

УПРАВЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

DOI: 10.24143/2072-9502-2020-3-82-89

УДК 004.051

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕЦЕДЕНТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Р. С. Койнов¹, М. Ю. Гудков¹, А. С. Добрынин¹, М. В. Пургина²

¹ *Сибирский государственный индустриальный университет,
Кемеровская область, Новокузнецк, Российская Федерация*

² *Новосибирский государственный университет экономики и управления,
Новосибирск, Российская Федерация*

Рассматривается формальный подход к принятию управленческих решений на основе прецедентов и построению прецедентных систем управления. Говоря о прецеденте без привязки к конкретной предметной области, важно подчеркнуть, что речь идет о ретроспективном восстановлении определенных событий, полученного опыта и, возможно, принятии управленческих решений на их основе. Принятие решений в человеко-технических системах сопряжено со значительными трудностями. Эти трудности возникают как вследствие неопределенности, так и вследствие отсутствия опыта функционирования систем (принятия решений) в новых (изменяющихся) условиях. Как показывает практика, многие реальные сложные социально-технические системы функционируют в режиме одного дня (краткосрочное планирование и «ручное» управление), без опоры на предыдущий опыт, что в конечном итоге приводит к необходимости использования «ручного» управления в случае возникновения различных нестандартных ситуаций. Утверждается, что в любой социально-технической системе, особенно зависящей от «человеческого фактора», необходимо наличие основанной на знаниях системы управления, которая, с одной стороны, позволяет формализовать процесс принятия решений в целом, с другой стороны, снижает зависимость от знаний отдельных узких специалистов в предметной области. В определенной степени такие системы аккумулируют знания, тем не менее, очевидно, что существуют некие предпосылки (в том числе и внешние), при которых эти знания могут быть эффективно применены. Зачастую одних только знаний бывает недостаточно, необходим еще и опыт. Рассмотрены прецедентные системы принятия управленческих решений на основе факторно-доменной принципа классификации предметной области.

Ключевые слова: прецедент, прецедентный подход, управляющие воздействия, система управления, управленческие решения, человеко-технические системы, факторно-доменная классификация.

Для цитирования: *Койнов Р. С., Гудков М. Ю., Добрынин А. С., Пургина М. В.* К вопросу построения прецедентных систем управления // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 3. С. 82–89. DOI: 10.24143/2072-9502-2020-3-82-89.

Введение

Прецедентные механизмы управления являются современным способом построения систем принятия управленческих решений в сложных производственных, социально-экономических и организационных системах и являются развитием теории типопредставительных ситуаций (ТПС). В работах [1–3] предложено осуществлять накопление и использование опыта прогнозирования и принятия решений в системах управления в виде множества ТПС. При этом под

ТПС понимается совокупность структуры объекта, его информационного отображения, внешних и внутренних условий его функционирования, параметров каналов управления и контролируемых внешних воздействий, реализаций приведенных возмущающих воздействий, критериев эффективности управления.

Целью данной работы является исследование возможностей прецедентного подхода в управлении (на примере Кузнецкой ТЭЦ) для построения экспертных систем принятия управленческих решений.

В данной статье представлено практическое решение, которое позволяет адаптировать механизмы управления в условиях слабо формализованной модели объекта управления или объекта с переменной структурой. Рассматривается конкретная задача прецедентного управления, когда идентификация прецедентов выполняется в соответствии с факторами доменной классификации. Доменная классификация [4] подразумевает использование математического аппарата на основе теории подобия, который позволяет отделить конкретные прецеденты друг от друга с использованием механизма классификации, на основе метода отбора прецедентов.

Факторно-доменная классификация и прецедентный подход

Статья рассматривает вопросы принятия управленческих решений в системах с неполной информацией или функционирующих в условиях информационной неопределенности. Следует отметить, что такие системы в большинстве своем являются человеко-техническими, существенно нестационарными, самоорганизующимися, с изменяемой структурой и внешними воздействиями. Безусловно, одной из эффективных и долгосрочных стратегий их функционирования является стремление к снижению уровня неопределенности (так называемое «информационное» управление).

Функционирование сложных систем (многих систем) связано с рисками, причем с повышением сложности системы риски, как правило, возрастают, хотя эта зависимость выражена неявно. Источниками возникновения рисков в любых реальных системах зачастую являются время, деньги, информация и изменения (неопределенность) $\{\bar{T}, \bar{B}, \bar{Inf}, \bar{Ch}\}$, точнее, нехватка первых трех и интенсивность последнего. Для человеческих коллективов, занимающихся целенаправленной деятельностью, исключительную важность также составляют накопление знаний и диверсификация рисков при принятии решений, например, с использованием систем накопления знаний или прецедентных систем общего назначения.

