

12. Kuosmanen, P. Soft morphological filtering / Pauli Kuosmanen and Jaakko Astola // Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 1995. – Vol. 5, № 3. – P. 231–262.
13. Liu, T. Infrared small targets detection and tracking based on soft morphology Top-Hat and SPRT-PMHT / Tan Liu, Xiang Li // Proc. of 3rd International IEEE Congress on Image and Signal Processing (CISP). Shanghai, 2010. – 2010. – Vol. 2. – P. 968–972.
14. Maccarone, M. C. Fuzzy mathematical morphology: Concepts and applications / Maria Concetta Maccarone // Vistas in Astronomy. – 1996. – Vol. 40, № 4. – P. 469–477.
15. Nachtegaele, M. A study of interval-valued fuzzy morphology based on the minimum-operator / M. Nachtegaele [et al.] // Proc. SPIE 7546 – Proc. of Second International Conference on Digital Image Processing, 26 February 2010, Singapore. / ed. Kamaruzaman Jusoff, Yi Xie. – 2010. – SPIE Vol. 7546. – P. 75463H–1–7.
16. Nachtegaele, M. Classical and fuzzy approaches towards mathematical morphology / M. Nachtegaele, E. E. Kerre // Fuzzy Techniques in Image Processing / E. E. Kerre and M. Nachtegaele, eds. – 2000. – Springer Verlag Berlin / Heidelberg. – P. 3–57.
17. Nachtegaele, M. Connections between binary, gray-scale and fuzzy mathematical morphologies / Mike Nachtegaele, Etienne E. Kerre // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – Vol. 124, № 1. – P. 73–85.
18. Pu, C. Threshold Decomposition of Grey-Scale Soft Morphology into Binary Soft Morphology / Christopher C. Pu, Frank Y. Shih // CVGIP – Graphical Models and Image Processing. – 1995. – Vol. 57, № 6. – P. 522–526.
19. Serra, J. Image analysis and Mathematical Morphology. – New York : Academic Press, 1982. – 610 p.
20. Shih, F. Analysis of the properties of soft morphological filtering using threshold decomposition / Y. Shih Frank, C. Pu Christopher // IEEE Trans. Signal Processing. – 1995. – Vol. 43, № 2. – P. 539–544.
21. Sinha, D. Fuzzy mathematical morphology / Sinha Divyendu, R. Dougherty Edward // Journal of Visual Communication and Image Representation. – 1992. – Vol. 3, № 3. – P. 286–302.
22. Sussner, P. Classification of Fuzzy Mathematical Morphologies Based on Concepts of Inclusion Measure and Duality / Peter Sussner and Marcos Eduardo Valle // Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 2008. – Vol. 32, № 2. – P. 139–159.
23. Tickle, A. Upgrading to a Soft Multifunctional Image Processor for Implementation on a Field Programmable Gate Array with Additional Biasing and Logical Capabilities / Andrew J. Tickle [et al.] // Proc. of SPIE Optical Design and Engineering III / ed. by Laurent Mazuray [et al.]. – 2008. – SPIE Vol. 7100. – 71002H–1–12.
24. Tian, Y. Optimization of Soft Morphological Filters with Parallel Annealing-Genetic Strategy / Ye Tian, Chun-hui Zhao // Proc. of First International Conference on Pervasive Computing Signal Processing and Applications (PCSPA), Harbin, China, 17–19 Sept. 2010. – 2010. – P. 576–581.
25. Wu, M. Fuzzy Morphology and Image Analysis / Minjin Wu // Proc. of the 9th. ICPR, Rome, 14–17 Nov 1988. – 1988. – Vol. 1. – P. 453–455.
26. Yan, X. Edge detection for Feather and down image via BEMD and soft morphology / Xiaofei Yan, Yanqiu Wang // Proc. of International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), Harbin, China 24–26 Dec. 2011. – Vol. 3. – P. 1603–1607.
27. Yang, X. Fuzzy Morphology Based Feature Identification in Image Processing / Xiaoyi Yang // Fuzzy Information and Engineering: Advances in Intelligent and Soft Computing. – 2010. – Vol. 78. – P. 607–615.
28. Гонсалес, Р. Мир цифровой обработки. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М.: Техносфера, 2005. – 660 с.
29. Инютин, А. В. Фильтрация изображений с использованием операций мягкой морфологии / А. В. Инютин // Искусственный интеллект. – 2007. – № 3. – С. 217–228.
30. Матерон, Ж. Случайные множества и интегральная геометрия. – М.: Мир, 1978. – 318 с.

