

А.А. Сидоров, П.В. Сенченко, В.Ф. Тарасенко

## МОНИТОРИНГ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В КОНТЕКСТЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ  
(проект РФФИ 12-06-33012-МОЛ\_А\_ВЕД\_2012 «Методология комплексной оценки социально-экономического развития  
территориальных образований и эффективности государственного управления»).*

В статье предложены различные уровни моделей мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований на основе формального представления жизненного цикла обработки информации. Рассмотрен инструмент определения требований, обеспечивающих эффективное функционирование системы информационно-аналитического сопровождения управления в органах власти. Предложена цветная (раскрашенная) временная сеть Петри, описывающая динамическую модель мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований. Указаны основные области применения разработанных моделей.

**Ключевые слова:** мониторинг социально-экономического развития; структурно-функциональная модель; динамическая модель; сети Петри.

Развитие современного общества характеризуется повышенными требованиями к использованию актуальной информации в управлении социально-экономическими процессами. Важным фактором в таком управлении является проведение глубокого анализа деятельности органов государственной власти и местного самоуправления, без которого сложно представить не только построение полноценной модели развития территории, но и проведение оценки деятельности властных структур. В качестве инструмента, с помощью которого возможно проводить информационно-аналитическую подготовку и принятие решений по широкому кругу вопросов в области публичного управления, целесообразно рассматривать систему мониторинга.

Изначально мониторинг появился и стал развиваться в естественных науках (например, гидрологический, метеорологический, радиологический и т.п.). Впоследствии он стал применяться в технических (промышленный мониторинг, мониторинг качества продукции и т.п.) и социальных (педагогика, психология и т.п.) отраслях знаний. Необходимо отметить, что здесь, как правило, существует четкая методологическая основа мониторинга, разработаны инструменты измерения, сформирована организационная структура реализации, а также закреплён на законодательном уровне его статус. Мониторинг в сфере публичного управления можно представить как существующую на постоянной основе систему наблюдения, сбора, анализа и прогнозирования социально-экономических показателей развития территории. Его цель – предоставление органам власти актуальной информации о ситуации в различных сферах жизнедеятельности.

Управленческая сущность мониторинга раскрывается через его функцию обслуживания процессов подготовки и принятия решений, что связано с тем, что только при наличии необходимой информации, отвечающей требованиям достоверности, полноты и своевременности, эффективно можно осуществлять планирование, организацию исполнения, контроль и регулирование административных и бизнес-процессов. Несмотря на широкое распространение терминов «социально-экономический мониторинг» и «мониторинг социально-экономического развития» как на нормативном уровне, так и в научной литературе, раскрытию их сущности посвящено немного работ. Практически предопределено, что указанные термины представляются общепринятыми и однозначно детерминированными. Однако при детальном рассмотрении оказывается, что априорная ясность отсутствует. Таким образом, выявленное

противоречие является основанием для формирования модели системы мониторинга социально-экономического развития территорий, рассмотренной на примере местных сообществ.

## **1. Функциональная модель мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований**

Неоднозначная природа по отношению к разным сферам, равно как и сложившееся многообразие в понимании мониторинга, предопределяет на первоначальном этапе разработки проблемы исследования необходимость формирования универсальной (инвариантной к части приложения) трактовки рассматриваемой категории: мониторинг – специальным образом сформированный инструмент информационного обеспечения управленческой деятельности для контроля, оценки, анализа и прогнозирования развития объекта управления на основе непрерывного процесса, состоящего из процедур жизненного цикла переработки информации (сбор, обработка, хранение, отображение и распространение), каждая из которых, в свою очередь, реализуется через свойственные ей методические приемы [1].

Мониторинг как инструмент управления реализуется только в определенной упорядоченности и взаимосвязи. Их внутреннее содержание можно раскрыть, используя формальную модель декомпозиции социально-экономических систем: согласно [2] представляется возможным сделать следующие сопоставления:

- процесс деятельности → мониторинговые процедуры;
- предмет деятельности → исходная информация, получаемая из источников;
- средства деятельности → методический инструментарий реализации мониторинговых процедур; организационный регламент; программно-технические средства;
- субъекты деятельности → носители мониторинговых функций;
- конечный продукт → результаты мониторинга.

Мониторинговые процедуры вытекают из модели жизненного цикла обработки информации, что позволяет вести речь о функциональной системе мониторинга. В качестве графического представления декомпозиции рассматриваемого процесса используется методология моделирования IDEF0 (рис. 1), в идеологии которой диаграммы являются главным компонентом модели и состоят из блоков – отображений функций системы и дуг – отображений потоков информации или объектов. Место соединения дуг и блоков определяет тип дуги: управляющие данные входят в блок сверху; объекты или информация, подвергаемые воздействию – входы, отображаются с левой стороны блока; механизмы – исполнитель или необходимый для воздействия инструментарий – представляются дугой, входящей в блок снизу, выходы – результат воздействия на входящие потоки – находятся с правой стороны блока. Каждый из блоков, изображенных на рис. 1, в свою очередь, также можно декомпонировать.

