

УДК 007.5:658.5

Оксанич И.Г., Шевченко И.В.

МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ СИТУАЦИЙ И ОШИБОК ВЫПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ОПЕРАЦИЙ В РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина

Роботизация организационно-технических систем предусматривает использование программных ботов для выполнения отдельных бизнес-операций. Функционирование программных ботов совместно с человеком-исполнителем порождает проблему надежности выполнения бизнес-операций и бизнес-процессов в целом. Эту проблему можно решить, если имеется инструментарий распознавания ситуаций и поддержки принятия решений по устранению ошибок. Целью работы является построение комплекса моделей диагностирования ситуаций и информационной поддержки процессов адаптации исполнительных структур организационно-технических систем при возникновении критических ситуаций при выполнении множества бизнес-операций на множестве бизнес-процессов и множестве автоматизированных рабочих мест с учётом участия в бизнес-операциях людей и программных ботов. Для построения комплекса моделей и алгоритмов диагностирования ситуаций и адаптации исполнительных структур организационно-технических систем необходимо выполнить такие этапы как структурирование множества проблем и ситуаций в роботизированной организационно-технической системе; отбор и группировка информативных признаков и формирование соответствующего пространства признаков; разработка моделей и процедур, преобразующих первичные параметры процессов в признаки ситуаций; разработка модели распознавания возможных критических и нештатных ситуаций относительно групп признаков; разработка правил устранения критических ситуаций. В процессе анализа фиксируются пространство признаков ситуаций и признаковые границы каждой ситуации, внутри которых оказывается возможным решение проблемы за счет воздействия на поддающиеся регулированию и трансформации элементы. Для обеспечения распознавания проблем и ситуаций необходимо построить на концептуальном уровне иерархию проблем, двигаясь от проблем верхнего уровня к проблемным ситуациям и их признакам. На стыке уровней проявляются причинно-следственные связи, которые необходимо выявить и отобразить в модели распознавания и базе знаний. Разработаны формальные модели распознавания ситуаций и правила принятия решений для устранения критических ситуаций. Модели разработаны для двух уровней: уровня монитора автоматизированного рабочего места и уровня диспетчера организационно-технической системы. Это дает возможность повысить качество и надежность выполнения бизнес-процессов и сократить непроизводительные потери времени.

Ключевые слова: организационно-техническая система, программные роботы, бизнес-операции, критические ситуации, распознавание, модели, правила.

DOI: 10.32434/2521-6406-2019-6-2-51-57

Постановка проблемы

Роботизация бизнес-процессов в организационно-технических системах (ОТС), управ-

ляемых BPM-системой (Business Process Management), где бизнес-операции выполняются совместно человеком-оператором (h-агентом)

© Оксанич И.Г., Шевченко И.В., 2019

Models for recognizing situations and errors in implementation of business operations at a robotic organizational-technical system

и b-агентом (ботом), порождает ряд проблем, таких, как необходимость разностороннего моделирования операционного пространства, в котором сочетаются множество бизнес-процессов (БП), множество бизнес-операций (БО) и множество автоматизированных рабочих мест (АРМ). Одной из наиболее важных представляется проблема распознавания ситуаций и диагностики ошибок при выполнении БО, так как любая критическая ситуация снижает качество БП, замедляя его ход и повышая риски увеличения стоимости задержек.

В процессе эксплуатации BPM-система должна накапливать задания, ожидающие обработки, и формировать очереди заданий различных типов, назначая для каждого задания исполнителя (АРМ). Кроме того, необходимо автоматически производить периодическое обновление очередей и фиксировать наличие в очереди новых, еще не просмотренных заданий, заданий с высоким приоритетом или заданий с установленным предельным сроком выполнения [1].

Анализируя особенности реализуемых бизнес-процессов, можно обнаружить множество потенциальных критических ситуаций: задержки по времени выполнения функций, отмену ранее совершенных действий, перераспределение исполнителей, лишние действия в процессе, неэффективных исполнителей.

В работе [2] рассматриваются вопросы управления слабоструктурированными бизнес-процессами, ситуации в которых могут изменяться во время выполнения. Предлагаются принципы управления, ситуативно-сценарная модель процесса и метод ее реализации на основе представления процесса в виде последовательности ситуаций и связанных с ними сценариев, состоящих из процедур и объектов данных. Такая модель может стать основой для понимания того, какие задачи приходится решать при разработке роботизированных ОТС. Прежде всего, это задачи обеспечения надежности выполнения БО.

