

МОДЕЛЬ НЕЯВНЫХ РЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В ЗНАНИЕ-ЕМКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ

УДК 004.891.3

ЧАЛАЯ Оксана Викторовна

к.э.н, доцент кафедры информационных управляющих систем Харьковского
национального университета радиозлектроники, e-mail: oksana.chala@nure.ua тел.

Научные интересы: моделирование и управление знание-емкими процессами, интеллектуальный анализ процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Процессное управление предприятием заключается в разработке модели бизнес-процессов (БП), их конфигурировании в информационно-управляющей системе и последующем управлении такими процессами. При разработке модели бизнес-процесса применяются два базовых подхода. Первый подход заключается в построении априорной модели процесса «как должно быть» на основе анализа документации, опроса исполнителей и т.п. [1]. Такая модель описывает идеальную версию бизнес-процесса. В то же время, вследствие влияния человеческого фактора выполняющийся процесс обычно отличается от его идеального варианта. Поэтому второй подход к моделированию заключается в построении модели процесса «как есть». В дальнейшем выполняется сопоставление моделей «как должно быть» и «как есть». По результатам сравнения выполняется усовершенствование модели требуемого бизнес-процесса.

Модель выполняющегося бизнес-процесса «как есть» обычно создается средствами интеллектуального анализа процессов [2,3]. Методы интеллектуального анализа процессов

(processmining) используют логи бизнес-процесса в качестве входных данных. Лог содержит записи о ходе выполнения БП. Результирующая модель представляется обычном виде workflow-графа, отражающего алгоритм работы процесса. Однако при построении таких моделей для знание-емких бизнес-процессов [4] возникает спагетти-проблема [5]. Данная проблема состоит в том, workflow-графы таких процессов похожи на блюдо спагетти – т.е. состоят из большого количества вершин и дуг между ними, которые отражают все возможные варианты реализации БП. Использование полученного спагетти-подобного графа для усовершенствования модели бизнес-процесса связано с трудностями из-за ограничений человеческого восприятия [6]. Причины возникновения данной проблемы связаны со структурными особенностями знание-емких бизнес-процессов (ЗБП). Такие процессы включают в себя уровень знаний, который определяет последовательность действий процесса в текущем контексте [7]. Изменение заданной в априорной модели последовательности действий осуществляется исполнителями на основе своих личных знаний. В связи с этим



проблематика структуризації і моделювання знань, впливаючих на послідовність дій процесу на основі аналізу записів об їх виконанні, являється актуальною.

АНАЛІЗ ІСЛЕДОВАНИЙ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемі структуризації і виявлення знань уделюється велике уваження в області менеджменту знань [8,9]. Особливістю організаційного знання, яке використовується в ЗБП, є те, що воно може бути виражене в явній і неявній формі [10]. В процесі функціонування підприємства виконується перетворення знань з однієї форми в іншу. Знання в явній формі зазвичай представлені в вигляді документів, формул, правил і т.п. Для їх виявлення і використання використовуються традиційні методи інжинірингу знань [11]. Неявні знання (tacit knowledge) відображають досвід, практичні навички людини, його розуміння взаємодій між людьми, а також залежностей між предметами і явищами навколишнього світу [12,13]. Неявне знання з трудом піддається вербалізації і зазвичай передається людьми при безпосередньому контакті. Це означає, що таке знання має іншу форму, відмінну від символічної форми явного знання. В роботах [3,8,10,14-16] виділені загальні властивості неявних знань, а також вплив таких знань на процеси управління підприємством. В наведених роботах основна увага уделюється виявленню взаємодій між людьми, які виникають при навчанні, передачі, використанні неявних знань. В роботі [17] аналізуються приховані стійкі взаємозв'язки між людьми. Такі стійкі взаємозв'язки пропонують розглядати як зв'язки реляцій-

онних неявних знань. В той же час питання структуризації, формалізації неявних реляційних залежностей в складних бізнес-процесах потребують подальшого розгляду.

Цілью статті є структуризація неявних реляційних знань і розробка моделі неявних залежностей між елементами знання-ємкого бізнес-процесу.

