

Основні стратегії режимів роботи САУ, які застосовуються на КС МГ, є «Стабілізація обертів приводу ВН», «Стабілізація ступеня зжаття» та «Стабілізація тиску на виході з КЦ». Зазначимо, що стратегія управління по кожному виду ГПА відрізняється та залежить від багатьох факторів (технічних, економічних).

4. Висновки

Розглянуто актуальну задачу розробки методу побудови стохастичної області допустимих режимів роботи компресорного цеху з урахуванням обраної стратегії системи автоматичного управління, який було реалізовано у вигляді програми WCompressor. Наведено, що стохастичний підхід дозволяє більш адекватно описувати реальні режими роботи технологічно обладнання ГТС, більш точно (візуально та програмно) контролювати границі ОДР. Запропонований метод може бути ефективно застосований для моделювання та оптимізації режимів роботи ГПА окремо та КЦ у цілому, а також для прогнозування та своєчасного застереження виходу РТ із ОДР.

Список літератури: 1. *Розгонюк В.В, Хачикян Л.А.* Експлуатаційникові газонафтового комплексу. Довідник. К.: Росток, 1998. 429с. 2. *Евдокимов А.Г.* Минимизация функций. Х.: Вища шк., 1977. 288с. 3. Магистральные трубопроводы. Часть 1. Газопроводы : ОНТП-51-1-84. [Действительный от 1986-01-01]. К. : Госстандарт Украины, 1999. 95 с. (Отраслевые нормы технологического проектирования). 4. Трубопроводный транспорт газа / [Ковалко М. П., Грудз В. Я., Михалків В. Б. та ін.]. К. : Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. 600 с. 5. *Константинова И. М.* Математическое моделирование технологических объектов магистрального транспорта газа / Константинова И. М. М. : Недрa, 1988. 192 с. 6. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. 206 с. 7. *Измаилов А. Ф.* Численные методы оптимизации: учеб. пособие / А. Ф. Измаилов, М. В. Солодов. М. : Физматлит, 2005. 304 с. 8. *Тевяшев А. Д.* Стохастические модели и методы оперативно-диспетчерского управления газотранспортными системами / А. Д. Тевяшев // АСУ и приборы автоматики. 2004. № 131. С. 22–32. 9. *Трубопроводные системы энергетики. Управление развитием и функционированием* / [Тевяшев А. Д., Ставровский Е. Р., Сухарев М. Г. и др.] ; под ред. А.Д. Тевяшева. Новосибирск : Наука, 2002. 586 с.

Поступила в редколлегию 14.11.2012

Ієвлева Світлана Миколаївна, канд. техн. наук, доцент каф. прикладної математики ХНУРЕ. Наукові інтереси: математичне моделювання складних систем. Хобі: нумізматика та активний відпочинок. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Леніна, 14, тел. 050-605-74-46.

УДК 007.5; 004.85

С.Ф. ЧАЛЫЙ, Е.О. БОГАТОВ, Д.Г. МЕЛЕШКО

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРИЗАЦИИ ЖУРНАЛОВ РЕГИСТРАЦИИ СОБЫТИЙ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Предлагается технология предварительной обработки журналов регистрации событий для задач интеллектуального анализа бизнес-процессов. Журналы регистрации событий фиксируют информацию о последовательности событий, которые происходят при функционировании бизнес-процессов. Предлагаемая технология позволяет расширить область применения методов process mining для слабоструктурированных бизнес-процессов.

1. Актуальность

В настоящее время активно развиваются методы интеллектуального анализа бизнес-процессов (БП), направленные на построение моделей таких процессов на основе анализа их журналов регистрации событий (ЖРС). Последние обычно формируются соответствующей информационной системой и фиксируют события, отражающие последовательность действий выполняющихся бизнес-процессов. К задачам данного научного направления относят разработку моделей бизнес-процессов, выявление узких мест в таких процессах, формирование набора бизнес-правил, отражающих зависимости между процедурами процесса и ограничениями на его выполнение.

Основное ограничение для существующих методов интеллектуального анализа процессов состоит в том, что исходные данные для построения модели должны быть логически структурированы таким образом, чтобы отображать «алгоритмы» выполнения отдельных частей анализируемого процесса в виде последовательности событий. Формирование указанных структурированных журнальных файлов осуществляется только в ВРМ - системах в автоматическом режиме.