Анализ последних исследований и публикаций

В работах [3,4] обсуждается сквозная автоматическая проверка бизнес-процессов, которая может быть сложной задачей, но важным способом проверки правильности работы бизнес-правил, выявления и устранения проблем в кратчайшие возможные сроки. Авторы описывают возможности извлечения бизнес-правил при помощи BPMN – стандарта моделирования бизнес-процессов, который предоставляет графическую нотацию для определения бизнес-про-

цессов в диаграмме бизнес-процессов (BPD), основанную на методе последовательного представления. На основании полученных кейсов можно построить тесты для конкретного бизнес-процесса. Однако, такой метод проверки не работает в реальном времени.

В работах [5,6] обсуждаются методы проверки бизнес-процессов в реальном времени (RT-BPV) для обеспечения качества с точки зрения времени, т.е. задержка времени при выполнении БП должна быть в идеале равна нулю. Авторы показывают каким образом составляются схемы контроля времени выполнения, но не предлагают конкретных математических моделей, пригодных для контроля любых бизнес-операций.

Метод и модель мониторинга и диагностики критических ситуаций в непрерывных производственных процессах описаны в работе [7]. Очевидно, что подобный подход может оказаться полезным и при мониторинге бизнес-процессов в роботизированных ОТС.

Формулирование целей статьи

Целью работы является построение комплекса моделей диагностирования ситуаций и информационной поддержки процессов адаптации исполнительных структур ОТС при возникновении критических ситуаций при выполнении множества бизнес-операций на множестве БП и множестве АРМ с учётом участия в бизнес-операциях h-агентов и b-агентов.

Изложение основного материала исследования

Для построения комплекса моделей и алгоритмов диагностирования ситуаций и адаптации исполнительных структур ОТС необходимо выполнить следующие этапы:

1. Структурирование множества проблем и ситуаций в ОТС.
2. Отбор и группировка информативных признаков и формирование соответствующего пространства признаков.
3. Разработка моделей и процедур, преобразующих первичные параметры процессов в признаки ситуаций.
4. Разработка модели распознавания и правил распознавания.
5. Формулировка правил устранения возможных критических и нештатных ситуаций.
6. Разработка алгоритмов распознавания и алгоритмов коррекции баз знаний.

Пункт 6 в рамках данной статьи не раскрывается.

Структурирование множества проблем и ситуаций в ОТС

В основу структурирования оперативной технологической информации положим выделение проблем и ситуаций. Согласно концепции системного анализа проблема есть осознанное несоответствие реального и желаемого, целей и результатов. Ситуация с точки зрения управления – объективная или субъективная оценка некоторого подмножества параметров процесса (эндогенных факторов), некоторого подмножества параметров внешней среды (экзогенных факторов) и связей между ними, имеющих место в настоящее время и являющихся результатом развития управляемого процесса во времени и пространстве. Анализ и классификация ситуаций основывается на анализе режимов работы ОТС при выполнении БП.

Выделим два основных режима протекания БП:

1. Нормальный режим (штатная ситуация), когда процесс протекает в рамках нормативных условий и переменные состояния находятся в интервале $[(X_i)_0; (X_i)_{кр}]$, где $(X_i)_0$ – номинальные значения переменных, $(X_i)_{кр}$ – критические значения переменных, при которых возможно возникновение критического режима.

2. Критический режим (критическая ситуация), когда требуется принятие незамедлительных мер по недопущению перехода в нештатную ситуацию, переменные состояния находятся в интервале $[(X_i)_{кр}; (X_i)_{нс}]$, где $(X_i)_{нс}$ – значения переменных, при которых практически неизбежно возникновение нештатных ситуаций.

С другой стороны, ситуация имеет специфичную структуру, т.е. набор устойчивых компонент и их связей. Ситуация, когда модель служит инструментом анализа, позволяет в терминах предметной области описать некую совокупность условий и проблем. В процессе анализа фиксируются пространство признаков ситуаций (пространство ситуаций) и признаки границы каждой ситуации, внутри которых оказывается возможным решение проблемы за счет воздействия на поддающиеся регулированию и трансформации элементы.

