

ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ОЦЕНИВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ PROCESS-MINING

Бударевский И.С., Гришаков В.Г., Логинов И.В.

Академия ФСО России, Орел, РФ

E-mail: loginov_iv@bk.ru

Рассмотрен обобщенный подход к автоматизации оценивания бизнес-процессов организации связи на основе применений технологий Process-Mining. Суть подхода состоит в использовании аппарата анализа процессов к результату выполнения набора реализаций технологических процессов и их анализа на предмет выявления неэффективных событий. Исходными данными являются наблюдаемые значения реализаций процессов в форме журналов событий. В качестве инструмента анализа выступает автоматически строящееся на обучающей выборке решающее дерево. Его применение позволяет уменьшить диагностическое пространство при анализе реализаций технологических процессов и определять их узкие места.

Ключевые слова: управление, телекоммуникации, услуга связи, process-mining, оценивание, соглашение о качестве обслуживания, процесс

Введение

Функционирование организаций связи, предоставление ими инфотелекоммуникационных услуг, состоит в реализации сотен технологических и управляющих процессов. Например, в соответствии с методологией eTOM, все процессы объединяются в три функциональные области: «Стратегия, инфраструктура и продукт», «Операционная деятельность» и «Управление предприятием» [1]. Выполнение технологических процессов частично автоматизировано в информационно-управляющих системах. В общем случае выполняемые процессы частично неэффективны. Однако определение неэффективных макроблоков процессов, согласно подходам реинжиниринга бизнес-процессов, требует ресурсоемких исследований и привлечения квалифицированных бизнес-аналитиков. Непрерывное оценивание в таком случае является весьма малореализуемым. Актуальность непрерывного оценивания состояния системы управления организации связи требует модификации системы оценки ее состояния. Важным направлением исследования в таком случае является автоматизация оценивания эффективности технологических процессов за счет применения технологий process mining.

Анализ подходов к оцениванию эффективности бизнес-процессов организации связи

С нормативной точки зрения, на практике технологические процессы формализованы только

частично (требования к процессам заданы в нормативных документах). Частично требования неформальны, и выполнение процессов реализуется на «страх и совесть исполнителя» или согласно «обычаю». Нормативные требования могут не выполняться (в рекомендациях по организации управления организации связи есть требования к процессам, однако в силу различных причин отдельные из них не выполняются либо отсутствует должное ресурсное обеспечение). В такой ситуации часть технологических процессов неэффективны. При этом в общем случае имеется возможность внешнего определения эффектов выполнения самих процессов (их реализаций), хотя бы качественно. Устранение неэффективности в рамках реинжиниринга процессов обосновывает потребность выявления узких мест [2].

Комплексный набор критериев эффективности реализации процессов системы управления может быть сформирован по двум аспектам:

- по уровню соответствия достигнутых результатов технологических процессов – установленным целям деятельности;
- по уровню соответствия процессов – объективным требованиям к организации их содержания и результатам.

Обобщенным критерием эффективности при сравнении различных вариантов технологических процессов организации связи выступает возможность наиболее полного и устойчивого достижения конечных целей системы управления (показатель вероятности достижения цели) при относительно меньших затратах на их выполнение [3].

Оценка технологических процессов организации связи может быть реализована как с использованием формальных методов, так и экспертными. Показатели, используемые при оценках эффективности технологических процессов систем управления, подразделяются следующим образом.

1. Группа показателей, отражающих эффективность системы управления через конечные результаты деятельности организации и затраты на управление. В качестве показателей выступают объем предоставляемых телекоммуникационных услуг, прибыль, качество услуг связи, себестоимость, объем капитальных вложений, сроки внедрения новой техники. Для оценки используются экономико-математические методы: финансовые и балансовые, а также факторный анализ [4-5].

2. Группа показателей, отражающих содержание и организацию процесса управления, в первую очередь результаты и затраты управленческого труда. Здесь используются: бюджетный анализ; методология оценки полной стоимости владения (TCO); быстрого экономического обоснования (REJ) [6-8]. При этом оцениваются расходы на содержание управленческого аппарата, эксплуатацию комплекса средств автоматизации, содержание зданий и помещений, переподготовку кадров, выполняющихся технологических процессов.

3. Группа показателей, отражающих рациональность организационной структуры. Оцениваются параметры централизации и звеньев системы управления, сбалансированность распределения прав и ответственности. Используются методы сравнительного анализа организационных структур [9].

Решение задач анализа процессов требует дополнительного учета их особенностей реализации, рассматривающихся в рамках частных теоретических подходов к описанию процессов.