Материал поступил в редакцию 15.02.2019

DOUDKIN A. A., INUTIN A. V. Evaluation of the effectiveness of morphological filters to remove noise from PCB layout images

The paper presents an assessment of the effectiveness of morphological filters to remove noise from the images of PCB layers according to the criteria of maximum noise reduction and filter performance, as well as the minimum number of layout distortions that arise in the process of their operation. For evaluation, the tested filters are applied with their various parameters to a set of the images, and then the layout defects are searched and classified.

УДК 004.89

Виссия Х., Краснопрошин В. В., Вальвачев А. Н.

МОНИТОРИНГ СВЕРХБОЛЬШИХ СИСТЕМ

Введение. В условиях глобализации и перехода современного общества от промышленного к цифровому этапу своего развития появились новые типы организационно-технических систем (ОТС) [1]. Они характеризуются большим количеством территориально распределенных гетерогенных компонентов, высоким уровнем автоматизации производства, активным использованием глобальных коммуникаций и интеграцией традиционной деятельности человека с компьютерными технологиями. В современных ОТС производственные, научные, сервисные, образовательные и другие процессы реализуются людьми совместно с роботизированными установками, управляемыми системами с элементами искусственного интеллекта [1, 2]. Примерами современных ОТС являются: объединения государств, экономические кластеры, международные корпорации, банковские объединения, цифровые города, человеко-машинные системы типа CPS [3], IoT [4], ULSS [3]) и др. В литературе подобного

рода организации называют: сложными [5], большими [6], крупномасштабными [7], ультрабольшими [8], сверхбольшими [9].

Одной из наиболее актуальных проблем новых ОТС является запаздывание реакции административных органов (лиц, принимающих решения, ЛПР) на возникновение аварийных ситуаций или снижение эффективности работы отдельных компонентов системы [7, 10]. Причины запаздывания связаны со сложностью оперативного доступа руководства компании к “горячим” данным нижних уровней, гетерогенностью входной информации, субъективностью принимаемых решений и др. Вместе с тем несвоевременность принятия решений может иметь катастрофические последствия, как для отдельных людей, так и для государства в целом. Например, финансовый кризис 2008 г., который во многом был вызван запаздыванием принятия превентивных решений администрации США, привел к краху крупнейших инвестиционных банков, включая Lehman Brothers.

Виссия Херман, Ph.D., генеральный директор компании Vyelex Multimedia Products.

Краснопрошин Виктор Владимирович, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой информационных систем управления Белорусского государственного университета; e-mail: krasnoproshin@bsu.by.

Вальвачев Александр Николаевич, к. т. н., доцент кафедры информационных систем управления Белорусского государственного университета; e-mail: van_955@mail.ru

220050, г. Минск, пр. Независимости, 4.

В настоящее время методы и технологии управления новыми ОТС находятся в стадии становления [1, 7, 8]. В первую очередь это касается систем поддержки принятия решений.

В статье предлагается один из возможных подходов к решению проблемы запаздывания, основанный на синтезе методологии проактивного мониторинга, методов искусственного интеллекта и распознавания образов.

1. Основные понятия и определения. Для решения задачи определим в первую очередь ее понятийный каркас. При этом необходимо, чтобы в системе базовых понятий учитывались те принципиальные изменения, которые в настоящее время происходят в сфере компьютерных технологий, средств коммуникаций и промышленного производства [1]. Прежде всего попытаемся адаптировать к современным условиям классические определения общей теории систем [5, 6, 7, 9].

Для определения понятия ОТС, например, можно использовать термин А. И. Берга – сверхбольшие системы (СБОТС). Этот термин более других соответствует гигантским масштабам компаний типа Google, Amazon и объединениям государств типа ЕС. Кроме того, этот термин аналогичен англоязычному – ultra-large scale system [3]. В свою очередь термин “большие системы” хорошо подходит к определению крупных локальных компаний и отдельных государств [6]. Согласно Бергу: “Сверхбольшие системы это совокупность “индуктивно” связанных между собой больших систем”. Их главной особенностью является повышенная стабильность (системный гомеостаз) входящих в них больших подсистем” [9, с.116].

Система мониторинга, отвечающая требованиям рассматриваемой задачи, определена в [10] как “упреждающая” или как “система проактивного мониторинга”. Будем использовать второй вариант, который применяется в системах для упреждения аварийных ситуаций на ранней стадии их появления. По назначению и функциональности такие системы соответствуют системам “верхнего уровня” [12], размещаемым, как правило, “поверх” существующих систем управления. Это дает возможность на основе “горячих” данных оперативно фиксировать возникновение проблемных ситуаций на начальной стадии и предлагать решения соответствующих уровней для их предотвращения.