Свяжем понятие потока событий на уровне ОТС или АРМ с понятием ситуации. Каждое событие, с одной стороны, есть следствие ситуации, а с другой стороны событие есть одновременный факт изменения ситуации, который вызывает новую ситуацию. Таким образом, будем считать, что поток событий формирует траекторию ОТС или АРМ в пространстве ситуа-

ций. Как было сказано выше, ситуация может быть штатной, критической или нештатной. Критические ситуации отнесем к классу проблемных, так как каждая такая ситуация есть следствие неразрешённой проблемы.

Для обеспечения распознавания проблем и ситуаций необходимо построить на концептуальном уровне иерархию проблем, двигаясь от проблем верхнего уровня к проблемным ситуациям и их признакам. На стыке уровней проявляются причинно-следственные связи, которые необходимо выявить и отобразить в модели распознавания и базе знаний.

Учитывая вышеприведенные соображения, опишем структуру множества проблемных ситуаций (проблемно-ситуационное пространство) следующим образом:

$$PS = \langle P1(P2(P3(S))), PS, R1, R2, R3, CR, F \rangle, \quad (1)$$

где $P1$ – множество проблем первого уровня; $P2$ – множество проблем второго уровня; $P3$ – множество проблемных ситуаций; S – множество признаков проблемных ситуаций; PS – множество процессов, порождающих проблемы; $R1 \subseteq P1 \times P2$ – проекция множества проблем первого уровня на множество проблем второго уровня; $R2 \subseteq P2 \times P3$ проекция множества проблем второго уровня на множество проблемных ситуаций; $R3 \subseteq P3 \times S$ – проекция множества проблемных ситуаций на множество признаков. Отношение $R1$ отражает причинно-следственные связи проблем и второго уровня, отношение $R2$ отражает причинно-следственные связи между проблемными ситуациями и проблемами второго уровня, отношение $R3$ связывает проблемные ситуации с их признаками. Выявление корреляций CR между проблемами второго уровня и признаками ситуаций позволяет конкретизировать логические связи F , которые должны быть зафиксированы в базах знаний. При классификации проблем и ситуаций необходимо выбрать достаточно компактный набор признаков структур (ситуаций), чтобы снизить размерность и ресурсоемкость задачи.

I. Проблема 1-го уровня:

Недостаточная эффективность отдельных АРМ и ОТС в целом, потери времени и соответствующие убытки.

II. Проблемы 2-го уровня:

1. Регулярные задержки по времени исполнения БО.

2. Наличие «узких мест», где растут очереди заявок.

3. Добавление заявки в очередь приводит к сверхпороговому увеличению времени пребывания в очереди для некоторых заявок.

III. Проблемные ситуации и признаки:

1. Ошибки в результатах БО. Признак – сообщения от h-агента.

2. Неверные данные на входе – сообщения от h-агента и/или b-агента.

3. Превышение длины/времени в очереди – перегрузка АРМ.

4. Выход из строя АРМ: сообщение от h-агента.

Модель распознавания ситуаций и принятия решений на уровне монитора АРМ

Все перечисленные выше ситуации кодируем символами:

X1 – задержка по времени выполнения БО больше порога реагирования;

X2 – искажены входные данные;

X3 – ошибка в результатах БО;

X4 – длина очереди превышает порог.

В результате мониторинга выполняемых БО для каждой БО должен накапливаться свой массив данных. Эти данные отражают как одномоментные срезы ситуаций, так и по тенденциям. Эти массивы в виде строк таблицы отчета передаются с интервалом Δt контроллеру ОТС, который при необходимости меняет состав и структуру сети исполнителей для каждого БП. Обозначим выводы таблицы одномоментного анализа ситуации (табл. 1):

D1 – ситуация штатная;

D2 – повторить БО с начала;

D3 – повторить ввод исходных данных.

Таблица 1

Таблица одномоментного анализа ситуации

№	X1	X2	X3	X4	D1	D2	D3
0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	1
5	0	1	0	1	0	0	1
6	0	1	1	0	0	1	1
7	0	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0
10	1	0	1	0	0	1	0
11	1	0	1	1	0	1	0
12	1	1	0	0	0	0	1
13	1	1	0	1	0	0	1
14	1	1	1	0	0	1	1
15	1	1	1	1	0	1	1

Используя аппарат алгебры высказываний, получим правила:

$$D1 = \overline{X1} \cap \overline{X2} \cap \overline{X3} \cap \overline{X4}; D2 = X3; D3 = X2. \quad (2)$$

Модель распознавания ситуаций и принятия решений на уровне диспетчера ОТС

На уровне диспетчера ОТС необходимо распознавать тенденции, которые накапливаются на каждом АРМ. Определим понятие событийной тенденции.