В практичному плані модель неявних залежностей дозволяє структурувати модель ЗБП за підпроцесами, які були виконані в результаті застосування таких знань, тим самим, узагальнити спагетти-подібні моделі, зробивши їх придатними для аналізу і використання.

Об'єктом даного дослідження є знання-ємкий (knowledge-intensive) бізнес-процес, який структурується на три базові рівні: контекст; рівень знань; послідовність дій (workflow). Контекст включає в себе набір об'єктів, властивості яких задають обмеження на алгоритм роботи бізнес-процесу. Workflow – рівень включає в себе можливі послідовності дій. Вибір конкретної послідовності дій (зразка процесу) залежить від контексту і визначається на основі знань. Рівень знань задає залежності між контекстом і діями процесу. Іншими словами, рівень знань визначає правила дій процесу в конкретному контексті.

Основне відміння ЗБП від традиційних бізнес-процесів з апіорно заданою структурою полягає в тому, що порядок його виконання може бути змінений кваліфікованими працівниками (knowledge workers). Тому при управлінні такими процесами поряд з

традиционными методами процессного управления используются методы управления знаниями. При построении модели такого процесса, а также при его выполнении, совместно используются подходы управления знаниями и процессного управления.

Информация о выполнении БП фиксируется в логах. Лог состоит из трасс, каждая из которых отражает выполнение одного экземпляра процесса. Трасса состоит из последовательности событий. Каждое событие отражает состояние (выполнение, завершение, ожидание и т.п.) действия процесса. С каждым событием связаны атрибуты объектов, которые использовались при выполнении соответствующего действия. В целом запись событий в логе отражает результаты использования неявных знаний при корректировке выполнения процесса.

Для достижения цели исследования решаются следующие задачи:

- структуризация неявных реляционных знаний;
- разработка модели неявных реляционных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса.

СТРУКТУРИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЯЦИОННЫХ НЕЯВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Проведенный анализ работ, исследующих структуру и особенности неявного знания, позволяет определить неявное реляционное знание.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Неявное реляционное знание представляет собой такое знание, которое содержит неформализованные зависимости между сущностями предметной области.

Сущности в предметной области характеризуются набором их свойств. При

таком информационном описании под сущностью можно понимать любой объект предметной области, в том числе объект, изменяющий свое состояние. Например, исполнители в данной области также могут рассматриваться в качестве сущностей. Взаимосвязи между сущностями выражаются через взаимосвязи между их свойствами, а также значениями этих свойств.

Неявный характер реляционного знания определяется тем, что указанные зависимости обычно не могут быть выражены в вербальной форме. Основным признаком неявного знания является невозможность его документирования традиционными методами, поскольку это знание представляется в форме, отличной от традиционной символьной. Передача знаний осуществляется путем передачи опыта между людьми [17].

Предлагаемая классификация реляционных неявных знаний опирается на использование базовых неявных связей между людьми, выделенных в работе [17], и включает в себя следующие виды таких знаний:

- скрытые зависимости между сущностями предметной области;
- очевидные, но неформализованные зависимости между сущностями;
- скрытые зависимости между различными моделями предметной области;
- скрытые правила использования реляционных знаний в данной предметной области.

Скрытые зависимости между сущностями предметной области характеризуются следующими особенностями:

- передаваемые и используемые зависимости скрыты в силу того, что процессы передачи знания реализованы напрямую между носителем и потребителем;

- промежуточное символическое (документарное) оформление таких знаний отсутствует;

- знания передаются эффективно, в сложном (многомерном) виде;

- знания имеют небольшой объем в силу многомерного представления.

Приведенные свойства скрытых зависимостей свидетельствуют о том, что у человека-источника и у человека-приемника существуют дополнительные априорные знания, которые позволяют «расшифровать» скрытые зависимости.

Следовательно, экстернализация (преобразование в из неявной в явную форму) [10] данного вида неявного знания может быть выполнена только путем использования априорных формальных знаний о данной предметной области. Такие априорные знания позволяют выполнить детализацию передаваемых зависимостей.

Очевидные неформализованные зависимости характеризуются следующими свойствами:

- отсутствует символическая форма представления;

- определяются известными свойствами сущностей предметной области;

- могут быть экстернализованы на основе анализа свойств объектов предметной области методами *data, process*, а также *web – mining*.