В теории управления организационными системами [10] показывается возможность и целесообразность использования математических моделей для повышения эффективности функционирования организаций, в частности для проектирования эффективных организационных структур и процессов в них. Формальные модели процессов и вопросы их оптимизации рассматриваются в теории процессов, являющейся одним из разделов математической теории программирования. Аппарат теории процессов подходит для формального описания распределенных динамических систем [11].

Для решения задач использования формальных методов при исследовании организационно-технологических процессов предложено направление Process Mining [12-13], представляющее

собой подход к анализу процессов в информационных системах на основании анализа журналов регистрируемых событий. В реализационных методологиях управления организациями (eTOM/ITIL) наряду с рассмотрением структурой базовых процессов предлагаются метрики по их оцениванию. Это позволяет проводить сравнительный анализ эффективности процессов при повышении эффективности их реализации, важность чего подчеркивается в самих методологиях (в рамках процессов непрерывного улучшения) [1; 14]. Выбор направлений оптимизации может быть реализован через анализ узких мест учетом оценок потенциального эффекта и доступных ресурсов [8; 15-16].

Широкое применение оценка технологических процессов организации связи нашла при оптимизации процессов. В [17] рассмотрен подход онтологического реинжиниринга бизнес-процессов организаций связи, заключающийся в построении онтологии системы технологических процессов и ее сопоставления с эталонами в соответствии с eTOM в ручном режиме. В [18] рассмотрено функциональное и процессное моделирование бизнес-процессов на основе методологий SADT, SCOR и eTOM. Оценивание технологических процессов может проводиться с различных методологических позиций, например в [19] рассмотрены модели управления eTOM, ITIL и Rosetta Net.

Результаты анализа моделей, методов и способов оценивания качества реализации технологических процессов организации связи показывают, что используются многопараметрические модели, учитывающие организационные, технические и системные особенности. При этом для применения формальных методов оценивания в общем случае требуются значительные ресурсы для проведения исследований методом анализа процессов (например выявление процессов бизнес-аналитиком через опросы). Массовое их применение, в первую очередь в диагностических целях, невозможно. Это обосновывает актуальность исследования методов автоматизации оценки бизнес-процессов на основе методов process mining по автоматически собираемым данным.

Автоматизация оценивания качества эффективности бизнес-процессов организации связи

В рамках работы рассматриваются автоматизированные бизнес-процессы организации связи. Для таких бизнес-процессов (см. рис. 1) в пассивном режиме доступно три источника данных о его организации и свойствах:

- нормативные документы (устанавливают требования к организации процесса) и планы развития (показывают направления их изменения);
- внешние (надсистемные) требования к показателям эффективности (формальные и экспертные оценки качества выполнения процессов, их недостатки);
- журналы событий информационных систем, автоматизирующих деятельность в рамках процессов. Следует отметить, что низкое качество применяемых в таких ИС технологических (диагностических) моделей приводит к мозаичной регистрации важных событий [20].

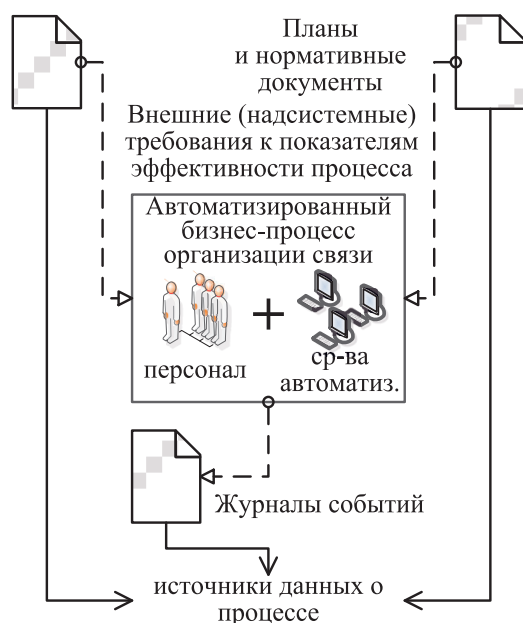


Рис. 1. Бизнес-процесс организации связи как объект оценивания

В активном режиме, путем генерации специальных исследовательских задач, возможно получение дополнительной информации о характере процессов, что в рамках данной работы не рассматривается.