Определение. Пусть $x(t) = \{x_1, \dots, x_m\}$ – временной ряд значений некоторой лингвистической переменной, которая характеризует лишь два факта – событие произошло или не произошло. Тогда событийной тенденцией $e(t) \in E$ является упорядоченная по определенному закону $z(t)$ совокупность лингвистических значений

$$e(t) = z(t, x_1, \dots, x_n). \quad (3)$$

Определяя множество событийных тенденций E на всех интервалах $[t-m+1, t]$ временного ряда и располагая начало и конец интервала на временной шкале, получим временной ряд событийной тенденции – упорядоченную во времени последовательность событий

$$e^z(t) = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n\}, \quad (4)$$

где n – ширина окна наблюдения. Понятно, что для каждого элемента множества тенденций $e(t) \in E$ существует собственный закон упорядочивания событий $z(t)$.

Поскольку мы рассматриваем совокупность упорядоченных бинарных значений, которая отражает тенденцию во времени, а нашей целью является распознавание тенденций, целесообразно воспользоваться аппаратом распознавания образов. Создадим пространство признаков, размерность которого будет равняться ширине n окна наблюдения тенденций. Каждое лингвистическое значение $x(t)$ будет сопоставлено с одной осью координат пространства признаков. Если будет найдено множество эталонных последовательностей S , задачу распознавания тенденции можно решить с помощью классических подходов, например, вычислением скалярного произведения:

$$D(S_i, X_j) = \sum_{k=1}^n S_{ik} X_{jk}; \quad (5)$$

$$X_k \in S_i, \text{ если } D(S_i, X_j) = \max_k D(S_i, X_j), \quad (6)$$

где $D(S_i, X_j)$ – скалярное произведение вектора признаков текущей ситуации и одного из эталонных векторов, который определяют класс ситуации с индексом k , или вычислением расстояний по одной из известных метрик, например, по метрике Евклида:

$$L(X_i, S_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - s_{jk})^2} \tag{7}$$

или по метрике Хемминга

$$L(X_i, S_j) = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - s_{jk}|. \tag{8}$$

Сформируем базу знаний для анализа событийных тенденций. Посылки каждого правила получены путём экспертных оценок закономерностей $z(t)$. Определено, что если относительная частота события составляет не менее 0,75, следует зафиксировать, что событийная тенденция происходит. Для определения соответствующего правила составлена таблица истинности (табл. 2), в которой каждый столбик соответствует номеру отсчета определенного события. При ширине окна $n=4$ нужно иметь не менее 3-х установленных событий одного вида для фиксации определенной тенденции.

Используя аппарат алгебры высказываний, получим общее правило:

$$z(t) = X1 \cap X2 \cap X4 \cup X1 \cap X2 \cap X3 \cup X2 \cap X3 \cap X4 \cup X1 \cap X3 \cap X4. \tag{9}$$

Таблица 2

Таблица решений по выявлению тенденции

№	Номер шага				z(t)
	1	2	3	4	
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1
15	1	1	1	1	1

Данное правило используется для всех 4-х событий – X1, X2, X3, X4.

Запишем перечень необходимых решений Y1, Y2, Y3 при обнаружении тенденций по каждому из первичных признаков X1...X4:

1. Y1: если имеется тенденция к повторению признака X1 или есть тенденция к повторению признака X3, то необходим анализ алгоритма БО.

2. Y2: если имеется тенденция к повторению признака X2, необходим анализ функционирования источника данных для БО.

3. Y3: если есть тенденция к повторению признака X1 или признака X4, необходимо перераспределить нагрузку на АРМ и провести поиск источника задержки.

Используя правило 9, составим таблицу решений по анализу тенденций (табл. 3). В этой таблице каждый столбец соответствует зафиксированной тенденции по соответствующему признаку.

Из табл. 3 после преобразований имеем правила:

$$Y1 = \overline{X1} \cap X2 \cap X4 \cup \overline{X1} \cap X3 \cap \overline{X4} \cup \overline{X1} \cap X2 \cap X3 \cup X2 \cap X3 \cap \overline{X4}; \tag{10}$$

$$Y2 = X2; \tag{11}$$

$$Y3 = X1 \cup X4. \tag{12}$$

Таким образом, выражения (2)–(12) состав-

Таблица 3

Таблица решений по анализу тенденций

№	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	1	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	1	0
7	0	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0	0	1
10	1	0	1	0	0	0	1
11	1	0	1	1	0	0	1
12	1	1	0	0	0	1	1
13	1	1	0	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	1	1
15	1	1	1	1	0	1	1

ляють модель розпознавання ситуацій і діагностики помилок виконання бизнес-операцій на рівні АРМ і на рівні ОТС.