Что касается принятия решений в условиях неопределенности (а точнее, оптимальности принятых решений), то на практике часто возникает проблема практической невозможности оценки их качества, т. к. прошлый опыт вообще не учитывается, знания не документируются или не передаются, в результате система в долгосрочной перспективе не развивается или деградирует. Фактически речь идет о качестве управления, т. к., по нашему мнению, управление без предыстории и анализа ранее реализованных решений – это управление низкого качества. Таким образом, представленный выше подход постоянно ориентирован на воспроизведение однотипных ошибочных сценариев в долгосрочной перспективе.

Наиболее подходящим методом для решения описанной проблемы мы считаем прецедентный подход в управлении, который основан на сохранении знаний и опыта принятия управленческих решений, принятых в прошлом. Рассмотрим структуру прецедентной системы управления, представленной в общем виде на рис. 1.

Одним из важнейших способов повышения эффективности управления в условиях неопределенности является целенаправленное изучение предметной области, окружающей обстановки и использование подсистем получения, обработки и хранения знаний, в том числе с использованием прецедентного подхода. Вынуждены отметить, что применение достаточно распространенного в последнее время математического аппарата, основанного на искусственных нейронных сетях, иногда создает на практике проблемы в связи с использованием громоздких моделей (однослойные, многослойные перцептроны), большими затратами времени на обучение и, как следствие, низкой производительностью конечных систем на больших объемах данных.

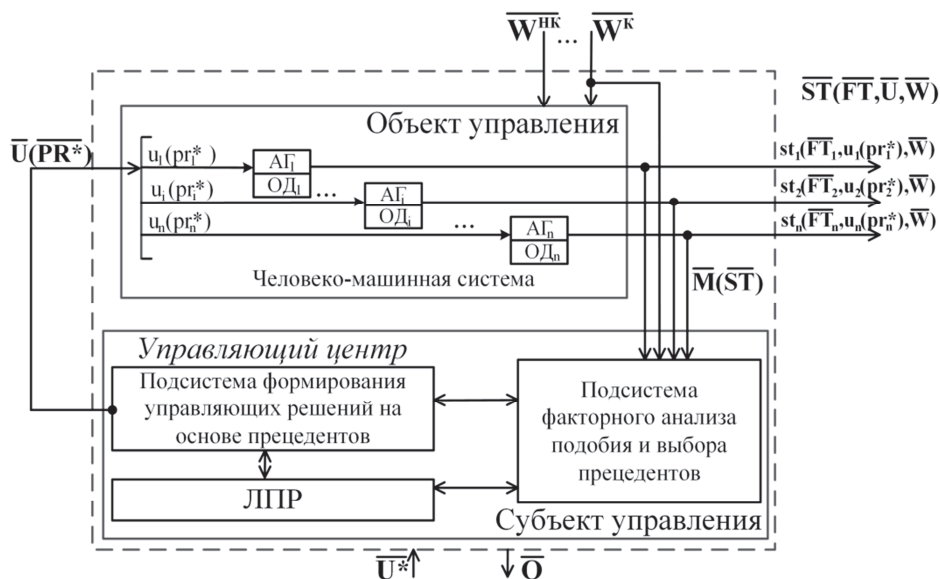


Рис. 1. Прецедентная система управления:

$АГ_1, \dots, АГ_i, \dots, АГ_n$ – агенты-исполнители прецедентного решения;

$ОД_1, \dots, ОД_i, \dots, ОД_n$ – объекты деятельности агентов; $\bar{U}(\bar{PR}^*)$ – множество прецедентных управляющих воздействий; $u_1(pr_1^*), \dots, u_i(pr_i^*), \dots, u_n(pr_n^*)$ – управляющие воздействия, формируемые на основе прецедентов; $\bar{ST}(\bar{FT}, \bar{U}, \bar{W})$ – ситуации, полученные в результате применения прецедентных управляющих воздействий; $\bar{M}(\bar{ST})$ – механизм оценки ситуации, в том числе с использованием элементов факторного подобия; \bar{O} – вектор отчетной информации; \bar{W}^K – контролируемые возмущающие воздействия (изменения на рынке товаров (услуг), в финансовой сфере и др.); \bar{W}^{HK} – неконтролируемые возмущающие воздействия; U^* – внешние управляющие воздействия; \bar{FT} – совокупность факторов, описывающих определенную ситуацию; \bar{U} – управляющие воздействия, формируемые субъектом (ЛПР); \bar{W} – вектор контролируемых (\bar{W}^K) и неконтролируемых (\bar{W}^{HK}) возмущающих воздействий

Дадим формальные описания базовых параметров факторно-доменной модели, используемой для построения систем поддержки принятия решений или экспертных систем в различных областях управления.

