



**Konstantin V. Koshkin**  
Кошкин  
Константин  
Викторович



**Yevgeniy A. Kvasnevskiy**  
Квасневский  
Евгений  
Анатольевич



**Tigran G. Grigoryan**  
Григорян  
Тигран  
Георгиевич

УДК 005.8:621.311.25  
К 25

## **MULTI-CRITERIA DECISION MAKING IN FORMATION OF BALANCED PORTFOLIO OF NPP SAFETY IMPROVEMENT PROJECTS**

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПОРТФЕЛЯ  
ПРОЕКТОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС**

DOI 10.1004/978-2-321-97836-9

**Tigran G. Grigoryan** Т. Г. Григорян, канд. техн. наук, доцент  
tigran.grigorian@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0002-3706-3289

**Yevgeniy A. Kvasnevskiy** Е. А. Квасневский, канд. техн. наук  
evgeniyu.kvasnevskiy@rambler.ru  
ORC ID: 0000-0002-3780-6003

**Konstantin V. Koshkin** К. В. Кошкин, д-р техн. наук, профессор  
konstantin.koshkin@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0003-2545-1388

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolaev*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Николаєв*

**Abstract.** Improving nuclear safety is a vital task of strategic development of the energy sector of Ukraine. Formation of project portfolio is an actual scientific and practical task of nuclear power plants safety improvement. The solution of this problem will shorten the initiation and launch projects and receive additional benefits due to early delivery of energy facilities in operation. The allocation of two phases in decision making is proposed. They are 1) projects analysis and ranking 2) overall portfolio balance assessment. The use of verbal decision analysis in project ranking is proposed. The classification of projects based on the use of expert system which implements the soft aspect of decision-making is suggested. The signs of classification for safety improvement projects are shown. Application of verbal analysis and construction of a single ordinal scale allows to automate the process for projects ranking. The use of cognitive modeling for portfolio balance assessment is proposed. The evaluation for portfolio balance based on consideration of the human factor, budgetary constraints and achievement of the needed safety performance is suggested. The implementation of the suggested approach allows us to develop the integrated decision support system, aimed at the time reduction for nuclear power plants safety improvement projects implementation.

**Keywords:** project management, nuclear power plants, decision-making.

**Аннотация.** Предложена модель принятия решений при формировании сбалансированного портфеля проектов повышения безопасности АЭС, основанная на применении комбинации вербального анализа решений и когнитивного моделирования.

**Ключевые слова:** управление проектами, АЭС, принятие решений.

**Анотація.** Запропоновано модель прийняття рішень при формуванні збалансованого портфелю проектів підвищення безпеки АЕС, основу на застосуванні комбінації вербального аналізу рішень та когнітивного моделювання.

**Ключові слова:** управління проектами, АЕС, прийняття рішень.

### **References**

Grygorian T. G., Grygorian A. S., Kvasnevskiy E. A. Ranzhirovanie proektov povysheniya bezopasnosti atomnykh elektrostantsiy [Ranking of projects for nuclear power plants safety improvement], *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tehnologiy — Eastern-European journal of enterprise technologies*, 2013, no. 1/10 (61). pp. 206–209.

Grygorian T. G., Kvasnevskiy E. A., Koshkin K. V. Primenenie kognitivnogo modelirovaniya v otsenke portfeley proektov povysheniya bezopasnosti AES [Application of cognitive modeling in the evaluation of project portfolios improve plant safety], *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva: zbirnyk naukovykh prats / [Project management and development: Collection of scientific works]*, Lugansk, SNU im. Dalia Publ., 2012, no. 2 (42), pp. 66–70.

Kvasnevskiy E. A. Klassifikatsiya proektov povysheniya urovnya bezopasnosti atomnykh elektrostantsiy [Classification of projects on safety level increase of nuclear power plants], *Zbirnyk naukovykh prats NUK — The Collection of Scientific Publications of NUS*, Mykolaiv, no. 3–4 (444), pp. 133–138.

Kendall I., Rollins K. *Sovremennyye metody upravleniya portfelyami proektov i ofis upravleniya proektami: Maksimizatsiya ROI* [Modern methods of project portfolio management and project management office: Maximizing ROI]. Moscow, ZAO «PMSOFT» Publ., 2004. 576 p. .

Kuleshov A. P. Kognitivnye tekhnologii v adaptivnykh modelyakh slozhnykh obektov [Cognitive technologies in adaptive models of complex objects], *Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy — Information Technology and computing systems*, 2007, no. 1, pp. 18–29.

Larichev O. I. *Verbalnyy analiz resheniy* [Verbal decision analysis]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 181 p.