Элементы представленной модели могут быть охарактеризованы следующим образом:

1. Преобразуемое в «результаты мониторинга» (конечный продукт) в виде расчетных величин «информационное поле» (предмет деятельности) образует массив данных, обеспечивающих представление об объекте изучения и изменений в нем. Детерминированный перечень показателей формируется с учетом целей управления, критериев их эффективности и используемых методик контроля, оценки, анализа и прогноза мониторируемого объекта (в частности, социально-экономического развития).

2. Организационный регламент, упорядочивающий ход процесса, призван распределить нормативно полномочия (права, обязанности и ответственность) между участниками мониторинговых процедур, а также закрепить механизмы взаимодействия между ними.

3. Методический инструментарий, представляющий правила преобразования массива данных, содержит описание конкретных способов сбора, обработки, хранения и отображения информации.

4. Программно-технические средства осуществляют реализацию поддерживающей функции и позволяют повысить эффективность функционирования всей системы. Более того, широкое использование современных информационных технологий делает мониторинг, в том числе и социально-экономический, качественно иным, выводя его на иную ступень в развитии, что обусловлено расширением сервисных потенциалов реализации каждого этапа. Так, существенно могут быть увеличены объ-

емы хранимой и перерабатываемой информации, облегчены расчеты показателей, а также существенно расширены презентационные возможности.

5. Носителями мониторинговых функций выступают различные организации, структурные подразделения, а также отдельные сотрудники.

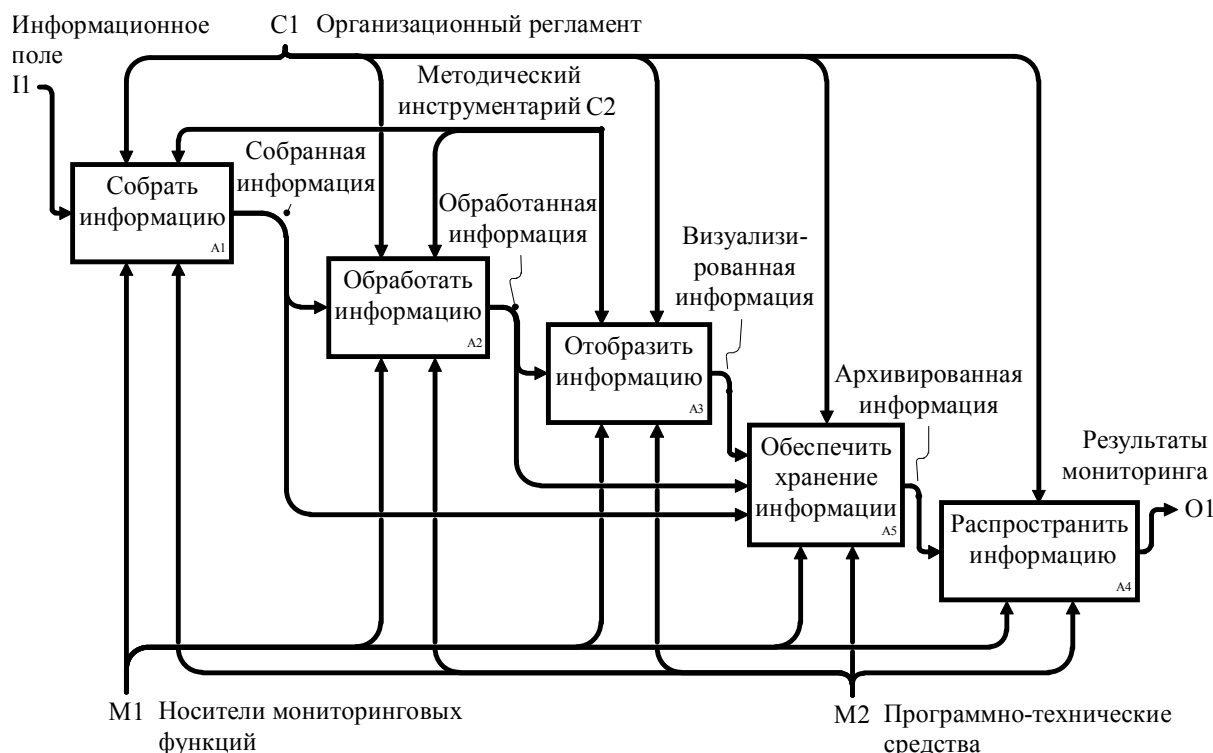


Рис. 1. Уровень А-0 «Провести мониторинг социально-экономического развития муниципальных образований»

