериальные методы принятия решений, архитектура, реализация.

A.P. Gozhyi, I.A. Kobylynsky. Development framework for solving multiobjective analysis and decision making. The article describes the features of development a framework for solving multiobjective analysis and decision making. A framework that implements the methods of the MAI, MOORA, TOPSIS, SAW, ELECTRE is developed. Multi-criteria methods are reviewed. Architecture and implementation framework are presented. An example of solving multiobjective problem using the framework is given.

Keywords: framework, multiobjective decision-making methods, architecture, implementation.

Быстрый технологический и экономический рост в последние годы привел к тому, что во многих областях науки, техники и экономики возникает необходимость решения сложных задач принятия решений. В подавляющем большинстве случаев эти задачи относятся к многокритериальным и многоцелевым. В последнее время, наряду с известными методами появилось ряд новых методов и подходов к решению многокритериальных задач. Это такие как метод MOORA [1,2], TOPSIS [3], эволюционные методы. Развитие современных подходов к решению многокритериальных задач связано с тем, что в последнее время появилась возможность строить расширенные и сложные процедуры принятия решений с использованием последних достижений в области технологии программирования, и развитием вычислительной техники. Задачи принятия решений становятся все более сложными, при этом лица, принимающие решения (ЛПР), должны оценивать широкий спектр альтернатив на основе множества противоречивых критериев, для этого необходим эффективный инструментарий, позволяющий точно и эффективно просчитывать варианты на основе, которых будет приниматься решение. Для решения сложных многокритериальных задач был разработан фреймворк, позволяющий просчитывать многокритериальные и многоцелевые альтернативы при решении задач, сравнивать результаты расчетов и выбирать наилучший. Фреймворк объединил ряд методов многокритериального и многоцелевого принятия решений, которые

позволяют наиболее полно оценить множество альтернатив.

Множество, реализованных во фреймворке многокритериальных и многоцелевых методов представлено следующими методами.

Метод ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la Realite — исключение и выбор, отражающие реальность), был создан в конце 60-ых годов группа французских исследователей во главе с профессором Б. Руа. В основу метода положен подход к попарному сравнению многокритериальных альтернатив, который не основан на теории полезности. Основная особенность этого метода, это то, что оценка каждой альтернативы относительная, а не абсолютная. В настоящее время разработан ряд методов семейства ELECTRE. Методы ELECTRE направлены на решение задач с уже заданными многокритериальными альтернативами. В методах ELECTRE не определяется количественно показатель качества каждой альтернативы, а только устанавливается условие превосходства одной альтернативы над другой.

Постановка задачи выглядит следующим образом: есть N критериев со шкалами оценок (обычно количественные), веса критериев (обычно целые числа), альтернативы с оценками по критериям. Требуется определить группу наилучших альтернатив.

Основные этапы методов ELECTRE:

— на основании заданных оценок двух альтернатив подсчитываются значение двух индексов: согласованности и несогласованности. Эти индексы определяют согласие и несогласие с гипотезой, что альтернатива A предпочтительней альтернативы B ;

— задаются уровни согласованности и несогласованности, с которыми сравниваются подсчитанные индексы для каждой пары альтернатив. Если индекс согласованности выше указанного уровня, а индекс несогласованности — ниже, тогда одна из альтернатив предпочтительней другой. В противном случае альтернативы несравнимы;

— из множества альтернатив образуется ядро альтернатив;

— изменяя значения уровней согласованности и несогласованности можно регулировать размер ядра.

В различных методах семейства ELECTRE индексы согласованности та несогласованности находятся по-разному.

Метод простого аддитивного взвешивания (SAW) [3], который также известен, как взвешенная линейная комбинация. представляет собой простой часто используемый способ решения многокритериальных задач. В основу метода легли средневзвешенные величины. ЛПР назначает веса критериям в соответствии с их важностью. После того, как общие оценки будут вычислены для каждой альтернативы, альтернатива с наивысшей оценкой (наибольшим средним весом) — и является решением задачи.

Метод TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) [4,5], является популярным подходом в настоящее время для решения многокритериальных задач. Метод TOPSIS основан на следующей идее: наиболее приемлемая альтернатива должна быть не только ближе всех других альтернатив к наилучшему решению, но и быть дальше всех других альтернатив от неприемлемого решения.

