Мониторинг и адаптация базы проектных прецедентов при управлении инновационными проектами на основе нечёткого онтологического подхода

В.В. Борисов¹, М.В. Черновалова², С.П. Курилин¹

¹ Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

² ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

Аннотация

Анализируется использование методов рассуждения на основе прецедентов при управлении инновационными проектами. На примере электромеханических систем обосновано использование нечёткого онтологического подхода для представления базы проектных прецедентов при управлении инновационными проектами на всех этапах их жизненного цикла. Подход позволяет осуществить нечёткую грануляцию характеристик концептов онтологической модели, типизировать процесс определения релевантности между текущими проектными ситуациями и проектными прецедентами, выполнить поиск обобщённых проектных прецедентных решений, осуществлять анализ и идентификацию типовых ситуаций адаптации базы проектных прецедентов. Для расширения возможностей оценки релевантности между текущими проектными ситуациями и проектными прецедентами предложено использовать показатели нечёткого соответствия, неопределённости установления нечёткого соответствия и нечёткого несоответствия, основанные на расчёте нечёткого относительного расстояния. Рассмотрен оригинальный способ анализа и идентификации типовых ситуаций адаптации путём создания «смежных» проектных прецедентов, объединения и разделения проектных прецедентов, формирования новых и удаления неактуальных проектных прецедентов. Процесс мониторинга базы проектных прецедентов основан на совместной оценке значений предложенных показателей для проектных прецедентов и заключается в проверке условий возникновения типовых ситуаций.

Ключевые слова: управление проектами, проектный прецедент, проектная ситуация, релевантность прецедентов, нечёткие онтологии, электромеханические системы, адаптация.

Цитирование: Борисов, В.В. Мониторинг и адаптация базы проектных прецедентов при управлении инновационными проектами на основе нечёткого онтологического подхода / В.В. Борисов, М.В. Черновалова, С.П. Курилин // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №4(38). – С.516-526. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-516-526.

Введение

Эффективное управление *инновационными проектами* (ИнП) требует комплексного использования методов, моделей и технологий интеллектуального поиска информации, интеллектуального анализа данных, инженерии знаний [1-4].

В настоящее время для выработки решений в интеллектуальных системах стали широко использоваться методы рассуждений на основе прецедентов (*Case-Based Reasoning* – CBR) [5-8], базирующиеся на онтологическом подходе для формализованного представления различных *предметных областей* (ПрО) и извлечения зависимостей [9-12]. Однако указанный подход имеет ряд ограничений для задач проектного управления:

- «нестационарность» понятийно-терминологического аппарата;
- временные и ресурсные ограничения на формирование и выбор проектных прецедентных решений;

- недостаточный объём, неопределённость имеющихся данных;
- сложность представления проектных прецедентов и проектных прецедентных решений;
- сложность определения релевантности текущих проектных ситуаций (ПрС) проектным прецедентам, позволяющей единообразно учитывать различную степень их соответствия по разному составу характеристик с учётом различной значимости и степени их согласованности;
- отсутствие развитых механизмов структурно-параметрической адаптации онтологических моделей, баз проектных прецедентов (БПП) и методов формирования проектных прецедентных решений в условиях динамического изменения ПрО, задач и информационных ресурсов проектного управления.

В статье рассматривается задача мониторинга и адаптации БПП при управлении ИнП на основе нечёткого онтологического подхода, направленного на учёт указанных ограничений.

1 Нечёткий онтологический подход для представления базы проектных прецедентов

Для организации БПП с помощью онтологии могут быть предложены два альтернативных подхода. Первый предполагает формирование БПП относительно независимо от онтологической модели ПрО [12, 13], а второй заключается в формировании онтологической модели ПрО, интегрируемой с проектными прецедентами [8].

Выбор того или иного подхода зависит от сложности проектных задач. При этом, чем сложнее онтология и чем больше классов и связей между ними она содержит, тем сложнее определить условия для сопоставления текущих ПрС и проектных прецедентов, а также сформировать их базу и осуществить выбор проектных прецедентных решений.

В этом случае целесообразным является построение онтологической модели ПрО, тесно интегрируемой с проектными прецедентами. Использование же нечёткого представления характеристик концептов онтологической модели позволяет осуществить их нечёткую грануляцию, типизируя и существенно упрощая процесс определения релевантности текущих ПрС проектным прецедентам и поиска обобщённых проектных прецедентных решений.

Управление ИнП на всех этапах жизненного цикла проектирования, производства и эксплуатации рассматривается на примере электромеханической системы. На первом этапе осуществляется проектирование идеализированной электромеханической системы, но при её изготовлении этот «идеал» воплощается с некоторыми отклонениями, связанными с конкретикой проектировочных методик, комплектующих изделий, материалов и технологии производства. Кроме того, в ходе эксплуатации происходят физический износ и старение системы, изменяются её эксплуатационные характеристики.