Фактор – параметр, влияющий на целевое состояние системы или текущую ситуацию, в которой находится система. Таким образом, определенная ситуация может быть описана группой (множеством), состоящей из нескольких факторов.

Домен – область определения (допустимых значений) конкретного фактора, которая ассоциируется с определенной конкретной ситуацией.

Приведем простейший практический пример использования факторно-доменной модели. Допустим, имеется автоматическая система, которая может находиться в устойчивом/неустойчивом состоянии. Как известно, система устойчива, по Михайлову или Найквисту, если годограф передаточной функции разомкнутой системы не охватывает на комплексной плоскости точку с координатами $(-1, j0)$ [5]. Таким образом, устойчивость или неустойчивость системы по факту может определяться группой факторов и их граничными значениями (доменная классификация). Современные системы представляют собой, как правило, сложные много-режимные объекты, на функционирование которых влияет множество разных причин (факторов), которые приводят к воспроизведению определенной наблюдаемой ситуации, которая может быть зафиксирована в прецедентной или экспертной системе поддержки принятия управленческих решений.

Рассмотрим разработанный нами в [4] унифицированный (обобщенный) принцип факторно-доменной классификации предметной области \overline{WP} или обстановки \overline{WO} , в основе которого заложены элементы теории подобия и нечетких множеств. В целях дальнейшей общности рассуждений будем полагать, что прецедент pr_i может быть ассоциирован с определенной ситуацией st_i для некоторой предметной области, обстановки или любой другой абстрактной укрупненной группы факторов $\{\overline{FT}_{gr}\}$. Другими словами, прецедент $pr_i \in \overline{PR}$ возникает в условиях некоторой изменяющейся ситуации $st_i \in \overline{ST}$ при определенных значениях внешних и внутренних факторов $\overline{ST} \equiv \overline{FT} = \{\overline{FT}^{in}, \overline{FT}^{out}\}$. Часто, не имея полной информации о конкретной ситуации (типичный для практики случай), можно принять решения, опираясь на характерные признаки – факторы, по сути.

Представим, что ситуация ассоциируется с набором ключевых факторов $\{\overline{FT}_1^k, \overline{FT}_2^k, \overline{FT}_n^k\}$. Допустим, есть набор прошлых ситуаций, к примеру для некоторой организации $ft_j \in \overline{FT}_1$, определенной сферы деятельности $ft_l \in \overline{FT}_2$, масштаба $ft_m \in \overline{FT}_3$, были выполнены в прошлом работы по внедрению типового решения от компании IC: «Управление торговлей» $ft_f \in \overline{FT}_4$, с описанием основных этапов и технологической последовательности действий. Очевидно, этот опыт можно использовать и в будущем, если в другой похожей организации (по составу, структуре, масштабу) необходимо будет внедрить то же самое или подобное реализованному ранее типовое решение. Решить подобную задачу сможет даже неопытный сотрудник, если он найдет в базе знаний прецедент из прошлого, актуализирует технологическую инструкцию, пошагово выполнит те же действия, которые выполнял более опытный сотрудник.

Пусть имеются симметричные по диагонали квадратные матрицы $\overline{M\Pi}[ft_{mn}, ft_{mn}]$ относительного подобия для каждого фактора, где для столбцов и строк откладываются конкретные доменные классификаторы в пространстве фактора (допустим, названия организаций или оборудования), а в ячейках – численные величины относительной безразмерной шкалы, которые характеризуют «степень подобия» значений одного фактора. Используем модифицированный метод парного сравнения Т. Саати, основным отличием которого от оригинального является использование коэффициентов подобия в матрице парных сравнений вместо весовых коэффициентов. Значения в ячейках задаются не в абсолютном, а в относительном виде (приведены к безразмерной шкале). Значения в ячейках матрицы подобия представляют собой процентные значения (или в долях единицы), которые задают степень подобия одного фактора другому (определяется на этапе активной или пассивной экспертизы или вводится лицом, принимающим решения). На практике рекомендуется использовать следующие диапазоны шкалы относительного подобия:

1. Диапазон 0–20 % (0–0,2). Отсутствие подобия между элементами в доменном факторном пространстве.
2. Диапазон 20–40 % (0,2–0,4). Незначительное подобие между элементами в доменном факторном пространстве.
3. Диапазон 40–60 % (0,4–0,6). Слабо выраженное подобие между элементами в доменном факторном пространстве.
4. Диапазон 60–80 % (0,6–0,8). Средняя степень подобия между элементами в доменном факторном пространстве.
5. Диапазон 80–95 % (0,8–0,95). Высокая степень подобия между элементами в доменном факторном пространстве.
6. Диапазон 95–100 % (0,95–1). Элементы практически идентичны.

Формализованная процедура выбора прецедента из библиотеки прецедентов с учетом факторного анализа представлена выражением

$$\text{Dom}(pr_j) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \left(1 - m_i [ft_i^{BS}, ft_i^{PR}] \right) \leq \varepsilon; \tag{1}$$

$$\begin{cases} \text{Dom}(pr_j) \geq \varepsilon \Rightarrow \text{сохранение прецедента } pr_j; \\ \text{Dom}(pr_j) < \varepsilon \Rightarrow \text{извлечение прецедента } pr_j, \end{cases}$$

где $\text{Dom}(pr_j)$ – численная оценка прецедента в разрезе факторного анализа; α_i – коэффициент важности i -го фактора; N – количество факторов; m_i – матрица относительного подобия факторов; ft_i^{PR} – значения i -го фактора нового прецедента pr_j ; ft_i^{BS} – значения i -го фактора, ранее сохраненного в библиотеке прецедентов BS; ε – граничное значение.

Неформально смысл выражения (1) можно пояснить следующим образом: в библиотеке прецедентов уже имеются конкретные описания прецедентов и перечень значений ассоциированных с ними факторов ft_i^{BS} . Когда поступает новый прецедент, он описывается вектором ft_i^{PR} , впоследствии оценивается его подобие ранее сохраненным в библиотеке прецедентам с использованием матрицы подобия $m_i [ft_i^{BS}, ft_i^{PR}]$. Если численная оценка прецедента больше (либо равна) граничного значения ε , то информация о прецеденте сохраняется в библиотеке прецедентов, иначе происходит извлечение информации о подобном прецеденте.

Прецедентный цикл принятия решений показан на рис. 2.

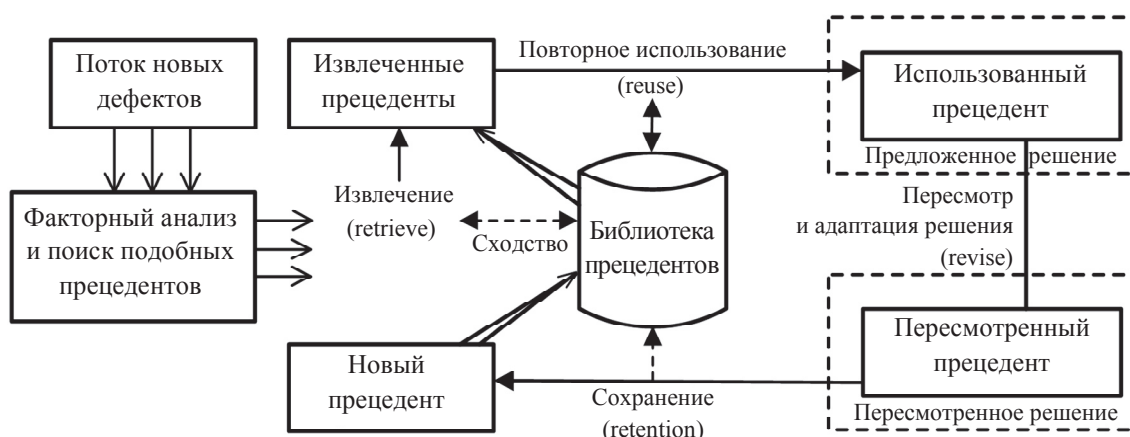


Рис. 2. Общая схема применения прецедентного подхода

Рассмотрим конкретный пример. Допустим, используется прецедентная система управления в условиях конкретной ТЭЦ, когда возникающие неисправности можно ассоциировать с котельными агрегатами (КА), оборудованием и типовыми признаками неисправностей. Допустим, в ТЭЦ используется четыре котельных агрегата (КА1–КА4), из которых подобными являются первый и третий, а также второй и четвертый агрегаты. Пример матрицы относительного подобия для четырех КА приведен в табл. 1.