Наилучше решение — вектор, содержащий максимальные значения по каждому критерию для всех альтернатив. Неприемлемое решение — вектор, содержащий минимальные значения по каждому критерию для всех альтернатив.

Метод анализа соотношений (MOORA) впервые был представлен Брауэрсом и Завадскасом в 2006 году [6,9]. С помощью этого метода можно решать задачи многоцелевого принятия решений, где цели конфликтуют и имеют разные направления.

Исходными данными для данного метода является набор определенных альтернатив и целей, представляются в виде матрицы $n \times m$, где элементы матрицы x_{ij} — отношение альтернативы j к цели i , и n — число целей или атрибутов; m — число альтернатив.

Метод MOORA использует систему соотношений, в которой каждое отношение альтернативы к цели сравнивается со знаменателем, который является суммой всех отношений альтернатив к данной цели. Для этого знаменателя лучшим решением будет квадратный корень из суммы квадратов отношений каждой альтернативы к цели:

$$x_{ij}^* = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2},$$

где x_{ij} — отношение альтернативы j к цели i ; $j = 1, 2, \dots, m$;

m — количество альтернатив;

$i = 1, 2, \dots, n$, n — количество целей;

x_{ij}^* — число, которое представляет нормированное отношение альтернативы j к цели i

[4].

Рассмотрим основные этапы метода MOORA:

— для MOORA эффективным является использование системы соотношений с использованием квадратных корней;

— использование весовых коэффициентов для целей или замена одной цели несколькими подцелями позволяет учитывать различную значимость каждой из целей;

— соотношение альтернатив к целям, что максимизируются, суммируются, а с целями, что минимизируются — вычитаются;

— на основе отношений между альтернативами и целями определяются ранги альтернатив;

— теория точки отсчета с применением метрики минимакса и суммы отношений используется как инструмент для контроля.

Метод анализа соотношений состоит из двух методов: анализа соотношения и теории точки отсчета. Если метод MOORA сочетается с полной мультипликативной формой для нескольких целей, то уже три метода объединяются под названием MULTIMOORA.

Метод MULTIMOORA впервые был представлен Брауэрсом и Завадкасасом в 2010 году. MULTIMOORA становится надежной системой многоцелевой оптимизации при его сочетании с методом Delphi, что позволяет уменьшить остаточную субъективность [7].

Метод Fuzzy MULTIMOORA был представлен Брауэрсом в 2011 году и используется для группового принятия многоцелевых решений. Метод использует нечеткую систему соотношений, нечеткую теорию точки отсчета и нечеткую полную мультипликативную форму [10].

В этом линейном методе несколько целей заменяются на одну супер цель и приоритет отдается крайним альтернативным решением. Далее метрики прямоугольного и евклидоваго расстояния определяют приоритет крайних альтернативных решений.

Понятие полезности всегда было важным моментом в принятии решений. Этот вопрос сводится к решению четырех проблем: выбор шкалы для каждой цели, нормализация, оптимизация и значение, предоставляются цели. Метод анализа соотношений пытается удовлетворить все эти условия. Поэтому использование системы соотношений может быть полноценным подходом для решения задач многоцелевой оптимизации;

Метод анализа иерархий (МАИ) в настоящее время один из самых известных методов многокритериального анализа, достаточно широко описан в литературе. Во фреймворке реализован «классический» трехэтапный вариант метода.

Рассмотрим архитектуру фреймворка. Фреймворк состоит из 6 основных библиотек для работы с матрицами, нечеткими числами, основными объектами для построения задачи принятия решений: альтернативы, критерии, цели, шкалы, реализацию методов принятия решений. Библиотеки MODM.Core (основные объекты (сущности) задачи принятия решения), MODM.Core.Tree (малая библиотека работы с иерархическими структурами),

MODM.Core.Matrix (библиотека работы с матрицами), MODM.Core.Fuzzy (библиотека работы с нечеткими числами и лингвистическими термами) — содержат классы представления данных и хранения информации. Эти библиотеки являются независимыми от других, и могут быть использованы по отдельности в различных целях.

