

# Искусственный интеллект в управлении инновационными проектами

Artificial Intelligence in the management of innovation projects

doi 10.26310/2071-3010.2020.254.12.014



**Н. Б. Культин,**  
*к. т. н., доцент, Институт компьютерных наук и технологий,  
Высшая школа киберфизических систем и управления,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*  
kultin\_nb@spbstu.ru

**N. B. Kultin,**  
*PhD, associate professor, Institute of computer science and technology, High school  
of cyberphysical systems and control, Peter the Great St. Petersburg polytechnic university*

*Характерной особенностью инновационного проекта как объекта управления является высокая степень неопределенности по видам и срокам работ, временным и финансовым затратам. Руководитель проекта вынужден принимать решения в условиях неполной или недостоверной информации, что делает невозможным применение аналитических методов для выбора наилучшего решения. Для решения задач анализа, выбора и обоснования решений обычно привлекаются эксперты соответствующих предметных областей, что требует значительных временных и финансовых затрат. Повысить качество принимаемых решений, сократить затраты на проведение экспертиз, можно за счет использования систем машинного обучения и экспертных систем в качестве инструментов поддержки принятия управленческих решений. Хотя, вследствие особенностей инновационного проекта как объекта управления, применение систем машинного обучения ограничено, тем не менее, на базе технологии машинного обучения можно решить задачи анализа показателей эффективности инвестиций, выбора поставщиков и соисполнителей. При помощи экспертной системы можно оценить коммерческий потенциал инновации, оценить эффективность инвестиций, оценить риски проекта.*

*A characteristic feature of an innovation project as an object of management is a high degree of uncertainty in the types and timing of work, time and financial costs. The project manager is usually forced to make decisions in the context of incomplete or unreliable information, which makes it impossible to use analytical methods to select the optimal or best solution. Experts from relevant subject areas are usually involved in solving the problems of analysis, selection and justification of decisions. Examination of solutions requires considerable time and financial costs. It is possible to reduce the cost of the examination, to improve the quality of the decisions made by using the expert system as a decision-making tool. With the expert system, you can assess the commercial potential of innovation, evaluate the effectiveness of investments, evaluate the risks of a project. Knowledge in the knowledge base of the expert system should be presented in the form of a set of rules of logical inference. The use of an expert system as a tool to support decision-making in managing an innovative project will reduce the time and financial costs of conducting examinations and improve the quality of project management.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, управление инновациями, экспертная система, система поддержки принятия решений, инновационный проект, база знаний.

**Keywords:** artificial Intelligence, innovation management, expert system, decision support system (decision-making tool), innovation project, innovation.

## Введение

В последнее время системы, обладающие «искусственным интеллектом», стали проникать практически во все области человеческой деятельности: технику, транспорт, промышленность, медицину, менеджмент, банковский сектор, юриспруденцию, науку и образование. Разработчики и потенциальные пользователи систем искусственного интеллекта (ИИ) возлагают на эти системы большие надежды, предполагая, что они смогут решить большинство, если не все, проблемы. Вместе с тем мода на искусственный интеллект может привести к тому, что системы ИИ будут разрабаты-

ваться для тех областей, в которых их применение не всегда оправдано и будет неэффективно, а иногда даже невозможно. Поэтому, представляется актуальным, правильным и необходимым оценить возможность использования систем ИИ для решения задач в конкретных областях, и в частности в области управления инновационными проектами.

Целью исследования является обоснование возможности применения технологий искусственного интеллекта в управлении инновационными проектами, определение круга задач, которые могут быть решены с применением технологий искусственного интеллекта.

## Материалы и методы исследования

Инновационный проект — это проект, целью которого является создание и выведение на рынок инновации — принципиально нового продукта, созданного на базе передовых достижений науки, техники и технологии. Характерными чертами инновационного проекта являются большой объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, высокая неопределенность по видам, срокам и стоимости работ, значительные риски, большие затраты, большой выигрыш в случае успеха и большие убытки в случае неудачи [4]. Цена управленческих решений при осуществлении инновационных проектов высокая.