Таблица 1

Матрицы относительного подобия для четырех котельных агрегатов ТЭЦ

$\overline{m}_i [ft_i, ft_i]$	КА1	КА2	КА3	КА4
КА1	1	0,64	0,94	0,55
КА2	0,64	1	0,55	0,86
КА3	0,94	0,55	1	0,66
КА4	0,55	0,86	0,66	1

Пример использования прецедентного подхода для ведения журнала дефектов ТЭЦ

Рассмотрим применение на практике прецедентного подхода по отношению к ведению журнала дефектов ТЭЦ в условиях ООО «Кузнецкая ТЭЦ». Ежедневная эксплуатация ТЭЦ связана с непрерывающимся потоком дефектов, которые возникают в связи с технологическими режимами работы, рабочими нагрузками, условиями эксплуатации и прочими факторами. Для начала рассмотрим использование прецедентного цикла, с конкретизацией для журнала дефектов ТЭЦ.

К основным ключевым факторам, в рамках которых осуществляется прецедентное управление на примере журнала дефектов, относятся такие основные группы признаков ситуации, как укрупненная технологическая группа, котлоагрегат, технологический узел, оборудование, текущий режим работы, типовой дефект. Рассмотрим пример многофакторной таблицы для журнала дефектов (табл. 2).

Таблица 2

Пример использования прецедентного подхода для ведения журнала дефектов ТЭЦ

Укрупненная группа	Котлоагрегат	Технологический узел	Оборудование	Текущий режим работы	Типовой дефект
Автоматизация	Котел1	Пылесборник	Расходомер	Штатный	Засор
		Горелка	Датчик СО		Нет сигнала
КИП	Котел1	Система нагрева	Распределитель	Запуск	Нагрев
Датчики	Котел2	Барабан	Вал барабана	Штатный	Ошибка
	Котел3		Конвейер		
	Котел7	Горелка	Корпус		Нет сигнала

Когда новый дефект поступает на вход системы прецедентного управления, фиксируются текущие параметры среды (внешней и внутренней), которые способствовали его возникновению. Осуществляется семантический поиск записей в базе данных прецедентов, с опорой на принцип подобия текущей ситуации и того, что было в прошлом. С каждой записью в базе данных также соотносится идентификатор прецедента, его название, развернутая технологическая инструкция по устранению проблемы. Семантический поиск подобных прецедентов, которые похожи (подобны по ряду признаков) на текущий случай, производится с использованием правила выбора прецедента, представленного выражением (1).

В случае отсутствия определенных факторных элементов в базе прецедентов система управления прецедентами должна уметь распознавать данную ситуацию и информировать пользователя о ее наступлении. Таким образом, по мере функционирования сложной системы прецедентная система управления аккумулирует большие объемы информации.

Заключение

Рассмотрены вопросы построения унифицированных систем управления на основе прецедентного подхода, который позволяет сократить время, затрачиваемое на принятие управленческих решений для систем разного масштаба. Рассматривается как применение прецедентного подхода в общем, так и при управлении журналом дефектов ТЭЦ.

Предложен новый подход к построению прецедентных систем управления с использованием факторной идентификации и динамического подобия. К новым элементам рассматриваемой системы относится относительная шкала попарного факторного подобия, что позволяет работать с различными доменными понятиями различных предметных областей, в рамках которых работают прецедентные системы управления.

В настоящее время система управления прецедентов внедряется в условиях ООО «Кузнецкая ТЭЦ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев В. П., Карташов В. Я. и др. Виды типопредставительств в задачах исследования и управления. Кемерово: Изд-во КемГУ, 1984. 91 с.
2. Емельянов С. В., Коровин С. К., Мышляев Л. П. и др. Теория и практика прогнозирования в системах управления. Кемерово; М.: Изд. объедин. «Российские университеты», 2008. 487 с.

3. Мышляев Л. П. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: моногр.: в 3 т. Новосибирск: Наука, 2006. Т. 2: Системы автоматизации производственного назначения. 483 с.
4. Добрынин А. С., Койнов Р. С., Кулаков С. М., Гудков М. Ю. О доменной (ситуационной) идентификации сложных нестационарных технологических объектов // Кибернетика и программирование. 2018. № 4. С. 52–59. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.4.26861.
5. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учеб. для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2004. 400 с.

Статья поступила в редакцию 15.11.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Койнов Роман Сергеевич – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем, ведущий специалист по информатизации отдела системных и сетевых технологий; koynov_rs@mail.ru.

Гудков Михаил Юрьевич – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем; 22goodkoff@gmail.com.

