

УДК 004.891

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Культин Д.Н.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург,
e-mail: dnkultin@yandex.com*

Задача формирования портфеля проектов является ключевой в процессе управления портфелем проектов предприятия. На практике для решения задачи формирования портфеля проектов используются простые модели, в которых, как правило, не учитываются взаимосвязи между проектами, образующими портфель. На этапе формирования портфеля характеристики проектов носят прогнозный характер, что затрудняет применение аналитических методов. Решения принимаются в условиях неопределенности, неполной и зачастую недостоверной информации. Решению о включении проекта в портфель предшествует экспертиза – достаточно длительный и дорогой процесс. Сократить временные и финансовые затраты на проведение экспертизы проекта можно за счет автоматизации процесса экспертизы, применения экспертной системы в качестве инструмента поддержки принятия решений. При помощи экспертной системы в режиме диалога руководитель проекта на основе количественных и качественных характеристик проекта может получить оценку параметров проекта (риски, коммерческий потенциал и др.), получить рекомендацию о включении проекта в портфель. Основой экспертной системы является база знаний о предметной области и механизм вывода. Для представления знаний (алгоритмов принятия решений) в экспертной системе формирования портфеля проектов следует использовать правила логического вывода, как наиболее открытый для внесения изменений способ представления знаний.

Ключевые слова: портфель проектов, формирование портфеля проектов, управление портфелем проектов, искусственный интеллект, экспертная система

AUTOMATION OF PROJECT PORTFOLIO COMPOSITION PROCESS BY MEANS OF EXPERT SYSTEM

Kultin D.N.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: dnkultin@yandex.com

The task of composition a portfolio of projects is key in the process of managing a portfolio of enterprise projects. In practice, simple models are used to solve the problem of the formation of a portfolio of projects, which, as a rule, do not take into account the relationship between the projects that form the portfolio. At the stage of portfolio formation, project characteristics are predictive in nature, which makes it difficult to apply analytical methods. Decisions are made under conditions of uncertainty, incomplete and, often, unreliable information. The decision to include the project in the portfolio is preceded by an examination – a rather lengthy and expensive process. You can reduce the time and financial costs of carrying out project expertise by automating the process of expertise, using the expert system as a decision-making tool. With the help of an expert system in the dialogue mode, the project manager, based on the quantitative and qualitative characteristics of the project, can clarify the project parameters (risks, commercial potential, etc.) and obtain a recommendation on the inclusion of the project in the portfolio. The basis of the expert system is the knowledge base of the subject area and the output mechanism. For knowledge representations (decision-making algorithms) in the expert system of project portfolio formation, the rules of inference should be used, as the most open way for introducing changes to the knowledge representation.

Keywords: project portfolio, project portfolio composition, project portfolio management, artificial intelligence, expert system

В современных условиях деятельность большинства экономических субъектов носит проектный характер. С ростом количества потенциально возможных проектов организация сталкивается с проблемой отбора наиболее выгодных проектов, способных принести прибыль или другие выгоды в ближайшее время или в перспективе [1]. Используемые на практике подходы к формированию портфелей проектов изначально разрабатывались как методы формирования инвестиционных портфелей и не всегда приемлемы к задаче формирования портфеля проектов предприятия, так как на этапе подготовки проекта к реализации расчеты эффективности инвестиций базируются на прогнозах будущих потоков и, как следствие,

сами значения показателей эффективности инвестиций носят оценочный характер. Таким образом, задача разработки методик и инструментария формирования портфеля проектов является весьма актуальной.

Цель исследования: обоснование возможности применения экспертной системы как инструмента автоматизации процесса формирования портфеля проектов, выбор способа организации базы знаний, разработка исследовательского прототипа экспертной системы формирования портфеля проектов.

Материалы и методы исследования

Портфель проектов – это набор проектов, реализуемых организацией в условиях ресурсных ограни-

чений и направленных на достижение стратегических целей [2]. С системной точки зрения портфель проектов представляет собой сложную слабоструктурированную открытую систему, в которой отдельные проекты, как правило, взаимозависимы, причем некоторые проекты могут иметь цели, конфликтующие с целями других проектов портфеля.