На рисунке 1 представлен фрагмент сформированной онтологии, содержащей необходимую информацию для управления проектированием, производством и эксплуатацией *асинхронных электродвигателей* (АЭД). Основными концептами этой онтологии являются: «Асинхронный электродвигатель», «Типоразмер», «Жизненный цикл АЭД», «Приводимый механизм», «Документация», «Показатели».

Для организации представления проектных прецедентов в разработанной онтологической модели предлагается использовать концепт (класс) *Precedent*, не имеющий потомков, который располагается на верхнем уровне иерархии онтологии, т.е. является непосредственным потомком концепта *Thing*. Он предназначен для хранения информации о проектных прецедентах и соответствующих проектных прецедентных решениях по разработке и эксплуатации электромеханических систем.

Перечень основных характеристик данного концепта представлен в таблице 1.

Рисунок 1 – Фрагмент онтологии предметной области по проектированию, производству и эксплуатации асинхронных электродвигателей

Как видно из таблицы 1, структура проектного прецедента состоит из характеристик (показателей) ИнП, оцениваемых при формировании конкретных решений по его управлению в условиях возникновения тех или иных ситуаций. Каждая из указанных характеристик имеет свой диапазон изменения, покрываемый терм-множествами соответствующих лингвистических шкал.

2 Оценка релевантности текущих проектных ситуаций проектным прецедентам

На практике выбор прецедентов из базы чаще всего осуществляется с использованием различных мер близости в заданном «пространстве» характеристик, как, например, в работах [14, 15]. При этом наиболее «близкий» прецедент по отношению к текущей ситуации чаще всего определяется с помощью метода ближайших соседей или его модификаций [16, 17]. Однако на практике наиболее «близкие» прецеденты не всегда являются релевантными. Так, в базе могут иметься другие проектные прецеденты, характеризующиеся большим семантическим соответствием с текущей ПрС.

Для решения этой проблемы при организации БПП в виде онтологии для определения степени сходства текущей ситуации и прецедентов в работах [11, 12] предлагается дополни-

тельно использовать алгоритм, позволяющий определить соответствия для прецедентов из базы и текущей ситуации.

Таблица 1 – Основные характеристики класса *Precedent* для ИнП

№	Характеристика		Описание	
1	PlaceInOntology	Place1	Характеристики, отражающие степень соответствия проектного прецедента конкретному концепту онтологии ПрО	
		Place2		
		Place3		
2	ResearchProductionPotential		Уровень научного потенциала, которым обладает промышленное предприятие для выполнения конкретного ИнП	
3	TotalCosts	ProjectCosts	Общие затраты на выполнение ИнП	
		StageCosts	Общие затраты на выполнение конкретного этапа	
		WorkCosts	Общие затраты на выполнение отдельной работы	
4	OwnFunds		Объём собственных средств, выделенных на реализацию ИнП	
5	TeamSize		Количество людей в составе команды ИнП	
6	ShareOfScientificPersonnel		Доля научных кадров в общей численности команды	
7	InfluenceOfUncertainties	External	Степень влияния на ИнП внешних факторов неопределённости	
		Internal	Степень влияния на ИнП внутренних факторов неопределённости	
8	Deviation	Time	Project	Отклонение длительности выполнения ИнП
			Stage	Отклонение длительности выполнения конкретного этапа ИнП
			Work	Отклонение длительности выполнения отдельной работы ИнП
		Resources	People	Отклонение в количестве людей, задействованных при выполнении ИнП
			Cash	Отклонение в объёме затраченных денежных средств на выполнение ИнП
			Materials	Отклонение в объёме затраченных материальных средств на выполнение ИнП
9	Investments		Объём привлечённых инвестиций для реализации ИнП	
10	PlanAdjustmentCost		Объём затрат, связанных с внесением корректировок	
11	Solution		Решения, которые были приняты при управлении ИнП	

Другое перспективное направление поиска релевантных прецедентов представлено в работах [18, 19]. Оно основано на сопоставлении текущей ситуации и прецедентов посредством оценки их связи с концептами онтологии на основе анализа степени их семантической близости, выраженной с помощью вектора весовых коэффициентов, количество компонентов которого соответствует числу всех связанных терминальных концептов. Задача выбора прецедентов, релевантных текущей ситуации, сводится к задаче классификации, для решения которой используется метод на основе формирования нечёткой продукционной модели и соответствующего ей алгоритма нечёткого логического вывода.

Применение рассмотренных подходов для выбора релевантных проектных прецедентов ограничено описанными выше особенностями задач управления ИнП.

Использование нечёткого представления характеристик концептов онтологической модели позволяет осуществить их нечёткую грануляцию, типизировать процесс определения релевантности между текущими ПрС проектным прецедентам, поиск обобщённых проектных прецедентных решений, а также осуществлять анализ и идентификацию типовых ситуаций адаптации БПП.

