

УДК 330:004.827
DOI: 10.26140/anie-2020-0903-0058

НЕЧЕТКАЯ ТЕМПОРАЛЬНАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

© 2020
AuthorID: 369970
SPIN: 4891-3258

Ломазов Вадим Александрович, доктор физико-математических наук, профессор
кафедры информатики и информационных технологий

*Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина
(308503, Россия, Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: vlomazov@yandex.ru)*

AuthorID: 817109
SPIN: 3216-9940

Ломазов Александр Вадимович, программист
ООО «Матрица»

(308033, Россия, Белгород, ул. Королёва, 2а(2), e-mail: alomazov@yandex.ru)

Аннотация. Рассматривается проблема управления временем (time management) при реализации инновационных производственно-экономических и социально-экономических проектов. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что существующие средства математического и информационного обеспечения управления проектами не позволяют в полной мере учесть особенности инновационной сферы, связанные с высоким уровнем неопределенности этого вида деятельности. Целью исследования является разработка и обоснование процедур нечеткой темпоральной периодизации в рамках управления временем инновационных проектов. Используемая методология основывается на использовании моделей и методов теории лингвистических переменных, а также методологических подходов экспертных технологий. В рамках модификации схемы управления временем проекта предложен дополнительный процесс темпоральной периодизации, позволяющий повысить качество составления и контроля расписания работ за счет детализации описания условий реализации проекта в разные моменты времени. Для учета неопределенности введено понятие обобщенного периода, позволяющее описать интервалы времени, которые могут быть отнесены к рассматриваемому периоду хоть в какой-то мере (надпериод) и в полной мере (подпериод). Формально описана (в нотации IDEF) процедура экспертного определения границ этих интервалов. Развивая понятие обобщенного периода, построена описывающая период лингвистическая переменная, для представления семантики которой предложена битрапециевидная функция принадлежности. Предложенное нечеткое лингвистическое представление периодизации временного интервала выполнения проектов расширяет выразительные возможности традиционных средств описания, позволяя учесть высокий уровень неопределенности, характерный для инновационной деятельности. Формализация описания периодизации, состоящая в представлении периодов реализации проекта в виде термов лингвистической переменной (с использованием экспертных процедур определения параметров термов) и введении операций над термами (совокупностями термов), может служить основой алгоритмизации темпорального анализа при управлении временем (тайм-менеджменте) инновационных проектов

Ключевые слова: инновационный проект, управление проектами, управление временем, периодизация, нечеткое описание, лингвистическая переменная.

FUZZY TEMPORAL PERIODIZATION OF INNOVATIVE PROJECTS

© 2020

Lomazov Vadim Aleksandrovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Department of Informatics and Information Technology

*Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin
(308503, Russia, Belgorod District, Maysky, Vavilova St., 1, e-mail: vlomazov@yandex.ru)*

Lomazov Alexander Vadimovich, programmer
LLC "Matrix"

(308033, Russia, Belgorod, Korolev St., 2a(2), e-mail: alomazov@yandex.ru)

Abstract. The problem of time management in the implementation of innovative production and socio-economic projects is considered. The relevance of the research topic is due to the fact that the existing means of mathematical and information support for project management do not allow to fully take into account the features of the innovation sphere associated with a high level of uncertainty of this type of activity. The aim of the study is to develop and justify procedures for fuzzy temporal periodization in the framework of time management of innovative projects. The methodology used is based on the use of models and methods of the theory of linguistic variables, as well as methodological approaches of expert technologies. As part of the modification of the project's time management scheme, an additional process of temporal periodization has been proposed, which allows improving the quality of compiling and controlling the work schedule by detailing the description of the conditions for the implementation of the project at different points in time. To take into account the uncertainty, the concept of a generalized period is introduced, which allows us to describe the time intervals that can be attributed to the considered period at least to some extent (over period) and in full (sub period). Formally described (in IDEF notation) the procedure for expert determination of the boundaries of these intervals. Developing the concept of a generalized period, a linguistic variable describing the period is constructed, to represent the semantics of which a bitrapezoidal membership function is proposed. The proposed fuzzy linguistic representation of the periodization of the time interval for project implementation expands the expressive capabilities of traditional means of description, allowing you to take into account the high level of uncertainty characteristic of innovation. Formalization of the periodization description, consisting in representing the periods of the project in terms of a linguistic variable (using expert procedures for determining the parameters of terms) and introducing operations on terms (sets of terms), can serve as the basis for the temporal analysis algorithm for managing time of innovative projects