На практике наиболее широко используются методы формирования портфелей проектов, которые сводятся к решению задачи о ранце, о распределения ресурса в сетях, задачи минимизации упущенной выгоды, задачи самофинансирования. Также используется модель Марковица, оптимизационная модель формирования портфеля взаимосвязанных проектов, разработанная Дикинсоном, Торнтом и Грейвом, модель «риск – доходность», предложенная З. Радулеску и М. Радулеску. Существуют и другие подходы к решению задачи формированию портфеля проектов, например, на основе применения теории игр. Анализ моделей формирования портфелей проектов показал, что каждая из них имеет как достоинства, так и недостатки (табл. 1).

В процессе формирования портфеля решение о включении проекта в портфель принимается в условиях неопределенности, на основе недостаточной, неполной или недостоверной информации о текущем состоянии и перспективах проекта, его текущего и будущего окружения, что зачастую делает невозможным применение аналитических методов. Качество принимаемых решений во многом определяется опытом и интуицией лица, принимающего решение.

Как правило, решению о принятии проекта к реализации, включению в портфель проектов, предшествует экспертиза проекта, требующая длительной подготовительной работы, в том числе разработки критериев оценки проектов [3], привлечения сторонних специалистов и, как следствие, значительных материальных и временных затрат [4].

Сократить затраты на формирование портфеля проектов можно за счет автоматизации а также использования экспертной системы в качестве инстру-

мента поддержки принятия решений [5]. Экспертная система это – компьютерная программа, которая на основе заложенных в нее знаний может дать разумный совет, предложить разумный вариант решения проблемы.

Следует отметить, что применение экспертной системы в качестве инструмента поддержки принятия решений оправдано для задач, которые не могут быть решены аналитически.

Применительно к задаче формирования портфеля проектов, при помощи экспертной системы можно решить следующие задачи:

- оценить коммерческую привлекательность продукта проекта;
- оценить длительность проекта;
- оценить стоимость проекта;
- оценить перспективы проекта;
- оценить риски проекта;
- дать рекомендацию о включении проекта в портфель.

Основой экспертной системы является база знаний о предметной области. База знаний содержит знания – совокупность информации об объектах предметной области и связях между ними. В большинстве случаев знания экспертной системы являются эвристиками и носят вероятностный характер, что отражает степень неуверенности в достоверности фактов и точности правил вывода.

В экспертных системах для представления знаний наиболее часто используются правила вывода, семантические сети и фреймы.

Представление знаний, основанное на правилах вывода, обычно построено на использовании выражений вида *ЕСЛИ условие ТО заключение*, отражающих ход рассуждений человека-эксперта. Правила обеспечивают естественный способ описания предметной области, процесса принятия решений. В системе, основанной на правилах, знания отделены от программного кода, реализующего механизм вывода заключений. Такой способ организации системы дает возможность легко вносить изменения в базу знаний в процессе ее использования.

Таблица 1

Характеристики моделей формирования портфеля проектов

Модель	Достоинства	Недостатки
Модель Марковица	– принятие решения на основе статистики	– отсутствие статистики в новых областях; – только качественные критерии
Задача «риск – доходность»	– направлена на управление независимыми проектами – реализована как программный пакет PROSEL	– модель трудно решить аналитически
Модель селекции проектов Бари – Девиса	– учитывает зависимость проектов (выполнение одного от другого)	– подходит только для информационных систем
Оптимизационная модель формирования портфеля взаимосвязанных проектов	– учет факторов неопределенности через вероятности успеха проектов	– проекты рассматриваются как неделимые единицы
Формирование портфеля проектов на основе теории нечетких множеств	– позволяет учитывать количественные характеристики проектов, гибкость, ход реализации проекта	– не учитывает взаимозависимость проектов
Многокритериальная нечеткая модель формирования портфеля проектов	– функциональность	– сложность

Семантические сети и фреймы используют для решения исследовательских задач искусственного интеллекта.

Таким образом, для решения задачи построения исследовательского прототипа экспертной системы наиболее подходящим способом представления знаний являются правила вывода.

Правила – это утверждения вида

$$A \leftarrow B_1, B_2 \dots B_n,$$

где $n \geq 0$, A – заголовок правила, последовательность B_i – «тело» правила, причем элементы B_i могут представлять собой как факты, так и правила.