Использование для этих целей показателей сопоставления характеристик концептов на основе *относительного расстояния между нечёткими множествами* [20] обеспечивает инвариантность к различному масштабу проектных решений, в том числе вследствие того, что реальные диапазоны изменения характеристик приводятся к универсальным шкалам.

Основные обозначения:

- $Q_l = \{\tilde{q}_n^{(l)} \mid n=1, \dots, N\}$ – l -я текущая ПрС ($l=1, \dots, L$), представленная нечёткими значениями $\tilde{q}_n^{(l)}$ её характеристик;
- $P_k = \{\tilde{p}_n^{(k)} \mid n=1, \dots, N\}$ – k -я текущая ПрС ($k=1, \dots, K$), представленная нечёткими значениями $\tilde{p}_n^{(k)}$ её характеристик; N – число сопоставляемых характеристик.

Пусть заданы следующие показатели для сопоставления характеристик текущей ПрС и проектного прецедента.

- Показатель нечёткого соответствия между $\tilde{q}_n^{(l)}$ и $\tilde{p}_n^{(k)}$

$$s_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) = 1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \sqrt{\sum_{m=1}^M \left(\mu_{\tilde{q}_n^{(l)}}(x_m^{(n)}) - \mu_{\tilde{p}_n^{(k)}}(x_m^{(n)}) \right)^2}, \quad x_m^{(n)} \in X_n,$$

где $\mu_{\tilde{q}_n^{(l)}}(x_m^{(n)})$, $\mu_{\tilde{p}_n^{(k)}}(x_m^{(n)})$ – функции принадлежности нечётких множеств $\tilde{q}_n^{(l)}$ и $\tilde{p}_n^{(k)}$, соответственно; X_n – область значений n -й характеристики, приведённая к диапазону $[0, 1]$.

Примечание. Для случая непрерывных нечётких множеств $\tilde{q}_n^{(l)}$ и $\tilde{p}_n^{(k)}$

$$s_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) = 1 - \frac{1}{\sqrt{\int_{\text{Supp}(\tilde{q}_n^{(l)} \cup \tilde{p}_n^{(k)})} dx^{(n)}}} \sqrt{\int_{\text{Supp}(\tilde{q}_n^{(l)} \cup \tilde{p}_n^{(k)})} \left(\mu_{\tilde{q}_n^{(l)}}(x^{(n)}) - \mu_{\tilde{p}_n^{(k)}}(x^{(n)}) \right)^2 dx^{(n)}},$$

- Показатель неопределённости установления нечёткого соответствия между $\tilde{q}_n^{(l)}$ и $\tilde{p}_n^{(k)}$

$$s_{0,5}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) = 1 - \frac{2}{\sqrt{M}} \sqrt{\sum_{m=1}^M \left(\mu_{\tilde{q}_n^{(l)}}(x_m^{(n)}) - 0,5 \right)^2},$$

- Показатель нечёткого несоответствия между $\tilde{q}_n^{(l)}$ и $\tilde{p}_n^{(k)}$

$$s_{\bar{0}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) = 1 - \rho_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}).$$

Использование этих показателей расширяет возможности по формированию и использованию гибких правил определения релевантности между текущими ПрС и проектными прецедентами, причём не только по их соответствию друг другу, но и по неопределённости установления соответствия, и по не соответствию, а также при комбинировании этих оценок:

$$S_{\bar{1}}(Q_l, P_k) = \text{Agg}_{\bar{1}} \left(\left\{ s_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) \mid n=1, \dots, N \right\} \right),$$

$$S_{0,5}(Q_l, P_k) = \text{Agg}_{0,5} \left(\left\{ s_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) \mid n=1, \dots, N \right\} \right),$$

$$S_{\bar{0}}(Q_l, P_k) = \text{Agg}_{\bar{0}} \left(\left\{ s_{\bar{1}}(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)}) \mid n=1, \dots, N \right\} \right),$$

где $S_{\bar{1}}(Q_l, P_k)$, $S_{0,5}(Q_l, P_k)$, $S_{\bar{0}}(Q_l, P_k)$ – оценки между Q_l и P_k , обобщённые с использованием соответствующих им операций агрегирования $\text{Agg}_{\bar{1}}$, $\text{Agg}_{0,5}$, $\text{Agg}_{\bar{0}}$.

В качестве операций агрегирования могут быть использованы так называемые нечёткие квантификаторы [21], которые задают промежуточные стратегии сопоставления между текущими ПрС и проектными прецедентами, например:

- по соответствию большинства характеристик;
- по несоответствию хотя бы в одной характеристике;
- по неопределённости установления соответствия в половине из всех характеристик.