Keywords: innovation project, project management, time management, periodization, fuzzy description, linguistic variable.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных организационных форм инновационной деятельности является инновационный проект,

представляющий собой заранее спланированную последовательность различных (производственных, технологических, организационных, научно-технических и

др.) мероприятий, направленных на достижение целей и задач проекта, главная из которых – создание инновационного продукта [1]. Проблематика управления инновационными проектами, понимаемого как система функций [2,3], как процесс принятия управленческих решений [4-6] или в качестве организационной системы [7,8] в последнее время нашла свое отражение (в силу несомненной практической значимости) в достаточном числе исследований как отечественных, так и зарубежных экономистов [9-11]. Однако существующие средства математического и информационного обеспечения управления проектами не позволяют в полной мере учесть особенности инновационной сферы, связанные с высоким уровнем неопределенности этого вида деятельности, что делает актуальным развитие специализированного методологического аппарата поддержки принятия управленческих решений в рассматриваемой предметной области.

МЕТОДОЛОГИЯ

Целью исследования является разработка и обоснование процедуры нечеткой темпоральной периодизации в рамках управления временем (time management) инновационных проектов.

Как правило, в качестве основных компонентов управления временем проекта (project time management) рассматриваются управленческие процессы П1, П3, П5, П6 (рисунок 1).

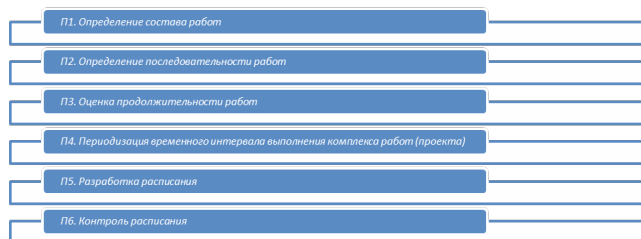


Рисунок 1 – Процессы управления временем проекта

Предлагаемое добавление в общую схему управления временем проекта дополнительного процесса П4. «Периодизация временного интервала выполнения комплекса работ (проекта)» дает возможность не только сгруппировать по времени отдельные виды работ (для их обобщенного анализа), но и позволяет учесть возможные изменения внешних условий (а значит, и внутренние цели и задачи проекта) в разные периоды выполнения проекта, что является характерным для инновационных проектов (при значительной длительности проектов или при высокой волатильности рынка инновационных продуктов).

Специфика инновационной деятельности (высокий уровень неопределенности) обусловила выбор методологического аппарата теории лингвистических переменных [12] и применение экспертных технологий [13] для построения нечеткой периодизации инновационных проектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим временной интервал реализации инновационного проекта, виде числового отрезка $Time = [t_{нач}, t_{кон}]$ на оси времени R_+ . Периодизацией отрезка $Time$ на n этапов (периодов) назовем упорядоченную последовательность $t_0 = t_{нач}, t_1, t_2, \dots, t_n = t_{кон}$, где $t_{i-1} < t_i$ ($i=1, 2, \dots, n$).

Принадлежность момента времени t периоду $P_j = [t_{j-1}, t_j]$ (что формально записывается в виде $t \in P_j$) означает, что в этот момент времени актуальны условия реализации (а также цели, критерии, показатели), характерные для P_j . Однако, зачастую, особенности, присущие очередному периоду, в некоторой степени являются характерными для более широкого интервала времени (надпериода): $P_j \in P^+_{j-1}$, $P^+_{j-1} = [t_{j-1}, t^{++}_{j-1}]$, где $t^{++}_{j-1} < t_{j-1}$, $t_j < t^{++}_{j-1}$.

