

8. *Nissen M., Kamel M., Sengupta K.* Integrated Analysis and Design of Knowledge Systems and Processes, *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, Jan.1, 2000, Vol. 13, Issue 1, pp. 24-42. Available at: <http://www.igi-global.com/article/integrated-analysis-design-knowledge-systems/1206/>.
9. *Bullinaria J.A.* IAI: Expert Systems, *Official site*: U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information, 2013. Available at: <http://www.osti.gov/eprints/topicpages/documents/record/832/1522968.html>.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Н. Гуда.

Целых Александр Николаевич – Южный федеральный университет; e-mail: ant@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +79185562047; кафедра ИАСБ; д.т.н.; профессор.

Сергеев Николай Евгеньевич – кафедра ИАСБ; д.т.н.; профессор.

Целых Лариса Анатольевна – Таганрогский институт им. А.П. Чехова (филиал) Ростовского государственного экономического университета (РИНХ); e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 347936, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48; тел.: +79897207928; кафедра менеджмента; доцент; к.э.н.

Стаханов Дмитрий Викторович – e-mail: diass71@rambler.ru; тел.: +79889522198; кафедра менеджмента; зав. кафедрой; д.э.н.

Tselykh Alexander Nikolaevich – Southern Federal University; e-mail: ant@sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185562047; the department IASB; dr. of eng. sc.; professor.

Sergeev Nikolay Evgenievich – the department IASB; dr. of eng. sc.; professor.

Tselykh Larisa Anatolievna – Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics; e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 48, Initsiativnaya street, Taganrog, 347936, Russia; phone: +79897207928; the department of management; cand. of ec. sc.; associate professor.

Stahanov Dmitriy Viktorovich – e-mail: diass71@rambler.ru; phone: +79889522198; the department of management; head of department; dr. of ec. sc.

УДК 004.891.2

А.Н. Целых, Л.А. Целых

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ, АДАПТИРОВАННАЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ*

Рассматривается модификация функциональной структуры системы извлечения знаний экспертной системы (ЭС) с целью достижения доступности пользовательских функций, достижения достаточного уровня компетентности и надежности базы знаний, а также способности принятия управленческих решений в ЭС на основе кластеризации проблемного поля менеджмента и создания банка данных. Целью исследования является выработка подходов к формированию структуры модуля извлечения знаний в ЭС, предназначенной для управления бизнесом с учетом специфики предметной области менеджмен-

* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 13-02-00198.

та. Проведен краткий обзор исследований, посвященных проблемам развития и продвижения ЭС, выявлению причин неудач их использования и распространения. Для эффективного применения ЭС, основанных на нечеткой логике, для решения управленческих задач менеджмента предлагается выделить в отдельный этап исследование предметной области – управленческих задач менеджмента – с целью поиска, выявления и стандартизации проблем. Приведена схема первичной кластеризации проблемного поля менеджмента на основе функциональных областей управления и функционального разделения труда. Также в целях адаптации ЭС к использованию в среде малого бизнеса необходимо создать банк стандартных, наиболее часто встречающихся управленческих задач, решаемых с применением методов нечеткой логики, которая и будет являться инструментарием поддержки принятия решений в управлении бизнесом. Предлагаемый подход адаптирует базу знаний экспертной системы к уровню знаний пользователя и представляет актуальную и доступную информацию для принятия быстрых и эффективных решений и бизнес-аналитики.

Экспертные системы; функциональная структура модуля извлечения знаний; банк данных; кластеризация проблемного поля менеджмента.

A.N. Tselykh, L.A. Tselykh

FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE SYSTEM OF KNOWLEDGE EXTRACTION IN EXPERT SYSTEMS ADAPTED FOR THE SOLUTION OF APPLIED MANAGEMENT PROBLEMS

In this paper we propose a modification of the functional structure of the system of knowledge extraction in the expert system (ES) in order to achieve the availability of user-defined functions, a sufficient level of competence and reliability of the knowledge base, and capacity for decision making in ES based on clustering the domain areas of management and creating the data bank. The aim of the study is to work out approaches to the formation of the structure of the module of knowledge extraction in ES designed for business management with specific subject area management. We give an overview of the studies on the development and promotion of ES, the identification of the causes of their use and dissemination. For effective application of the ES based on fuzzy logic and to solve management problems of management, we propose to allocate in a separate step the study of the subject area management objectives of management with the purpose of searching, identifying and standardizing them. We provide the scheme of the primary clustering of the domain area of management on the basis of the functional areas of management and functional division of labour. To adapt ES for use in small businesses, it is necessary to create a bank of standard, most common management tasks solved with the use of fuzzy logic methods which will be the tools of decision support in business management. The proposed approach adapts the knowledge base of the expert system to the level of knowledge of the user and provides relevant and available information for quick and effective solutions and business intelligence.