Управление инновационными проектами является одной из самых трудных областей управленческой деятельности. Это объясняется, прежде всего, спецификой инновационного проекта, как объекта управления. В процессе подготовки и реализации проекта руководитель вынужден принимать решения в условиях неопределенности, используя неполную или не достаточно точную информацию о текущем состоянии проекта и перспективах его развития, что затрудняет, а иногда делает невозможным применение аналитических методов. Качество управленческих решений во многом зависит от опыта руководителя и команды проекта.

Многие проблемы, возникающие в процессе реализации инновационных проектов, решаются методом экспертной оценки, предполагающим привлечение экспертов, что делает процесс принятия решений длительным и дорогим. Зачастую для решения проблем формируется экспертные советы — группы экспертов из разных предметных областей. Обычно экспертиза состоит из следующих этапов: подготовка, непосредственно экспертиза, обработка результатов. На этапе подготовки формируется пул экспертов, формулируются вопросы, ответы на которые необходимо получить от экспертов. На этапе обработки, обрабатываются ответы экспертов. Необходимо обратить внимание, на результат экспертизы существенное влияние оказывает человеческий фактор (формулировка вопросов, выбор экспертов, пристрастия и квалификация экспертов, методы обработки результатов). В качестве альтернативы экспертной оценке возможно применение системы искусственного интеллекта с целью сокращения временных и финансовых затрат, снижения влияния человеческого фактора.

Искусственный интеллект — раздел информатики, связанный с разработкой интеллектуальных программ для компьютеров [1].

К системам искусственного интеллекта (ИИ) относят системы обработки текста, распознавания образов, распознавания речи, экспертные системы, а также системы анализа данных, основанные на технологии машинного обучения. В рамках данного исследования рассматривается возможность применения экспертных систем и систем на базе технологии машинного обучения в качестве инструмента поддержки принятия решений при управлении инновационными проектами.

Экспертная система (ЭС) — компьютерная программа, использующая экспертные знания для

обеспечения высокоэффективного решения задач в узкой предметной области [1]. Есть и другие определения. Под экспертной системой понимается система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи [2].

ЭС призваны решать те задачи, где, как принято считать, невозможно обойтись без эксперта-человека [3]. При помощи экспертной системы руководитель проекта может, не прибегая к помощи эксперта, оперативно получить совет или рекомендацию по решению возникшей проблемы, например, оценить коммерческий потенциал продукта проекта, оценить риски проекта, выбрать подрядчика или поставщика [5].

В основе систем машинного обучения (Machine learning, ML) лежит подход к созданию правила (алгоритма) обработки данных самой программой, осуществляющей обработку данных. Системы машинного обучения (МО) эффективно используют для решения задач бинарной классификации и кластеризации объектов. Применительно к рассматриваемой проблеме наибольший интерес представляет задача бинарной классификации — отнесение объекта к одному из двух возможных классов. Например, по результатам экспертизы бизнес-плана, проект может быть отнесен к одному из двух классов: «принят» или «отвергнут». Следует обратить внимание, что технология машинного обучения предполагает наличие большого объема данных, необходимых для «обучения» системы — вычисления коэффициентов функции, выполняющей классификацию объектов.

Жизненный цикл проекта образуют следующие этапы:

- замысел;
- подготовка (планирование);
- реализация;

Рассмотрим задачи, возникающие на начальных этапах жизненного цикла инновационного проекта, которые могут быть решены при помощи систем искусственного интеллекта.

Особенность задач начальных этапов (замысел, подготовка) состоит в том, что они, как правило, уникальны, плохо поддаются формализации и при принятии решений сначала руководитель проекта, а затем и команда проекта, опираются на свой опыт и интуицию с учетом советов и рекомендаций экспертов. Также необходимо обратить внимание на то, что начальные фазы проекта определяют большую часть его результата, так как на этих этапах принимаются основные решения. При этом 30% вклада в конечный результат проекта вносит этап замысла, 20% — этап планирования, 50% — этап реализации проекта [4].

Большинство задач, возникающих на начальных этапах жизненного цикла инновационного проекта, на практике решаются методом экспертной оценки и, следовательно, могут быть решены при помощи экспертной системы.