Система автоматизации оценивания эффективности процессов должна по данным источникам осуществлять выявление узких мест процессов с использованием формальных методов анализа. Анализ результатов [12-13; 22] в области формализации деятельности организаций связи показывает, что в основу системы автоматизированной оценки эффективности деятельности может быть положена методология построения модели реализованной (реализуемой) деятельности по протоколам событий оцениваемой деятельности (логам), регистрируемым информационно-управляющими сис-

темами. Построенные модели должны подвергаться последующему анализу на соответствие заданным критериям и выработкой рекомендаций по оценке на основе самообучающейся модели. Структура системы автоматизированной оценки эффективности деятельности представлена на рис. 2.

Подсистема создания модели процесса. На ее вход поступают фиксируемые протоколы событий оцениваемой деятельности, представленные в виде журналов регистрации в информационно-управляющих системах S (см. рис. 3). На выходе подсистемы формируется модель реализации оцениваемой деятельности, представленная в виде множества орграфов: $S \rightarrow G_S$.

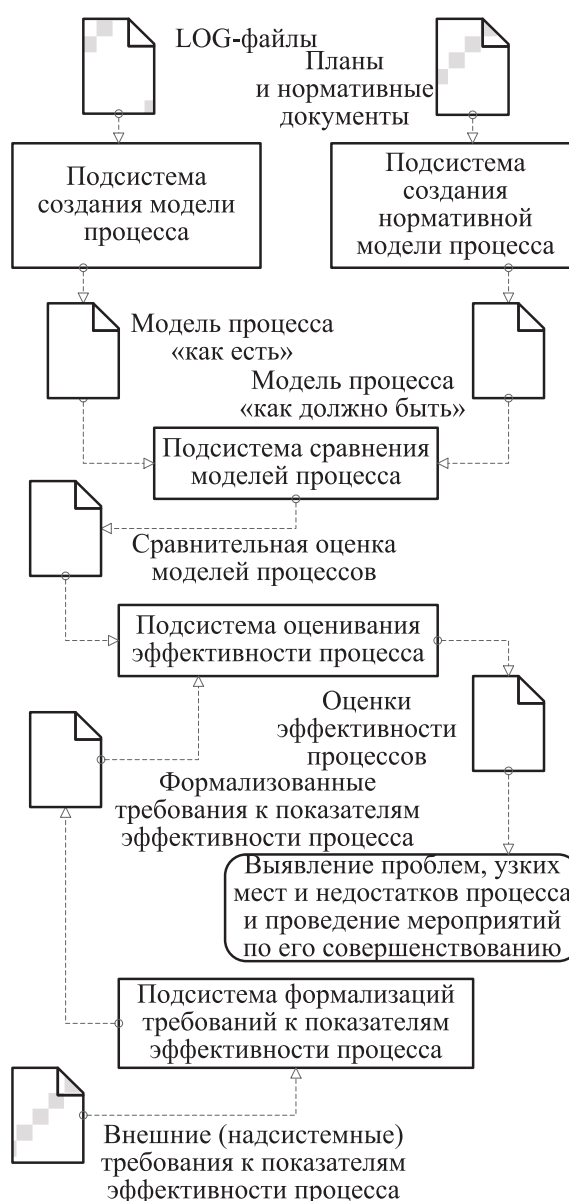


Рис. 2. Обобщенная схема системы оценивания бизнес-процессов организации связи

S: ABD1D2G1HI, ABC1EG2HI,
ABC2FG2HI, ABD1G1HI $S \rightarrow G$

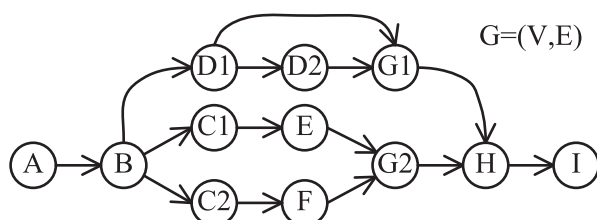


Рис. 3. Схема синтеза модели процесса по журналам регистрации событий

Подсистема формирования нормативной модели формирует ожидаемую модель процесса, представленную орграфом на основе заданных требований к оцениваемой деятельности $M : M \rightarrow G_M$. На практике нормативная модель обладает некоторой неполнотой из-за описания требований только к некоторым компонентам системы (см. рис. 4).