Expert systems; functional module structure of knowledge extraction; data bank; clustering of the domain area of management.

Введение. Постановка проблемы. Предлагается модификация функциональной структуры системы извлечения знаний в экспертной системе (ЭС) поддержки принятия управленческих решений в среде малого бизнеса.

Целью исследования является выработка подходов к формированию структуры модуля извлечения знаний в ЭС, предназначенной для управления бизнесом с учетом специфики предметной области менеджмента.

Данное исследование направлено на решение проблемы *создания инструментария* поддержки процесса принятия решений в менеджменте на основе методов нечеткой логики, обеспечивающих эффективность принимаемых решений и повышение устойчивости функционирования малых и средних предприятий в условиях неопределенности. Областью знаний, в которой предлагается применение

экспертных систем на основе нечеткой логики, является менеджмент предприятий малого и среднего бизнеса. Применение моделей и методов решения задач с применением нечеткой логики предопределено объективными реалиями существования предприятий в условиях неопределенности, нечеткости исходных данных и сложной пространственно-временной обстановки.

Новизна подхода заключается в адаптации функциональной структуры модуля извлечения знаний ЭС для достижения достаточного уровня компетентности и надежности базы знаний, а также способности принятия управленческих решений в ЭС на основе кластеризации проблемного поля менеджмента.

Функциональная структура системы извлечения знаний ЭС. В математике вычисление какой-либо величины является самостоятельной целью решения. Применение экспертных систем (ЭС) для поддержки принятия управленческих решений имеет своей целью собственно принятие решения на основе некоторых вычисленных значений целевой функции (атрибута-консеквента). То есть вычисление некоего значения становится одним из оснований принятия управленческого решения.

Такая постановка цели проектирования ЭС предполагает изменение статуса системы логического вывода: перевод его из центрального и конечного блока в рядовой промежуточный. Применение механизма нечеткой логики является инструментом, помогающим решить основную задачу – принятие управленческого решения. При этом основными блоками ЭС становятся блоки, владеющие знаниями в предметной области [1]. По мнению специалистов в области искусственного интеллекта, эффективность экспертных систем определяется не столько формальными схемами логического вывода, сколько знаниями экспертов предметной области, которые удалось «выявить» и «перенести» в компьютер (Гаврилова, Хорошевский, 2001) [2].

В процессе приобретения знаний выделяются два этапа: этап извлечения знаний и его структурирования (концептуального анализа). Под извлечением экспертных знаний (knowledge elicitation) понимается процедура взаимодействия инженера по знаниям с экспертом, в результате которой становятся явными процесс рассуждений специалистов при принятии решений и структура их представлений о предметной области. При этом эксперт должен обладать знаниями, опытом и компетентностью, составляющими понятие «экспертность» (expertise), применяемое в инженерии знаний. В основе высокого уровня работы людей-специалистов лежит некий набор качеств, в том числе обширные познания в той или иной области, эвристические правила, упрощающие и улучшающие подходы к решению задач, метазнания и метасознание, а также «компилированные» формы поведения (навыки), обеспечивающие большую экономию при высококвалифицированной работе (Хейес-Рот, Уотерман, Ленат, 1987) [2].