На естественном языке правила в общем виде могут быть представлены так:

Если

$$\text{Объект}_1 = \text{Значение}_1, \text{КД}_1 = \kappa_1,$$

$$\text{Объект}_2 = \text{Значение}_2, \text{КД}_2 = \kappa_2,$$

...

$$\text{Объект}_k = \text{Значение}_k, \text{КД} = \kappa_k$$

То

$$\text{Объект}_i = \text{Значение}_i, \text{КД} = \kappa_i,$$

где Если, То и КД – ключевые слова языка представления правил, используемого интерпретатором правил («машинной» вывода) в конкретной экспертной системе;

Объект_{*i*} и Значение_{*i*} – соответственно объект предметной области и его значение, КД_{*i*} – степень

(коэффициент) достоверности, вещественное число в диапазоне от 0 до 100, соответствующее степени уверенности (вероятности), что состояние объекта характеризуется указанным значением.

Кроме правил, база знаний экспертной системы содержит факты – информацию о текущем состоянии объектов предметной области.

Факты – это утверждения вида

$$\text{Объект}_j = \text{Значение}_j, \text{КД} = \kappa_j.$$

Факты появляются в базе знаний в процессе консультации – взаимодействия пользователя с экспертной системой, как результат ответов пользователя на вопросы экспертной системы, а также продуцируются самой экспертной системой (механизмом вывода) в процессе согласования фактов и правил.

Основой ЭС является база знаний. Помимо базы знаний (БЗ), содержащей правила логического вывода и факты, и механизма вывода (МВ), экспертная система содержит модули интерфейсов пользователя (ИП) и инженера по знаниям (ИИЗ). Интерфейс пользователя обеспечивает взаимодействие пользователя с экспертной системой в процессе консультации. Интерфейс инженера по знаниям имеет доступ к правилам базы знаний, что позволяет корректировать поведение экспертной системы. В исследовательском прототипе интерфейс пользователя может отсутствовать. Архитектура экспертной системы на правилах приведена на рис. 1.

Таблица 2

Объекты экспертной системы формирования портфеля проектов

	Объект	Описание	Допустимые (возможные) значения
1	Коммерческий потенциал продукта	Вероятность получения прибыли от осуществления проекта	низкий, средний, достаточно высокий, высокий, очень высокий
2	Защищенность	Степень защиты продукта проекта от копирования конкурентами	патент, ноу-хау, промышленный образец, отсутствует
3	Технологичность	Уровень технологии, требуемой для воспроизведения продукта конкурентами	высокая, средняя, низкая
4	Производственный процесс	Влияние на производственный процесс предприятия	не требует изменений, требует незначительных изменений, требует значительных изменений
5	Персонал	Затраты на персонал, связанные с привлечением нового и повышением квалификации персонала	значительные, приемлемые, незначительные
6	Инновационный потенциал	Влияние проекта на изменение инновационного потенциала предприятия	не влияет, не значительное, существенное
7	Рынок	Рынок продукта проекта	создает новый, расширяет текущий
8	Инвестиции	Затраты на приобретение активов (материальных и нематериальных), на модернизацию технологических процессов и производств, исследования и разработки	значительные, приемлемые, незначительные
9	Финансирование	Источник финансирования проекта	собственные средства, собственные средства и заем, собственные средства и инвесторы, заем, бюджет
10	Риск	Риск проекта	низкий, средний, высокий
11	Комплексность	Связь с другими проектами-кандидатами на включение в портфель	нет, слабая, донор, мультидонор, акцептор
12	Портфель	Решение о включении проекта в портфель	нет, да, кандидат

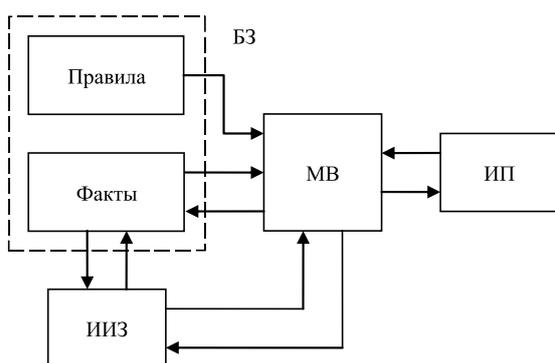


Рис. 1. Архитектура экспертной системы на правилах

Механизм вывода, интерфейс инженера по знаниям и интерфейс пользователя называют оболочкой экспертной системы. Таким образом, одна из задач, которую необходимо решить при создании экспертной системы, – выбрать оболочку.