M: A, B, C, D, E, F, G, H, I;
A→B, A→I, B→D,
B→C, C→E, C→F,
E→G→H, D→G→I. $M \rightarrow G$

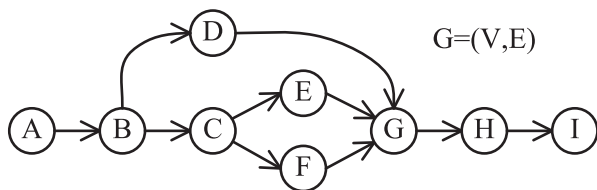


Рис. 4. Схема восстановления процесса на основе нормативных документов

Подсистема сравнения моделей процессов выполняет верификацию моделей реализованных процессов по отношению к нормативной модели и оценивает их эквивалентность между собой, выдавая на выходе набор оценок: $\Delta G = G_S - G_M$. В качестве оценок могут выступать: граф отличий моделей и его отдельные характеристики.

Подсистема формализации оценок и требований к показателям эффективности процесса обеспечивает преобразование и декомпозицию полученных извне системы интегральных оценок и критериев в набор оценок (требований) к процессам. Результатом являются формализованные требования KPI по процессу в целом либо его важным компонентам по отдельности.

Подсистема оценивания эффективности выполняет задачу корреляции между полученными наборами оценок эффективности и на основе алгоритмов обучения по прецедентам обеспечивает выработку прогнозных оценок. В общем случае

возможно нахождение оценок отдельных реализаций процесса по прогрессу в их выполнении и одновременно выявление узких мест процесса, исполнение которых приводит к негативной внешней оценке.

Таким образом, общий алгоритм функционирования системы можно представить следующим образом: на вход системы поступают протоколы событий оцениваемой деятельности, из которых система генерирует модели процессов и их параметры. Производится верификация полученных моделей с нормативной (ожидаемой) моделью процесса и оценка их эквивалентности между собой. По полученным результатам – моделям процессов, результатам их верификации и параметрам эквивалентности рассчитывается оценка их эффективности на основе заданных внешних независимых оценок. Для построения оценочного правила используются предварительно размеченные (оцененные) прецеденты – реализации процессов.

Предложения по автоматизации оценивания качества эффективности бизнес-процессов организации связи с использованием Process-Mining

Для решения задачи автоматизации в основу описанной системы оценивания может быть положена методология Process Mining, представляющая собой методологию по анализу (выявлению), исследованию и синтезу процессов путем извлечения знаний об этих процессах из протоколов событий исследуемой деятельности (логов), регистрируемых информационно-управляющими системами.

В общем случае технологические процессы организации связи можно анализировать со следующих направлений:

- управления потоком (control-flow) – соответствует управлению набором шагов (макроблоков) процесса (организация процесса);
- управления данными (data) – соответствует набору внутренних данных процесса, а также данных сторонних информационных систем, используемых в технологическом процессе;
- управления ресурсами (resource) – соответствует управлению исполнителями, которые могут выполнить макроблоки процесса. Под исполнителями понимаются как люди, так и информационные системы или специализированные технические устройства;
- управления операциями (operational) – соответствует управлению последовательностью действий, совершаемых исполнителями в рамках макроблока технологического процесса.

Применение Process Mining для решения данных задач [23] позволяет:

- реализовывать построение модели процесса (например в виде сети Петри) на основании журнала событий функционирующей информационной системы;
- осуществлять проверку соответствия экземпляра реального процесса нормативному (эталонному). Целью является определение отличий между процессами и измерение их величин;
- выполнять автоматическое восстановление систем автоматизации технологических процессов после сбоев;
- реализовывать улучшение и расширение процессов, в том числе путем повышения уровня их автоматизации. Например, определение узких мест может быть реализовано через оценку временных меток по журналам событий.

В системе автоматизации оценки эффективности технологических процессов организации связи решается задача одновременного (совместного) анализа однотипных реализаций процессов, отличающихся результатами выполнения. Такая ситуация возникает, когда есть возможность определения внешних оценок качества процессов KPI_i по отдельным реализациям или группам реализаций. В первом случае есть возможность выявления узких мест выполняемого процесса, а во втором случае – определения отличий между процессами, которые потенциально могут являться узкими местами. Таким образом, в системе оценивания решаются две задачи анализа эффективности технологических процессов:

Задача 1 (нахождения узких мест по оценкам отдельных реализаций процесса):

Дано: $\exists G: G \rightarrow \{S_i\}, \forall S_i \exists KPI(S_i), \exists KPI^{TP}$.