Специалистами выделено, как минимум, пять причин неудач использования и распространения большинства экспертных систем (O'Neil, 1989), в том числе недостаточность пользовательского участия в проекте (Rees, 1996), методов и техник структурирования и организации приобретения знания (McGraw & Harbison-Briggs, 1989), проблемы коммуникации между инженером по знаниям и экспертом предметной области (O'Neil, 1989; Jeng, Lieng & Hong, 1996), неправильный выбор кандидатов для извлечения знания (Stein, 1993], невыполнение проверки и валидации (O'Leary, 1990; O'Keefe, Balci & Smith, 1990; Vanthienen & Robben, 1993). В исследованиях Tsai и др. (1994) представлен список из одиннадцати главных областей, связанных с проблемами развития и продвижения ЭС. Из них выделены три области, которые порождают наибольшее количество проблем: объединение обработки данных в пределах существующей окружающей среды (47 %), сопротивление изменениям (43 %), поиск ключевых сторон проектирования ЭС (40 %). Самыми слабыми

ми местами, препятствующими развитию ЭС, являются недостаточность управленческой поддержки (23 %) и пользовательского вовлечения (19 %), проблемы поиска инженеров по знаниям (20 %) и адекватных экспертов в предметной области (16 %). Самой же трудной задачей в развитии ЭС ученые поставили осуществление её проверки и валидации.

В научной литературе имеется довольно большое количество исследований психологического и психолингвистического порядка, касающихся проблем и техники извлечения знаний. В основном, в научных исследованиях решался следующий круг вопросов: (1) понимание природы экспертности (Broadbent et al., 1986; Nisbett, Wilson, 1977); (2) специфика практического мышления и применения теоретических знаний на практике (Секей, 1965; R.K. Wagner и R.J. Sternberg, 1986; Корнилов, 1997); (3) система обработки информации человеком (Atkinson R.L., Atkinson T.G., Smith, Bern, 1993; Миллер, 1964; Simon, 1974; Грановская, 1974); (4) поведение человека при решении профессиональных задач (R. Glasek, 1984; Simon D.P., Simon H.A., 1978), (5) взаимосвязь естественного языка и мыслительного процесса человека (Kihlstrom, 1987; Nisbett, Wilson, 1977); (6) проблемы словесного выражения знания (Кук, Макдональд, 1986; Collins, 1985; Гельфанди др., 1988); (7) сущность профессионального опыта (Кук, Макдональд, 1986).

Вышеупомянутые исследования позволяют констатировать ряд явлений, наблюдаемых при работе с экспертами и оказывающих существенное влияние на процесс извлечения знаний. С учетом данных эффектов в рамках инженерии знаний создаются методы извлечения знаний (knowledge elicitation techniques), необходимые при взаимодействии инженера по знаниям с экспертом (процедуры, формы и т.д.), разрабатываются техники извлечения знаний в целях обеспечения выбора наиболее соответствующей и правильной [2, 3]. Из них основными являются: интервьюирование, наблюдение (Olson & Rueter, 1987); анализ протоколов (Wolfgram, Dear & Galbraith, 1987); структурированные и неструктурированные интервью, моделирование, использование сценариев, разбор примеров «трудных случаев» (Fellers, 1987); наблюдение за экспертом в действии, неструктурированное и структурированное извлечение (интервью), составление когнитивных карт, формальный анализ области (Byrd, Cossick and Zmud's, 1992). Keyes (1989) отметил, что не существует единственно правильной и лучшей техники. Byrd, Cossnick & Zmud (1992) и Fellers (1987) соглашались, что лучше использовать несколько методов в определенной комбинации в зависимости от специфики экспертного поля (Niederman, 1996).

При этом процесс интервью остается наиболее часто используемой техникой для извлечения знаний экспертов (Смит, 1996) [2]. В обзоре, проведенном Smith, Rose & Awad (1994), показано, что 77 % систем, основанных на знаниях, были созданы при использовании методов интервью. Fujihara и др. (1997) отметил, что интервьюирование продолжает быть первичным методом приобретения опытного знания, требует небольшого оборудования и может обеспечить значительный объем знания, но требует достаточно квалифицированного инженера по знаниям. В данных исследованиях отмечается необходимость разработки инструментария, компьютеризирующего извлечение и осмысление знаний в целях дальнейшей структуризации знаний. В исследованиях показано, что такой инструмент мог приобрести новое знание в приблизительно половину времени для ручного процесса и что число компонентов такого знания приблизительно в четыре раза больше. Однако Jeng & Hong (1996) отмечали, что предлагаемые автоматизированные подходы, использующие интерактивные методы индукции, имеют недостаточный функционал прикладного применения (примеров) для адекватного применения на практике.