В качестве оболочки экспертной системы на правилах можно использовать интерпретатор языка логического программирования Prolog. Однако в этом случае правила должны записываться в соответствии с синтаксисом языка программирования, что предполагает привлечение для создания экспертной системы, помимо специалиста предметной области и инженера по знаниям, Prolog программиста.

Существует достаточно много свободно распространяемых (бесплатных) решений независимых разработчиков, позволяющих создать экспертную систему на правилах. Для решения задачи создания прототипа экспертной системы формирования портфеля проектов была выбрана свободно распространяемая

оболочка Expert 2.0 (<https://www.microsoft.com/store/apps/9PHPDLLRDX4P>).

Как было сказано, основой экспертной системы является база знаний. Таким образом, для построения экспертной системы формирования портфеля проектов необходимо создать базу знаний – совокупность правил вывода. Для этого сначала надо определить объекты предметной области и их возможные значения, затем – составить правила.

Объекты можно разделить на две группы. К первой группе относятся объекты, значения которых можно представить численно, ко второй – объекты, значение которых можно только оценить качественно. Соответственно, допустимым значением объекта первого типа является множество целых или вещественных чисел, допустимым значением объектов второго типа, которые, по сути, представляют собой лингвистические переменные.

Результаты исследования и их обсуждение

Результатом работы является исследовательский прототип экспертной системы формирования портфеля проектов. В табл. 2 приведено описание объектов экспертной системы.

Следует обратить внимание: список значений объектов, как и список самих объектов, может быть расширен в процессе использования экспертной системы.

В листинге 1 приведен фрагмент базы знаний исследовательского прототипа экспертной системы формирования портфеля проектов, на рис. 2 приведен пример окна экспертной системы во время сеанса консультации.

Листинг 1. Фрагмент базы знаний экспертной системы

```
rule(1)
Защищенность = патент
Рынок = создает_новый
Технологичность = высокая
then
Коммерческий_потенциал_продукта = очень_высокий;
rule(3)
Защищенность = промышленный_образец
Рынок = расширяет_текущий
Технологичность = средняя
then
Коммерческий_потенциал_продукта = достаточно_высокий;
rule(4)
Защищенность = отсутствует
Рынок = расширяет_текущий
Технологичность = средняя
then
Коммерческий_потенциал_продукта = средний;
rule(6)
Коммерческий_потенциал_продукта = очень_высокий
Инвестиции = значительные
Инновационный_потенциал = увеличение
then
Портфель = да, cf=75;
rule(8)
Коммерческий_потенциал_продукта = достаточно_высокий
Инвестиции = значительные
Инновационный_потенциал = увеличение
then
Портфель = кандидат, cf=80;
rule(13)
```

```

Коммерческий_потенциал_продукта = низкий
then
Портфель = нет;

v1(Портфель = нет, да, кандидат)
v1(Коммерческий_потенциал_продукта =низкий, средний, достаточно_высокий, высокий,
очень_высокий)
v1(Защищенность = патент, ноу-хау, промышленный_образец, отсутствует)
qu(Технологичность=Уровень_технологии_производства)
v1(Технологичность = высокая, средняя, низкая)
qu(Рынок=Продукт_проекта)
v1(Рынок = создает_новый, расширяет_текущий)
qu(Влияние=Влияние_на_другие_проекты-кандидаты_на_включение_в_портфель)
v1(Влияние = нет, донор)
    
```