Найти: $G': G' \rightarrow \{S_j\}$ такой, что

$$KPI(S_k) < KPI^{TP} : S_j \in S_k.$$

Задача 2 (нахождения узких мест по оценкам групп реализаций процесса):

Дано: $\exists G, G_1 \subset G, G_2 \subset G: G_1 \rightarrow \{S_{1i}\},$

$G_2 \rightarrow \{S_{2i}\}, \forall \{S\} \exists KPI(\{S\}), \exists KPI^{TP}$

Найти: $G': G' \rightarrow \{S_j\}$ такой, что

$$KPI(\{S\}) < KPI^{TP} : S_j \in S.$$

Решение таких задач возможно за счет аппарата решающих деревьев методологии Process Mining. Решающие деревья позволяют в общем случае показывать зависимость между характеристиками процесса (как его структуры, так и отдельных параметров) и целевой внешней оценкой эффективности.

Подход построения решающего дерева базируется на применении машинного обучения по прецедентам и позволяет строить наилучшие классификации (при использовании качественных оценок процессов) или регрессионные модели (при наличии количественных внешних оценок) по исходным данным. При необходимости возможно построение интерпретируемых деревьев решений, которые сразу определяют предполагаемые узкие места исследуемых процессов. В [13] рассмотрен подход к определению взаимосвязей между параметрами процесса и, соответственно, построения оценок его эффективности. Он заключается в построении решающего дерева на основе статистики реализаций процессов. Дерево решения строится путем определения зависимых и независимых параметров и далее анализа зависимостей по имеющимся реализациям методом регрессионного анализа. В [22] представлено описание возможностей подхода к оцениванию параметров процессов методом корреляционного анализа.

Подход решающих деревьев может быть применен к анализу поведения процессов. Для этого в [23] используется метод иерархической кластеризации («наивный Байес» и C4.5 DTC), что позволяет получать настраиваемое дерево процесса. Важная область применения – прогнозирование оценок процессов. Например, в [24] рассматривается подход к улучшению качества прогнозирования времени выполнения процесса за счет объединения control и data flow информации о выполнении. Объединено два фактора: похожесть операций и оценка оставшегося времени на выполнение через регрессионную модель SVR.

Таким образом, представляется возможным на основе обработки и анализа «логов» выполнения технологических процессов обосновать и разработать инструментарий (математический и информационно-программный) по анализу (выявлению) точек неэффективности реализации технологических процессов на основе технологии Process Mining. Данное решение в рамках автоматизации оценивания процессов поможет:

- уменьшить диагностическое пространство при анализе реализаций технологических процессов;
- оценивать альтернативы проектов технологических процессов на основе анализа состава, параметров и последовательности макроблоков их реализации.

Заключение

В работе предложен подход к автоматизации оценивания качества эффективности бизнес-процессов организации связи на основе применения технологии Process Mining. Суть подхода состоит в использовании аппарата анализа процессов по результатам выполнения набора реализаций в виде логов и их анализа на предмет выявления неэффективных методов. В качестве инструмента анализа выступает автоматически формируемое по прецедентам решающее дерево. Его применение позволяет определять узкие места процессов и на их основе подготавливать предложения по их устранению.