С учетом проведенных рассуждений, модифицируем определение Берга и выделим базовые сущности СБОТС.

Сверхбольшая система – это множество взаимосвязанных гетерогенных подсистем, совместная деятельность которых обеспечивает достижение общей цели. Главной особенностью таких систем является высокий уровень гомеостаза. Хорошим примером СБОТС может служить лесопромышленный кластер Финляндии, включающий в себя лесозаготовительную, деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную отрасли.

Подсистема (P) – множество гетерогенных объектов, функционирующих в рамках одной подсистемы для достижения собственных целей и целей СБОТС. Главным требованием к современным подсистемам является их быстрая адаптация к глобальным экономическим, политическим, климатическим и другим изменениям. Подсистема может иметь несколько уровней вложенности (в данной работе ограничимся тремя уровнями). При изменении среды функционирования подсистемы должны обладать возможностью при необходимости менять функциональность, структурное наполнение или местонахождение. Например, деревообрабатывающая подсистема лесопромышленного кластера Финляндии регулярно совершенствует оборудование, процессы обработки древесины и ассортимент производимой продукции.

Объект (q) – естественный или искусственный элемент подсистемы, деятельность которого направлена на достижение собственных целей, целей подсистемы и СБОТС. Главные требования к объектам: размещение в странах с выгодными для ведения бизнеса условиями; высокий уровень роботизации производственной деятельности, постоянное внедрение инноваций и т. д. Хорошим примером объекта является полностью роботизированный завод компании Adidas для производства обуви линейки “Adidas Made For” (AM4) в Германии.

Уточним также другие понятия, относящиеся к проблематике мониторинга.

Проактивный мониторинг СБОТС – процесс наблюдения компонентов (объектов, подсистем, центра), измерения их параметров, оценки состояния и синтеза соответствующих управляющих решений.

Система мониторинга СБОТС – интеллектуальная система автоматизации процесса проактивного мониторинга. Современные системы мониторинга представляют собой синтез классического мониторинга и систем поддержки принятия решений [12]. Основным требованием к системам мониторинга является их проактивность [10].

Сцена – участники (акторы) процесса мониторинга с природным и искусственным интеллектом, связанные между собой средствами коммуникаций [12, 13, 14].

Актеры – люди и интеллектуальные программные системы. Обозначим их соответственно как niQ , niP , niC и aiQ , aiP , aiC .

Образ актора (w) – вектор, на основании которого по методу (f_w) определяется состояние актора. В трехуровневой СБОТС используются три вектора – wQ , wP , wC и, соответственно, три алгоритма f_{wQ} , f_{wP} , f_{wC} .

Горизонт событий – множество событий, “наблюдаемых” актерами сцены. Например, лицо принимающее решение (ЛПР), на уровне объекта видит только свое предприятие, ЛПР подсистемы – все объекты своего министерства, ЛПР СБОТС – все подсистемы и объекты.

Одним из основных факторов, снижающих эффективность СБОТС, является большой для восприятия ЛПР горизонт событий на всех уровнях иерархии.

Используя приведенный выше понятийный каркас, классические постановки задач принятия решений [15] и распознавания образов [16], сформулируем задачу мониторинга для компонентов СБОТС.

2. Постановка задачи. Пусть имеется некоторая СБОТС, включающая центр (руководство) C и K гетерогенных подсистем $P_1 \dots P_K$. Предположим, что каждая из подсистем содержит большое количество производственных, сервисных, социальных и других объектов $q_{11} \dots q_{kr}$, где $r \rightarrow \infty$. Каждый уровень СБОТС имеет лицо, принимающее решение (C, P, Q), и интеллектуальную систему ai :

$$niC+aiC \leftrightarrow niP+aiP \leftrightarrow niQ+aiQ. \quad (1)$$

Деятельность объектов характеризуется множеством гетерогенных параметров X . В зависимости от значений X объект, подсистема и СБОТС могут находиться в одном из возможных состояний:

$$V_q = (V_{q1}, \dots, V_{qs}), V_p = (V_{p1}, \dots, V_{pm}), \\ V_c = (V_{c1}, \dots, V_{cm}), \quad (2)$$

каждому состоянию соответствует релевантное управляющее решение:

$$U_q = (U_{q1}, \dots, U_{qs}), U_p = (U_{p1}, \dots, U_{pm}), \\ U_c = (U_{c1}, \dots, U_{cm}). \quad (3)$$

В данном случае количество состояний для P и C одинаково (в отдельных случаях шкалы оценки для ЛПР разного уровня могут отличаться). Количество состояний q зависит от специфики деятельности объекта. Значения X, V, U, E формируются экспертом (Exp) и сохраняются в базах знаний (KD) соответствующих уровней.