В то же время можно говорить о том, что некоторые

особенности периода не в полной мере характерны в начале (еще) и в конце (уже) рассматриваемого периода. В полной мере они характерны для более узкого интервала времени (подпериода): $P^-_j \in P_j$, $P^-_j = [t^{--}_{j-1}, t^{--}_{j-1}]$, где $t^{--}_{j-1} > t_{j-1}$, $t_j > t^{--}_{j-1}$.

Таким образом, понятие периода P_j может быть расширено до понятия обобщенного периода $\langle P^-_j, P_j, P^+_j \rangle$.

Необходимо отметить, что если границы периода, как правило, определяются в нормативной документации проекта, то нахождение параметров надпериода и подпериода требует проведения специальных исследований (например, с использованием экспертных технологий [13], что предполагает последующий анализ зависимости решений от возможных изменений суждений экспертов [14]). Диаграммы процессов определения параметров обобщенного периода (в нотации IDEF0), разработанные с использованием редактора диаграмм Ramus (свободное программное обеспечение) приведены на рисунке 1 (контекстная диаграмма) и рисунке 2 (диаграмма декомпозиции).

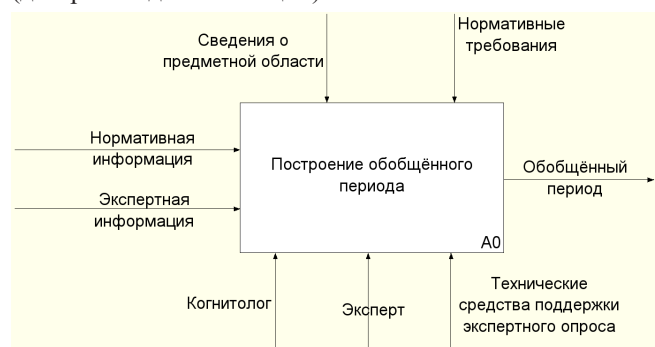


Рисунок 2 – Контекстная диаграмма процесса определения параметров обобщенного периода инновационного проекта (в нотации IDEF0)

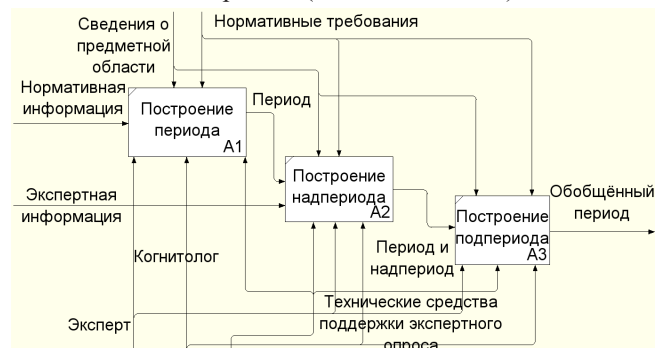


Рисунок 3 – Диаграмма декомпозиции процесса определения параметров обобщенного периода инновационного проекта (в нотации IDEF0)

Расширим понятие периода P_j до нечеткого периода \tilde{P}_j , представляющего собой нечеткое подмножество $\tilde{P}_j = \{(t, \mu_j(t)) \mid t \in R_+, \mu_j \in [0, 1]\}$, где функция принадлежности $\mu_j(t)$ – степень соответствия момента времени t расширенному понятию периода \tilde{P}_j . При этом надпериод, период и подпериод являются соответственно носителем, множеством α -уровня (при $\alpha = 0.5$) и ядром построенного нечеткого множества: $P^+_j = \text{supp}(\tilde{P}_j) = \{t \mid \mu_j(t) > 0\}$,

$$P_j = \tilde{P}_{j,0.5} = \{t \mid \mu_j(t) \geq 0.5\}, P^-_j = \text{core}(\tilde{P}_j) = \{t \mid \mu_j(t) = 1\}.$$

Предложенное нечеткое представление периода может быть использовано при построении лингвистического описания периодизации в рамках тайм-менеджмента инновационного проекта. Лингвистическую переменную, формально описывающую период, в соответствии с [12] представим в виде: $\langle \text{Period}, \{ \text{Period}_i, i=1, 2, \dots, n \}, \text{SintRule}, R, \text{SemRule} \rangle$, где Period – название линг-

вистической переменной; $\{Period_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ – множество базовых термов, соответствующих наименованиям периодов (множество вербальных значений лингвистической переменной); $SintRule$ – система правил построения термов на основе базовых термов и вербальных конструкций усиления и ослабления свойства («strongly», «weakly»); R_+ – универсальное множество (множество значений времени t); $SemRule$ – система правил, сопоставляющих термам их смысловые значения (семантика термов). При этом полагается, что семантические правила имеют вид: $SemRule = \langle (Period_i \otimes \tilde{P}_i), i = 1, 2, \dots, n \rangle$, т.е. каждому терму (наименованию периода) ставится в соответствие нечеткое множество (нечеткий период).

В теории лингвистической переменной рассматриваются различные типы функций принадлежности нечетких множеств, задающих семантику термов (например, треугольные, трапециевидные, сигмоидальные и т.д. [12]).

Однако их использование не позволяет удовлетворить соотношениям, связывающим надпериод, период и подпериод, что привело к необходимости введения нового битрапециевидного типа функций принадлежности (рисунок 4).

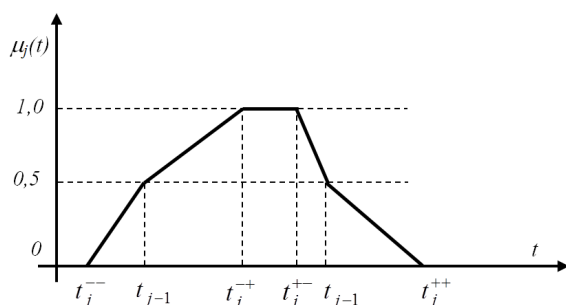


Рисунок 4 - Битрапециевидная функция принадлежности, соответствующая терму «j-ый период» проекта

Аналитическое представление битрапециевидной функции принадлежности имеет вид:

$$\mu_j(t) = \begin{cases} 0, & f \quad t < t_j^- \\ \frac{0,5}{t_{j-1}^- - t_j^-} \cdot t + \frac{-0,5 \cdot t_j^-}{t_{j-1}^- - t_j^-}, & f \quad t_j^- \leq t < t_{j-1}^- \\ \frac{0,5}{t_j^+ - t_{j-1}^-} \cdot t + \frac{0,5 \cdot t_j^+ - t_{j-1}^-}{t_j^+ - t_{j-1}^-}, & f \quad t_{j-1}^- \leq t < t_j^+ \\ 1, & f \quad t_j^+ \leq t < t_j^{++} \\ \frac{-0,5}{t_j^+ - t_j^{++}} \cdot t + \frac{t_j - 0,5 \cdot t_j^{++}}{t_j^+ - t_j^{++}}, & f \quad t_j^+ \leq t < t_j \\ \frac{-0,5}{t_j^{++} - t_j} \cdot t + \frac{0,5 \cdot t_j^{++}}{t_j^{++} - t_j}, & f \quad t_j \leq t < t_j^{++} \\ 0, & f \quad t_j^{++} \leq t \end{cases}$$

Из приведенной формулы видно, что терм $Period_j$ с битрапециевидной функцией принадлежности полностью описывается упорядоченным набором из шести параметров $T(Period_j) = \langle t_j^-, t_{j-1}^-, t_j^+, t_j^{++}, t_j, t_j^{++} \rangle$.

Таким образом, элементарной операцией по изменению рассматриваемого терма (нечеткого периода) является изменение значения одного из этих параметров на некоторую величину параметра сдвига по времени a (в пределах сохранения упорядоченности набора):

$$Oper^1(Period_j, a) = \quad (1)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^- + a, t_{j-1}^-, t_j^+, t_j^{++}, t_j, t_j^{++} \rangle$$

$$Oper^2(Period_j, a) = \quad (2)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^-, t_{j-1}^- + a, t_j^+, t_j^{++}, t_j, t_j^{++} \rangle$$

$$Oper^3(Period_j, a) = \quad (3)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^-, t_{j-1}^-, t_j^+ + a, t_j^{++}, t_j, t_j^{++} \rangle$$

$$Oper^4(Period_j, a) = \quad (4)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^-, t_{j-1}^-, t_j^+, t_j^{++} + a, t_j, t_j^{++} \rangle$$

$$Oper^5(Period_j, a) = \quad (5)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^-, t_{j-1}^-, t_j^+, t_j^{++}, t_j + a, t_j^{++} \rangle$$

$$Oper^6(Period_j, a) = \quad (6)$$

$$= Period_j^* : T(Period_j^*) = \langle t_j^-, t_{j-1}^-, t_j^+, t_j^{++}, t_j, t_j^{++} + a \rangle$$

Нетрудно видеть, что трансформация произвольно взятого нечеткого периода $Period_j$ в любой заданный нечеткий период $Period_j^*$ может быть достигнута последовательным применением указанных элементарных операций с величинами сдвига по времени равными разностям соответствующих параметров.

Набор термов $Period_i, i = 1, 2, \dots, n$, нечетко описывающих периодизацию проекта, семантически определяется набором битрапеций, как это представлено графически на рисунке 5.

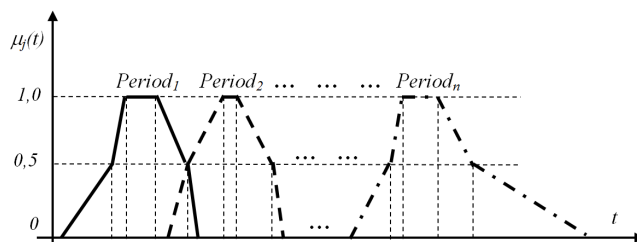


Рисунок 5 – Набор битрапеций, описывающий периодизацию проекта

Рассмотрим три вида трансформации заданной нечеткой периодизации:

1. Нечеткая периодизация при сохранении четкой периодизации $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$, а также времени начала и окончания проекта ($t_0 = t_{нач}$, $t_n = t_{кон}$): в этом случае для трансформации периодизации используются только операции (1), (3), (4), (6), применяемые к отдельным термам (нечетким периодам).

2. Нечеткая периодизация при возможном изменении длительностей отдельных периодов и общего временного интервала реализации инновационного проекта: для трансформации периодизации используются все рассмотренные операции (1) - (6), применяемые к отдельным нечетким периодам.

3. Нечеткая периодизация при возможном изменении длин отдельных периодов и общего временного интервала реализации, а также количества периодов. В этом случае необходимо дополнительно ввести элементарные операции над упорядоченными совокупностями термов (исключение последнего терма и добавление нового терма вслед за последним), имеющие вид:

$$Oper^7(\{Period_i, i=1,2,...,n;n>1\}) = \{Period_i, i=1,2,...,n-1\} \quad (7)$$

$$Oper^8(\{Period_i, i=1,2,...,n\}) = \quad (8)$$

$$=\{Period_i^* = Period_i, i=1,2,...,n; Period_{n+1}^* = Oper^{j-6}(Period_n, \alpha)\}$$

где $Oper^{j-6}(Period_n, \alpha)$ – операция, состоящая в последо-

вательном выполнении над термом $Period_n$ операций (1) - (6) с одним и тем же параметром сдвига по времени $a = t_n - t_{n-1}$. Нетрудно видеть, что, изменяя с использованием (возможно многократным) операций (7) (или (8)) можно довести число периодов до требуемого количества и, тем самым, свести рассматриваемый случай к предыдущему случаю.

ВЫВОДЫ

Выводы исследования. Предложенное нечеткое лингвистическое представление периодизации временного интервала выполнения проектов расширяет выразительные возможности традиционных средств описания, позволяя учесть высокий уровень неопределенности, характерный для инновационной деятельности. Формализация описания периодизации, состоящая в представлении периодов реализации проекта в виде термов лингвистической переменной (с использованием экспертных процедур определения параметров термов) и введении операций над термами (совокупностями термов), может служить основой алгоритмизации темпорального анализа при управлении временем (тайм-менеджменте) инновационных проектов.

Перспективы дальнейших изысканий в данном направлении. Развитие методологического аппарата темпоральной периодизации проектов может быть связано с переходом от задач анализа к задачам синтеза оптимальных (рациональных) периодизаций, например, на основе эволюционных процедур [15-17]. Другим направлением дальнейших исследований может быть применение построенных лингвистических переменных при организации нечеткого логического вывода [18] в рамках прогнозирования рисков при реализации инновационных проектов в будущие периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ваганов П.И. Теория и методология инновационного управления и управленческих инноваций. М.: Экономика, 2020. 303 с.
2. Фомина А.В., Балашиха К.В., Батьковский А.М. Управление инновационной деятельностью предприятий и отраслей. М.: ОнтоПринт, 2019. 232 с.
3. Трифонова Е.Ю., Туманов Н.С. Управление инновационным проектом как система управленческих функций. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 5(2). С. 227-231.
4. Акуляян О.С., Капинос Р.В. Инновационные подходы к развитию сельских территорий // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 3 (19). С. 50-60.
5. Балыбердин В.А., Белевцев А.М., Бендерский Г.П. Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента. М.: Дашков и К, 2019. 240 с.
6. Ломазов В.А., Нестерова Е.В. Критерии оценки социальных инвестиционных инновационных проектов в сфере здравоохранения. Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2013. № 8. С. 48.
7. Аксюта Ф.Н. Корпоративная система управления проектами - эффективный инструмент управления инновационной деятельностью предприятия. Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2017. № 4 (98). С. 33.
8. Романенко Н.Ю., Курашова С.А. Системно-синергетический подход к управлению реализацией инновационных проектов. Перспективы науки. 2018. № 3 (102). С. 59-63.
9. Kusterer D. J.; Schmitz P. W. The management of innovation: Experimental evidence. Games and Economic Behavior. 2017. v. 104. P. 706-725.
10. Maier D., Sven-Joachim I., Fortmuller A., Maier A. Development and operationalization of a model of innovation management system as part of an integrated quality-environment-safety system. Amfiteatru Economic 2017. V. 19. № 44. P. 302-314.
11. Damanpour F. Footnotes to research on management innovation. Organization Studies. 2014. 35(9), P. 1265-1285.
12. Zadeh L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Information Sciences. 1975. №1. P. 119-249.
13. Коробов В.Б. Теория и практика экспертных методов. М.: ИНФРА-М, 2019. 281 с.
14. Ломазов В.А., Михайлова В.Л., Петросов Д.А., Тюкова Л.Н. Методика вычислительных экспериментов по оценке устойчиво-

сти управленческих решений от изменений экспертных суждений. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5-3. С. 521.

15. Petrosov D.A., Lomazov V.A., Dobrunova A.I., Matorin S.I., Lomazova V.I. Large discrete systems evolutionary synthesis procedure. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12. № 2. P. 1767-1775.

16. Petrosov D.A., Lomazov V.A., Dobrunova A.I., Matorin S.I., Lomazova V.I. Evolutionary synthesis of large discrete systems with dynamic structure Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12. № 3. P.2971-2981.

17. Петросов Д.А., Ващенко Р.А., Здоровец Ю.И. Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы в задачах синтеза моделей больших систем. Белгород: БелГАСУ, 2019. 152 с.

18. Ланге Ф. Нечеткая логика. М.: Страта, 2018. 116 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00855

Статья поступила в редакцию 18.05.2020

Статья принята к публикации 27.08.2020