*Pro zatverdzhennia Kompleksnoi (zvedenoi) prohramy pidvyshchennia rivnia bezpeky enerhoblokiv atomnykh elektrostantsii* [On approval of the Complex (summary) program of safety improvement power blocks of nuclear power plants]. The Act of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 07.12.2011, no. 1270. Available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1270-2011-п>.

Grigorian T. G., Kvasnevskiy E. A., Koshkin K. V. The Systematization of Terms In project Management of the Nuclear Power Facilities Safety Improvement, *Zbirnyk naukovykh prats OPU — The Collection of Scientific Publications of ONPU*, 2012, no. 39 (2), pp. 326–330.

**Problem statement.** The systematic development of nuclear energy requires a constant increase of efficiency and effectiveness of the measures aimed at the improvement of the nuclear power plants safety. Today the complex of measures aimed at the improvement of 6 nuclear power plants safety, used in Ukraine, is regulated by the special program approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine in 2005 [1]. There is a list of planned activities for each NPP, the total number of which can outnumber 4000. At the same time the average number of the NPP measures in operation is more than 400, forming the current portfolio of safety improvement projects. Improvement of the processes efficiency of the projects portfolio management, aimed primarily at reducing the time of their initiation, run and implementation, shall provide additional benefit at the expense of the earlier objects completion and concomitant increase of the electrical power units' capacity.

**Analysis of recent research and publications.** The choice of projects for initiation and run is a multi-criteria decision-making problem [2]. In this case, due to the specific features of the subject area and the task itself, the project assessment criteria differ from the common, where the role of the financial performance of the project dominates. In the projects of safety improvement the characteristics affecting safety play a key role. The financial parameters of the project are rather a limitation in this area.

The characteristics of the project taken into account in the ranking task are qualitative; for their assessment the experts should be involved.

The most important problem to be solved today in the formation and management of the projects portfolio is the need to improve the efficiency of the decision-making processes aimed at providing the projects portfolio balancing. [2] Currently, this problem is not solved in full at the NPP due to the various factors, among which we can mention the difficulty of taking into account many qualitative characteristics of the projects and the portfolio totally, the need to build the expert knowledge

**Постановка проблемы.** Системное развитие атомной энергетики требует постоянного повышения эффективности и результативности мероприятий, направленных на повышение безопасности АЭС. Сегодня комплекс мероприятий, направленных на повышение безопасности шести АЭС, эксплуатируемых в Украине, регламентируется специальной программой, утвержденной Кабинетом министров Украины в 2005 г. [7]. Для каждой АЭС существует список планируемых мероприятий, общее количество которых может превышать 4000. При этом одновременно в работе на АЭС находятся в среднем более 400 мероприятий, которые формируют текущий портфель проектов повышения безопасности. Повышение эффективности процессов управления портфелем проектов, направленное прежде всего на сокращение сроков их инициации, запуска и реализации, позволит получить дополнительную выгоду за счет более ранней сдачи в эксплуатацию объектов и сопутствующее повышение мощности энергоблоков.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Выбор проектов для инициации и запуска представляет собой многокритериальную задачу принятия решений [2]. При этом, в силу специфики предметной области и самой задачи, критерии оценки проектов отличаются от распространенных, в которых доминирующее основополагающее значение имеют финансовые показатели проекта. В проектах повышения безопасности ключевую роль играют характеристики, влияющие на безопасность. Финансовые показатели проекта являются скорее ограничением в данной области. Характеристики проекта, учитываемые в задаче ранжирования, носят качественный характер, для их оценки необходимо привлекать экспертов.

Важнейшей задачей, решаемой сегодня при формировании и управлении портфелем проектов, является необходимость повышения эффективности процессов принятия решений, направленных на обеспечение сбалансированности портфеля проектов [2]. В настоящее время данная задача на АЭС не решается в полном объеме в силу различных факторов, среди которых следует назвать сложность учета множества качественных характеристик проектов и портфеля в целом, необходимость построения баз

bases, the availability of constraints associated with the analysis and projects approval organization in several authorities [8].

This in turn makes it impossible to build the effective automated decision-making procedures. Thus, it is necessary to build a decision support system (DSS), as in any case making decisions to run the projects on the portfolio formation is accepted concurrently by professionals from some authorities.

**The article aim** is to develop a decision-making model based on the semistructured information processing in the task of the NPP safety improvement projects ranking and providing the portfolio balancing to be used in the automated decision-making support system in the office of the NPP project management.

**Basic material.** There are two phases in the structure of the decision-making process (see Fig. 1): 1) the analysis and ranking of the projects in the portfolio; 2) assessment of the viability and balance of the projects portfolio in full.