Применение предлагаемых показателей также даёт возможность определять и оценивать критериальные уровни того, в какой степени достигнуто соответствие по различным совокупностям сопоставляемых характеристик.

Например, наиболее релевантным текущей ПрС Q_l может являться проектный прецедент P_k^* , для которого, например, выполняется следующее минимаксное правило:

$$P_k^* : \min_{k=1, \dots, K} \left(\max_{n=1, \dots, N} (d_1(\tilde{q}_n^{(l)}, \tilde{p}_n^{(k)})) \right).$$

Помимо определения релевантности между текущими ПрС и проектными прецедентами использование предлагаемых показателей позволяет устанавливать гибкие правила идентификации типовых ситуаций адаптации базы проектных прецедентов.

3 Способ анализа и идентификации ситуаций адаптации в процессе мониторинга базы проектных прецедентов

Управление ИнП предполагает постоянное накопление большого объёма проектной информации, часть из которой неизбежно устаревает или становится противоречивой. В этой связи важным является постоянная актуализация БПП, основанная на анализе и идентификации следующих *типовых ситуаций её адаптации*:

- образования «смежных» проектных прецедентов;
- объединения проектных прецедентов;
- разделения проектных прецедентов;
- формирования новых проектных прецедентов;
- удаления неактуальных проектных прецедентов.

Предлагаемый способ анализа и идентификации этих ситуаций заключается в проверке условий возникновения этих ситуаций и основывается на совместной оценке *степени: соответствия, неопределённости установления соответствия, несоответствия* между проектными прецедентами из БПП.

Для идентификации перечисленных типовых ситуаций адаптации БПП необходимо осуществить проверку описанных ниже условий, используя критериальные значения показателей $S_1(Q_l, P_k)$, $S_{0,5}(Q_l, P_k)$, $S_0(Q_l, P_k)$. При этом заранее определяется правило, относительно которого оценивается релевантность сопоставляемых текущих ПрС и проектных прецедентов.

Идентификация типовой ситуации *обнаружения «смежного» проектного прецедента* между существующими прецедентами (P_v и P_k) заключается в обнаружении достаточно большого количества текущих ПрС Q_l , не релевантных (на основе сформированного правила) P_v и P_k и удовлетворяющих следующему условию:

$$\begin{aligned} & (\chi < S_1(Q_l, P_v) < \chi') \text{ AND } (\chi < S_{0,5}(Q_l, P_v) < \chi') \text{ AND } (\chi < S_0(Q_l, P_v) < \chi') \text{ AND} \\ & \text{AND } (\gamma < S_1(Q_l, P_k) < \gamma') \text{ AND } (\gamma < S_{0,5}(Q_l, P_k) < \gamma') \text{ AND } (\gamma < S_0(Q_l, P_k) < \gamma') \text{ AND} \\ & \text{AND } (\alpha < S_1(Q_l, P_z) < \beta) \text{ AND } (\alpha < S_{0,5}(Q_l, P_z) < \beta) \text{ AND } (\alpha < S_0(Q_l, P_z) < \beta); \\ & \text{при } (\chi' < \gamma) \text{ XOR } (\chi > \gamma'); (\chi' \leq \alpha, \beta \leq \gamma) \text{ XOR } (\gamma' \leq \alpha, \beta \leq \chi), \end{aligned}$$

где $\chi, \chi' \in [0, 1]$ – нижнее и верхнее пороговые значения $S_1(Q_l, P_v)$, $S_{0,5}(Q_l, P_v)$, $S_0(Q_l, P_v)$ (например, 0,4 и 0,7, соответственно); $\gamma, \gamma' \in [0, 1]$ – пороговые значения $S_1(Q_l, P_k)$, $S_{0,5}(Q_l, P_k)$, $S_0(Q_l, P_k)$ (например, 0,4 и 0,7, соответственно), $\alpha, \beta \in [0, 1]$ – нижнее и верхнее

граничные значения «области смежности» между прецедентами P_v и P_k (например, 0,3 и 0,8, соответственно), P_z – «смежный» проектный прецедент.

Идентификация типовой ситуации *объединения проектных прецедентов* P_v и P_k заключается в обнаружении достаточно большого числа текущих ПрС Q_l , которые бы соответствовали как P_v , так и P_k , а также удовлетворяли следующему условию:

$$\begin{aligned} & (\chi < S_1(Q_l, P_v) < \chi') \text{AND} (\chi < S_{0,5}(Q_l, P_v) < \chi') \text{AND} (\chi < S_0(Q_l, P_v) < \chi') \text{AND} \\ & \text{AND} (\gamma < S_1(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} (\gamma < S_{0,5}(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} (\gamma < S_0(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} \\ & \text{AND} (\alpha < S_1(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_{0,5}(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_0(Q_l, P_z) < \beta); \\ & \text{при } (\chi \leq a \leq \gamma) \text{XOR } (\gamma \leq a \leq \chi); (\chi' \leq \beta \leq \gamma') \text{XOR } (\gamma' \leq \beta \leq \chi'). \end{aligned}$$

Где P_z – проектный прецедент, получаемый при объединении прецедентов P_v и P_k .