Решение многих задач, возникающих в процессе осуществления инновационного проекта, можно свести к задаче классификации и решить при помощи подхода

Задачи этапов жизненного цикла проекта и инструменты ИИ

Этап	Задачи	Инструмент
Замысел	Анализ коммерческого потенциала инновации	ЭС
	Анализ рисков	ЭС
	Оценка длительности этапов (работ)	ЭС
	Оценка затрат (разработка бюджета)	ЭС
	Выбор источников и схемы финансирования проекта	ЭС
Подготовка (планирование)	Анализ показателей эффективности инвестиций	ЭС,МО
	Формирование команды проекта	ЭС
	Выбор исполнителя (контрагента, поставщика)	ЭС, МО
	Анализ коммерческих предложений	ЭС, МО
	Анализ рисков	ЭС
	Оценка длительности этапов (работ)	ЭС
Реализация	Оценка затрат	ЭС
	Анализ причин нарушения графика реализации	ЭС
	Выработка рекомендаций по устранению последствий рисков	ЭС

машинного обучения. Однако необходимо понимать, что для применения подхода машинного обучения необходим достаточно большой объем информации, позволяющий «обучить» систему поддержки принятия решений, т. е. необходима статистика — информация об условиях (параметрах) и результатах предыдущих решений. Однако вследствие уникальности инновационных проектов такой статистики для большинства задач нет и быть не может, за исключением, возможно, задач выбора исполнителей (поставщиков) или оценки типовых проектов [7].

Задачи этапов жизненного цикла инновационного проекта и технологии ИИ, которые могут быть использованы при их решении в качестве инструмента поддержки принятия решений, приведены в табл. 1.

Исследования вариантов архитектур и способов представления знаний показывают, что для решения прикладных задач следует опираться на архитектуру, в которой база знаний представлена совокупностью правил логического вывода [5]. В этом случае основными элементами ЭС являются (рис. 1): база знаний, механизм вывода (МВ), объясняющая система (ОС), интерфейс разработчика (ИР) и интерфейс пользователя (ИП).

Основой экспертной системы является база знаний о предметной области, которая содержит знания об объекте. В большинстве случаев знания являются эв-

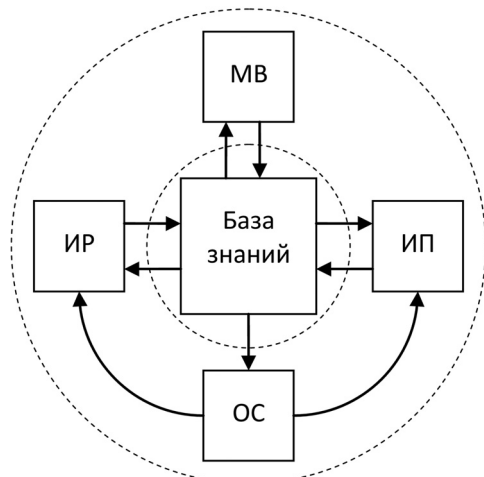


Рис. 1. Элементы экспертной системы

ристиками и носят вероятностный характер. Знания в экспертной системе могут быть представлены в форме совокупности правил вывода, семантической сети или в форме совокупности фреймов [1]. Представление знаний, основанное на правилах, построено на использовании выражений вида *ЕСЛИ условие ТО заключение*, отражающих ход рассуждений человека-эксперта при решении задачи. Правила обеспечивают наиболее естественный способ описания процесса принятия решений. Семантические сети и фреймы, как правило, используют для решения фундаментальных задач искусственного интеллекта. Помимо правил база знаний содержит факты — информацию о текущем состоянии объекта. Факты появляются в базе знаний в процессе консультации, как результат ответов пользователя на вопросы экспертной системы в процессе консультации, а также продуцируются механизмом вывода процессе согласования фактов и правил.

Механизм вывода (МВ) осуществляет поиск в базе знаний подходящих правил и согласование их с фактами. Механизм вывода представляет собой интерпретатор правил, который использует правила и факты для решения поставленной задачи. Он осуществляет формирование проблемных гипотез и проверку их на соответствие цели.

Интерфейс разработчика обеспечивает доступ к базе знаний и используется инженером по знаниям для ввода в базу знаний правил.

Интерфейс пользователя предназначен для обеспечения взаимодействия пользователя с системой во время консультации.