Предположим, что горизонт событий (G) для ЛПР СБОТС изменяется в интервале от 1 (для Q) до ∞ (для C). Требуется разработать систему мониторинга sys , обеспечивающую:

- приведение гетерогенных входных данных к типу, удобному для формальной обработки;
- минимизацию горизонта событий для ЛПР ($G_Q, G_P, G_C \rightarrow 0$);
- фиксацию проблемной ситуации на начальном этапе ее возникновения;
- оценку на основе образа w состояния акторов q, P, C и синтез соответствующих управляющих решений в реальном масштабе времени ($t_Q, t_P, t_C \rightarrow 0$);
- поэтапное исключение ЛПР из сцены ($Q, P, C \rightarrow \emptyset$) в результате интеллектуализации aiQ, aiP, aiC .

Замечание. Решение задачи имеет ряд трудностей. Прежде всего, это наличие огромного количества объектов, гетерогенная при-

рода их параметров (str, int, double) и сложность (из-за большого потока входных данных) оперативной оценки ситуации и синтеза решений для лиц, принимающих решение на уровне подсистем и СБОТС в целом.

Прежде чем приступить к решению задачи, построим необходимые для этого модели.

3. Модели акторов. Начнем с процесса моделирования участников (акторов) СБОТС. Последнее, как правило, затруднено по причине их разнообразия. Для упрощения процесса (без потери качества) будем использовать концептуальный (онтологический) подход, допускающий поэтапное уточнение элементов моделей от момента выбора концепции до написания программного кода [15].

В основу онтологий положим базовые положения, характерные для СБОТС:

- все участники разделяются на акторов с естественным и искусственным интеллектом;
- акторы решают задачи своих уровней в тесном взаимодействии друг с другом;
- акторы обмениваются информацией с помощью локальных или глобальных коммуникаций;
- значения параметров объекта фиксируются датчиками.

С учетом этих положений СБОТС можно описать с помощью следующего кортежа:

$$uls = (\langle C, aiC \rangle, \langle P, aiP \rangle, \langle Q, aiQ, q, dt \rangle, com), \quad (4)$$

где C, P, Q и aiC, aiP, aiQ – соответственно акторы с природным и искусственным интеллектом; q – объекты; dt – датчики, фиксирующие значения параметров объектов; com – коммуникации. В дальнейшем ni -акторы могут быть заменены на ai -акторов без изменения принципов работы СБОТС.

В результате модель искомой системы, начиная с нижнего уровня иерархии, описывается кортежем:

$$sys = (aiQ, aiP, aiC, com). \quad (5)$$

Фактически такая система представляет собой своеобразный иерархический комплекс постоянно взаимодействующих программ. Система на основе исходных данных, полученных на уровне Q от dt (q) проводит мониторинг уровней Q, P, C .

Теперь, используя модели (1–5), построим модели компонентов программной системы sys .

Прежде всего, это модель модуля формализации и загрузки знаний эксперта Exp в базы знаний ai уровней:

$$aiExp = (intExp, KBq, KBp, KBc). \quad (6)$$

где $intExp$ – интерфейс эксперта для создания БЗ уровней.

Контент базы знаний содержит атрибуты для принятия решений, включая значение слова состояние уровня (W) и алгоритм его оценки (f_w):

$$KBq = (X, E_q, V_q, U_q, f_{wq}, wq); \quad (7)$$

$$KBp = (E_p, V_p, U_p, f_{wp}, wp); \quad (8)$$

$$KBc = (E_c, V_c, U_c, f_{wc}, wc). \quad (9)$$

Модели акторов ai на разных уровнях описываются соответствующими кортежами:

$$aiQ = (idQ, Q, q, dt, \langle X \rangle, f_1(X, KBq)); \quad (10)$$

$$aiP = (idP, P, f_2(V_q, U_q, KBp)); \quad (11)$$

$$aiC = (idC, C, f_3(V_p, U_p, KBc), \quad (12)$$

где E_q, E_p, E_c – эталонные состояния объекта, подсистем, СБОТС; f_1, f_2, f_3 – алгоритмы оценки состояния и синтеза управляющего решения для уровней.