Идентификация типовой ситуации *разделения проектного прецедента* P_k предполагает выделение отдельного прецедента, соответствующего компактному группированию достаточно большого числа обнаруженных текущих ПрС Q_l в соответствии со следующим условием:

$$\begin{aligned} & (\gamma < S_1(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} (\gamma < S_{0,5}(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} (\gamma < S_0(Q_l, P_k) < \gamma') \text{AND} \\ & \text{AND} \left(\begin{aligned} & \left((\alpha < S_1(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_{0,5}(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_0(Q_l, P_z) < \beta) \right) \text{XOR} \\ & \text{XOR} \left((\alpha' < S_1(Q_l, P_z) < \beta') \text{AND} (\alpha' < S_{0,5}(Q_l, P_z) < \beta') \text{AND} (\alpha' < S_0(Q_l, P_z) < \beta') \right) \end{aligned} \right); \\ & \text{при } \chi \leq \alpha, \beta, \alpha', \beta' \leq \chi'; (\beta < \alpha') \text{XOR } (\beta' < \alpha). \end{aligned}$$

Где P_z – проектный прецедент, формируемый при разделении P_k ; α, β – нижнее и верхнее граничные значения 1-й обособленной области прецедента P_k ; α', β' – нижнее и верхнее граничные значения 2-й обособленной области прецедента P_k .

Идентификация типовой ситуации *формирования нового проектного прецедента* P_z определяется обнаружением достаточно большого количества текущих ПрС Q_l , для которых выполняется следующее условие:

$$\begin{aligned} & (\alpha < S_1(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_{0,5}(Q_l, P_z) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_0(Q_l, P_z) < \beta), \\ & (\beta < \chi) \text{XOR } (\chi' < \alpha); (\beta < \gamma) \text{XOR } (\gamma' < \alpha). \end{aligned}$$

Где P_z – новый проектный прецедент, α, β – нижнее и верхнее граничные значения области нового прецедента.

Идентификация типовой ситуации *удаления неактуального проектного прецедента* P_k определяется тем, что в течение достаточно продолжительного времени для него выполняется следующее условие:

$$P_k : (\alpha < S_1(Q_l, P_k) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_{0,5}(Q_l, P_k) < \beta) \text{AND} (\alpha < S_0(Q_l, P_k) < \beta) = \emptyset.$$

В ходе мониторинга БПП осуществляется анализ и идентификация типовых ситуаций, принимаются решения о целесообразности изменения БПП, и осуществляется её адаптация.

Использование предлагаемого способа позволяет расширить адаптивные возможности БПП в условиях динамического изменения ПрО, задач и информационных ресурсов проектного управления и повысить эффективность управления ИнП в целом.

Заключение

Рассмотрена онтология, содержащая информацию для управления проектированием, производством и эксплуатацией АСД. Обосновано использование нечёткого онтологического подхода для представления БПП при управлении ИнП на всех этапах жизненного цикла на примере электромеханических систем.

Использование нечёткого онтологического подхода позволяет осуществить нечёткую грануляцию характеристик концептов онтологической модели, типизировать процесс определения релевантности текущих ПрС проектным прецедентам и поиска обобщённых проектных прецедентных решений, осуществлять анализ и идентификацию типовых ситуаций адаптации базы проектных прецедентов.

Предложены показатели нечёткого соответствия, неопределённости установления нечёткого соответствия, нечёткого несоответствия для сопоставления характеристик текущих ПрС и проектных прецедентов. Использование этих показателей расширяет возможности по формированию и использованию гибких правил определения релевантности между текущими ПрС и проектными прецедентами.

Разработан оригинальный метод анализа и идентификации типовых ситуаций адаптации в процессе мониторинга БПП. Метод состоит в проверке сформулированных условий возникновения этих ситуаций на основе оценки степени соответствия между проектными прецедентами из БПП.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FSWF-2020-0019, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00283.