В то же время, существует значительное количество организаций, в которых бизнес-процессы слабо структурированы. При этом обычно используются не процессно-ориентированные корпоративные информационные системы, что вызывает трудности в поддержке, усовершенствовании, реинжиниринге таких процессов. Текущие действия в данных информационных системах протоколируются с метками времени вне зависимости от того, к какому процессу принадлежит фиксируемое действие. Иными словами, регистрационные файлы в таких системах содержат информацию, необходимую для построения процессной модели, отражающей реально выполняющиеся бизнес-процессы. Однако указанная информация не является упорядоченной в соответствии с существующими требованиями интеллектуального анализа процессов.

Изложенное определяет актуальность проблемы предварительной структуризации журналов регистрации событий в целях построения моделей процессов методами process mining и дальнейшего усовершенствования таких процессов.

2. Анализ научных публикаций

Проблема интеллектуального анализа слабоструктурированных бизнес-процессов рассмотрена в работе [1]. В [1,2] предложены модели неструктурированного и структурированного процессов, а также метод структуризации журналов регистрации событий в задачах интеллектуального анализа процессов. В работе [3] предложен подход к использованию иерархии шаблонов в process mining, который позволяет структурировать слабоструктурированный бизнес-процессы. В [4] рассматривается автоматическое формирование набора ограничений в задаче предварительной обработки ЖРС. В работе [5] рассмотрен подход к верификации бизнес-правил на основе журнала регистрации событий, задающий завершающие действия при предварительной обработке таких журналов. В [6] описывается автоматизированное формирование ограничений на исполнение БП, что дает возможность структурировать журнал регистрации событий на основе набора правил.

Анализ публикаций показывает, что в настоящее время разработаны существенные элементы предварительной структуризации журналов регистрации событий для слабоструктурированных процессов, однако единая технология преобразования таких журналов отсутствует, что и определяет важность и актуальность темы представленной работы.

3. Постановка задачи

Цель предварительной структуризации журналов регистрации событий для слабоструктурированных бизнес-процессов состоит в их преобразовании в такую форму, которая пригодна для их обработки методами интеллектуального анализа сильно структурированных процессов.

Исходными данными задачи являются:

– регистрационный файл слабоструктурированных бизнес-процессов, который содержит в общем случае неупорядоченное описание событий, происходящих на объекте управления с указанием метки времени;

– опциональный перечень объектов, с которыми оперирует бизнес-процесс.

Необходимо разработать технологию, которая бы упорядочивала набор событий журнала с учетом последовательности обработки объектов бизнес-процесса и, тем самым, преобразовывала бы его в форму журнала, аналогичную формируемой ВРМ-системами для сильно структурированных бизнес-процессов. Это позволит использовать существующие методы process mining для анализа и построения моделей слабоструктурированных бизнес-процессов.

4. Технология предварительной структуризации журналов регистрации событий

Для решения задачи структуризации ЖРС предлагается информационная технология предварительной обработки журналов регистрации событий в задачах интеллектуального анализа процессов, которая позволяет преобразовывать неструктурированный ЖРС в структурированную форму, пригодную для обработки инструментальными средствами process mining.

Схема, отражающая основные элементы предлагаемой информационной технологии, представлена на рисунке.

Данная технология включает в себя следующие блоки:

- блок 1 “Извлечение информации о событиях процесса за заданный временной период”;
- блок 2 “Выявление закономерностей наступления событий ЖРС”;
- блок 3 “Структурирование журнала регистрации событий на основе выявленных закономерностей”;
- блок 4 “Верификации структурированного ЖРС”.

Рассмотрим более подробно каждый из блоков технологии предварительной структуризации ЖРС слабоструктурированных бизнес-процессов.

Блок 1. Реализация данного блока состоит из двух этапов:

- извлечение набора событий из ЖРС за заданный промежуток времени;
- проверка структуры полученного набора событий из ЖРС.

Под извлечением набора событий из ЖРС за заданный промежуток времени следует понимать получение данных о событиях процесса из соответствующей БД либо таблицы БД информационной системы, фиксирующей происходящие на объекте управления события.

Информация извлекается для временного интервала $(t_b, t_e) | t_b, t_e \in T$, где t_b – начальная временная отметка; t_e – конечная временная отметка; T – множество всех значений атрибута времени, входящих в ЖРС.

Тогда условие наличия события в выходном наборе имеет следующий вид:

$$(\forall s_{t_i} \in S^*)(t_b \leq t_i \leq t_e), S^* \subset S_A, i = \overline{1, I}, \quad (1)$$

где S^* – отобранный набор событий; S_A – весь ЖРС, хранимый в системе предприятия; s_{t_i} – запись ЖРС; t_i – текущий момент времени.

На втором этапе данного блока осуществляется проверка обязательных атрибутов описания БП, которые необходимы для корректного выполнения технологии структуризации. К обязательным атрибутам слабоструктурированного (неструктурированного) БП относят:

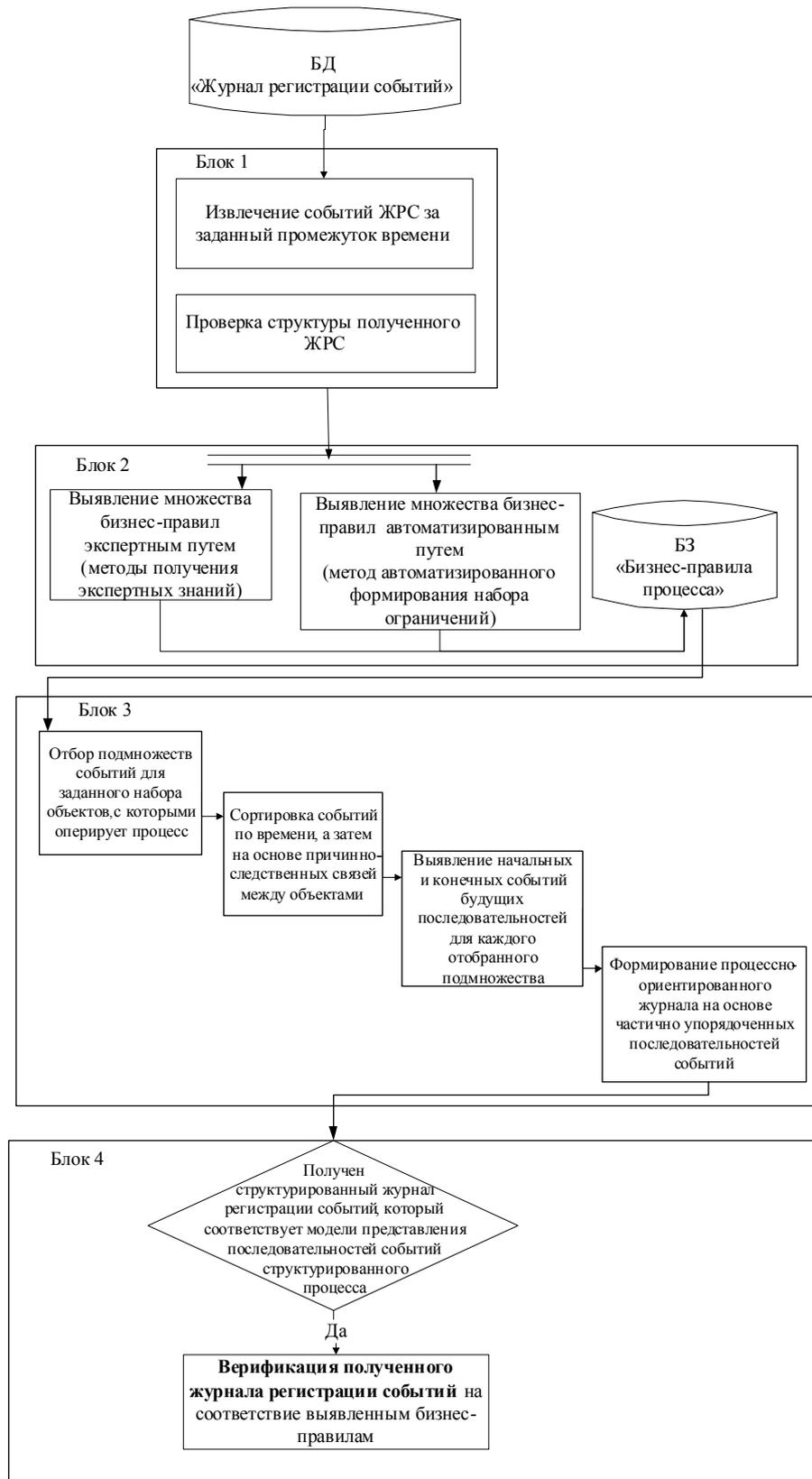
- идентификатор последовательности выполнения процедуры;
- временной параметр;
- действие (событие);
- ресурс (пользователь).

Блок 2 подразумевает формирование бизнес-правил экспертным и/или автоматическим путем. На вход данному блоку подается отобранный набор событий. На выходе блока получаем множество бизнес-правил, ограничивающих выполнение бизнес-процесса.

Формирование бизнес-правил на основе экспертных оценок требует проведения ряда известных организационных мероприятий, в частности интервьюирования, анкетирования, мозгового штурма и т.д.

Для автоматического формирования бизнес-правил был разработан метод формирования набора ограничений БП [6], который подразумевает аналитическую обработку ЖРС БП. Метод формирования подразумевает выполнение следующих этапов:

- группирование событий по объектам;
- подсчет частоты наступления последовательностей событий ЖРС;
- распознавание структурных шаблонов в выявленных последовательностях;
- представление выявленных шаблонов как набора событий.



Технология предварительной структуризации журнала регистрации событий слабоструктурированных бизнес-процессов

Отдельно следует обратить внимание на этап распознавания структурных шаблонов в выявленных закономерностях. На данном этапе осуществляется фильтрация последова-

тельностью событий, учитываемых при анализе, по показателю частоты повторений в ЖРС. В зависимости от заданного порога повторений пользователь получает разные наборы бизнес-правил для анализа. Таким образом, возможен возврат к данному блоку из последующих в случае противоречивости набора полученных правил либо наличия проблем при верификации структурированного ЖРС. Последний, в свою очередь, строится непосредственно на основе бизнес-правил.

Блок 3. В рамках данного блока осуществляется непосредственное формирование ЖРС, структура которого соответствует модели структурированного ЖРС, а сам ЖРС применим для дальнейшего анализа методами интеллектуального анализа процессов.

Для получения данного файла в рамках предлагаемой технологии используется метод структуризации ЖРС. На вход блоку 3 подается полученный в первом блоке ЖРС.

В рамках данного блока выполняются следующие этапы:

- отбор подмножеств событий для заданного набора объектов, с которыми оперирует процесс;
- сортировка событий по времени, а затем на основе причинно-следственных связей между объектами;
- выявление начальных и конечных событий будущих последовательностей для каждого отобранного подмножества;
- формирование процессно-ориентированного журнала на основе частично упорядоченных последовательностей событий.

Первый этап подразумевает группировку событий по заданным объектам БП. На втором этапе осуществляется упорядочивание событий по временному параметру, а также в соответствии с бизнес-правилами, которые были выявлены во втором блоке. На последнем этапе осуществляется выявление входа и выхода БП.

В результате выполнения перечисленных этапов осуществляется упорядочивание множеств последовательностей событий БП по временному параметру. Каждое из указанных множеств отражает обработку связной последовательности объектов на заданном интервале времени и соответствует одному из подпроцессов общего бизнес-процесса.

Блок 4 предполагает проверку полноты и непротиворечивости бизнес-правил, выделенных в блоке 2. Такая верификация должна осуществляться по следующим четырем аспектам бизнес-процесса: последовательность действий процесса; последовательность ситуаций БП; последовательность операций с объектами бизнес-процесса; последовательность взаимодействия процесса с существующей организационной структурой.

Предложенный подход создает условия для адаптации политики предприятия, которая формализуется в виде бизнес-правил, к текущему состоянию организации, а также к неконтролируемым внешним возмущениям.

5. Выводы

Предложена технология предварительной структуризации ЖРС слабоструктурированных бизнес-процессов в задачах интеллектуального анализа процессов. Она включает в себя блоки извлечения информации о событиях процесса за заданный временной период, выявления закономерностей наступления событий ЖРС, структурирования журнала регистрации событий, верификации структурированного ЖРС. Данная технология создает условия для повышения эффективности функционирования слабоструктурированных бизнес-процессов путем выявления несоответствия процесса и его ограничений на основе анализа последовательности событий такого процесса.

В практическом аспекте предложенная технология позволяет расширить сферу применения методов и инструментальных средств process mining на слабоструктурированные и неструктурированные бизнес-процессы, что дает возможность оценить адекватность их моделей и, при необходимости, выполнить реинжиниринг бизнес-процессов.

Список литературы: 1. *Van der Aalst W. M. P. Finding Structure in Unstructured Processes: The Case for Process Mining / W. M. P. van der Aalst // ACSD '07 Proceedings of the Seventh International Conference on Application of Concurrency to System Design. IEEE Computer Society Washington, 2007. С. 3-12.* 2. *Левыкин В. М. Метод предварительной обработки журналов регистрации событий в задачах интеллектуального анализа процессов / В. М. Левыкин, С. Ф. Чалый, Е. О. Богатов, М. И. Дикусар // Международная научно-практическая конференция «Полупроводниковые материалы, информационные технологии и*

фотовольтаника»: сборник тезисов докладов. Кременчуг, 2011. Вып № 7 (88). С. 203–207. **3. Богатов Е.О.** Предварительная обработка журналов регистрации событий в задачах интеллектуального анализа процессов / *Е. О. Богатов, М. И. Дикусар, рук. С.Ф. Чалый* // 16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»: сборник тезисов докладов. Харьков, 2012. ХНУРЭ. С. 203–207. **4. Чалый С.Ф.** Використання ієрархії шаблонів у process mining/ *С.Ф. Чалый, Є.О. Богатов, Альшейх Алі Джаміль* // Системи обробки інформації. 2010. Вып. №6(87). С. 257–259. **5. Чалый С.Ф.** Верифікація бізнес-правил на основі журналу подій / *С.Ф. Чалый, Є.О. Богатов, І.Б. Буцукіна* // Системи обробки інформації. 2010. Вып. №7(88). С. 174–176. **6. Чалый С.Ф.** Формирование набора ограниченный в задаче предварительной обработки неструктурированных журналов регистрации событий / *С. Ф. Чалый, Е. О. Богатов, А. Ю. Кальницкая* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». 2013. Вып. № 2 (976). С 139–148 с.

Поступила в редколлегию 23.11.2012

Чалый Сергей Федорович, д-р техн. наук, профессор кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-451.

Богатов Евгений Олегович, аспирант кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-451.

Мелешко Дмитрий Геннадиевич, магистрант кафедры ИУС ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-451.

УДК 007.5; 004.85

С.Ф. ЧАЛЫЙ, И.Б. БУЦУКИНА

МОДЕЛЬ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА С ИЗМЕНЯЕМОЙ НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ СТРУКТУРОЙ

Предлагается модель бизнес-процесса с изменяемой структурой, которая включает в себя наборы бизнес-правил, задающих взаимосвязи между процедурами процесса и ограничивающих выполнение таких процедур. Модель обеспечивает возможности динамической адаптации бизнес-процесса к внешним воздействиям.

1. Актуальность

Современное процессное управление требует построения гибких бизнес-процессов (БП), ориентированных на пользователя и изменяющихся на основе знаний о функционировании предприятия. Такие знания представляются в виде двух составляющих: знания о БП на предприятии, в виде допустимых последовательностей процедур; знания о порядке управления такими процессами, в виде бизнес-правил. Бизнес-правила формализуют отношения (обычно в форме причинно-следственных связей) между процедурами процесса, объектами, с которыми оперирует процесс, а также описывают временные параметры БП. Совокупность таких правил также составляет систему ограничений для БП. Указанная система ограничений задает допустимые траектории реализации БП, допустимые последовательности составляющих процесс процедур, что и определяет возможности их адаптации.

Недостаток гибкости современных моделей бизнес-процессов в значительной степени определяется существующим алгоритмически-ориентированным механизмом описания последовательности работ при выполнении БП. В соответствии с таким механизмом алгоритм функционирования процесса основывается на последовательности предварительно определенных шаблонов, отражающих взаимосвязи между процедурами. Алгоритмический характер описания БП требует жесткого задания последовательности работ на этапе его конфигурирования, что значительно затрудняет проектирование бизнес-процессов с изменяемой структурой. В то же время, необходимость формирования гибких моделей БП с учетом существующих ограничений в форме множества бизнес-правил требует применения подходов, разработанных в области искусственного интеллекта, а именно подходов к решению задач, представленных в виде системы логических ограничений [1]. Изложенное выше определяет актуальность рассматриваемой в статье проблемы моделирования адаптируемых БП с изменяемой структурой с учетом системы логических ограничений в форме бизнес-правил.