MODM.Core.Algorithms содержит реализацию методов АНР, MULTIMOORA, MULTIMOORA-FG, ELECTREI&II, SAW, TOPSIS. Фреймворк содержит базовую реализацию классов и предоставляет точки расширения для объявления собственных типов. MODM.Core.Projects содержит классы, что представляют проекты для организации структуры задачи принятия решений и работы с файловой системой. Совместно с библиотекой библиотеки MODM.Core.Algorithms активно использует классы первых четырех библиотек.

Фреймворк реализован на объектно-ориентированном языке программирования C # версии 4.0 с использованием технологии построения мультимедийных приложений Windows Presentation Foundation. Система является проектно-ориентированной. На рис. 1 представлена архитектура ядра фреймворка. На рис. 2 представлена диаграмма классов проекта.

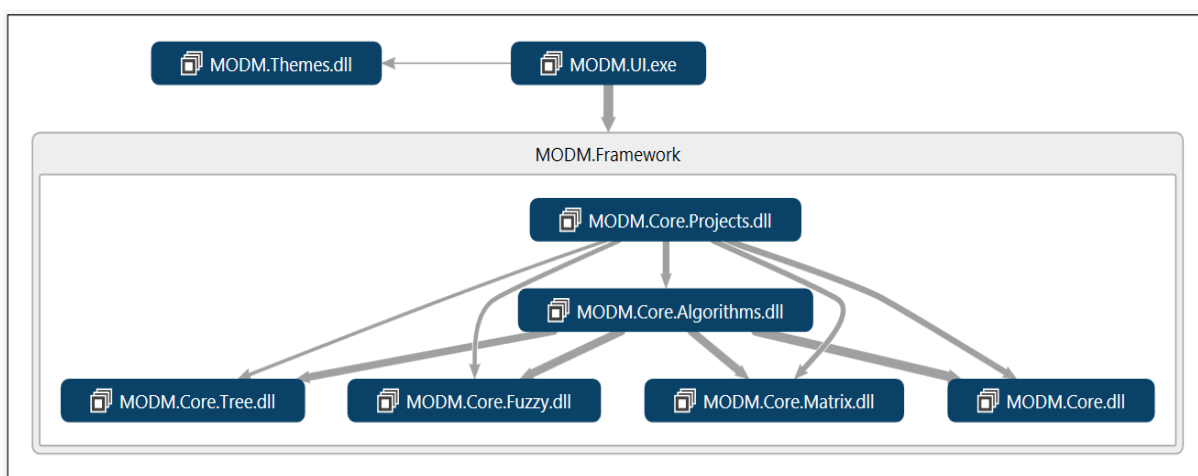


Рис. 1. Архитектура ядра фреймворка

В качестве примера применения фреймворка рассмотрим задачу выбора кандидата на должность в компании. Рассмотрим применение метода MULTIMOORA-FG.

Постановка задачи: Пусть руководство компании сформировало группу из 4-х экспертов для оценки кандидатов на должность. Комитет должен выбрать одного из четырех кандидатов.

Были определены основные критерии оценки кандидатов:

- креативность (creativity, innovation) — CI;
- лидерские качества (leadership) — L;
- стратегическое планирование (strategicplanning) — SP;
- коммуникативные навыки (communicationskills) — CS;
- управление командой (teammangement) — TM;
- эмоциональная стабильность (emotionalsteadiness) — ES;
- образование (educationalbackground) — EB;
- профессиональный опыт (professionalexperience) — PE.

На рис. 3 представлена общая структура задачи. Все цели имеют одинаковую важность, все максимизируются и являются качественными. Все эксперты имеют равную значимость. Оценки альтернатив по каждой альтернативе выполняются по семизначной шкале (см. рис. 4).