В качестве алгоритмов f_1, f_2, f_3 можно использовать различные методы распознавания образов [16]. В данном случае будем использовать два различных варианта: оценка объекта будет определяться по критическому показателю, а оценка подсистем и СБОТС в целом – по минимальному расстоянию вектора состояния подсистемы W к эталонам E . Для того чтобы обеспечить требование “проактивности”, оценки объектов будут определяться по значению максимальной координаты вектора X .

4. Алгоритмы. Согласно постановке задачи, для формирования предметной области (ПрО) конкретной СБОТС необходимо использовать экспертные знания. В целом, система мониторинга будет включать четыре алгоритма: f_0 – для создания баз знаний KBq, KBp, KBc ; f_1, f_2, f_3 – для оценки и синтеза управляющего решения объектов, подсистем и СБОТС в целом.

Замечание. Для нормализации гетерогенных значений X в алгоритме f_1 будем использовать функции принадлежности теории нечетких множеств [19]. Для сокращения горизонта событий на уровнях введем понятие порога сложности ситуации Δ . Например, если значение сложности j выше порога Δ , то право принятия решений передается на следующий по иерархии уровень. Значение Δ для уровней (Δ_q, Δ_p) устанавливается экспертами.

Опишем основные этапы перечисленных выше алгоритмов.

Алгоритм f_0 :

Шаг 01: Анализ проблемы.

Шаг 02: Формирование (на основе экспертных знаний) контента БЗ $X, V_q, U_q, \Delta_q \rightarrow KBq; E_q, V_p, U_p, \Delta_p \rightarrow KBp; E_p, V_c, U_c, E_c \rightarrow KBc$.

Шаг 03: Запись знаний из KBq, KBp, KBc в aiQ, aiP, aiC .

Замечание. Использование внешних экспертных знаний существенно снижает уровень субъективности оценок, характерный для ЛПР компании.

Алгоритм f_1 :

Шаг 01: Старт актора aiQ .

Шаг 02: Фиксация значений датчиков $\langle X \rangle$.

Шаг 03: Отображение $\langle X \rangle \rightarrow X [0.00-1.00]$.

Шаг 04: Поиск в векторе X координаты X_i с максимальным значением.

Шаг 05: Поиск эталона E_j , содержащего координату X_i . Запоминание ключа с номером j .

Шаг 06: Поиск по ключу j в V_q элемента V_{qj} и в U_q элемента U_{qj} .

Шаг 07: Визуализация X, V_{qj}, U_{qj} для ЛПР Q .

Шаг 08: Если значение $j > \Delta_q$ то отправка ЛПР P : idQ, X, V_{qj}, U_{qj} .

Иначе: выполнение U_{qj} и переход на Шаг 02.

Шаг 09: Получение от ЛПР: idQ, U'

Шаг 10: Выполнение U'

Шаг 11: Переход на Шаг 02.

Замечание. В алгоритме f_1 реализован принцип проактивности, т. е. ситуация распознается по критическому параметру. Простые ситуации (когда значение $j < \Delta_q$) акторы $Q+aiQ$ разрешают текущую ситуацию сами, а принятие решений по более сложным ситуациям передается на уровень подсистемы.

Алгоритм f_2 :

Шаг 01: Старт работы актора aiP .

Шаг 02: Синтез и визуализация V_{pj}, U_{pj} .

Шаг 03: Получение idQ, X, V_{qj}, U_{qj} .

Шаг 04: Принятие решения U'' .

Шаг 05: Оправка решения U акторам $Q+idQ$.

Шаг 06: Если значение $j > \Delta_p$, то право принятия решения передается C : $idC, idQ, idP, X, V_{qj}, U_{qj}$.

Шаг 07: Переход на Шаг 02.

Замечание. В алгоритме f_2 акторы $P+aiP$ решают проблемы средней сложности, когда значение $j < \Delta_p$, принятие решений по более сложным ситуациям делегируются на уровень центра.

Алгоритм f_3 :

Шаг 01: Старт работы актора aiC .

Шаг 02: Синтез и визуализация V_{cj}, U_{cj} .

Шаг 03: Получение знаний $idC, idQ, idP, X, V_{qj}, U_{qj}$.

Шаг 04: Принятие решения U .

Шаг 05: Оправка U акторам $Q+aiQ$ и $P+aiP$.

Шаг 06: Если $j = \Delta c$ то отправка $idC, idQ, idP, X, V_j, U_j$.