Проблемы формализации таких зависимостей могут быть вызваны следующими причинами:

- сложность исходных связей между сущностями;

- частичное использование зависимостей при решении практических задач.

Неявные зависимости между различными моделями предметной области обладают следующими характеристиками:

- изменяются в зависимости от значений свойств сущностей;

- изменяются с течением времени;

- для передачи знаний между моделями требуется необходимо иметь полное явное представление знаний об источнике у получателя;

- не позволяют получить полное представление знаний о подмножестве взаимодействующих сущностей в рамках одной модели.

В общем случае различные модели одной и той же предметной области могут содержать и явные и неявные зависимости между одними и теми же сущностями предметной области, поэтому транзитивно получаем, что между моделями существуют скрытые зависимости.

Примером неявных зависимостей между различными моделями предметной области являются зависимости между традиционной *workflow*- моделью, которая отображает связи между дискретными событиями в ходе выполнения процесса, а также интервальной моделью, которая задает взаимосвязи между действиями процесса. Последние обладают продолжительностью во времени. Каждому действию процесса в интервальной модели соответствует непустое подмножество событий. В некоторых случаях действие отображается одним событием завершения, в других парой событий выполнение, завершение и т.п. Точное соответствие является неявным.

Скрытые правила использования неявных реляционных знаний представляют собой метазнания, которые определяют приоритеты при выборе используемой модели предметной области.

Например, два подразделения сервисного обслуживания транснациональной фирмы, размещенные в различных странах, задают различные приоритеты

по выбору наиболее важных в конкретном контексте последовательностей действий. Эти приоритеты определяются скрытыми правилами использования знаний, задающими выбор предпочтительной для конкретной страны модели предметной области. Выбор приоритетов в конечном счете определяет эффективность исполнения таких процессов.

Правила использования реляционных неявных знаний обобщают все иные скрытые зависимости предметной области. Зависимости между различными представлениями предметной области опираются на очевидные неформализованные и скрытые зависимости между сущностями.

Рассмотренные реляционные неявные знания отражают устойчивые зависимости между сущностями и потому в рамках знание-емкого бизнес-процесса реализуются в виде реляционных неявных контекстных зависимостей.

Таким образом, при описании контекста знание-емкого бизнес-процесса необходимо задать множество используемых объектов (артефактов), между которыми существуют явные и неявные контекстные зависимости:

$$Ct = (Af, R_{Ct}), Af = \{af_i\}, R_{Ct} : af_i \rightarrow af_k \mid af_i, af_k \in Af, \quad (1)$$

где Ct - контекст бизнес-процесса; Af - множество артефактов, составляющих контекст; R_{Ct} - контекстные зависимости между артефактами бизнес-процесса, af_i, af_k - артефакты контекста бизнес-процесса.

Тогда реляционные неявные зависимости определим как такие, которые задают связи между объектами контекста знание-емкого бизнес-процесса в темпоральном и пространственном аспектах.

В качестве объектов контекста будем рассматривать любые объекты, с которыми взаимодействует бизнес-процесс, например: обрабатываемые объекты; набор возможных действий процесса; исполнители процесса (как объектов управления для руководящих ними сотрудников) и т.п.

Объекты контекста характеризуются набором атрибутов и значений этих атрибутов:

$$af = \{a_i, v_{ij} \mid v_{ij} \in V_i\}, \quad (2)$$

где af - объект контекста ЗБП; a_i - i -атрибут объекта; v_{ij} - значение атрибута a_i в один из моментов времени в ходе выполнения бизнес-процесса; V_i - множество возможных значений атрибута a_i .

В темпоральном аспекте неявное знание задает причинно – следственные зависимости, а в пространственном – зависимости обобщения/детализации:

$$R_{Ct}^{Tacit} = R_{Ct}^{Temporal} \cup R_{Ct}^{Spatial}, R_{Ct}^{Tacit} \subset R_{Ct}, \quad (3)$$

где $R_{Ct}^{Temporal}$ - набор возможных причинно-следственных связей между атрибутами артефактов; $R_{Ct}^{Spatial}$ - набор возможных отношений обобщения/детализации между значениями атрибутов.