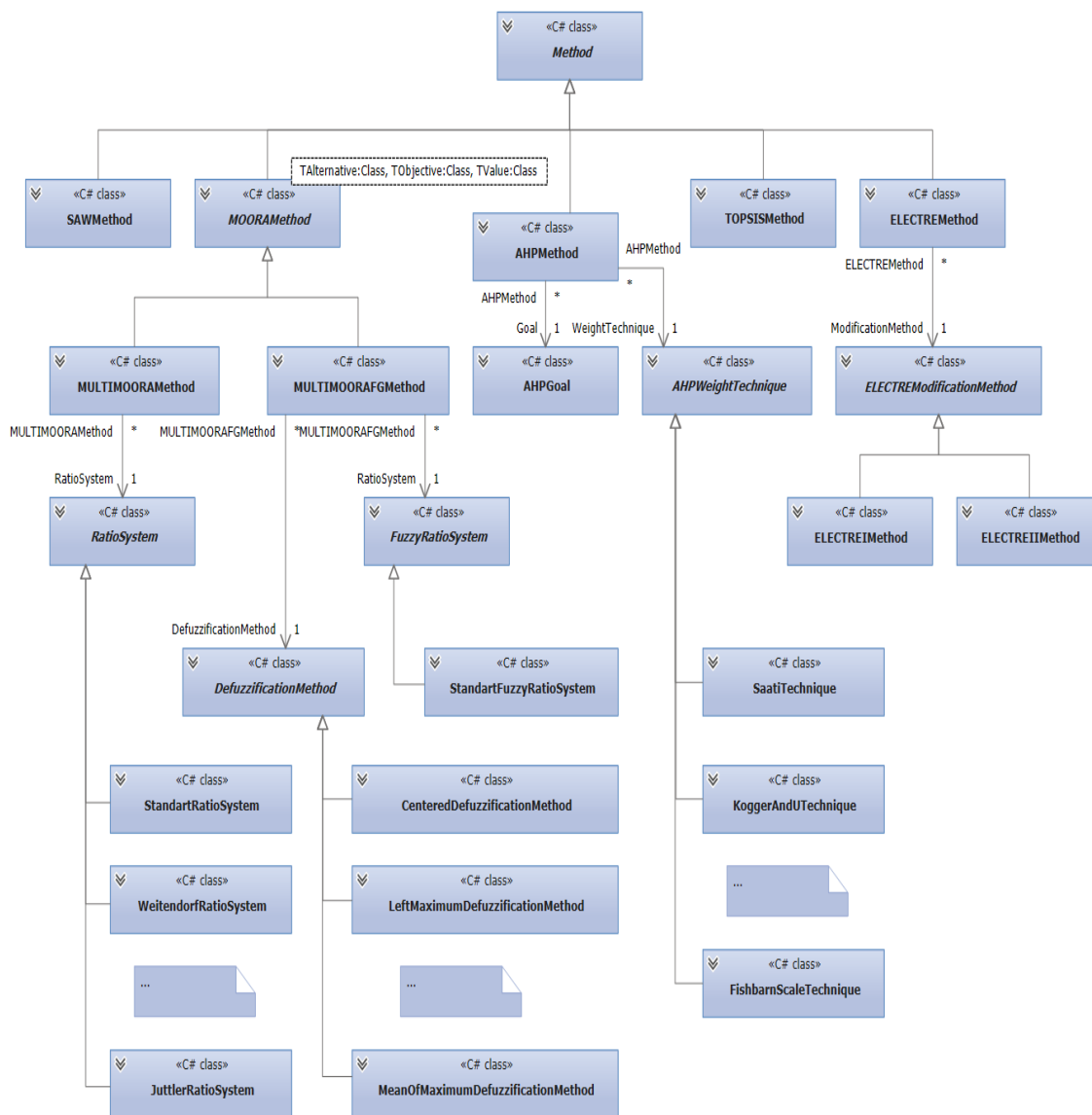


Рис. 2. Діаграма класів проекту фреймворка

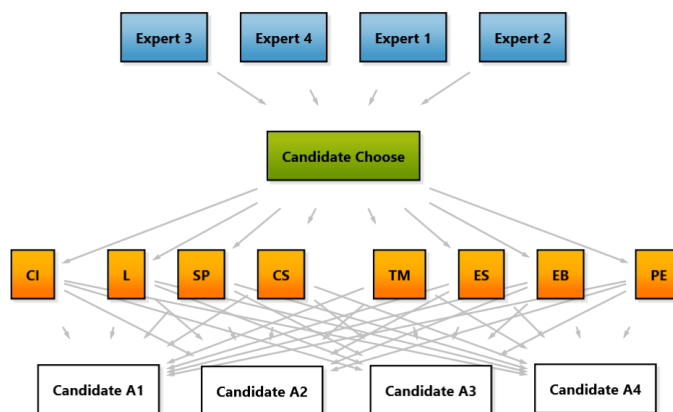


Рис. 3. Структура задачі вибору кандидата на посаду

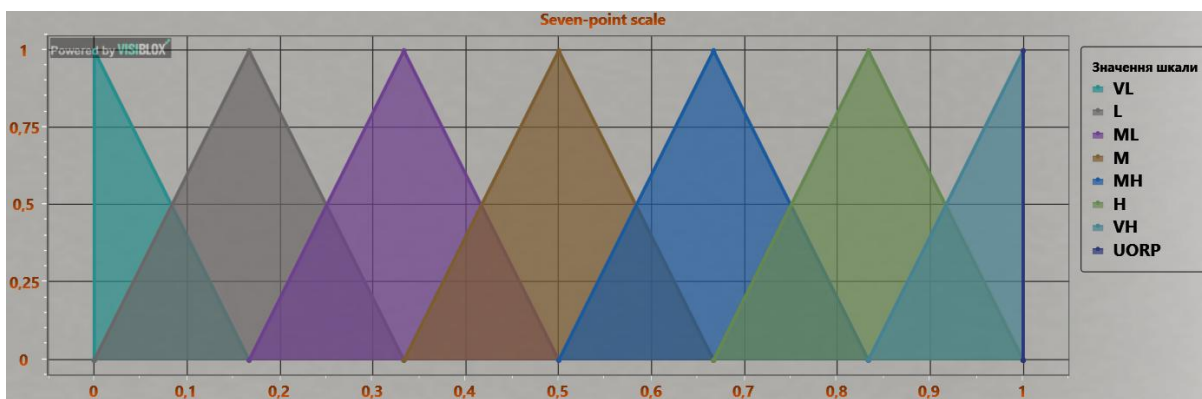


Рис. 4. Семизначная шкала оценок альтернатив

Составляются матрицы оценок альтернатив всех экспертов и взвешенных усредненных оценок альтернатив. Для полученной матрицы находится знаменатель нормализации для каждой цели. Знаменатель является четким числом и будет использован для дальнейшей нормализации нечетких взвешенных оценок экспертов.

Используя первоначальные оценки альтернатив, применяется нечеткую полную мультипликативную форму для определения приоритетов альтернатив (рис. 5). Поскольку все цели максимизируются, то на данном этапе используется только операция умножения.