During the first phase the NPP safety improvement projects ranking is performed in accordance with the set of the criteria with further projects selection, which meet the budget constraints. The ranking is performed on the basis of the verbal analysis of decisions, the strengths of which include:

экспертных знаний, наличие ограничений, связанных с организацией анализа и утверждения проектов в нескольких инстанциях [8].

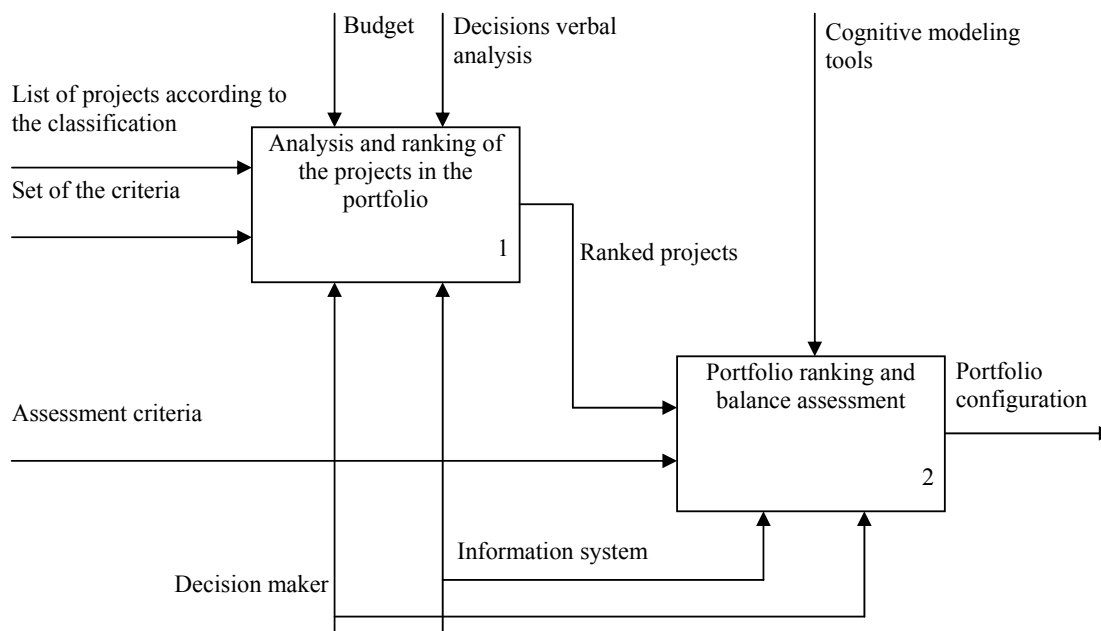
Это, в свою очередь, не дает возможности построить эффективные процедуры автоматизированного принятия решений. Таким образом, необходимо построение системы поддержки принятия решений (СППР), так как в любом случае решения о запуске проектов и формировании портфеля принимаются согласованно специалистами нескольких инстанций.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ** — разработать модель принятия решений на основе обработки слабоструктурированной информации в задаче ранжирования проектов повышения безопасности АЭС и обеспечения сбалансированности портфеля для применения в автоматизированной системе поддержки принятия решений в офисе управления проектами АЭС.

**Изложение основного материала.** В структуре процесса принятия решения выделено две фазы (см. рис. 1): 1) анализ и ранжирование проектов в портфеле; 2) оценка жизнеспособности и сбалансированности портфеля проектов в целом.

В первой фазе выполняются ранжирование проектов повышения безопасности АЭС в соответствии с множеством критериев и выбор проектов, удовлетворяющих бюджетным ограничениям. Ранжирование выполняется на основе вербального анализа решений, к сильным сторонам которого относятся:

– получение информации от лица, принимающего решения, в привычном для него вербальном виде



**Fig. 1.** The multi-criteria decision making model in formation of the balanced portfolio of NPP safety improvement projects

**Рис. 1.** Модель многокритериального принятия решений при формировании сбалансированного портфеля проектов повышения безопасности АЭС:

*List of projects according to the classification* — список проектов согласно классификации; *Budget* — бюджет; *Decisions verbal analysis* — вербальный анализ решений; *Cognitive modeling tools* — средства когнитивного моделирования; *Set of the criteria* — множество критериев; *Analysis and ranking of the projects in the portfolio* — анализ и ранжирование проектов в портфеле; *Ranked projects* — проранжированные проекты; *Portfolio ranking and balance assessment* — оценка жизнеспособности и сбалансированности портфеля; *Portfolio configuration* — конфигурация портфеля; *Assessment criteria* — критерии оценки; *Decision maker* — лицо, принимающее решение; *Information system* — информационная система

– obtaining information from the decision maker in his usual verbal form and saving of the problem solving at all the stages, without any change into numbers;

– verification of the information received from the decision maker for consistency and rationale of the decision rule form;

– providing the possibility of preferences gradual formation by trial and error for the decision maker as well as getting explanations in the forms which are usual to the decision maker.