Список источников

- [1] *Гаврилова, Т.А.* Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 324 с.
- [2] *Никулина, Н.О.* Интеллектуальная поддержка принятия решений при анализе рисков инновационного проекта / Н.О. Никулина, А.И. Малахова, И.Ф. Иванова // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9. – №3 (33). – С.382-397. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-382-397
- [3] *Дли, М.И.* Модель оценки траекторий для управления проектами в сфере наукоемкой промышленной продукции / М.И. Дли, О.В. Стоянова, А.Ю. Белозерский // Прикладная информатика. – 2015. – Т. 10. – № 6 (60). – С.105-117.
- [4] *Антонов, В.В.* Поддержка принятия решений при управлении программными проектами на основе нечёткой онтологии / В.В. Антонов, О.В. Бармина, Н.О. Никулина // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10. № 1 (35). – С.121-140. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-121-140
- [5] *Spalazzi, L.* A Survey on Case-Based Planning / L. Spalazzi // Artificial Intelligence Review – 2001. – Vol. 16. – P. 3-36. – DOI: 10.13195/j.kzyjc.2018.1602.
- [6] *Tan, R.-P.* Emergency decision-making method based on case-based reasoning in heterogeneous information environment / R.-P. Tan, W.-D. Zhang, S.-Q. Chen, L.-H. Yang // Control and Decision. – 2020. – Vol. 35. – No.8. – P.1966-1976. – DOI: 10.1177/0954406219854901.
- [7] *Li, S.* An extended case-based reasoning method and corresponding product design process / S. Li, Y. Li, W. Li, C. Chen // Journal of Mechanical Engineering Science. – 2020. – Vol. 233. – Iss. 19-20. – P.6673-6688. – DOI: 10.1109/INFOCOMAN.2016.7784214.
- [8] *Aljuboori, A.* Enhancing case-based reasoning retrieval using classification based on associations / A. Aljuboori // Proceedings of the 6th International Conference on Information Communication and Management (ICICM). Hatfield: 2016, IEEE. – P.52-56. - DOI: 10.1109/INFOCOMAN.2016.7784214.
- [9] *Авдеенко, Т.В.* Система поддержки принятия решений в it-подразделениях на основе интеграции прецедентного подхода и онтологии / Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С.85-99. – DOI: 10.24143/2072-9502-2017-3-85-99.

- [10] **Chen, D.-Y.** Semantic Mapping Methods Between Expert View and Ontology View / D.-Y. Chen, H. Zhao, X. Zhang // Journal of Software. – 2020. – Vol.31. – No.9. – P.2855-2882. – DOI: 10.13328/j.cnki.jos.005820.
- [11] **Олейник, П.П.** Применение и реализация онтологий при разработке приложений баз данных / П.П. Олейник, С.Э. Грегер // Прикладная информатика. – 2016. – Т. 11. – № 3 (63). – С.76-102.
- [12] **Варшавский, П.Р.** Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов / П.Р. Варшавский, Р.В. Алехин // Int. J. «Information Models and Analyses». – 2013. – Vol. 2. – No. 4 – С.385-392.
- [13] **Варшавский, П.Р.** Реализация прецедентного модуля для интеллектуальных систем / П.Р. Варшавский, Р.В. Алехин, А.К. Мью, З.Л. Кхаинг // Программные продукты и системы. – 2015. – № 2 (110). – С.26-31. – DOI: 10.15827/0236-235X.110.026-031.
- [14] **Усцелемов, В.Н.** Совершенствование подсистемы информационной безопасности на основе интеллектуальных технологий / В.Н. Усцелемов // Прикладная информатика. – 2016. – Т. 11. – № 3 (63). – С.31-38.
- [15] **Fei, L.** A novel retrieval strategy for case-based reasoning based on attitudinal Choquet integral / L. Fei, Y. Feng // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2020. – Vol. 94. – 103791. – DOI: 10.1016/j.engappai.2020.103791.
- [16] **Варшавский, П.Р.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 2. – С.45-57.
- [17] **Gerhana, Y.A.** The implementation of K-nearest neighbor algorithm in case-based reasoning model for forming automatic answer identity and searching answer similarity of algorithm case / Y.A. Gerhana, A.R. Atmadja, W.B. Zulfikar, N. Ashanti // 5th Int. Conf. on Cyber and IT Service Management (CITSM 2017). Denpasar. Indonesia: 2017, IEEE. – 8089233. – DOI: 10.1109/CITSM.2017.8089233
- [18] **Авдеенко, Т.В.** Метод определения релевантности прецедентов на основе нечётких лингвистических правил / Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Научный вестник НГТУ. – 2016. – Т. 62. – № 1. – С.17-34. – DOI: 10.17212/1814-1196-2016-1-17-34.
- [19] **Xiong, N.** Fuzzy rule-based similarity model enables learning from small case bases / N. Xiong // Applied Soft Computing. – 2013. – No.13. – P.2057–2064. – DOI: 10.1016/j.asoc.2012.11.009
- [20] **Борисов, В.В.** Основы теории нечётких множеств. Серия «Основы нечёткой математики». Книга 1. Учебное пособие для вузов / В.В. Борисов, А.С. Федулов, М.М. Зернов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2014.
- [21] **Dubois, D.** A Review of Fuzzy Set Aggregation Connectives / D. Dubois, H. Prade // Information Sciences. – 1986. – No. 39. – P. 105–210.