Несмотря на общую прозрачность такого представления, вопрос внутреннего содержания обозначенных компонентов не является столь очевидным. Данный тезис является основанием для формирования перечня нормативных требований к организации системы мониторинга. Пусть  $S = \{s_i\}$ ,  $Z = \{z_j\}$  – множества мониторинговых процедур и обеспечивающих частей системы мониторинга соответственно. Поэлементно соотнося  $S$  и  $Z$ , получается произведение рассматриваемых множеств системы мониторинга. В то же самое время не для всех комбинаций их целесообразно формулировать. Например, при организации метеорологического мониторинга крайне важными являются требования к программно-техническим средствам на этапе сбора исходных данных, в то время как при организации системы мониторинга социально-экономического развития территорий эти ограничения не являются столь важными. Соответственно, представляется возможным сформулировать следующие примеры синтеза требований [3]:

- $s_3z_1$  – требования к возможностям программного обеспечения по визуализации результатов мониторинга;
- $s_2z_2$  – требования к адекватности применяемых методик оценки, анализа и прогноза социально-экономического развития;
- $s_1z_3$  – инструкции по технологии взаимодействия носителей мониторинговых функций (заказчиков, с одной стороны, регистраторов, интервьюеров и т.п. – с другой, носителей информации – с третьей) на этапе сбора информации;
- $s_2z_4$  – квалификационные и профессиональные требования к сотрудникам, осуществляющим оценку, анализ и прогноз социально-экономического развития.

## 2. Динамическая модель мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований

Предложенная в разделе 1 структурно-функциональная модель описывает этапы сбора, обработки и хранения информации, не учитывая при этом динамику процесса. Использование математического аппарата сетей Петри позволяет перейти к динамическому моделированию мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований и оптимизации деятельности соответствующих служб, что обосновывается следующими факторами [4]:

- сети Петри позволяют реализовать условия выбора, основанные на логических операциях AND и OR;

- с помощью сетей Петри возможно моделировать не только структурную часть процесса, но и отображать динамику выполнения основных его функций посредством перемещения фишек из одной позиции сети в другие позиции;

- структура процесса представляется в наглядном графическом виде с помощью графов.

Классическая структура сетей Петри определяется позициями, переходами, входной и выходной функцией и формально описывается следующим образом [5]:

$$C = (P, T, I, O), \quad (1)$$

где  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – конечное множество позиций,  $n \geq 0$ ;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – конечное множество переходов,  $m \geq 0$ ;  $I: T \rightarrow P^o$  – входная функция, определяющая отображение из переходов в комплекты позиций;  $O: T \rightarrow P^o$  – выходная функция, определяющая отображение из переходов в комплекты позиций.

Множество позиций и множество переходов не пересекаются:  $P \cap T = \emptyset$ , мощность множества  $P$  есть число  $n$ , а мощность множества  $T$  есть число  $m$ . Произвольный элемент  $P$  обозначается символом  $p_i$ , где  $i = 1, \dots, n$ , а произвольный элемент  $T$  – символом  $t_j$ , где  $j = 1, \dots, m$ .

Поскольку процесс мониторинга предполагает наличие различных временных характеристик, наиболее важными из которых являются время на сбор, обработка, предоставление (распространение) информации, в данном случае целесообразно применение аппарата цветных (раскрашенных) временных сетей Петри (Coloured Timed Petri net – CTPN). Использование такого расширения в сетях Петри позволяет более адекватно описывать реальные процессы по сравнению с обычными сетями Петри. Применение цветных (раскрашенных) временных сетей Петри позволяет исследовать технологию мониторинга до момента его практической реализации.

При рассмотрении цветной (раскрашенной) сети Петри необходимо учитывать многомерность функций  $I$  и  $O$ , т.е.  $I = (I^1, I^2, \dots, I^L)$ ,  $O = (O^1, O^2, \dots, O^L)$ , где  $L = |D|$ ,  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$  – множество цветов (пометок). На множестве  $P$  задается функция  $\mu(P)$  как совокупность целых неотрицательных чисел, определяющих количество цветных фишек (маркеров) в позициях. Следовательно, CTPN, в отличие от (1), определяется следующей шестеркой:

$$C = (P, T, I, O, \mu, \tau),$$

где  $\tau$  – один из вариантов задания временных параметров элементов множества  $T$ ;  $\mu$  – разметка (маркировка) сети.

При этом временные параметры задаются следующим образом:

- продолжительность выполнения каждого задания мониторинга и время начала выполнения первого задания;

- продолжительность выполнения каждого задания и время окончания выполнения последнего задания;

- продолжительность выполнения каждого задания и время начала и окончания выполнения каждого из них.

Временные параметры здесь будем задавать длительностью исполнения задания, временем начала и завершения его исполнения. В общем случае моделирование процесса мониторинга предполагает изменение следующих исходных условий (в терминах сети Петри) [3, 6]:

- периодическое изменение состояния CTPN путем изменения маркировки фишек;

- изменение пользователем временных характеристик либо ресурсных параметров.