Добрынин Алексей Сергеевич – Россия, 654007, Новокузнецк; Сибирский государственный индустриальный университет; старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем; serpentfly@mail.ru.

Пургина Марина Владимировна – Россия, 630099, Новосибирск; Новосибирский государственный университет экономики и управления; доцент кафедры информационных технологий; pur-11@yandex.ru.



TO PROBLEM OF BUILDING PRECEDENT MANAGEMENT SYSTEMS

R. S. Koynov¹, M. Yu. Gudkov¹, A. S. Dobrynin¹, M. V. Purgina²

¹ Siberian State Industrial University,
Kemerovo region, Novokuznetsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University of Economics and Management,
Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. The article describes a formal approach to making managerial decisions based on precedents and building case management systems. Speaking of a precedent without reference to a specific subject area, it is important to emphasize that we are talking about a retrospective restoration of certain events, gaining experience, and possibly making managerial decisions similar to those that have been observed in the past. Decision making in human-technical systems is fraught with significant difficulties. These difficulties arise both as a result of uncertainty and the lack of experience in the functioning of systems (decision making) in new (changing) conditions. As practice shows, many real complex socio-technical systems operate in one day mode (short-term planning and manual control), without relying on previous experience, which ultimately leads to the need to use manual control in case of any emergency situations. It has been emphasized that in any socio-technical system that depends on the human factor, a knowledge-based management system is necessary, which, on the one hand, allows formalizing the decision-making process as a whole, and, on the other hand, reduces the dependence on the knowledge of individual narrow specialists in the subject area. To a certain extent, such systems accumulate knowledge; nevertheless, it is obvious that there are certain prerequisites (including external ones) under which this

knowledge can be effectively applied. Often knowledge alone is not enough, experience is also needed. There have been considered the precedent decision-making systems based on the factor-domain principle of the subject area classification.

Key words: precedent, precedent approach, control action, management decisions, human-technical systems, factor-domain classification.

For citation: Koinov R. S., Gudkov M. Yu., Dobrynin A. S., Purgina M. V. To problem of building precedent management systems. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2020;3:82-89. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-3-82-89.

REFERENCES

1. Avdeev V. P., Kartashov V. Ia. i dr. *Vidy tipopredstavitel'stv v zadachakh issledovaniia i upravleniia* [Types of representative offices in research and management problems]. Kemerovo, Izd-vo KemGU, 1984. 91 p.
2. Emel'ianov S. V., Korovin S. K., Myshliaev L. P. i dr. *Teoriia i praktika prognozirovaniia v sistemakh upravleniia* [Theory and practice of forecasting in control systems]. Kemerovo; Moscow, Izd. ob"ed. «Rossiiskie universitety», 2008. 487 p.
3. Myshliaev L. P. *Sistemy avtomatizatsii na osnove naturno-model'nogo podkhoda: monografiia: v 3 t.* [Automation systems based on full-scale model approach: monograph: in 3 volumes]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2006. Vol. 2: Sistemy avtomatizatsii proizvodstvennogo naznacheniiia. 483 p.
4. Dobrynin A. S., Koinov R. S., Kulakov S. M., Gudkov M. Iu. O domennoi (situatsionnoi) identifikatsii slozhnykh nestatsionarnykh tekhnologicheskikh ob"ektov [On domain (situational) identification of complex non-stationary technological objects]. *Kibernetika i programmirovaniie*, 2018, no. 4, pp. 52-59. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.4.26861.
5. Rotach V. Ia. *Teoriia avtomaticheskogo upravleniia: uchebnyk dlia vuzov* [Theory of automatic control: textbook for universities]. Moscow, Izd-vo MEI, 2004. 400 p.

The article submitted to the editors 15.11.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Koynov Roman Sergeevich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberian State Industrial University; Senior Lecturer of the Department of Automation and Information Systems, Leading Information Specialist of the Department of System and Network Technologies; koynov_rs@mail.ru.

Gudkov Mikhail Yurievich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberian State Industrial University; Senior Lecturer of the Department of Automation and Information Systems; 22goodkoff@gmail.com.

Dobrynin Alexey Sergeevich – Russia, 654007, Novokuznetsk; Siberian State Industrial University; Senior Lecturer of the Department of Automation and Information Systems; serpentfly@mail.ru.

Purgina Marina Vladimirovna – Russia, 630099, Novosibirsk; Novosibirsk State University of Economics and Management; Assistant Professor of the Department of Information Technologies; pur-11@yandex.ru.