Сведения об авторах

Борисов Вадим Владимирович, 1962 г. рождения. Окончил филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске в 1986 г., д.т.н. (1996). Профессор кафедры вычислительной техники филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. В списке научных трудов более 350 работ. ORCID: 0000-0001-7357-9365; Author ID (RSCI): 87472; Author ID (Scopus): 56706944500; Researcher ID (WoS): P-1748-2016. vbor67@mail.ru.

Черновалова Маргарита Витальевна, 1992 г. рождения. Окончила филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске в 2015 г. Аспирант ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Москва). В списке научных трудов более 40 работ в области систем поддержки принятия решений и математических методов теории искусственного интеллекта. ORCID: 0000-0002-5160-1872; Author ID (RSCI): 843865; Author ID (Scopus): 57203397477. Researcher ID (WoS): ABF-1106-2020. 0208margarita@bk.ru.

Курилин Сергей Павлович, 1951 г. рождения. Окончил Московский ордена Ленина Энергетический институт в 1974 г., д.т.н. (2005). Профессор кафедры электромеханических систем филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. В списке научных трудов около 150 работ. ORCID: 0000-0001-7843-275X; Author ID (RSCI): 654474; Author ID (Scopus): 6508233664. sergkurilin@gmail.com.

Поступила в редакцию 18.11.2020, после рецензирования 14.12.2020. Принята к публикации 16.12.2020.

Monitoring and adaptation of the base of design precedents in the management of innovative projects based on a fuzzy ontological approach

V.V. Borisov¹, M.V. Chernovalova², S.P. Kurilin¹

¹ Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Smolensk, Smolensk, Russia

² National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

Abstract

The article analyzes the use of methods of reasoning based on precedents in the management of innovative projects. On the example of electromechanical systems, the use of a fuzzy ontological approach is justified to represent the base of design precedents in the management of innovative projects at all stages of their life cycle. The approach allows for fuzzy granulation of the characteristics of the concepts of an ontological model, typify the process of determining the relevance between current design situations and design precedents solutions, analyzing and identifying typical adaptation options for the design use case base. To expand the possibilities of assessing the relevance between the current design situations and design precedents, it is proposed to use indices of fuzzy compliance, uncertainty in establishing fuzzy compliance and fuzzy inconsistency, based on the calculation of fuzzy relative distance. An original way of analyzing and identifying typical options for adapting design precedents, combining and removing irrelevant design precedents is considered. The process of monitoring the base of design precedents is based on a joint assessment of the values of the proposed indicators for design precedents and consists in checking the conditions for the occurrence of typical situations.

Key words: case-based reasoning, project precedent, relevance of design precedents, fuzzy ontological approach, electromechanical systems, situations of adaptation.

Citation: Borisov VV, Chernovalova MV, Kurilin SP. Monitoring and adaptation of the base of design precedents in the management of innovative projects based on a fuzzy ontological approach [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(4): 516-526. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-516-526.

Acknowledgment: The reported study was funded under as a part of state assignment No. FSWF-2020-0019, as well as at the expense of RFBR , project No. 20-01-00283.

List of figures and tables

Figure 1 - A fragment of domain ontology for the design, production and operation of asynchronous electric motors

Table 1 - Basic properties of the *Precedent* class

References

- [1] *Gavrilova TA, Kudryavtsev DV, Muromtsev DI*. Knowledge engineering. Models and methods [In Russian]. Saint Petersburg: Lan'; 2016. 324 p.
- [2] *Nikulina NO, Malakhova AI, Ivanova IF*. Intelligent decision support in the analysis of risks of an innovative project [In Russian]. *Ontology of designing*, 2019; 9 (3): 382-397. DOI: 10.18287 / 2223-9537-2019-9-3-382-397.
- [3] *Dli MI, Stojanova OV, Belozerskij AJu*. The trajectory estimation model for project management in creation and organization of high-technology industrial products production [In Russian]. *Journal of Applied Informatics*, 2015; 10 (6): 105-117.
- [4] *Antonov VV, Barmina OV, Nikulina NO*. Decision making support in software project management based on fuzzy ontology [In Russian]. *Ontology of designing*, 2020; 10 (1): 121-140. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-121-140.
- [5] *Spalazzi L*. A Survey on Case-Based Planning. *Artificial Intelligence Review*, 2001; 16: 3-36.
- [6] *Tan R-P, Zhang W-D, Chen S-Q, Yang L-H*. Emergency decision-making method based on case-based reasoning in heterogeneous information environment. *Control and Decision*, 2020; 35 (8): 1966-1976. DOI: 10.13195/j.kzyjc.2018.1602