Литература

- ITU-T Recommendation M.3050.0 «Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) – Introduction». Geneva, 2007. – 14 p.
- Гребешков А.Ю. Модель анализа состояния системы эксплуатационной поддержки OSS оператора связи // ИКТ. Т. 6, №2, 2008. – С. 82-87.
- Кузькин А.А. Оценивание показателей эффективности и результативности ИТ-процессов с использованием гибридных нейро-нечетких сетей // Интернет-журнал «Науковедение». № 1 (20), 2014. – С. 67.
- Белых А.А. Основы методологии прогнозирования и оценки эффективности информационных систем // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. №71, 2011. № 71. – С. 111-133.
- Дмитриева Е.О., Ашмарина С.И. Оценка эффективности внедрения информационных систем промышленных предприятий // Вестник СамГУ. №82, 2011. – С. 78-83.
- Пешкова О.В. Об одном подходе к оценке эффективности автоматизации управления ресурсами предприятия // Известия ИрГЭА. №6, 2007. – С. 110-112.
- Aloini D., Dulmin R., Mininno V. Risk management in ERP project introduction: Review of the literature // Information and Management. № 44, 2007. – P. 547-567.
- Логинов И.В. Оценивание эффективности альтернатив направлений модернизаций АСУ предприятий на этапе технико-экономического анализа // ИКТ. Т. 12, №4, 2012. – С. 53-59.
- Системный анализ и принятие решений. Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004 – 616 с.
- Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Изд-во Физ-матлит, 2012. – 604 с.
- Milner R. A Calculus of Communicating Systems. Number in Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag, 1980. – 260 p. ISBN 0387102353.
- Van der Aalst Wil M.P. Formalization and Verification of Event-Driven Process Chains. Computing Science Reports 98/01, 1998. – 30 p.
- De Leoni M., Van der Aalst Wil M.P., Dees M. A General Framework for Correlating Business Process Characteristics // Proceedings of the 12th International Conference of Business Process Management (BPM 2014). Springer. Vol. 8659 of LNCS, 2014. – P. 250-266.
- Dos Santos M.P.F., Clarke W.A., Nel A.L. Enhancing Telecommunications Business Operations by Implementing Operational Risk Management in Service Level Management Operations // AFRICON, September 2007. – 6 p.
- Логинов И.В., Гришаков В.Г., Дементьев Д.Н., Верижников М.В. Метод планирования развития системы административного управления телекоммуникационной сетью // Программные продукты и системы. №3 (111), 2015. – С. 143-149.
- Гришаков В.Г., Логинов И.В. CALS-ориентированное управление развитием телекоммуникаций крупного предприятия (организации) // Телекоммуникации. №13, 2012. – С. 32-35.
- Набока М.В., Чистов Д.А. Метод онтологического реинжиниринга бизнес-процессов телекоммуникационного предприятия // Известия ВолгГТУ. Т. 7, №12 (60). – С. 79-82.
- Тельнов Ю.Ф., Федоров И.Г. Функциональные и процессные модели бизнес-процессов // Статистика и Экономика. №2, 2012. – С. 193-199.
- Салютин Т.Ю., Ромашин А.А. Анализ моделей управления бизнес-процессами компаний связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. Т.6, №12, 2012. – С. 90-93.
- Логинов И.В. Технологические модели для управления развитием автоматизированной системы управления предприятием // Программные продукты и системы. №1, 2014. – С. 64-70.
- Барсегян А.А., Куприянов М.С., Холод И.И. и др. Анализ данных и процессов. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
- De Leoni M., Van der Aalst Wil M.P. The Feature Prediction Package in ProM: Correlating Business Process Characteristics // Proceedings of the 12th

- International Conference on Business Process Management. The Netherlands, Eindhoven, September 2014. – 26 p.
23. Accorsi R., Stocker T. Discovering workflow changes with time-based trace clustering // In K. Aberer, E. Damiani and T. Dillon. Editors, Data-Driven Process Discovery and Analysis. Vol. 116 of Lecture Notes in Business Information Processing. Springer Berlin Heidelberg. 2012. – P. 154-168.
24. Polato M., Sperduti A., Burattin A., De Leoni M. Data-Aware Remaining Time Prediction of Business Process Instances // International Joint Conference on Neural Networks (IEEE WCCI IJCNN 2014). – P. 816-823.

Получено 20.07.2017

Бударевский Игорь Станиславович, преподаватель Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации (Академия ФСО РФ). Тел. (8-486) 254-97-11. E-mail: loginov_iv@bk.ru

Гришаков Вадим Геннадьевич, к.т.н., преподаватель, Академии ФСО РФ. Тел. (8-486) 254-97-03. E-mail: loginov_iv@bk.ru

Логинов Илья Валентинович, к.т.н., преподаватель, Академии ФСО РФ. Тел. (8-486) 254-97-11. E-mail: loginov_iv@bk.ru

GENERALIZED APPROACH TO BUSINESS PROCESS ESTIMATION BASED ON PROCESS MINING TECHNOLOGY

Budarevskiy I.S., Grishakov V.G., Loginov I.V.

*The Academy of Federal Security Guard Service, Orel, Russian Federation
loginov_iv@bk.ru*

In the article a method of estimating business process for a telecommunication company is proposed. The method is based on process mining technology, which allows to identify ineffective operations using logged data. The article reviews the basic steps of estimating a technological process: creating the model of the process and the reference model, testing the model, formalizing the requirements and performing quality estimation. Identification is performed by the decision tree, which is built automatically using machine learning methods. It is shown that the new method allows to decrease the amount of diagnostic operations needed for analyzing a technological process.

Keywords: quality management, telecommunications, telecommunication service, monitoring, process mining, estimation, service quality agreement, technological process, model, logging

DOI: 10.18469/ikt.2017.15.4.09

Budarevskii Igor Stanislavovitch, The Academy of Federal Security Guard Service, 35 Priborostroitel'naya street, Orel, Russian Federation; Lecturer. Tel.: +74862549711. E-mail: loginov_iv@bk.ru

Grishakov Vadim Gennad'evitch, The Academy of Federal Security Guard Service, 35 Priborostroitel'naya street, Orel, Russian Federation; Lecturer, PhD in Technical Science. Tel.: +74862549711. E-mail: loginov_iv@bk.ru.

Loginov Ilya Valentinovitch, The Academy of Federal Security Guard Service, 35 Priborostroitel'naya street, Orel, Russian Federation; Lecturer, PhD in Technical Science. Tel.: +74862549711. E-mail: loginov_iv@bk.ru

References

1. ITU-T Recommendation M.3050.0. «Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) – Introduction». Geneva, 2007, 14 p.
2. Grebeshkov A.Yu. Model' analiza sostoyaniya sistemy ehkspluatatsionnoj podderzhki OSS operatora svyazi [The model of analysis status processes of OSS system of telecommunication organization]. *Infokommunikatsionnye tehnologii*, 2008, vol. 6, no 2, pp. 82-87.
3. Kuz'kin A.A. Ocenivanie pokazatelej ehffektivnosti i rezul'tativnosti IT-processov s ispol'zovaniem gibridnyh nejro-nechetkih setej [Estimation of indicators of efficiency and effectiveness of it processes using hybrid neuro-fuzzy network]. *Naukovedenie*, 2014, vol. 1, no 20, pp. 67.

4. Belyh A.A. Osnovy metodologii prognozirovaniya i ocenki ehffektivnosti informacionnyh sistem [Fundamentals of methodology of forecasting and evaluating the effectiveness of information systems]. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2011, no 71, pp. 111-133.
5. Dmitrieva E.O., Ashmarina S.I. Ocenka ehffektivnosti vnedreniya informacionnyh sistem promyshlennyh predpriyatij [Evaluating the effectiveness of implementation of information systems of industrial enterprises]. *Vestnik SamGU*, 2011, no 82, pp. 78-83.
6. Peshkova O.V. Ob odnom podhode k ocenke ehffektivnosti avtomatizacii upravleniya resursami predpriyatiya [About one approach to assessing the efficiency of automation enterprise resource management]. *Bulletin of Baikal State University*, 2007, no 6, pp. 110-112.
7. Aloini D., Dulmin R., Mininno V. Risk management in ERP project introduction: Review of the literature. *Information and Management*, 2007, no 44, pp. 547-567.
8. Loginov I.V. Ocenivanie ehffektivnosti al'ternativ napravlenij modernizacii ASU predpriyatij na ehtape tekhniko-ehkonomicheskogo analiza [Estimating of the effectiveness of alternatives to directions of modernization of MES at the stage of feasibility analysis]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2012, no 4, pp. 53-59.
9. Volkovoj V.N., Kozlova V.N. *Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij: Slovar'-spravochnik: Ucheb. posobie dlya vuzov* [System analysis and decision making: Dictionary-Handbook: Textbook for high schools], Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2004. 616 p.
10. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizacionnymi sistemami. 3-e izdanie* [Management Theory of organizational systems], Moscow, Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 2012. 604 p.
11. Milner R. *A Calculus of Communicating Systems. Number in Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag, 1980. 260 p.
12. W.M.P. van der Aalst. *Formalization and variations of event-driven process chains*. Computing Science Reports 98/01, 1998. 30 p.
13. De Leoni M., Wil M.P. van der Aalst, Dees M.. A General Framework for Correlating Business Process Characteristics. *Proceedings of the 12th International Conference of Business Process Management (BPM 2014)*. Volume 8659 of LNCS, Springer, 2014, pp. 250-266.
14. Dos Santos M.P.F., Clarke W.A., Nel A.L. Enhancing Telecommunications Business Operations by Implementing Operational Risk Management in Service Level Management Operations. *AFRICON 2007*, 26-28 Sept, 2007, 6 p.
15. Loginov I.V., Grishakov V.G., Dement'ev D.N., Verizhnikov M.V. Metod planirovaniya razvitiya sistemy administrativnogo upravleniya telekommunikacionnoj set'yu [Method of planning of development of administrative management of the telecommunications network]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2015, vol. 3, no 111, pp. 143-149.
16. Grishakov V.G., Loginov I.V. CALS-orientirovannoe upravlenie razvitiem telekommunikacij krupnogo predpriyatiya (organizacii). *Telekommunikatsii*, 2012, no 13, pp. 32-35.
17. Naboka M.V., Chistov D.A. Metod ontologicheskogo reinzhiniringa biznes-processov telekommunikacionnogo predpriyatiya [Method of ontological business process reengineering telecommunication enterprises]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2009, vol. 7, vol. 12, no 60, pp. 79-82.
18. Tel'nov Yu.F., Fedorov I.G. Funkcional'nye i processnye modeli biznes-processov [Functional and process models of business processes Economics and Statistics]. *Statistics and Economics*, 2012, no 2, pp. 193-199.
19. Salyutina T.YU., Romashin A.A. Analiz modelej upravleniya biznes-processami kompanij svyazi [Analysis of management models of business processes of telecommunications companies]. *T-Comm: Telekommunikacii i transport*, 2012, vol. 6, no 12, pp. 90-93.
20. Loginov I.V. Tekhnologicheskie modeli dlya upravleniya razvitiem avtomatizirovannoj sistemy upravleniya predpriyatiem [Technological models for managing the development of automated systems of enterprise management]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2014, no 1, pp. 64-70.
21. Barsegyan, A. A., Kupriyanov M. S., Holod I. I., Tess M. D., Elizarov S. I. *Analiz dannyh i processov: ucheb. posobie* [Analysis of data and processes: proc. manual]. Saint-Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2009, 512 p.
22. Massimiliano de Leoni and Wil M.P. van der Aalst the Feature Prediction Package in ProM: Correlating Business Process Characteristics. *Proceedings of the 12th International Conference on Business Process Management*, Eindhoven, The Netherlands, September 10, 2014, 26 p.