Причинно-следственные неявные зависимости будем понимать с позиций процессного управления следующим образом: между двумя сущностями существует причинно-следственная связь только в том случае, если ЗБП может использовать второй объекта только после использования первого объекта.

Зависимости обобщения/детализации позволяют задать иерархию сущностей предметной области.

Тогда неявные связи между артефактами определяют набор ограничений на допустимое множество действий процесса. Иными словами, ограничения на workflow – последовательность могут быть выражены в терминах статических и динамических связей между объектами ЗБП, исполнителями и т.п. Статические связи составляют пространственный аспект знаний, а динамические – темпоральный. Например, организационная структура предприятия задает иерархические связи между исполнителями. Последние ограничивают полномочия конкретных исполнителей по выполнению процесса и потому отражают организационные ограничения на ЗБП.

Представленные выше структуризации и описание свойств неявных реляционных знаний позволяют сделать следующий вывод:

- пространственный аспект неявных реляционных знаний реализуется через скрытые, а также очевидные неформализованные зависимости между объектами контекста ЗБП;

- темпоральный аспект неявных реляционных зависимостей реализуются через скрытые зависимости между моделями контекста ЗБП, а также через правила использования этих моделей.

Тогда модель реляционных неявных зависимостей M^R должна отражать отношения между состояниями объектов контекста (темпоральная составляющая) при ограничениях, задаваемых пространственной составляющей.

$$M^R = (S = \{s\}, R_{Ct}^{Temporal} \mid R_{Ct}^{Spatial}), s = \{(a, v)\}, \quad (4)$$

где S - множество состояний объектов контекста, которое задается через значения атрибутов этих объектов; a - атрибут объекта контекста бизнес-процесса; v -

значение атрибута a ; s - состояние объектов контекста, которое определяется множеством пар (атрибут, значение).

Таким образом, в модели реляционных неявных зависимостей необходимо отобразить состояния контекста, отношения между состояниями и истинность неявных зависимостей на множестве состояний контекста, что приводит нас к построению структуры Крипке [19]:

$$M^R = (s_0, S = \{(a, v)\}, D, F), \quad (5)$$

где S - конечное множество состояний контекста ЗБП; $D = \{>\}$ - отношение переходов между состояниями; $F : S \rightarrow 2^{R_{Ct}^{Tacit}}$ - отображение, которое с каждым состоянием $s \in S$ связывает подмножество зависимостей из R_{Ct}^{Tacit} , истинных в этом состоянии.

Пространственные $R_{Ct}^{Spatial}$ и темпоральные $R_{Ct}^{Temporal}$ зависимости в модели (5) представляют собой формулы состояний и формулы пути соответственно. Истинность первых определяется только для состояний контекста:

$$M^R, s \models f \mid f \in R_{Ct}^{Spatial}, \quad (6)$$

где выражение $M^R, s \models$ задает истинность логической формулы в модели неявных зависимостей в состоянии s ; f - неявная пространственная зависимость.

Состояния процесса зафиксированы в логе в виде состояний отдельных событий. Это создает условия для экстернализации неявных реляционных зависимостей в пространственном аспекте на основе анализа логов бизнес-процессов. Однако каждое событие описывается набором значений атрибутов различных событий. Поэтому выражение (6) не яв-

ляется достаточным условием для выявления зависимостей такого типа. Это означает, что для экстернализации пространственных зависимостей помимо последовательности событий необходима дополнительная априорная информация. Такая информация может быть размещена в заголовке лога в стандарте хес.

Истинность темпоральных зависимостей определяется на пути выполнения бизнес-процесса:

$$M^R, \pi \models p \mid p \in R_{C_i}^{Temporal}, \quad (7)$$

где π - путь реализации бизнес-процесса, который представляется в виде последовательности его состояний; p - формула, которая задает неявную темпоральную зависимость.

Путь реализации бизнес-процесса π зафиксирован в логе в виде последовательности событий, что и обуславливает возможность экстернализации неявных реляционных зависимостей в темпоральном аспекте на основе анализа последовательности событий лога бизнес-процессов.