Выводы

Для роботизованих організаційно-технічних систем, реалізуючих множественно бизнес-процесів на множественно автоматизованих робочих місцях, розроблені формальні моделі розпознавання ситуацій і правила прийняття рішень для усунення критичних ситуацій, відзначаються тим, що в них використовуються не тільки поточні значення ознак, але і подійні тенденції. Моделі розроблені для двох рівнів: рівня монітора автоматизованого робочого місця і рівня диспетчера організаційно-технічної системи. Це дає можливість підвищити якість і надійність виконання бизнес-процесів і скоротити непродуктивні втрати часу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 311 с.
2. Чалый С.Ф. Разработка технологии управления слабокоструктурированными бизнес-процессами. Автоматизированные системы управления и приборы автоматизации. – 2006. – Вып.135. – С.63-71.
3. End-to-end Automatic Business Process Validation / Ana C.R. Paiva, Nuno H. Flores, Joao P. Faria, Jose M.G. Marques. – Procedia Computer Science. – 2018. – № 130. – P.999-1004. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.104>
4. Test case generation from BPMN models for automated testing of Web-based BPM applications. 17th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA) / Jessica Lasch de Moura, Andrea Schwertner Charao, Joao Carlos Damasceno Lima, Benhur de Oliveira Stein. – 2017. – P.1-7.
5. Asma Ouarhim, Karim Baïna Towards a real-time business processes validation algorithm. Procedia Computer Science. – 2019. – № 148. – P.580-589. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.031>
6. Business process modeling with continuous validation. Journal of Software: Evolution and Process / Kühne S., Kern H., Gruhn V., Laue R. – 2010. – № 22(6-7). – P.547-566. <https://doi.org/10.1002/smr.517>
7. Шевченко И.В., Дымченко Н.Н., Грицаков С.А. Диагностика неблагоприятных ситуаций в процессе выращивания монокристаллов полупроводников // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2014. – Вып. 1/(84). – С.34-43.

Поступила в редакцию 29.10.2019

МОДЕЛІ РОЗПІЗНАВАННЯ СИТУАЦІЙ І ПОМИЛОК ВИКОНАННЯ БІЗНЕС-ОПЕРАЦІЙ У РОБОТИЗОВАНІЙ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ

Оксанич І.Г., Шевченко І.В.

Роботизація організаційно-технічних систем передбачає використання програмних ботів для виконання окремих бизнес-операцій. Функціонування програмних ботів спільно з людиною-виконавцем породжує проблему надійності виконання бизнес-операцій і бизнес-процесів в цілому. Цю проблему можна вирішити, якщо є інструментарій розпізнавання ситуацій і підтримки прийняття рішень щодо усунення помилок. Метою роботи є побудова комплексу моделей діагностування ситуацій та інформаційної підтримки процесів адаптації виконавчих структур організаційно-технічних систем при виникненні критичних ситуацій при виконанні множини бизнес-операцій на множині бизнес-процесів і множині автоматизованих робочих місць з урахуванням участі у бизнес-операціях людей і програмних ботів. Для побудови комплексу моделей і алгоритмів діагностування ситуацій та адаптації виконавчих структур організаційно-технічних систем необхідно виконати такі етапи як структурування множини проблем й ситуацій у роботизованій організаційно-технічній системі; відбір і групування інформаційних ознак та формування відповідного простору ознак; розробка моделей і процедур, що перетворюють первинні параметри процесів в ознаки ситуацій; розробка моделі розпізнавання можливих критичних і позаштатних ситуацій щодо груп ознак; розробка правил усунення критичних ситуацій. У процесі аналізу фіксуються простір ознак ситуацій і ознакові межі кожної ситуації, всередині яких виявляється можливим вирішення проблеми за рахунок впливу на елементи, які піддаються регулюванню і трансформації. Для забезпечення розпізнавання проблем і ситуацій необхідно побудувати на концептуальному рівні ієрархію проблем, рухаючись від проблем верхнього рівня до проблемних ситуацій і їх ознак. На стику рівнів проявляються причинно-наслідкові зв'язки, які необхідно виявити і відобразити у моделі розпізнавання та бази знань. Розроблено формальні моделі розпізнавання ситуацій і правила прийняття рішень для усунення критичних ситуацій. Моделі розроблені для двох рівнів: рівня монітора автоматизованого робочого місця та рівня диспетчера організаційно-технічної системи. Це дає можливість підвищити якість та надійність виконання бизнес-процесів та скоротити невиробничі втрати часу.