Шаг 07. Переход на Шаг 02.

Замечание. В алгоритме $f3$ акторы $C+aiC$ решают наиболее сложные проблемы, с которыми не смогли справиться на уровнях объектов и подсистем. При $j = m$ или $j=m-1$ деятельность компании, как правило, приостанавливается до устранения причин, вызвавших ситуацию форс-мажора. Фильтрация и устранение проблемных ситуаций акторами $Q+aiQ, P+aiP, aiC$ значительно сужает горизонт событий и, следовательно, объем потока информации для ЛПР центра.

Алгоритмы $f0, f1, f2, f3$ реализованы средствами HTML5, CSS3, Python 3.6 в форме библиотеки программ. Разработана методика их применения для ЛПР всех уровней. Ввиду сложности физического моделирования для апробации программных продуктов использовались методы имитационного моделирования, рекомендуемые для сложных систем [20].

4. Пример использования технологии проактивного мониторинга. Эффективность описанного выше механизма мониторинга СБОТС проиллюстрируем на примере решения модельной задачи.

Пусть некоторая торговая компания имеет 970 магазинов, распределенных в различных странах. Например, в Азии это Сингапур, Таиланд, Индонезия; в Африке – Алжир, Египет; в Европе – Польша, Чехия, Румыния. Требуется сформировать, развернуть и применить систему оценки прибыльности торговли по магазинам и странам. В сцене мониторинга участвуют ЛПР и ai центра, подсистемы и объектов, связанные глобальными коммуникациями. Предполагается, что ai объектов связаны с “умными” кассами и хранят данные о магазине, проданных товарах и выручке. Ниже представлены фрагменты формирования системы мониторинга экспертом и ее применения ЛПР центра.

Базы знаний ai уровней формируются экспертами. Они загружают заранее подготовленную и сохраненную в txt-файлах информацию об объектах, подсистемах и центре. Затем вводятся параметры, описывающие предметную область задачи мониторинга (рис. 1).

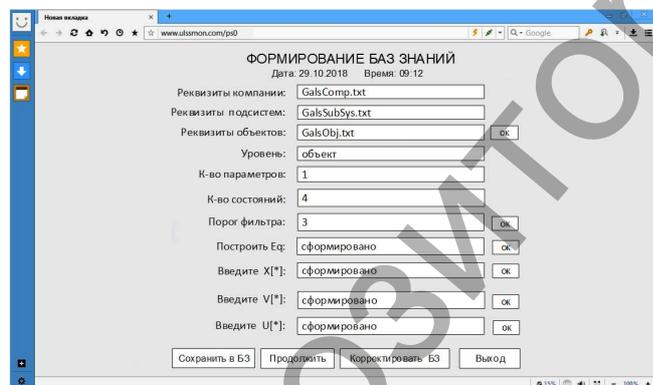


Рисунок 1 – Интерфейс эксперта

После установки и активизации системы на уровнях C, P, Q она начинает аккумулировать данные нижнего уровня и анализировать результаты работы магазинов, подсистем и компании в целом.

После старта системы в горизонт событий G_C попадают все подсистемы (рис. 2).

Внимание ЛПР C в первую очередь привлекает проблемная подсистема, состояние которой оценивается как “Аварийное”. Поэтому он активизирует столбик диаграммы с худшим результатом. В активированной подсистеме появляется график, показывающий магазины с низкой прибылью. Внизу – кнопки для доступа к данным любого магазина (рис. 3).

Нажав одну из таких кнопок, ЛПР центра получает данные из магазинов о продажах за три последних месяца (рис. 4). Таким образом, решена задача доступа ЛПР центра к горячей информации нижнего уровня иерархии СБОТС.

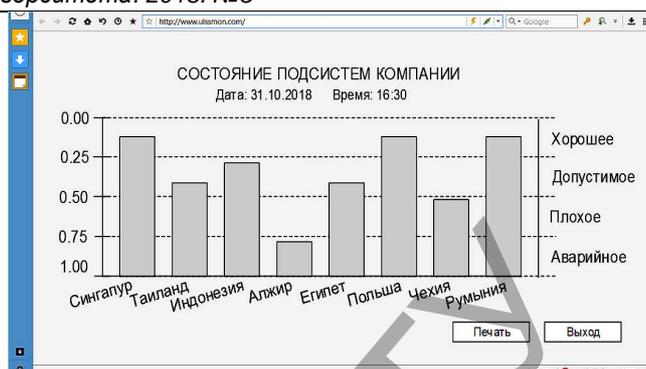


Рисунок 2 – Состояние подсистем компании

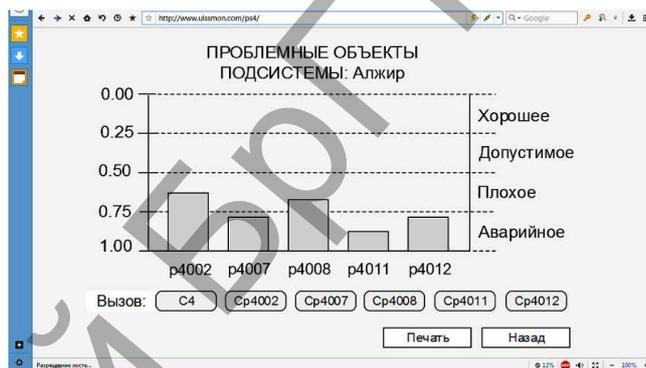


Рисунок 3 – Проблемные объекты подсистемы

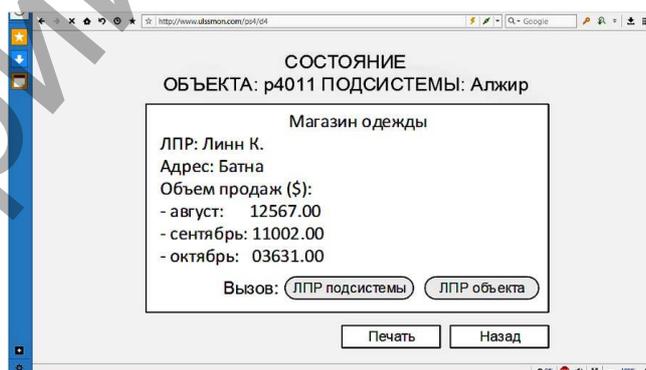


Рисунок 4 – Значения параметров объекта

После анализа данных ЛПР C принимает необходимые решения и сообщает их ЛПР P и Q .

Таким образом, ЛПР центра может в любой момент оценить состояние объекта и получить связь с ЛПР P и Q . Он выясняет причины возникновения проблемной ситуации и оперативно принимает решение для ее устранения. Горизонт событий G_C минимален, так как он включает только “Плохие” и “Аварийные объекты”.

Заключение. В работе рассмотрена проблема принятия решений в сверхбольших организационно-технических системах. Показано, что в силу сложности получения и обработки информации, а также большой роли человеческого фактора в процессе принятия решений возникает эффект “запаздывания реакции” на проблемную ситуацию. Предложен комплекс моделей, алгоритмов, на основе которых построена система, ускоряющая процесс поддержки принятия решений. Эффективность предложенного подхода демонстрируется на примере решения модельной задачи.

Показанные результаты позволяют судить о перспективности разработанных моделей, алгоритмов и системы поддержки решений для проактивного мониторинга СБОТС.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалев, М. М. Цифровая экономика / М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик – Минск: БГУ, 2018. – 327 с.

2. Пригожин, И. Р. Конец определенности, Время, Хаос и Новые законы Природы / И. Р. Пригожин. – Ижевск: R & C Dynamics, 2000. – 205 с.
3. Cyber-Physical and Ultra-Large Scale Systems. – CMU, 2013. WW.SEI.CMU.EDU.
4. Greengard, S. The Internet of Things / S.Greengard. – Cambridge: The MIT Press, 2015. – 232 p.
5. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
6. Бурков, В. Н. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В. Н. Бурков, Б. Данев, А. К. Еналеев. – М.: Наука, 1989. – 246 с.
7. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2017): труды десятой Междунар. конфер., 2-4 окт. 2017 г., Москва: в 2-х т. – М.: ИПУ РАН, 2017. – 533 с.
8. Hissman, S. Ultra-Large-Scale Systems: Socio-adaptive Systems / S.Hissman – CMU, 2016. – P.2-17.
9. Берг, А. И. Управление, информация, интеллект / А. И. Берг. – М.: Мысль, 1976. – 384 с.
10. Rosen, R. Anticipatory Systems: Philosophical, Mathematical and Methodological Foundations / R.Rosen – Springer, 2012. – 472 p.
11. Охтилев, М. Ю. Теоретические и технологические основы концепции проактивного мониторинга и управления сложными объектами / М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // Известия ЮФУ. – 2015. – № 1. – С. 162-174.
12. 1516.1-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture. Federate Interface Specification 2000. – IEEE, 2000. – 480 p.
13. Краснопрошин, В. В. Модель сцены и адаптивный алгоритм мониторинга транспортных средств в условиях неопределенности / В. В. Краснопрошин, А. И. Кузьмич // Вестник БГУ. – Сер. 1. Физика. Математика. Информатика. – 2015. – № 2. – С. 107–112.
14. Краснопрошин, В. В. Принятие решений в оперативных задачах регионального управления / В. В. Краснопрошин, Х. Виссия, А. Н. Вальвачев // Таврический вестник информатики и математики. – 2008. – № 1. – С. 267-273.
15. Петровский, А. Б. Теория принятия решений / А. Б. Петровский. – М.: ИЦ Академия, 2009. – 400 с.
16. Лепский, А. Е. Математические методы распознавания образов / А. Е. Лепский, А. Г. Броневиц. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
17. Pasco, A. Heterogeneous objects modelling and applications / A. Pasco, V. Adziew, P. Comninos. – Springer, 2008. – 285 p.
18. Arp, R. Building Ontologies with Basic Formal Ontology / R. Arp, B. Smith, A. Spear. – Cambridge: The MIT Press, 2015. – 248 p.
19. Zadeh, L. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems / L. Zadeh, G. Klir, B. Yuan. – World Scientific Pub. Co. Inc., 1996. – 840 p.
20. Бродский, Ю. И. Распределенное имитационное моделирование сложных систем / Ю. И. Бродский. – М.: ВЦ РАН, 2010. – 156 с.

Материал поступил в редакцию 08.02.2019

VISSIA H., KRASNOPROSHIN V. V., VALVACHEV A. N. Monitoring super large systems

The paper deals with the problem of decision making in super large organizational and technical systems. It is shown that due to the complexity of obtaining and processing information in the decision-making process, the effect of “delayed reaction” to a problem situation arises. A complex of models and algorithms is proposed, on the basis of which a decision support system is built. The effectiveness of the proposed approach is demonstrated by the example of solving a specific applied problem.

УДК 519.725;007.001.362;528.85/.87(15)

Дудкин А. А., Перцев Д. Ю.

СЖАТИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТЕКСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Введение. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является незаменимым инструментом для изучения и мониторинга планеты, помогающим эффективно использовать и управлять ее ресурсами. Областью применения являются сельское хозяйство, геологические и гидрологические исследования и другие.

На протяжении последних 20 лет из-за развития оптического оборудования и технологий в целом наблюдается смещение в область гиперспектральной съемки. С учетом того, что данным типом оборудования фиксируется непрерывный диапазон, объем данных пропорционально изменяется с увеличением исследуемого диапазона. Например, данные спектрометра CASI [1], которые свободно доступны и используются в исследовательских целях, обладают следующими техническими характеристиками: ширина изображения – 512 пикселей, 288 спектральных канала, 12 бит на канал, что, в общем случае, приводит к 216 Кбайтам данных на одну строку. С учетом того, что съемка осуществляется непрерывно, требуется разработка алгоритма сжатия, который может быть использован в ограниченных условиях летательного аппарата и при этом окажется достаточно эффективным.

Алгоритм сжатия с применением контекстного моделирования. Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 1 и включает следующие шаги:

- 1) перераспределение потока данных для сжатия;
- 2) предобработка входных данных;

- 3) декорреляция данных в спектральной области;
- 4) упаковка и реорганизация декоррелированного потока;
- 5) применение алгоритмов контекстного моделирования и арифметического кодера.

На первом шаге выполняется перераспределение потока данных для сжатия. Результатом работы спектрометра является поток сырых данных, для которого в зависимости от типа спектрометра выполняется восстановление трехмерной структуры [2]:

- при использовании призмы в качестве осей X и Y используется пространственное разрешение, ось Z определяет спектральную составляющую;
- при использовании Фурье-спектрометра [3] оси X и Y определяют получаемую интерференционную картину, ось Z – смещение спектрометра в пространстве в результате движения.

В восстановленном гиперкубе каждый кадр разбивается на квадратные блоки фиксированной размерности, равные 2^r , где r – некоторое число. Недостающая часть кадра при необходимости при разбиении на блоки заполняется нулями.

Суммарно формируется K потоков для сжатия, где K определяется по формуле:

$$k = \frac{Z}{n} \cdot \frac{X \cdot Y}{block_size} \quad (1)$$

Перцев Дмитрий Юрьевич, ст. преподаватель кафедры ЭВМ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.

Физика, математика, информатика