Кроме того, было замечено, что использование единственного эксперта для извлечения знаний, как в самых ранних ЭС (O'Neil & Morris, 1989), имеет свои существенные недостатки. Область экспертизы для каждого эксперта может быть ограничена его собственной предметной областью и, если область эксперта не покрывает границ проблемы, то могут появиться неправильные решения [3]. В дополнение к этому, наличие в эксперте некоторой доли самоуверенности или невежества может также привести к ошибкам. Для решения данной проблемы предлагается формирование команды экспертов (Hwang, 1994, Money & Harrald, 1995, Liou, 1999, F.W. Nasuti, 2000). В этом случае могут быть достигнуты такие положительные эффекты, как определенная (высокая) степень уверенности в полноте извлеченной базы знаний, получении специализированных знаний в подобластях проблемы, качестве приобретенного знания, понимании области знания через обсуждение, дебаты и обмен гипотезами между членами опытной команды и в получении синергетического эффекта, так как приобретенное знание от группы больше чем сумма знания от каждого человека [3]. Данный подход предполагает использование соответствующих инструментов и информационных технологий.

Большое внимание в научных исследованиях уделено структурированию знаний. На этой стадии формируется обобщенная структура знаний для конкретной проблемы предметной области на основе выявления связей и отношений между понятиями и их атрибутами в виде динамической модели (иерархическое представление, стратификация, анализ цепочек рассуждений, выработка правил принятия решений, формирование поля знаний) [2, 4, 5].

Также большое количество исследований касается структуры построения блоков извлечения и представления знаний, моделированию баз знаний в информационных экспертных системах, их онтологии и семантики [2].

Как известно, выделяют пять стадий жизненного цикла приобретения знаний: идентификацию, концептуализацию, формализацию, реализацию и тестирование (Fujihara, Simmons, Ellis & Shannon, 1997). Последняя включает процессы проверки и валидации. Проверки на непротиворечивость и полноту ЭС исключают неполадки технического (математического) порядка в экспертном процессе, валидация анализирует базу знаний на способность принятия решения ЭС по содержанию, уровню компетентности и надежности результата. Валидация обращается к построению правильной системы, т.е. доказывает, что система выполняет экспертизу с приемлемым уровнем точности. Проверка отсылает к «правильному» построению системы, т.е. доказывает, что система правильно осуществляет свои спецификации (O'Keefe, Balci, и др., 1990). ЭС может выполнять свои спецификации (не содержать противоречий и отсутствия некоторых данных), но выдавать неправильный результат (не валидирована).

Данный процесс является ключевой проблемой использования ЭС для применения в реальных условиях, требующих высокой степени надежности (Motoda, Mizoguchi, Boose & Gaines, 1991).

В основном, исследования процессов по извлечению знаний начинаются с рассмотрения этапа непосредственного решения имеющейся проблемы средствами ЭС [3,6,7]. То есть рассматривается стадия, когда уже имеется некая проблема (задача) и необходимо выявить у эксперта логику, правила и приемы её решения. Описание процесса извлечения знаний начинается с формирования запроса и формулирования цели. Таким образом, под идентификацией проблемы понимается не собственно выявление проблемы, а её структурирование, отнесение к тому или иному типу, классу и т.п., формулировку и формализацию задач, подлежащих решению.

Такая постановка процесса извлечения знаний требует хорошо организованной производственной структуры организации с высококвалифицированными сотрудниками. При этом они должны обладать не только достаточным профессиональным опытом, но и аналитическими способностями, а также экспертными знаниями в профессиональной области. Такие работники, наверное, имеются, но их крайне мало. А в среде малого бизнеса – единицы. Представляется, что такого уровня квалифицированные работники должны быть аудиторами в своей профессии. Однако профессиональных аудиторов готовят только в сфере финансов и бухгалтерского учета, а также в управлении качеством. Должности экспертов имеются в научных и образовательных кругах, а также в контролирующих органах. В коммерческих организациях такие должности в основном сконцентрированы в области финансового контроля. Поэтому поиск эксперта предметной области является весьма проблематичной задачей в существующих реалиях.

На наш взгляд, для эффективного применения ЭС, основанных на нечеткой логике, для решения управленческих задач менеджмента необходимо выделить в отдельный этап исследование предметной области – управленческих задач менеджмента – с целью поиска, выявления и стандартизации проблем. Особенно такой подход может быть актуален для менеджмента малого бизнеса в силу его квалификации и отсутствия необходимой экспертности.