The ranking arrangement based on the verbal decision analysis requires a preliminary classification of projects. The classification is performed on the basis of the concept which is suggested in the work [3]. The expert system is used for the classification which allows taking into account the “soft skills” of the problem to be solved and mitigate the complexity of the projects quality characteristics. The expert system design requires preliminary work on the knowledge formalization concerning the projects of the NPP safety improvement, which results in formation of the “Classification of DSS” knowledge unit.

The classification characteristics are divided into two groups: general project (*duration, complexity, scale, scope of the involved parties, form*) and specialized (*safety class, level of impact on the defense in depth, safety function, degree of solution completion, source of initiation*) [3]. The classification result is a set of classification groups, respective to the projects of the safety improvement, presented in the NPP current portfolio.

The verbal decision analysis application enables organizing of the automatic process of the projects ranking in the portfolio. Thus, on the basis of the preliminary survey of the decision makers in a dialogue mode the system forms a single ordinal scale [4], which is saved for the later use and is a block of the “Projects Assessment” of the formalized expert knowledge in the DSS knowledge base.

The project assessments are carried out in terms of the developed nominal scales: according to the safety functions (*radioactive substances retention, heat transfer from fuel, reactivity control*), according to the preparedness of the possible solution (*exists for the pilot unit, adapts to other units, research is planned*), according to the scale (*small, medium, large*), according to the complexity (*not complicated, complicate, very complicated*), according to the duration (*short, medium, long term*), according to the involved parties coverage (*local, industry, international*). [5]

The combination of the formalized knowledge in the form of the single ordinal scale and previously obtained portfolio project assessments in the classification process enables performance of the project ranking process automatically and realize the portfolio configuration

и сохранение на всех этапах решения задачи, без каких-либо ее преобразований в числа;

– проверка информации, полученной от лица, принимающего решения, на непротиворечивость и логичное обоснование вида решающего правила;

– обеспечение для лица, принимающего решения, возможности поэтапного формирования предпочтений путем проб и ошибок и предоставление объяснения привычном для него виде.

Для организации ранжирования на основе вербального анализа решений необходима предварительная классификация проектов. Она выполняется на основе концепции, предложенной в работе [3]. Для классификации используется экспертная система, которая позволяет учесть «мягкий аспект» (*soft skills*) решаемой задачи и нивелировать сложность учета качественных характеристик проектов. Для построения экспертной системы необходима предварительная работа по формализации знаний о проектах повышения безопасности АЭС, в результате которой формируется блок знаний «Классификация» СППР.

Признаки классификации делятся на две группы: общепроектные (*длительность, сложность, масштаб, охват привлеченных сторон, вид*) и специализированные (*класс безопасности, уровень влияния на глубоко эшелонированную защиту, функция безопасности, степень готовности решения, источник инициации*) [3]. Результатом классификации является множество классификационных группировок, соответствующих проектам повышения безопасности, представленным в текущем портфеле АЭС.

Применение вербального анализа решений позволяет организовать автоматический процесс ранжирования проектов в портфеле. При этом на основе предварительного опроса лиц, принимающих решение, в режиме диалога в системе формируется единая порядковая шкала [6], которая сохраняется для дальнейшего использования и представляет собой блок «Оценки проектов» формализованных знаний экспертов в базе знаний СППР.

Оценки проектов выполняются в терминах разработанных номинальных шкал: по функциям безопасности (*удержание радиоактивных веществ, отвод тепла от топлива, управление реактивностью*), по готовности возможного решения (*существует для пилотного блока, адаптируется на других блоках, запланированы исследования*), по масштабу (*мелкие, средние, крупные*), по сложности (*несложные, сложные, очень сложные*), по длительности (*краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные*), по охвату привлеченных сторон (*локальные, отраслевые, международные*) [1].

Сочетание формализованных знаний в виде единой порядковой шкалы и полученных ранее в процессе классификации оценок проектов в портфеле позволяет в дальнейшем выполнять процесс ранжирования проектов автоматически и реализовать выбор конфигурации портфеля в режиме диалога лица, принимающего решение, с СППР.

choice in a dialogue mode of the decision maker with the DSS.

The usage of the cognitive modeling means is appropriate in order to assess the balance of the projects portfolio [6].