Объясняющая подсистема позволяет пользователю «видеть» цепочки логического вывода, что повышает

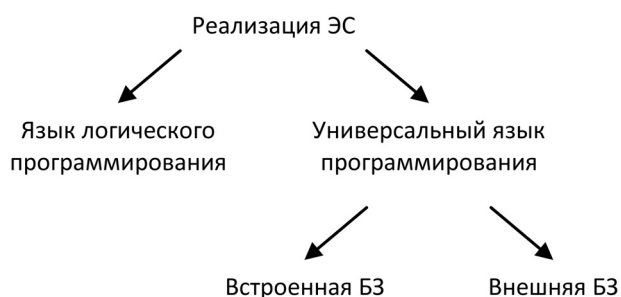


Рис. 2. Подходы к реализации ЭС

Сравнение подходов к реализации ЭС

Характеристика	Архитектура		
	Тип 1	Тип 2	
Язык программирования	Специальный (Prolog)	Универсальный	
База знаний	Встроена в код программы	Встроена в код программы	Внешний текстовый файл
Корректировка базы знаний	Требует изменений в коде программы; требует участия программиста	Требует изменений в коде программы; требует участия программиста	Изменения только во внешнем текстовом файле; не требует участия программиста
Сложность разработки программного кода	Высокая	Средняя	Средняя
Универсальность	Для новой предметной области необходима новая программа	Для новой предметной области необходима новая разработка	Для новой предметной области необходимо создать только новую БЗ

доверие пользователя к рекомендациям экспертной системы.

В минимальной конфигурации ЭС должна состоять из базы знаний, механизма вывода и интерфейса разработчика.

При реализации экспертной системы важным вопросом является выбор архитектуры и языка программирования. Рассмотрим подходы к программной реализации ЭС (рис. 2, табл. 2). Первый подход предполагает использование языка логического программирования [9], второй — универсального процедурного или объектно-ориентированного языка программирования [2, 8]. При использовании универсального языка программирования база знаний может быть встроена в код программы (реализуется при помощи инструкций if-then-else) или отделена от кода (внешний текстовый файл).

Опыт применения экспертных систем, в том числе для диагностики причин неисправностей сложных технических объектов, позволяет утверждать, что архитектура ЭС должна быть открытой, т. е. у пользователя должна быть возможность обучения («повышения квалификации») экспертной системы в процессе ее использования путем корректировки базы знаний, причем, без привлечения программистов. Указанному требованию соответствует экспертная система, в которой база знаний отделена от кода и представлена совокупностью правил, находящихся во внешнем текстовом файле. В такой архитектуре механизм вывода, объясняющую систему, интерфейсы пользователя и разработчика называют оболочкой экспертной системы; задача создания экспертной системы сводится к задаче создания базы знаний — составлению правил логического вывода.

Существует достаточно много свободно распространяемых решений независимых разработчиков, позволяющих пользователю самостоятельно создать экспертную систему для решения задач своей предметной области. Для решения задачи создания экспертной системы, ориентированной на решения задач, возникающих в процессе управления инновационным проектом, выбрана оболочка Expert 2.0 [10], характеристики которой соответствуют сформулированным выше требованиям.

В листинге приведен фрагмент базы знаний исследовательского прототипа экспертной системы, позволяющей оценить привлекательность инновационного

проекта. Результатом консультации является оценка риска и привлекательности проекта.

### *Фрагмент базы знаний экспертной системы*

```
rule(4)
продукт_проекта=модификация
объем_производства=увеличение_до_30%
then
риск=средний;

rule(5)
продукт_проекта=модификация
объем_производства=увеличение_более_30%
then
риск=большой;

rule(6)
IRR=менее_20%
then
привлекательность=низкая,cf=90;

rule(7)
IRR=20%..30%
риск=средний
срок_окупаемости=менее_18_мес
then
привлекательность=средняя,cf=75;

rule(8)
IRR=более_30%
риск=средний
срок_окупаемости=менее_18_мес
then
привлекательность=высокая,cf=80;

rule(9)
IRR=более_30%
риск=высокий
срок_окупаемости=24_до_48
then
привлекательность=низкая,cf=80;
```

### **Выводы**

Для решения задач, возникающих в процессе управления инновационными проектами, возможно применение систем искусственного интеллекта: систем на базе технологии машинного обучения и экспертных систем.