В настоящее время фиксируется всплеск интереса к ЭС на основе нечеткой логики. Создаются экспертные системы, использующие нечеткую логику, предназначенные для решения определенных управленческих задач в отдельных функциональных областях менеджмента. Но в целом, и сегодня продолжается подход в виде так называемой «ad hoc» технологии – технологии, применительно к случаю. Имеются разрозненные исследования, предлагающие решение отдельных управленческих проблем менеджмента. В основном это банковские задачи (выдача кредита, кредитоспособность заемщика и т.п.) и некоторые отраслевые производственные задачи, как правило, с участием технологических систем [4, 8]. Подобные разработки ведутся в научных коллективах и отражаются в полном объеме только в научных отчетах. В то же время соответствующей литературы или руководств по численным методам реализации моделей принятия решений на базе теории нечетких множеств, изложенных доступным языком, практически нет. Тогда разработка банка прикладных управленческих решений на основе нечеткой логики, реализующих методы и модели принятия решений при нечеткой исходной информации в целях разработки инструментальных средств нового уровня – советующих систем для руководителей малого и среднего бизнеса, может явиться необходимым связующим звеном, способствующим дальнейшее развитие и продвижение ЭС.

Управленческие задачи менеджмента имеют свою специфику, которая заключается в том, что большинство задач являются общими для всех организаций. Например, работа с персоналом ведется на всех предприятиях, независимо от отраслевой принадлежности и формы собственности. В менеджменте организации выделяются следующие основные функциональные области управления: стратегический менеджмент, маркетинг, производство, финансы, персонал, логистика, НИОКР. В этих областях и могут быть идентифицированы управленческие задачи и порожаемые ими управленческие проблемы (рис. 1).

Дальнейшая кластеризация может быть построена на основе функционального разделения труда в подсистемах областей с применением метода “дерева” решений, функционально-стоимостного анализа и др.

В целях адаптации ЭС к использованию в среде малого бизнеса необходимо создать банк стандартных, наиболее часто встречающихся управленческих задач, решаемых с применением методов нечеткой логики, которая и будет являться инструментарием поддержки принятия решений в управлении бизнесом. В процессе

управленческой деятельности руководителю необходимо иметь некий набор инструментов (приемов, методов), из которых он мог бы извлечь нужный ему и применить в реальной экономической ситуации, или создать на основе уже имеющихся свой, индивидуальный. Предлагаемый подход адаптирует базу знаний экспертной системы к уровню знаний пользователя и представляет актуальную и доступную информацию для принятия быстрых и эффективных решений и бизнес-аналитики.

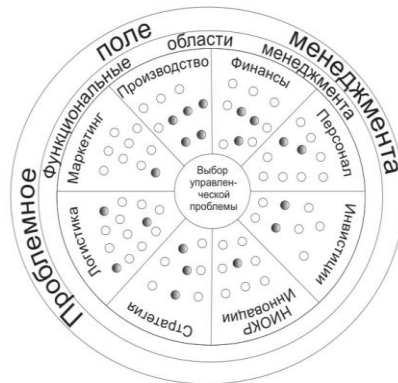


Рис. 1. Схема первичной кластеризации проблемного поля менеджмента (заштрихованными областями выделены отдельные задачи, реализованные в ЭС)

Тогда функционально модуль извлечения знаний в ЭС можно представить в виде следующих взаимосвязанных блоков (рис. 2).