This is due to the offered opportunities of the simulation modeling for solving the direct and inverse problems. Modeling in this case is also based on the specific set of criteria: *success of the projects portfolio realization, total project portfolio safety, project portfolio total expenses, impact of the stakeholders, probability of the reactor core damage, probability of the accidental discharge limit, capital cost, distribution ratio of the capital over time, investments size, impact level, interest in the project portfolio* [6].

The portfolio balance is suggested to evaluate through the integrated rate of its implementation success. The application of the models and the cognitive modeling tools to the task of the balanced portfolio formation of the NPP safety improvement projects also enables solving of the problem of the portfolio configuration choice in the dialogue mode of the decision maker. The third unit of knowledge “The Portfolio Assessment” is formed during preparation and implementation of the cognitive modeling means. This unit is also stored in the DSS knowledge base for the further analysis and application.

**CONCLUSION.** The use of this approach enables providing of the construction of the automatic ranking and decision support system in the dialogue, while the NPP safety improvement portfolio management. Further research should be directed at the integration of the proposed approach into the branch system of the project management.

Для оценки сбалансированности портфеля проектов целесообразно применение средств когнитивного моделирования [2, 5].

Это обусловлено предоставляемыми возможностями по имитационному моделированию при решении прямой и обратной задач. Моделирование в данном случае также основано на специфическом наборе критериев: успешность реализации портфеля проектов, совокупная безопасность портфеля проектов, совокупные затраты портфеля проектов, воздействие стейкхолдеров, вероятность повреждения активной зоны реактора, вероятность предельного аварийного выброса, стоимость капитала, коэффициент распределения капитала во времени, размер капиталовложений, степень воздействия, заинтересованность в портфеле проектов [2].

Сбалансированность портфеля предложено оценивать через интегрированный показатель успешности его реализации. Приложение моделей и средств когнитивного моделирования к решению задачи формирования сбалансированного портфеля проектов повышения безопасности АЭС также позволяет решать задачу выбора конфигурации портфеля в режиме диалога лица, принимающего решение. При подготовке и применении средств когнитивного моделирования формируется третий блок знаний «Оценки портфеля», который также накапливается в базе знаний СППР для дальнейшего анализа и применения.

**ВЫВОДЫ.** Применение предложенного подхода позволяет обеспечить построение системы автоматического ранжирования и поддержки принятия решений в диалоге при управлении портфелем проектов повышения безопасности АЭС. Дальнейшие исследования необходимо направить на интеграцию данного подхода в отраслевую систему управления проектами.

## Список литературы

- [1] Григорян, Т.Г. Ранжирование проектов повышения безопасности атомных электростанций [Текст] / Т.Г. Григорян, А.С. Григорян, Е.А. Квасневский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 1/10(61). — С. 206–209.
- [2] Григорян, Т.Г. Применение когнитивного моделирования в оценке портфелей проектов повышения безопасности АЭС [Текст] / Т.Г. Григорян, Е.А. Квасневский, К.В. Кошкин // Управління проектами та розвиток виробництва : Зб. наук. пр. — Луганськ : Вид-во СЧУ ім. В. Даля, 2012. — № 2 (42). — С. 66–70.
- [3] Україна. Постанови. Про затвердження Комплексної (зведеної) програми підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій [Електронний ресурс] / Постанова Кабінету міністрів України від 07.12.2011 р. за № 1270. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1270-2011-p>
- [4] Квасневский, Е.А. Классификация проектов повышения уровня безопасности атомных электростанций [Текст] // Зб. наук. пр. НУК. — Миколаїв, 2012. — № 3. — С. 133–138.
- [5] Кендалл, И. Современные методы управления портфелями проектов и офис управления проектами: максимизация ROI [Текст] / И. Кендалл, К. Роллинз; пер. с англ. // М.: ЗАО «ПМСОФТ», 2004. — 576 с
- [6] Кулешов, А.П. Когнитивные технологии в адаптивных моделях сложных объектов [Текст] // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2008. — № 1. — С. 18–29.
- [7] Ларичев, О.И. Вербальный анализ решений [Текст] // Ин-т системного анализа РАН. — М.: Наука, 2006. — 181 с.
- [8] Григорян, Т.Г. The Systematization of Terms In project Management of the Nuclear Power Facilities Safety Improvement [Текст] / Т.Г. Григорян, Е.А. Квасневский, К.В. Кошкин // Зб. наук. пр. ОПУ. — Одеса, 2012. — №39 (2). — С. 326–330.

© Т.Г. Григорян, Е.А. Квасневский, К.В. Кошкин

Статью рекомендует в печать  
д-р техн. наук, проф. С.К. Чернов