23. Accorsi R., Stocker T. Discovering workow changes with time-based trace clustering. *Data-Driven Process Discovery and Analysis, volume 116 of Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp.154-168. doi: 10.1007/978-3-642-34044-4.
24. Mirko Polato, Alessandro Sperduti, Andrea Burattin, Massimiliano de Leoni Data-Aware Remaining Time Prediction of Business Process Instances. *International Joint Conference on Neural Networks (IEEE WCCI IJCNN 2014)*, 2014, pp. 816-823.

Received 20.07.2017

УДК: 004.056.5; 681.142.342

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛА ОЖИДАЕМОЙ ПОЛЕЗНОСТИ

Маслов О.Н., Фролова М.А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: ritam2003@mail.ru

Представлены результаты анализа и моделирования функционала ожидаемой полезности сложных систем в интересах оценки их сравнительной эффективности.

Ключевые слова: управление сложными системами, принятие решений, моделирование ожидаемой полезности, функционал ожидаемой полезности

Введение

Теоретические принципы моделирования, состав и структура функционала ожидаемой полезности (ФОП), необходимые для его применения при управлении сложными системами (СС) организационно-технического типа, представлены в [1-2]. Было показано, что сочетание объективных и субъективных компонентов ФОП, основанных на теориях управления и ожидаемой полезности СС, методах сценариев и функционально-стоимостного анализа СС, включая компьютерный вариант метода Монте-Карло (ММК), открывает новые возможности для применения статистического имитационного моделирования (СИМ) по версии метода Димова-Маслова (МДМ) в интересах управления СС [3].

В практическом плане ФОП является удобным рабочим «инструментом» – критерием выбора решений при помощи СИМ по МДМ, к которому не относятся критические указания на то, что лица, принимающие решения (ЛПР), часто действуют вопреки рациональным правилам (известным аксиомам и эвристикам) принятия решений и, даже получив информацию об этом, не отменяют их. В то же время ФОП лишь «подсказывает», как именно, с объективной точки зрения, ЛПР следует поступить в том или ином конкретном случае, – а право окончательного выбора всегда остается за каждым из них.

Возможности СИМ по МДМ (обусловленные «разыгрыванием» значений случайных числовых величин – далее СЧВ, при помощи технологии ММК) позволяют устранить недостатки такого способа управления, связанные с неопределенностью знаний ЛПР о состоянии и поведении, параметрах и характеристиках рассматриваемых СС [4-5]. Важно также, что многоэлементные (многофакторные, многопараметрические) сложные альтернативы решений ЛПР способны субъективно сравнивать лишь по выбранным (доступным им лично) отдельным частям, тогда как ФОП позволяет это сделать в целом, реализуя комплексный (холистический, лексикографический), а не покомпонентный подход.

Наряду с продолжением рассмотрения теоретических аспектов моделирования ФОП целью настоящей статьи является анализ двух предложенных конкретных моделей, реализованных средствами ММК и предназначенных для управления СС с применением СИМ по МДМ.

Кибернетический подход к процессу исследования СС

Согласно определению, кибернетика (от греч. *kibernetike* – искусство управления) представляет собой науку о закономерностях процессов управления и передачи информации в СС [6]. В