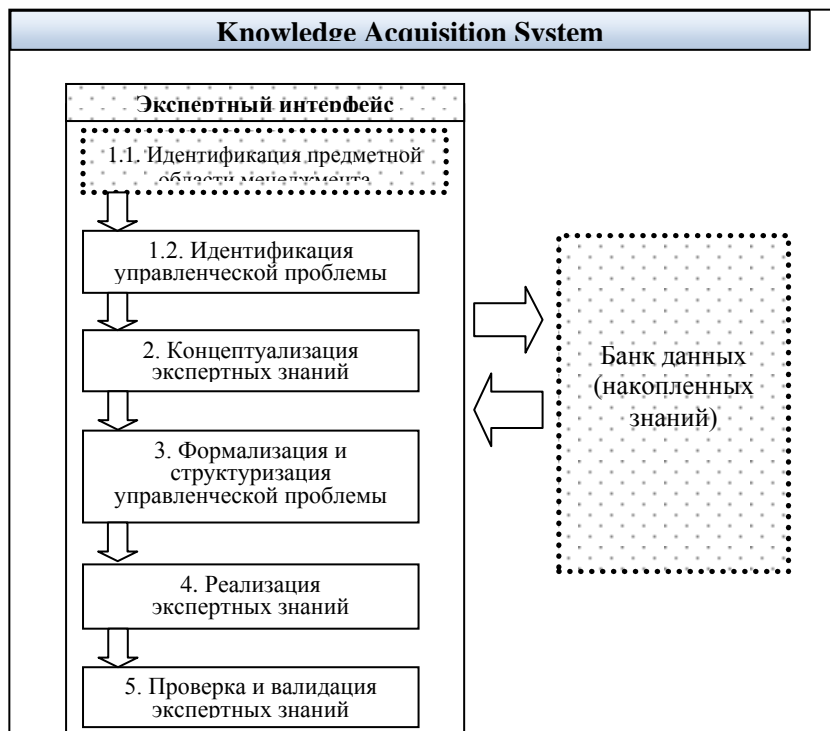


Рис. 2. Функциональная структура модуля извлечения знаний ЭС управленческих задач (штриховкой показаны предлагаемые блоки)

Предложенный подход к процессам создания системы извлечения знаний ЭС позволит адаптировать функционал ЭС для конечного пользователя – менеджмента организаций.

Выводы. Таким образом, проведенное исследование предлагает модификацию функциональной структуры системы извлечения знаний ЭС с целью достижения доступности пользовательских функций, достижения достаточного уровня компетентности и надежности базы знаний, а также способности принятия управленческих решений в ЭС на основе кластеризации проблемного поля менеджмента и создания банка данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Целых А.Н., Целых Л.А.* Логическая схема представления решаемых задач в информационной системе для управления бизнесом // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 1 (150). – С. 93-99.
2. *Gaines B.R., Shaw M.L.G.* Eliciting Knowledge and Transferring it Effectively to a Knowledge-Based System. [Электронный ресурс] // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – February 1993. – Vol. 5, Issue 1. – P. 4-14. – Режим доступа: URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=642811.642812>.
3. *Nasuti F.W.* Knowledge Acquisition Using Multiple Domain Experts in the Design and Development of an Expert System for Disaster Recovery Planning. [Электронный ресурс] // Dissertation Submitted to Nova Southeastern University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2000. – Режим доступа: http://www.scis.nova.edu/~nasutif/formal_proposal.pdf/.
4. *Erdani Y.* Acquisition of Human Expert Knowledge for Rule-based Knowledge-based Systems using Ternary Grid [Электронный ресурс] // Dissertation Submitted to Duisburg-Essen University for the Degree of Dr.Sci.Tech., 2005. – Режим доступа: URL: <http://www.worldcat.org/title/acquisition-of-human-expert-knowledge-for-rule-based-knowledge-based-systems-using-ternary-grid/oclc/179762167>.
5. *Zaied A.N.H., Aal S.I.A., Hassan M.M.* Rule-based Expert Systems for Selecting Information Systems Development Methodologies. [Электронный ресурс] // I.J. Intelligent Systems and Applications. – 2013. – Vol. 9. – P. 19-26. – Режим доступа: URL: <http://www.mecspress.org/ijisa/ijisa-v5-n9/IJISA-V5-N9-3.pdf>.
6. *Kadhim M.A., Alam M.A., Kaur H.* A Multi-intelligent Agent Architecture for Knowledge Extraction: Novel Approaches for Automatic Production Rules Extraction [Электронный ресурс] // International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering. – 2014. – Vol. 9, No. 2. – P. 95-114. – Режим доступа: URL: <http://dx.doi.org/10.14257/ijmue.2014.9.2.10/>.
7. *Nissen M., Kamel M., Sengupta K.* Integrated Analysis and Design of Knowledge Systems and Processes. [Электронный ресурс] // Information Resources Management Journal (IRMJ). – Jan. 1, 2000. – Vol. 13, Issue 1. – P. 24-42. – Режим доступа: <http://www.igi-global.com/article/integrated-analysis-design-knowledge-systems/1206/>.
8. *Bullinaria J.A.* IAI: Expert Systems. [Электронный ресурс] // Официальный сайт: U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information, 2013. – artment of упа: URL: <http://www.osti.gov/eprints/topicpages/documents/record/832/1522968.html>.

REFERENCES

1. *Tselykh A.N., Tselykh L.A.* Logicheskaya skhema predstavleniya reshaemykh zadach v informatsionnoy sisteme dlya upravleniya biznesom [Logic diagram representation of tasks in the information system for business management], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 1 (150), pp. 93-99.
2. *Gaines B.R., Shaw M.L.G.* Eliciting Knowledge and Transferring it Effectively to a Knowledge-Based System, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, February 1993, Vol. 5, Issue 1, pp. 4-14. Available at: URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=642811.642812>.

3. *Nasuti F.W.* Knowledge Acquisition Using Multiple Domain Experts in the Design and Development of an Expert System for Disaster Recovery Planning, *Dissertation Submitted to Nova Southeastern University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy*, 2000. Available at: http://www.scis.nova.edu/~nasutif/formal_proposal.pdf/.
4. *Erdani Y.* Acquisition of Human Expert Knowledge for Rule-based Knowledge-based Systems using Ternary Grid, *Dissertation Submitted to Duisburg-Essen University for the Degree of Dr.Sci.Tech.*, 2005. Available at: <http://www.worldcat.org/title/acquisition-of-human-expert-knowledge-for-rule-based-knowledge-based-systems-using-ternary-grid/oclc/179762167>.
5. *Zaied A.N.H., Aal S.I.A., Hassan M.M.* Rule-based Expert Systems for Selecting Information Systems Development Methodologies, *IJ. Intelligent Systems and Applications*, 2013, Vol. 9, pp. 19-26. Available at: URL: <http://www.mecs-press.org/ijisa/ijisa-v5-n9/IJISA-V5-N9-3.pdf>.
6. *Kadhim M.A., Alam M.A., Kaur H.* A Multi-intelligent Agent Architecture for Knowledge Extraction: Novel Approaches for Automatic Production Rules Extraction, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 2014, Vol. 9, No. 2, pp. 95-114. Available at: <http://dx.doi.org/10.14257/ijmue.2014.9.2.10/>.
7. *Nissen M., Kamel M., Sengupta K.* Integrated Analysis and Design of Knowledge Systems and Processes, *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, Jan. 1, 2000, Vol. 13, Issue 1, pp. 24-42. Available at: <http://www.igi-global.com/article/integrated-analysis-design-knowledge-systems/1206/>.
8. *Bullinaria J.A.* IAI: Expert Systems, *Official site: U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information*, 2013. Available at: <http://www.osti.gov/eprints/topicpages/documents/record/832/1522968.html>.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Н. Гуда.

Целых Александр Николаевич – Южный федеральный университет; e-mail: ant@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +79185562047; кафедра ИАСБ; д.т.н.; профессор.

Целых Лариса Анатольевна – Таганрогский институт им. А.П. Чехова (филиал) Ростовского государственного экономического университета (РИНХ); e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 347936, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48; тел.: +79897207928; кафедра менеджмента; к.э.н.; доцент.

Tselykh Alexander Nikolaevich – Southern Federal University; e-mail: ant@sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185562047; the department IASB; dr. of eng. sc.; professor.

Tselykh Larisa Anatolievna – Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics; e-mail: larisa@tgn.sfedu.ru; 48, Initsiativnaya street, Taganrog, 347936, Russia; phone: +79897207928; the department of management; cand. of ec. sc.; associate professor.

УДК 681.51

А.Н. Попов, И.А. Радионов

АНТИБОКСОВОЧНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РЕЛЬСОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА*

Рассматривается актуальная проблема синтеза регулятора тяги в системе «тяговый привод – колесная пара (КП) – путь». В указанной системе имеет место процесс боксования, представляющий собой чрезмерное проскальзывание КП относительно рельсового полотна. Данный эффект негативно сказывается на тяговых свойствах локомотива, а также увеличивает износ КП и поверхности рельса. Основные современные методы решения данной задачи строятся на принципах увеличения коэффициента сцепления в контакте

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-08-00995-а).