Ключові слова: організаційно-технічна система, програмні роботи, бизнес-операції, критичні ситуації, розпізнавання, моделі, правила.

MODELS FOR RECOGNIZING SITUATIONS AND ERRORS IN IMPLEMENTATION OF BUSINESS OPERATIONS AT A ROBOTIC ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEM

Oksanych I.G., Shevchenko I.V.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, Ukraine

Robotization of organizational-technical systems involves the use of software bots for implementation of individual business operations. The functioning of software bots together with human executor raises the problem of the reliability of business operations and business processes in general. This problem can be solved by using a tool for recognizing situations and supporting decision-making to eliminate errors. The aim of the work is to build a set of models for situations diagnosing and information support for the adaptation processes of executive structures of organizational-technical systems in case of critical situations under implementation of a multitude of business operations on a multitude of business processes and a multitude of automated workplaces, taking into account the participation of persons and program bots in business operations. To build a complex of models and algorithms for situations diagnosing and adapting the executive structures of organizational-technical system, it is necessary to implement such steps as structuring a set of problems and situations in a robotic organizational-technical system; selection and grouping of informative features and formation of an appropriate feature space; development of models and procedures that transform the primary parameters of processes into situation features; development of a model for recognizing possible critical and emergency situations regarding to groups of features; development of rules for eliminating critical situations. In the analysis process the space of situation features and the feature boundaries of each situation are fixed. Within each space it is possible to solve a problem by influencing regulated and transformed elements. To ensure recognition of problems and situations, at conceptual level, it is necessary to build a problems hierarchy, moving from top-level problems to problem situations and their features. At the levels junction, causal relationships are manifested. This relationships must be identified and displayed in the recognition model and knowledge base. Formal models for recognizing situations and rules for making decisions to eliminate critical situations are developed. The models are designed for two levels: the workstation monitor level and the level of organizational-technical system manager. This makes possible to improve the quality and reliability of business processes and reduce non-production time losses.

Keywords: organizational-technical system, software robots, business operations, critical situations, recognition, models, rules.

REFERENCES

1. Aksenov K.A., Goncharova N.V. Dinamicheskoe modelirovanie multiagentnykh protsessov preobrazovaniia resursov [Dynamic modeling of multi-agent resource conversion processes]. GOU VPO UGTU-UI, Ekaterinburg, 2006, 311 p. (in Russian).
2. Chalyi S.F. Razrabotka tekhnologii upravleniia slabos- strukturirovannymi biznes-protsessami [Development of management technology for poorly structured business processes], *Management Information System and Devises*, iss. 135, 2006, pp.63-71. (in Russian).
3. Paiva Ana C.R., Flores Nuno H., Faria Joao P., Marques Jose M.G. End-to-end Automatic Business Process Validation, *Procedia Computer Science*, no. 130, 2018, pp.999-1004. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.104>
4. de Moura, Jessica Lasch, Charao, Andrea Schwertner, Lima, Joao Carlos Damasceno, Stein, Benhur de Oliveira Test case generation from BPMN models for automated testing of Web-based BPM applications, *ICCSA*, 2017, pp.1-7.
5. Ouarhim Asma, Baïna Karim. Towards a real-time business processes validation algorithm, *Procedia Computer Science*, no. 148, 2019, pp.580-589. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.031>
6. Kühne S., Kern H., Gruhn V., Laue R. Business process modeling with continuous validation, *Journal of Software: Evolution and Process*, no. 22(6-7), 2010, pp.547-566. <https://doi.org/10.1002/smr.517>
7. Shevchenko I., Grishakov S., Dymchenko N. Diagnostika neblagopriyatnykh situatsii v protsesse vyrashchivaniya monokristallov poluprovodnikov [Adverse situation diagnostics in the process of single-crystal semiconductors growing]. *Visnik Kremenchuts'kogo natsional'nogo universitetu imeni Mikhaila Ostrograds'kogo [Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University]*, iss. 1(84), 2017, pp.34-43. (in Russian).