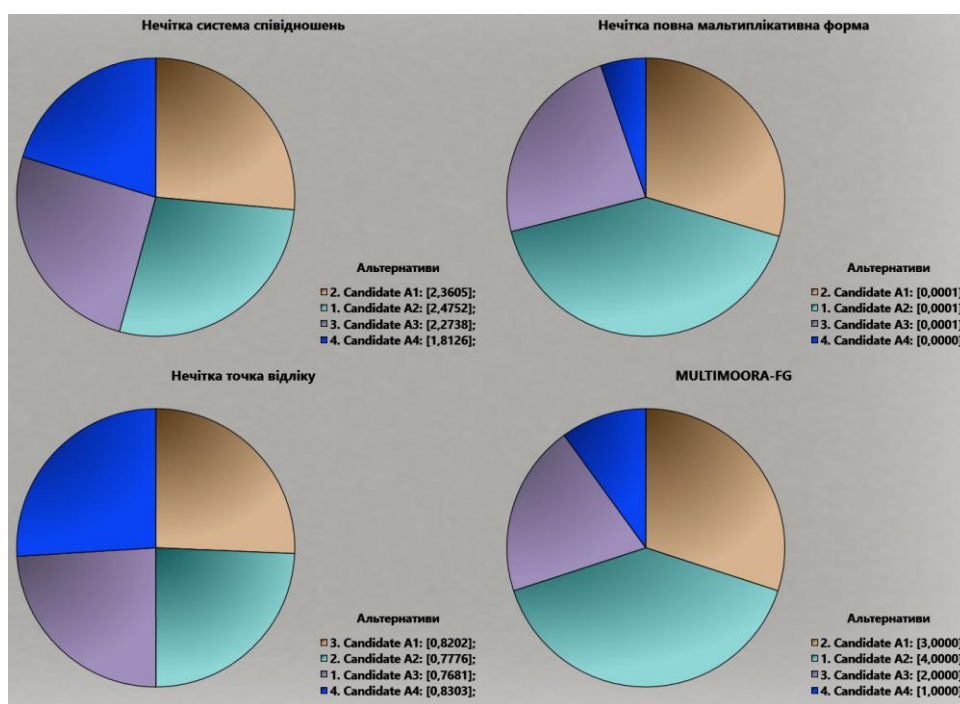


Рис. 5. Диаграммы приоритетов альтернатив на всех этапах метода MULTIMOORA-FG и результирующие ранги альтернатив по теории доминирования рангов

Разработанный программный комплекс может быть применен для решения различных многокритериальных и многоцелевых задач. В качестве примера была представлена задача выбора кандидатуры на должность на основании оценок 4 экспертов. Кроме того фреймворк был применен для решения задач оценки проектов, выбора технологического оборудования,

выбора средств вычислительной техники. Анализ и сравнение результатов расчетов различными методами показывают эффективность работы программного комплекса.

Литература

1. Brauers, W.K.M. Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector / W.K.M. Brauers, W. Karel; E. Zavadskas, E. Kazimieras // *Technological and economic development of economy*. — No 2(15). — 2009. — P. 352 — 375.
2. Karel, W. Multi-objective decision-making for road design / W. Karel, W.K.M. Brauers, E. Zavadskas, F. Peldschus, Z. Turskis // *Transport*. — 2006. — No 3(23). — P. 183 — 193.
3. Чернолуцкий, И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Чернолуцкий. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
4. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. [Под ред. И. Ф. Шахнова]. — М.: Радио и связь, 1981. — 456 с.
5. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник / Ларичев О. И. — М.: Логос, 2003. — 258 с.
6. Brauers, W.K.M. MULTIMOORA-FG: A Multi-Objective Decision Making Method for Linguistic Reasoning with an Application to Personnel Selection / W.K.M. Brauers, A. Baležentis, T. Baležentis // *Informatica*. — 2012. — Vol. 23, No. 2. — P. 173 — 190.
7. Kracka, M. Ranking heating losses in a building by applying the MULTIMOORA / M. Kracka; W.K.M. Brauers; E.K. Zavadskas // *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*. — 2010. — No 4(21). — P. 352 — 359.

References

1. Brauers, W.K.M. Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector / W.K.M. Brauers, W. Karel; E. Zavadskas, E. Kazimieras // *Technological and economic development of economy*. — #2(15). — 2009. — pp. 352 — 375.
2. Karel, W. Multi-objective decision-making for road design / W. Karel, W.K.M. Brauers, E. Zavadskas, F. Peldschus, Z. Turskis // *Transport*. — 2006. — #3(23). — pp. 183 — 193.
3. Chernorutskiy, I.G. Metody prinjatija reshenij [Methods of decision making] / Chernorutskiy I.G. — St.-Petersburg, 2005. — 416 p.
4. Kini, R.L. Prinjatje reshenij pri mnogih kriterijah: predpochtenija i zameshhenija [Multicriteria decision making] // R.L. Kini, X. Rajfa [Red. I.F. Shahnova]. — Moscow, 1981. — 456 p.
5. Larichev, O.I. Teorija i metody prinjatija reshenij, a takzhe Hronika sobytij v Volshebnyh stranah: Uchebnik [Theory and methods of decision making and events in Magic countries: a textbook] / Larichev O.I. — Moscow, 2003. — 258 p.
6. Brauers, W.K.M. MULTIMOORA-FG: A Multi-Objective Decision Making Method for Linguistic Reasoning with an Application to Personnel Selection / W.K.M. Brauers, A. Baležentis, T. Baležentis // *Informatica*. — 2012. — Vol. 23, #2. — pp. 173 — 190.
7. Kracka, M. Ranking heating losses in a building by applying the MULTIMOORA / M. Kracka; W.K.M. Brauers; E.K. Zavadskas // *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*. — 2010. — #4(21). — pp. 352 — 359.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Одес. нац. политехн. ун-та Болтёнков В.А.

Поступила в редакцию 20 декабря 2012 г.