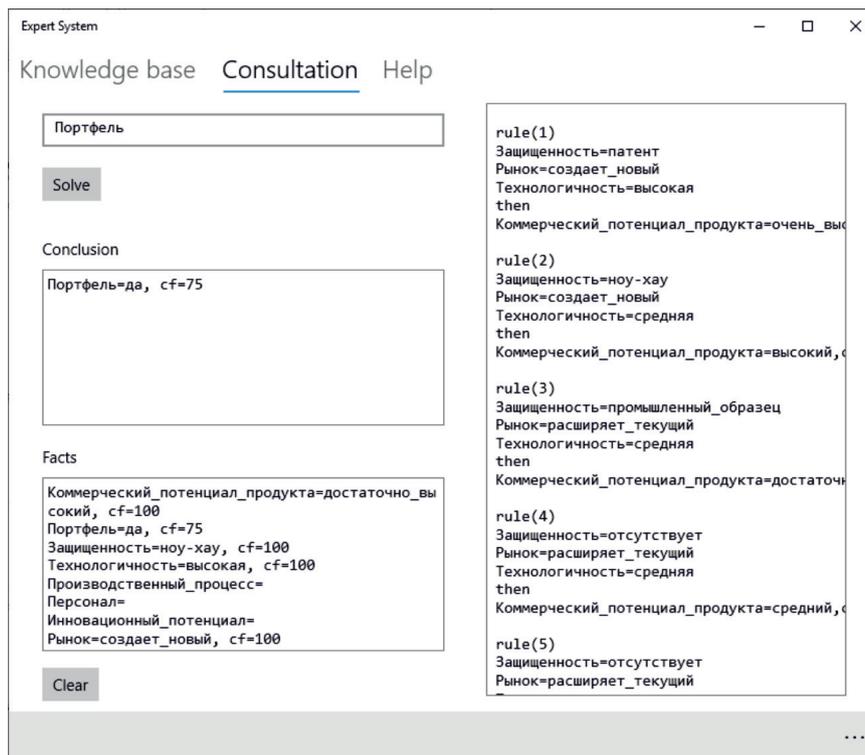


Рис. 2. Процесс консультации

Проверка прототипа экспертной системы была проведена путем анализа проектов, прошедших ранее обычную экспертизу, и сравнения заключений экспертов и рекомендаций экспертной системы. Данные, приведенные в табл. 3, показывают, что заключения эксперта и рекомендации ЭС совпадают, что позволяет сделать вывод о возможности применения экспертной системы в качестве инструмента поддержки принятия решений при проведении экспресс-анализа проектов, а также правильности выбора архитектуры решения.

Таблица 3

Заключение эксперта и рекомендация экспертной системы

Проект	Заключение эксперта	Рекомендация ЭС
Организация производства светодиодных светильников для наружного освещения	Включить в портфель	Портфель = кандидат, кд = 80
Организация производства лопаток горячей части газовых турбин. Разработка технологии и освоение производства	Включить в портфель	Портфель = да, кд = 75
Организация серийного производства гидравлического инструмента и оборудования	Включить в портфель	Портфель = кандидат, кд = 80
Организация производства специализированных покрытий из резиновой крошки для благоустройства внутридворовых территорий	Не включать в портфель	Портфель = нет, кд = 80

Выводы

Сократить временные и материальные затраты на проведение экспертизы проекта с целью решения задачи формирования портфеля проектов можно за счет автоматизации процесса экспертизы путем применения экспертной системы.

При помощи экспертной системы можно: оценить коммерческую привлекательность продукта проекта; оценить длительность и стоимость проекта; оценить риски проекта; оценить перспективы проекта; дать рекомендацию о включении проекта в портфель.

Для представлений знаний (алгоритмов принятия решений) в экспертной системе формирования портфеля проектов следует использовать правила логического вывода, как наиболее гибкий и открытый для внесения изменений способ представления знаний.

При составлении правил для учета неопределенности фактов и вероятностного

характера заключений следует использовать коэффициент достоверности.

Разработанный прототип экспертной системы формирования портфеля проектов позволяет сделать вывод о возможности применения экспертной системы в качестве инструмента поддержки принятия решений при проведении экспресс-анализа проектов с целью формирования портфеля проектов.

Список литературы

1. Туккель И.Л. Управление инновационными проектами. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 416 с.
2. Илларионов А.В., Клименко Э.Ю. Портфель проектов: Инструмент стратегического управления предприятием. М.: Альпина Паблишер, 2013. 312 с.
3. Жилиева А.С., Кульгин Н.Б. Универсальная система критериев оценки инновационных проектов // Инновации. 2017. № 10. С. 100–104.
4. Аблязов В.И., Деттер Г.Ф., Симонцев С.Н., Черняк В.С. Экспертиза инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбПУ. 2011. № 3. С. 184–188.
5. Яблуновский М.А. Архитектура автоматизированной системы экспертизы инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбПУ. 2011. № 3. С. 134–138.