Применение систем машинного обучения ограничено, так как для «обучения» необходим достаточно большой объем информации об условиях и результатах реализации предыдущих решений, однако, вследствие уникальности инновационных проектов, такой информации зачастую нет. Вместе с тем, системы машинного обучения могут использоваться для решения задач анализа показателей эффективности инвестиций, выбора поставщиков и соисполнителей, при условии наличия достаточного объема статистики, необходимой для обучения алгоритма принятия решений.

Применение экспертной системы в качестве инструмента поддержки принятия решений возможно и оправдано. При помощи экспертной системы руководитель проекта может выполнить анализ ком-

мерческого потенциала инновации, анализ рисков, оценить длительности этапов, затрат, выполнить анализ показателей эффективности инвестиций, причин нарушения графика реализации. Применение ЭС позволит сократить временные и финансовые затраты на экспертизу вариантов решений, уменьшить влияние человеческого фактора.

Экспертная система должна быть открытой системой. Базу знаний экспертной системы следует организовать в форме совокупности правил логического вывода, т.к. этот способ представления знаний позволят оперативно совершенствовать экспертную систему в процессе ее использования и не требует привлечения программистов. На физическом уровне база знаний должна быть реализована как внешний текстовый файл.

#### *Список использованных источников*

1. Д. Уотермен. Руководство по экспертным системам/Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 388 с.
2. К. Нейлор. Как построить свою экспертную систему/Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1991. 286 с.
3. Р. Майклсен, Д. Мичи. Экспертные системы/Пер. с англ./Сб. статей. В кн.: «Реальность и прогнозы искусственного интеллекта». М.: Мир, 1987. 247 с.
4. И. Л. Туккель, А. В. Сурина, Н. Б. Культин. Управление инновационными проектами. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 416 с.
5. Н. Б. Культин. Экспертная система как инструмент поддержки управленческих решений//Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2011. № 121. С. 139-141.
6. А. С. Жилиева, Н. Б. Культин. Универсальная система критериев оценки инновационных проектов//Инновации. 2017. № 10.
7. Р. В. Бауэр, Н. Б. Культин. Разработка функции оценки инжиниринговых проектов в рамках киберфизической системы предприятия//Сборник докладов научной конференции «Неделя науки 2018». СПб.: СПбПУ, 2018.
8. Б. Сойер, Д. Фостер. Программирование экспертных систем на Паскале/Пер с англ. М.: Финансы и статистика, 1990. 191 с.
9. Дж. Малпас. Реляционный язык Пролог и его применение/Пер. с англ.; под ред. В. Н. Соболева. М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат. лит., 1990. 464 с.
10. Expert 2.0. <https://www.microsoft.com/store/apps/9PHPDLLRDX4P>.

#### *References*

1. D. Waterman. A guide to expert system. Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
2. K. Naylor. Build your own expert system. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1987.
3. Robert H. Michaelsen, Donald Michie, Albert Boulanger. The Tychnology Of Expert System//Byte Magazine 1985. Vol. 10. Number 04: Artificial Intelligence.
4. I. L. Tukkel, A. V. Surina, N. B. Kultin. Innovation project management. [Rus]. SPb.: BXV-Peterburg, 2017. 416 p.
5. N. B. Kultin. Expert system as a tool for supporting management decisions. [Rus]//St. Petersburg State Polytechnical University Journal. 2011. № 121. P. 139-141.
6. A. S. Zhilyaeva, N. B. Kultin. Universal system of criteria for evaluating innovative projects. [Rus]//Innovation. 2017. № 10.
7. R. V. Bauer, N. B. Kultin. Development of function for evaluating engineering projects within the framework of the cyber-physical system of an enterprise. [Rus]. SPb.: SPbPU, 2018.
8. Brain Sawyer, Dennis Foster. Programming expert systems in Pascal. John Wiley & Sons, Inc., 1989.
9. J. Malpas. Relational language Prologue and its application/Edited by V. N. Sobolev. [Rus]. М.: Science. Gl. red. phys.-math. lit., 1990. 464 p.
10. Expert 2.0. <https://www.microsoft.com/store/apps/9PHPDLLRDX4P>.