ВЫВОДЫ

Выполнен анализ реляционных неявных знаний и выделены следующие виды таких знаний: скрытые, а также очевидные неформализованные зависимости между сущностями предметной обла-

сти; скрытые зависимости между различными моделями предметной области; скрытые правила использования реляционных знаний в данной предметной области.

Предложена модель реляционных неявных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса, которая определяет связи между используемыми бизнес-процессом объектами контекста в темпоральном и пространственном аспектах. Темпоральный аспект задается через скрытые и неформализованные зависимости между объектами контекста бизнес-процесса. Пространственный аспект задается через скрытые зависимости между моделями контекста, а также правила выбора модели контекста.

Предлагаемая модель задает допустимый набор состояний объектов контекста бизнес-процесса области, неявные отношения переходов между этими состояниями. В темпоральном аспекте определяется интерпретация взаимосвязей между состояниями, а в пространственном - ограничения на использование неявных знаний. Модель обеспечивает возможность выделения скрытых зависимостей как между объектами контекста путем анализа зависимостей между атрибутами событий лога процесса, так и между различными моделями контекста путем анализа связей между атрибутами событий различных логов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Vom Brocke, J. Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems / J. vom Brocke, M. Rosemann. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. – 709 p.
2. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes / W. M. P. Van der Aalst. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p.
3. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining in the Large: A Tutorial / W. M. P. Van der Aalst // Business Intelligence. – Springer Science + Business Media, 2014. – P. 33–76.
4. Gronau, N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English) / N. Gronau. – Gito, 2012. – 522 p.
5. van der Aalst W.M.P. Process Mining: Discovering and Improving Spaghetti and Lasagna Processes. / W.M.P. van der Aalst // In N. Chawla, I. King, and A. Sperduti, editors, IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining, Paris, France, April 2011. – pp. 13-20.



6. Görg, C. Visual Representations / C. Görg, M. Pohl, E. Qeli, K. Xu // Human-Centered Visualization Environments. – Springer Science + Business Media.- 2007 – P. 163–230.
7. Gronau N. A Proposal to Model Knowledge in Knowledge-Intensive Business Processes / N. Gronau, C. Thim, A.Ullrich, G. Vladova, E. Weber // BMSD.-Rhodes, Greece, 20-22 June 2016.- Vol. 16.pp.98-103.
8. McInerney C. "Knowledge Management and the Dynamic Nature of Knowledge" / Claire McInerney // Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2002. – № 53 (12) . – 1009–1018.
9. Dalkir K. Knowledge Management in Theory and Practice / KimizDalkir.- MIT Press.-2011.-477p.
10. Nonaka I. The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation/ I. Nonaka, H. Takeuchi//Oxford University Press, 1995. – 284 p.
11. Frank van HarmelenHandbook of Knowledge Representation/ Frank van Harmelen, Vladimir Lifschitz, Bruce Porter// Elsevier B.V. - 2008 – 1005p.
12. Polanyi M. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy/ M. Polanyi. – University of Chicago Press, 1958. – 493 p.
13. Polanyi M. The Tacit Dimension / M. Polanyi. – University of Chicago Press, 1966. – 104 p.
14. Smith E. A. The role of tacit and explicit knowledge in the workplace / Elizabeth A. Smith // Journal of Knowledge Management. – 2001. – №5(4). – pp. 311–321.
15. Cleeremans A. Principles for implicit learning. / A. Cleeremans // In D. Berry (Ed./ How implicit is implicit learning?) . – Oxford: Oxford University Press. – 1997. – pp. 195-234.
16. Gascoigne N. and Thornton T. Tacit knowledge / Neil Gascoigne and Tim Thornton . - Acumen. – 2013. – 207 p.
17. Collins H. Tacit and Explicit Knowledge / Harry Collins .- The University of Chicago Press. – 2010. – 186 p.
18. Hull R. Business Artifacts with Guard-Stage-Milestone Lifecycles: Managing Artifact Interactions with Conditions and Events// DEBS, – 2011. – pp. 51-62.
19. Kripke S.A. Semantical Considerations on Modal Logic / S.A. Kripke // ActaPhilosophicaFennica. – 1963. – №16– P. 83-94.

Рецензент: д.т.н., проф. ФилатовВ.А.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники