



Общероссийский математический портал

В. Ю. Осипов, А. И. Водяхо, А. Б. Тристанов, Н. А. Жукова, О. О. Луковенкова, Синтез моделей природных объектов по данным наблюдений, *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*, 2018, номер 4, 186–196

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-186-196

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.84

17 марта 2025 г., 01:53:02



УДК 006.72

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДАНЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

**В. Ю. Осипов¹, А. И. Водяхо², А. Б. Тристанов³,
Н. А. Жукова¹, О. О. Луковенкова⁴**

¹ Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, 199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, 39, Россия

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, Россия

³ Калининградский государственный технический университет, 236022, г. Калининград, Советский проспект, 16 Россия

⁴ Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, 684034, Камчатский край, Паратунка, ул. Мирная, 76 Россия

E-mail: alextristanov@outlook.com

В статье рассматриваются вопросы синтеза моделей по данным, получаемым от объектов в ходе мониторинга их состояния. Интерес представляют текущее состояние объекта и его состояния на различных временных интервалах. Анализируются известные модели и методы связывания информационных элементов. Предлагается подход к синтезу моделей с использованием аппарата относительно конечных операционных автоматов.

Ключевые слова: модели природных объектов, автоматический синтез

© Осипов В. Ю. и др., 2018

Введение

На данном этапе развития современной науки значительное внимание уделяется вопросам мониторинга состояния природных объектов, на многих из которых установлены современные измерительные устройства, позволяющие получать данные о значениях различных параметров. Современные устройства способны проводить измерения с высокой точностью и частотой. Объем поступающих от объектов данных измеряется в десятках – сотнях Тб и продолжает возрастать, при этом объем автоматически обрабатываемых данных редко превышает 10%, поскольку обработка значительной части данных до сих пор осуществляется экспертами. Например, в сейсмоактивном регионе полуострова Камчатка ведется непрерывный мониторинг сигналов геоакустической эмиссии. Регистрация осуществляется с частотой 48 кГц, однако для ускорения обработки автоматический анализ производится на сигналах, накопленных за 4 с, т.е. частота дискретизации 48 кГц уменьшается до 0.25 Гц, происходит автоматическая обработка 0.5% объема регистрируемой информации.

Обработка может проводиться как в интересах решения прикладных задач соответствующих предметных областей, так и в исследовательских целях. При этом могут оцениваться текущее состояние объектов или состояния на различных временных интервалах, относящихся как к прошлому, так и к будущему.

При обработке данных специалисты извлекают из поступающих потоков отдельные информационные элементы, выявляют связи между ними. В результате ими выстраиваются модели, описывающие объект как множество связанных информационных элементов. Такие модели имеют высокую информативность, позволяют экспертам оценивать состояние объекта в целом и исследовать тонкие особенности отдельных его элементов. В настоящее время эти модели являются не формализованными, в явном виде не описываются, процессы их построения и перестройки оказываются практически не воспроизводимы. Поэтому актуальной является задача синтеза моделей наблюдаемых объектов на машинном уровне, при этом необходимо выявлять и связывать информационные элементы потоков данных в единую перестраиваемую структуру.

Авторами предлагается использовать метод автоматического синтеза моделей для данных мониторинга рыболовной отрасли. Предполагается, что использование предложенной методики позволит повысить результативность и эффективность исследований состояния запасов водных биоресурсов и среды их обитания.

Анализ известных моделей и методов связывания информационных элементов

Под связыванием обычно понимается установление связей между элементами данных, информации, знаний [1]. Основу большинства классических методов поиска зависимостей составляют алгоритмы полного перебора. Сложность производных от них алгоритмов может быть снижена за счет применения оптимизационных процедур. Современный аппарат связывания данных во многом основан на моделях и методах интеллектуального анализа данных и машинного обучения [2, 3]. За последние годы созданы новые модели, например, ассоциативные байесовские сети [4, 5]. С позиций связывания данных интерес представляет теория анализа формальных понятий [6].

В условиях больших объемов данных формирование связанных структур предполагает преобразования данных, направленные на их интеграцию и слияние. Разработаны различные модели слияния данных, в частности, модели OODA, водопада, Омнибус, Рассмунсена, Дезарати. Отдельно можно выделить широко известную JDL модель [7]. Для слияния результатов измерений, получаемых от объектов, используются алгоритмы трех категорий: ориентированные на позиционное слияние, на установление идентичности объектов, а также вспомогательные алгоритмы, обеспечивающие предварительную обработку данных. Модели и алгоритмы слияния могут применяться к атрибутам, результатам анализа, представлениям данных. Выделяют прямое, последовательное и векторное (смешанное) слияние. В целом, результаты проведенного анализа показывают, что имеется достаточное количество методов анализа данных и выявления в них связей. Однако, методы автоматического синтеза моделей объектов на основе выявления связей в настоящее время во многом не проработаны.

Условия автоматического синтеза моделей распределенных объектов

Потоки данных, поступающие от объектов, как правило, представляют собой сообщения. В сообщениях могут содержаться количественные и качественные результаты измерений, текстовые данные, изображения и др. Информационное содержание сообщений – контент – характеризуется множеством свойств, включая структурированность, релевантность, согласованность, актуальность, полноту и др. Условия, в которых информация формируется, собирается, обрабатывается, интерпретируется и используется, определяются контекстом [8].

Типовые схемы обработки поступающих информационных потоков при автоматическом синтезе моделей объектов показаны на рис. 1. Для получения информации задействуются имеющиеся сети средств мониторинга. Наличие обратной связи в схеме обработки (рис. 1б) позволяет управлять средствами мониторинга. Обратная связь используется, когда условия синтеза постоянно меняются или возможности наблюдения за объектом ограничены.

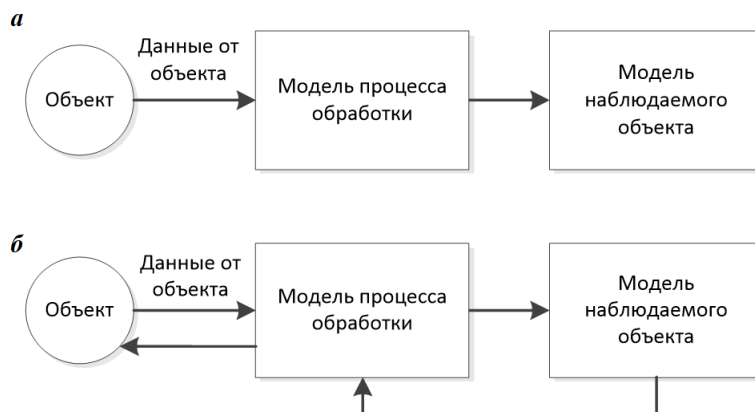


Рис. 1. Схемы синтеза моделей объектов: линейная (а); с обратными связями (б)

В рассматриваемом случае объектом исследования являются водные биоресурсы, а контентом – данные о производственной деятельности российских и иностранных промысловых судов.

Основные положения автоматического синтеза моделей распределенных объектов

Основные исходные положения автоматического синтеза моделей распределенных объектов приведены ниже.

- 1) Синтезируемые модели объектов являются результатом контентно-адаптивной обработки данных. Контентно-адаптивные процессы обработки предусматривают построение системы преобразований контента в контексте. В результате определяются связи между информационными элементами.
- 2) Получение дополнительной информации обеспечивается за счет использования средств мониторинга. При этом формируются требования к составу данных, которые необходимы для построения моделей объектов.
- 3) Синтез моделей объектов осуществляется исходя из потребностей, возникающих при решении практических задач.
- 4) При синтезе моделей объектов строится множество частных моделей. Частные модели отражают различные группы зависимостей, которые характеризуют наблюдаемый объект. Зависимости могут наблюдаться постоянно или только при определенных условиях.

Задача автоматического синтеза формулируется как оптимизационная задача: требуется найти целесообразный способ B_0 построения или перестройки модели объекта, при котором достигается W_{opt} – экстремум основного показателя эффективности при ограничениях на вспомогательные показатели $M(B_v)$:

$$W_{opt}(B_0) = \text{extr}_{v \in \Lambda} \{W_v(M(B_v))\};$$

$$M(B_v) \in E,$$

где Λ – множество вариантов построения моделей; E – области допустимых значений для показателей эффективности. В качестве показателей эффективности могут рассматриваться характеристики синтезируемых моделей, объем затрачиваемых ресурсов и другие.

Синтез моделей объектов предлагается обеспечить средствами интеллектуального агента (ИА) (рис. 2).

Сырые данные поступают от средств мониторинга. Синтез моделей объектов реализуется в двух контурах. Один контур обеспечивает построение моделей контента по поступающим данным и построение частных моделей объектов по контенту в контексте. В другом контуре на основе частных моделей формируется модель наблюдаемого объекта. При необходимости ИА может инициировать исследование объекта, суть которого состоит в получении дополнительной информации об этом объекте.

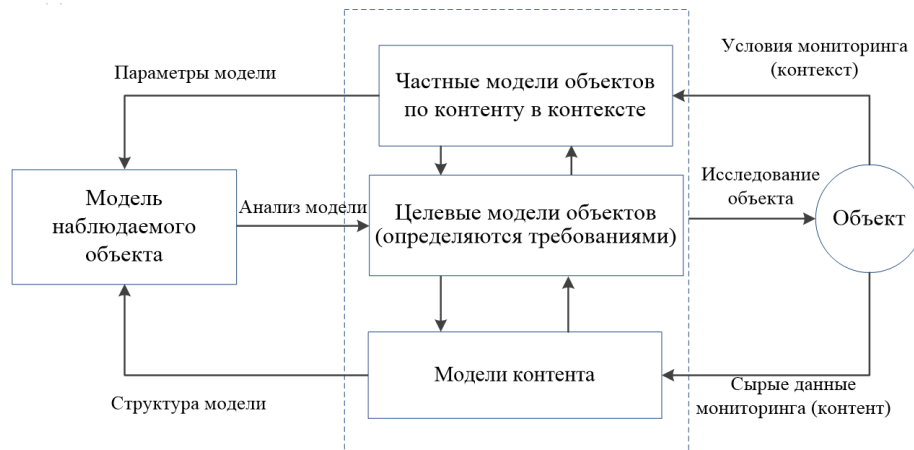


Рис. 2. Структура интеллектуального агента для синтеза моделей объектов

Синтез моделей распределенных объектов

Под синтезом моделей объектов реального мира подразумевается построение следующих частных моделей: пространственно-временных, структурно-логических, интегральных, а также моделей связанности.

- 1) Пространственно-временные модели объектов. Пространственные и временные привязки определяют условия, в которых модель отражает состояние и свойства объекта реального мира. Модель M_i может быть определена для некоторой пространственно-временной точки, характеризуемой набором параметров (x_i, y_i, z_i, t) или области, задаваемой в виде диапазонов значений $(x_i \pm \Delta x, y_i \pm \Delta y, z_i \pm \Delta z, t \pm \Delta t)$.
- 2) Структурно-логические модели объектов. Объект представим в виде множества элементов, определяющих его состояние, и связей между ними. Формально такие структуры могут описываться как (G, M, I) , где G – множество элементов, M – множество признаков, характеризующих вхождение одного элемента в другой, отношение $I \subseteq G \times M$ говорит о том, какие элементы какими признаками обладают. Для произвольных $A \subseteq G$ и $B \subseteq M$ определены операторы Галуа: $A' = \{m \in M \mid \forall g \in A (g I m)\}$, $B' = \{g \in G \mid \forall m \in B (g I m)\}$. Множества A и B носят название объема и содержания. Функцию, обеспечивающую построение структурно-логической модели объекта определим как

$$F^S : K(C) \rightarrow (G, M, I).$$

- 3) Интегральные модели объектов (модели слияния данных об объектах). Модель каждого из элементов объекта является многоуровневой. Будем считать, что число уровней одинаковое и равно L . При переходах от более низких уровней к более высоким, информация обобщается. Тогда модель некоторого элемента g можно представить как систему прямых и обратных отображений между уровнями, дополненную отображениями, определенными в рамках одного уровня:

$$F^L : F^L(g_l) = P\{F^L(g_{l-1})\}; F^L(g_l) = P^{-1}\{F^L(g_{l+1})\}; \{G_l \xrightarrow{F_l} \tilde{G}_l\}_{l=0}^{L-1},$$

где P и P^{-1} – прямое и обратное преобразования элементов g уровня l , \tilde{G}_l – преобразованное множество элементов уровня l .

- 4) Модели связанности объектов (модели зависимостей между элементами объектов). Для описания зависимостей между элементами моделируемых объектов определим функцию

$$F^R : G \xrightarrow{F_R} \{G_i\},$$

где G_i – связанная группа элементов, причем связи могут носить нелинейный характер, множества связанных элементов могут иметь пересечения $G_i \cap G_j \neq \emptyset$. Элементы считаются связанными $g_k, g_l \in G_i$, если $\exists r : g_k \xrightarrow{r} g_l, r \in \mathbb{R}$. В качестве зависимостей могут рассматриваться логические, темпоральные, функциональные зависимости.

Модель объекта можно определить как результат суперпозиции и свертки рассмотренных функций

$$M_i = F^S \otimes (F^L \times F^R)(g_0)_i.$$

Синтезируемая таким образом модель объекта представляет собой многоуровневую n -мерную нелинейную структуру, имеющую пространственные и временные привязки.

Для построения динамических моделей объектов определим функцию F^T , позволяющую преобразовывать одну модель в другую. В результате преобразований модель объекта M_i может перестраиваться в модель M_{i-k} или M_{i+k}

$$F^T : M_i \rightarrow M_{i \pm k}.$$

Моделирование распределенных объектов по контенту

Синтез моделей объектов осуществляется на основе контента. На нижнем уровне модель контента представляет собой совокупность единичных информационных элементов и связей между ними. Причем, как для элементов, так и для связей определены допустимые множества, характеризующие объект наблюдения. На следующем уровне могут иметь место более крупные информационные элементы. Их образуют устойчивые совокупности более мелких информационных единиц. Этому уровню свойственны свои ограничения. Аналогичным способом формируются и последующие, более высокие уровни. В результате получаемый и обрабатываемый контент представляется в виде многоуровневой структуры. Такие модели строятся на некоторый момент времени в заданном контексте. Они являются статическими моделями контента. Эти модели формируют основу для построения более сложных моделей, отражающих изменение контента во времени. Установив связи между отдельными моделями и правила переходов от одной модели к другой, можно представить последовательность статических структур в виде единой скользящей во времени структуры. Такие скользящие структуры определяют динамическую модель контента.

Процесс построения динамической модели можно описать как последовательность переходов следующего вида: $F(S_{i-1}) \rightarrow S_i; F(S_i) \rightarrow F(S_{i+1}); S_{i+1} \rightarrow F(S_{i+2})$ и т.д. При определении переходов приняты следующие обозначения: S_i – структура, наблюдаемая на некоторый момент времени t_i , F – функция перехода между структурами.

Пример моделей контента в виде скользящих во времени многоуровневых структур на моменты времени t_{i-1}, t_i, t_{i+1} представлен на рис. 3.

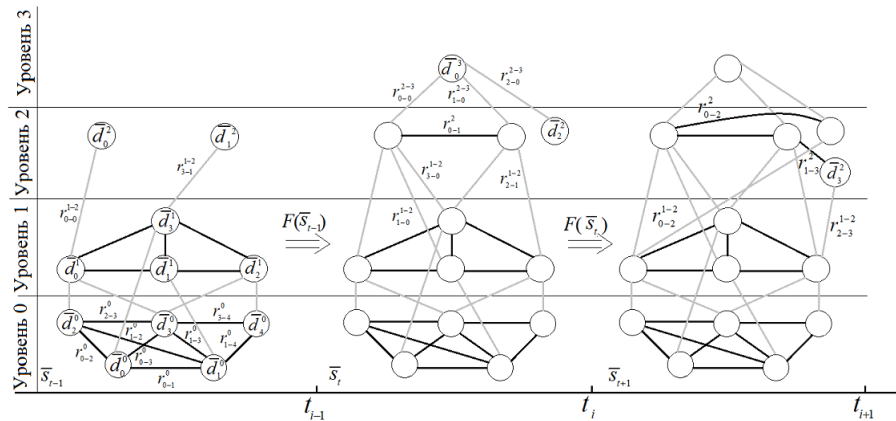


Рис. 3. Пример моделей контента поступающих информационных потоков в виде скользящих многоуровневых структур на моменты времени t_{i-1}, t_i, t_{i+1}

Для синтеза показанных на рисунке структур применялся метод [9, 10]. В основу этого метода положены идеи индуктивного синтеза. Для связывания элементов вычислялась совместная плотность вероятности, корреляционные зависимости, осуществлялся поиск мотивов. Примеры применения методов связывания данных при построении моделей объектов можно найти в [10].

Пример моделирования распределенных объектов по контенту

Предлагаемые методы могут быть использованы для решения широкого круга задач мониторинга, в частности при построении моделей объектов рыбохозяйственной отрасли. Одним из источников информации о состоянии рыбопромысловых объектов является отраслевая система мониторинга (ОСМ), ключевыми функциями которой являются: сбор и обработка данных о производственной деятельности и местонахождении подконтрольных российских и иностранных промысловых судов; сбор и обработка оперативных и статистических данных о производственной деятельности судовладельческих рыбодобывающих предприятий; обеспечение заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также других органов государственной власти наиболее достоверной и оперативной информацией о состоянии запасов водных биоресурсов и о деятельности промыслового флота по их освоению; повышение эффективности исследований состояния запасов водных биоресурсов и среды их обитания за счет информационной поддержки этих исследований; повышение безопасности мореплавания и охраны человеческой жизни на море за счет точного знания координат аварийного судна, а также позиций судов, находящихся на оптимальном для оказания помощи расстоянии, и др. Помимо регулярных данных о позициях судов, в ОСМ поступают судовые суточные донесения (ССД), содержащие сведения о текущем улове, запасах топлива, промысловых операциях за сутки. ОСМ является одной из крупнейших систем подобного рода, под ее контролем находятся более 3500 судов. Накапливаемые данные представляют собой интерес в первую очередь в виде интегрированной модели объектов непрерывного мониторинга.

Рассмотрим возможность применения предлагаемого в статье подхода к построению моделей объектов рыбохозяйственной отрасли по исходным данным, содер-

жащимся в ССД, в виде многоуровневой многомерной нелинейной структуры с соответствующими пространственными и временными привязками. Отслеживание динамических изменений в моделях позволит получать актуальную информацию о состоянии водных биоресурсов в исследуемых промысловых районах.

Поясним выше сказанное на примере построения структур, представленных на рис. 3. Для синтеза моделей контента воспользуемся аппаратом относительно конечных операционных автоматов (ОКА) [11, 12, 13, 14].

В соответствии с рис. 3 на момент времени t_{i-1} построена модель контента, в которой отсутствует информация об элементах верхних уровней, а так же о многих связях между элементами. Введем следующие обозначения: \bar{d} – состояние элемента модели контента; r – связи между элементами модели контента. Для реализации переходов между моделями контента предусматривается применение соответствующих функций. Функции F обеспечивают восстановление связей между элементами по имеющемуся контенту и контексту, FD – восстановление информационных элементов с запросом дополнительной информации, FL – восстановление способов связывания информационных элементов, при этом уточняются модели и методы для обоснованного связывания информационных элементов. Каждому состоянию и каждой функции могут быть поставлены в соответствие свои предикаты.

Построим переход от модели M_{t-1} к модели M_t .

Пусть исходное пространство состояний восстановлено. К нулевому уровню модели контента отнесены $\bar{d}_0^0, \bar{d}_1^0, \bar{d}_2^0, \bar{d}_3^0, \bar{d}_4^0$, к первому уровню – $\bar{d}_0^1, \bar{d}_1^1, \bar{d}_2^1, \bar{d}_3^1$, ко второму – \bar{d}_0^2, \bar{d}_1^2 . Определим множество связей на момент времени t_{i-1} . Для этого построим автомат:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{\bar{d}_0^0; \bar{d}_1^0; \bar{d}_2^0; \bar{d}_3^0; \bar{d}_4^0\} = D_{t-1}^0 \\ \{\bar{d}_0^1; \bar{d}_1^1; \bar{d}_2^1; \bar{d}_3^1\} = D_{t-1}^1 \\ \{\bar{d}_0^2; \bar{d}_1^2\} = D_{t-1}^2 \end{array} \right\} \xRightarrow{(1)} \left\{ \begin{array}{l} F_{t-1}^0(D_{t-1}^0) \rightarrow R_{t-1}^0 \\ F_{t-1}^1(D_{t-1}^1) \rightarrow R_{t-1}^1 \\ F_{t-1}^2(D_{t-1}^2) \rightarrow R_{t-1}^2 \\ F_{t-1}^{0-1}(D_{t-1}^0; D_{t-1}^1; R_{t-1}^0; R_{t-1}^1) \rightarrow R_{t-1}^{0-1} \\ F_{t-1}^{1-2}(D_{t-1}^1; D_{t-1}^2; R_{t-1}^1; R_{t-1}^2) \rightarrow R_{t-1}^{1-2} \end{array} \right\} \xRightarrow{(2)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{t-1} = \{D_{t-1}^0; D_{t-1}^1; D_{t-1}^2\} \\ R_{t-1} = \{R_{t-1}^0; R_{t-1}^1; R_{t-1}^2; R_{t-1}^{0-1}; R_{t-1}^{1-2}\} \end{array} \right\} \xRightarrow{(3)} \left\{ \begin{array}{l} D_{t-1} \\ R_{t-1} \\ F_{t-1} \\ F_{t-1}^{0-1-2} \end{array} \right\}$$

В результате применения алгоритмов обработки данных устанавливаются связи между некоторыми из информационных элементов. Например, на нулевом уровне выявлены зависимости между элементами:

$$R_{t-1}^0 = \{r_{0-1}^0; r_{0-2}^0; r_{0-3}^0; r_{1-2}^0; r_{1-3}^0; r_{1-4}^0; r_{2-3}^0; r_{3-4}^0\}.$$

Также в результате перехода (2) найдены связи между элементами соседних уровней. Взаимосвязанными оказываются следующие элементы первого и второго уровней:

$$R_{t-1}^{1-2} = \{r_{0-0}^{1-2}(\bar{d}_0^1, \bar{d}_0^2); r_{3-1}^{1-2}(\bar{d}_3^1, \bar{d}_1^2)\}_{t-1}.$$

Представленная система переходов предполагает, что связи восстанавливаются в начале для каждого уровня отдельно, далее определяются связи между уровнями. Возможны другие варианты.

Элементы и связи, выявленные в результате переходов (1) и (2), могут позволить устанавливать новые связи. При поиске таких связей рассматриваются типовые функции.

На момент времени t могут быть определены новые уровни модели. В рассматриваемом примере восстанавливается третий уровень модели контента, включающий один элемент: $D_t^3 = \{\overline{d_0^3}\}$ (переход (1)). Для этого запрашивается дополнительная информация. Дополнительная информация представлена в виде элемента $D_t^2 = \{\overline{d_3^2}\}$ (переход (1)). Предположим, что элементы $\{\overline{d_3^0}; \overline{d_3^1}; \overline{d_3^2}\}$ могут участвовать в образовании элемента $\overline{d_0^3}$, только если имеются связи хотя бы между некоторыми из них, например, обоснована связь r_{0-1}^2 (переход (1)). Для обоснования этой связи расширяется множество допустимых функций связывания элементов второго уровня (переход (1)). Построенный автомат имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{\overline{d_0^0}; \overline{d_1^0}; \overline{d_2^0}; \overline{d_3^0}; \overline{d_4^0}\}_{t-1} = D_t^0 \\ \{\overline{d_0^1}; \overline{d_1^1}; \overline{d_2^1}; \overline{d_3^1}\}_{t-1} = D_t^1 \\ \{\overline{d_0^2}; \overline{d_1^2}\}_{t-1} = D_t^2 \\ \{R^0; R^1; R^2; R^{0-1}; R^{1-2}\}_{t-1} = R_t \\ \{F; F^{0-1-2}\}_{t-1} = F_t \end{array} \right\} \xRightarrow{(1)} \left\{ \begin{array}{l} FL(F_t^{0-1-2}; F_t^2; D_t^2) \rightarrow F_t^2 \\ F_t^2(D_t^2) \rightarrow \{r_{0-1}^2\} \\ FD(D_t^2) \rightarrow \{\overline{d_2^3}\} \\ FD(D_t^2; \overline{d_2^2}) \rightarrow \{\overline{d_0^3}\} \\ F_t^{1-2}(D_t^1; D_t^2; R_t^1; R_t^2) \rightarrow R_t^{1-2} \\ F_t^{2-3}(D_t^2; D_t^3; R_{t-1}^2; R_{t-1}^3) \rightarrow R_t^{2-3} \end{array} \right\} \xRightarrow{(2)} \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ R_t \\ F_t \\ F_t^{0-1-2-3} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_t = \{D_t^0; D_t^1; D_t^2; D_t^3\} \\ R_t = \{R_t^0; R_t^1; R_t^2; R_t^{0-1}; R_t^{1-2}; R_t^{2-3}\} \end{array} \right\} \xRightarrow{(3)} \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ R_t \\ F_t \\ F_t^{0-1-2-3} \end{array} \right\}$$

Из построенного автомата видно, что появление дополнительной информации позволило также выявить новые зависимости между элементами модели (переход (1)). Далее с использованием имеющихся функций переходов можно получить дальнейшее развитие модели.

За счет поступательного расширения пространства информационных элементов и синтеза новых зависимостей могут быть вскрыты нелинейные зависимости между элементами модели, восстановлены ранее неизвестные элементы. В результате может быть полностью восстановлена модель наблюдаемого объекта для заданных условий. При таком подходе к моделированию, результирующая модель объекта представляет собой ОКА.

Заключение

В статье формулируется и решается новая задача синтеза моделей распределенных объектов. Модели объектов представляют собой многоуровневые n -мерные нелинейные структуры, имеющие пространственные и временные привязки. Синтез моделей объектов предусматривает синтез статических и динамических моделей контента. Динамические модели контента представляются в виде скользящих во времени многоуровневых структур. Приведен пример построения моделей контента с использованием метода индуктивного синтеза.

Дальнейшее развитие синтеза моделей распределенных объектов предполагает использование графовых структур [15] как для описания моделей объектов, так и

моделей контента. Графовое представление структур позволит применять модели и методы теории графов для связывания структур, их сравнения и т.д.

Список литературы

- [1] *Linked Data - Connect Distributed Data across the Web*, <http://linkeddata.org/>.
- [2] Hastie T., Tibshirani R., Friedman J., *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd ed., Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- [3] Witten I.H., Frank E., *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Second Edition)*, Morgan Kaufmann, NY, 2005.
- [4] Gorodeckij V.I., Tushkanova O.N., “Associativnaya klassifikaciya: analiticheskij obzor. CHast’ 1”, *Trudy SPIIRAN*, **38** (2015), 183–203.
- [5] Городецкий В.И., Тушканова О.Н., “Ассоциативная классификация: аналитический обзор. Часть 2”, *Труды СПИИРАН*, **39** (2015), 212–240. [Gorodeckij V.I., Tushkanova O.N., “Associativnaya klassifikaciya: analiticheskij obzor. CHast’ 2”, *Trudy SPIIRAN*, **39** (2015), 212–240].
- [6] Ganter B., Stumme G., Wille R. (Eds.), *Formal Concept Analysis Foundations and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [7] Liggins M., Hall D., Llinas J. (Eds.), *Handbook of multi sensor data fusion: theory and practice*, 2nd ed., Taylor & Francis Group, FL. BocaRaton, 2009..
- [8] Жукова Н. А., “Контексты адаптивной обработки многомерных измерений параметров пространственно соотнесенных объектов”, *Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании*, Сб. статей III-ей межд. науч.-технич. и науч.-методич. конф. Санкт-Петербург, 25–26 февр., 2014 г., СПбГУТ, СПб., 2014, 465–471. [Zhukova N. A., “Konteksty adaptivnoj obrabotki mnogomernyh izmerenij parametrov prostranstvenno sootnesennyh ob"ektov”, *Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii*, Sb. statej III-ey mezhd. nauch.-tekhnich. i nauch.-metodich. konf. Sankt-Peterburg, 25–26 fevr., 2014 g., SPbGUT, SPb., 2014, 465–471].
- [9] Osipov V., Lushnov M., Stankova E., Vodyaho A., Zhukova N., “Inductive Synthesis of the Models of Biological Systems According to Clinical Trials”, *ICCSA*, 2017, 103–115.
- [10] Osipov V., Vodyaho A., Stankova E., Zhukova N., Zeno B., “Finding Motifs in Medical Data”, *ICCSA*, 2017, 371–386.
- [11] Osipov V., “Automatic Synthesis of Action Programs for Intelligent Robots”, *Programming and Computer Software*, **42(3)** (2016), 155–160.
- [12] Осипов В.Ю., “Синтез результативных программ управления информационно-вычислительными ресурсами”, *Приборы и системы управления*, **12** (1998), 24–27. [Osipov V.YU., “Sintez rezul'tativnyh programm upravleniya informacionno-vychislitel'nymi resursami”, *Pribory i sistemy upravleniya*, **12** (2014), 24–427].
- [13] Osipov V., Vodyaho A., Zhukova N., Glebovsky P., “Multilevel Automatic Synthesis of Behavioral Programs for Smart Devices”, *ICCAIRO*, 2017.
- [14] Osipov V.Yu. , Zhukova N.A. , Vodyaho A.I., “About One Approach to Multilevel Behavioral Program Synthesis for Television Devices”, *International Journal of computer sand communications*, **11** (2017), 17–25.
- [15] Ehrig H., Ermel C., Golas U., Hermann F., *Graph and Model Transformation General Framework and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2015.

Для цитирования: Осипов В. Ю., Водяхо А. И, Тристанов А. Б., Жукова Н. А., Луковенкова О. О. Синтез моделей природных объектов по данным наблюдений // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2018. № 4(24). С. 186-196. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-186-196

For citation: Osipov V. Yu., Vodyaho A.,I., Tristanov A. B. Zhukova N. A., Lukovenkova O. O. Synthesis of natural object models according to observation data, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2018, **24**: 4, 186-196. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-186-196

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-24-4-186-196

MSC 93A30

SYNTHESIS OF NATURAL OBJECT MODELS ACCORDING TO OBSERVATION DATA

**V. Yu. Osipov¹, A. I. Vodyaho², A. B. Tristanov³,
N. A. Zhukova¹, O. O. Lukovenkova⁴**

¹ St. Peterburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, 199178, St. Peterburg, 14-th Linia, 39

² The First Electrotechnical University, 197376, St. Peterburg, Professora Popova str., 5

³ Kaliningrad State Technical University, 236022, Kaliningrad, Sovietsky pr., 1

⁴ Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, 684034, Kamchatka region, Paratunka, Mirnaya str., 7

E-mail: alextristanov@outlook.com

The problems of model synthesis according to data received by monitoring object state are considered in this article. The current state of the object and its state at different time intervals are of interest. Known models and methods of linking information elements are analyzed. Approach to the synthesis of models using relatively finite automata is proposed.

Key words: natural object models, automatic synthesis

© Osipov V. et al., 2018