- [7] **Li S, Li Y, Li W, Chen C.** An extended case-based reasoning method and corresponding product design process. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 2020; 233 (19-20): 6673-6688. DOI: 10.1177/0954406219854901.
 - [8] **Aljuboori A.** Enhancing case-based reasoning retrieval using classification based on associations. Proceedings of the 6th International Conference on Information Communication and Management (ICICM), Hatfield: IEEE; 2016. 7784214: 52-56. DOI: 10.1109/INFOCOMAN.2016.7784214.
 - [9] **Avdeenko TV, Makarova ES.** Decision support system in IT departments based on the integration of the precedent approach and ontology [In Russian]. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 2017; 3: 85-99. DOI: 10.24143/2072-9502-2017-3-85-99.
 - [10] **Chen D-Y, Zhao H, Zhang X.** Semantic Mapping Methods Between Expert View and Ontology View. *Journal of Software*, 2020; 31 (9): 2855-2882. DOI: 10.13328/j.cnki.jos.005820.
 - [11] **Oleynik PP, Greger SE.** Ontological approach in the development of database applications [In Russian]. *Journal of Applied Informatics*, 2016; 11(3): 76-102.
 - [12] **Varshavskiy PR, Alekhin RV.** A method for finding solutions in intelligent decision support systems based on precedents [In Russian]. *International Journal «Information Models and Analyses»*, 2013; 2 (4): 385-392.
 - [13] **Varshavskiy PR, Alekhin RV, M'o AK, Kkhaing ZL.** Implementation of a precedent module for intelligent systems [In Russian]. *Software & Systems*, 2015; 2(110): 26-31. DOI: 10.15827/0236-235X.110.026-031.
 - [14] **Ustselemon VN.** Improvement of information security subsystems based on intelligent technologies [In Russian]. *Journal of Applied Informatics*, 2016; 11(3): 31-38.
 - [15] **Fei L, Feng Y.** A novel retrieval strategy for case-based reasoning based on attitudinal Choquet integral. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2020; 94: 103791. DOI: 10.1016/j.engappai.2020.103791.
 - [16] **Varshavskiy PR, Ereemeev AP.** Modeling Case-based reasoning in intelligent decision support systems [In Russian]. *Artificial Intelligence and Decision Making*, 2009; 2: 45-57.
 - [17] **Gerhana YA, Atmadja AR, Zulfikar WB, Ashanti N.** The implementation of K-nearest neighbor algorithm in case-based reasoning model for forming automatic answer identity and searching answer similarity of algorithm case. 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM 2017), Denpasar: IEEE; 2017. 8089233. DOI: 10.1109/CITSM.2017.8089233.
 - [18] **Avdeenko TV, Makarova ES.** Method for determining the relevance of use cases based on fuzzy linguistic rules [In Russian]. *Scientific Bulletin of NSTU*, 2016; 62 (1): 17-34. DOI: 10.17212/1814-1196-2016-1-17-34.
 - [19] **Xiong N.** Fuzzy rule-based similarity model enables learning from small case bases. *Applied Soft Computing*, 2013; 13: 2057-2064. DOI: 10.1016/j.asoc.2012.11.009.
 - [20] **Borisov VV, Fedulov AS, Zernov MM.** Fundamentals of the theory of fuzzy sets. Series "Fundamentals of Fuzzy Mathematics". Book 1. Textbook for universities [In Russian]. Moscow: Gorjachaja liniya–Telekom; 2014.
 - [21] **Dubois D., Prade H.** A Review of Fuzzy Set Aggregation Connectives. *Information Sciences*, 1986; 39: 105–210.
-

About the authors

Vadim Vladimirovich Borisov (b. 1962) graduated from the Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk in 1986, D. Sc. Eng. (1996). Professor of the Department of Computer Science of the Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk. The list of scientific works includes more than 350 works. ORCID: 0000-0001-7357-9365; Author ID (RSCI): 87472; Author ID (Scopus): 56706944500; Researcher ID (WoS): P-1748-2016. vbor67@mail.ru.

Margarita Vitalievna Chernovalova (b. 1992) graduated from the Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk in 2015. Postgraduate student of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute». The list of scientific works includes more than 40 works in the field of decision support systems and mathematical methods of the theory of artificial intelligence. ORCID: 0000-0002-5160-1872; Author ID (RSCI): 843865; Author ID (Scopus): 57203397477. Researcher ID (WoS): ABF-1106-2020. 0208margarita@bk.ru.

Sergey Pavlovich Kurilin (b. 1951) graduated from the Moscow Order of Lenin Power Engineering Institute in 1974, D. Sc. Eng. (2005). Professor of the Department of Electromechanical Systems of the Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk. The list of scientific papers contains about 150 works. ORCID: 0000-0001-7843-275X; Author ID (RSCI): 654474; Author ID (Scopus): 6508233664. sergkurilin@gmail.com.

Received November 18, 2020. Revised December 14, 2020. Accepted December 18, 2020.