Для изменения состояния сети путем маркировки фишек необходимо использовать алгоритм маркировки (разметки) сетей Петри, при этом начальная маркировка  $\mu_0$  соответствует начальному состоянию сети. Переход сети считается разрешенным (произойдет некоторое событие), а соответствующее задание – активным, если все его условия соблюдены (имеются все необходимые фишки).

Условия срабатывания перехода могут быть заданы следующим образом: в выходных позициях перехода фишки появляются сразу после того, как будет отмечено выполнение любой из работ, входящих в соответствующий данному переходу этап деятельности, вместе с тем отметка об исполнении остальных работ данного этапа осуществляется в течение некоторого времени, отведенного для данного этапа. Это необходимо для избегания тупиковых ситуаций по времени срабатывания для следующих параллельных переходов. В случае истечения регламентного времени выполнения этапа и наличия в нем невыполненных работ (задание не исполнено в срок) пользователь сети имеет возможность самостоятельно принять решение о дальнейших действиях. Окончание этапа порождает новую маркировку  $\mu$  позиций и определяет условия активизации следующих переходов.

Графическое представление сетей Петри является важным аспектом для обеспечения наглядности восприятия сети Петри и проведения качественного анализа моделируемых процессов. В общем понимании структура простой сети Петри состоит из двух типов узлов:

- символ **О** (круг) представляет позицию;
- символ **|** (планка) является переходом и определяет некоторое примитивное событие, описываемое в сети.

Соединение позиций и переходов обеспечивается путем представления ориентированных дуг. Дуга, направленная от позиции  $p_i$  к переходу  $t_j$ , определяет позицию, которая является входом перехода. Дуга, направленная от перехода  $t_j$  к позиции  $p_i$ , определяет позицию, которая является выходом из перехода. При этом условия, т.е. логические состояния системы, принимающие значения ИСТИНА или ЛОЖЬ, моделируются позициями, а события или действия, происходящие в системе, моделируются переходами.

Выполнение некоторого условия (значение ИСТИНА) представляется фишкой в позиции, которая соответствует данному условию, при этом запуск перехода удаляет разрешающие фишки, определяющие выполнение так определенных предусловий, и образуют новые фишки, которые определяют выполнение постусловий. Следует отметить, что в сетях Петри непримитивные события представляются уже не в виде планок, а в виде прямоугольников, что позволяет упростить некоторые виды сетей Петри.

Если необходимо обеспечить переход от функциональной к динамической модели, то при переходе от диаграммы, представленной в нотации IDEF0, к сети Петри функциональный блок диаграммы заменяется фрагментом сети Петри, имитирующим работу этого блока. При этом позициями сети становятся возможные потоки информации или объекты системы, подвергаемые воздействию, управляющие данные, механизмы (исполнитель или необходимый инструментарий), а также результат воздействия на входящие потоки.

Основываясь на предложенных выше определениях и порядке трансформации функциональной модели в сеть Петри, можно предложить цветную (раскрашенную) временную сеть Петри, описывающую динамическую модель ведения мониторинга (рис. 2).

Предложенные в функциональной модели (рис. 1) взаимосвязи элементов рассматриваемой сети Петри можно представить следующим образом:

–  $t_1$  – собрать информацию:  $I(t_1) = \{p_1, p_2, p_3\}$  – входная функция, где  $p_1$  – информационное поле;  $p_2$  – носители мониторинговых функций;  $p_3$  – программно-технические средства;  $O(t_1) = \{p_4, p_2, p_3\}$  – выходная функция, где  $p_4$  – собранная информация.

–  $t_2$  – обработать информацию:  $I(t_2) = \{p_4, p_2, p_3\}$ ,  $O(t_2) = \{p_5, p_2, p_3\}$ , где  $p_5$  – обработанная информация;

–  $t_3$  – отобразить информацию:  $I(t_3) = \{p_5, p_2, p_3\}$ ,  $O(t_3) = \{p_6, p_2, p_3\}$ , где  $p_6$  – визуализированная информация;

–  $t_4$  – обеспечить хранение информации – данный переход сработает в случае наличия фишек в одной из позиций:  $p_4, p_5$  или  $p_6$ , а также при наличии фишек в позициях  $p_2$  и  $p_3$ :  $I(t_4) = \{p_4, p_5, p_6, p_2, p_3\}$ ,  $O(t_4) = \{p_7, p_2, p_3\}$ , где  $p_7$  – архивированная информация;

–  $t_5$  – распространить информацию:  $I(t_3) = \{p_5, p_7, p_3\}$ ,  $O(t_5) = \{p_8, p_2, p_3\}$ , где  $p_8$  – результат мониторинга.

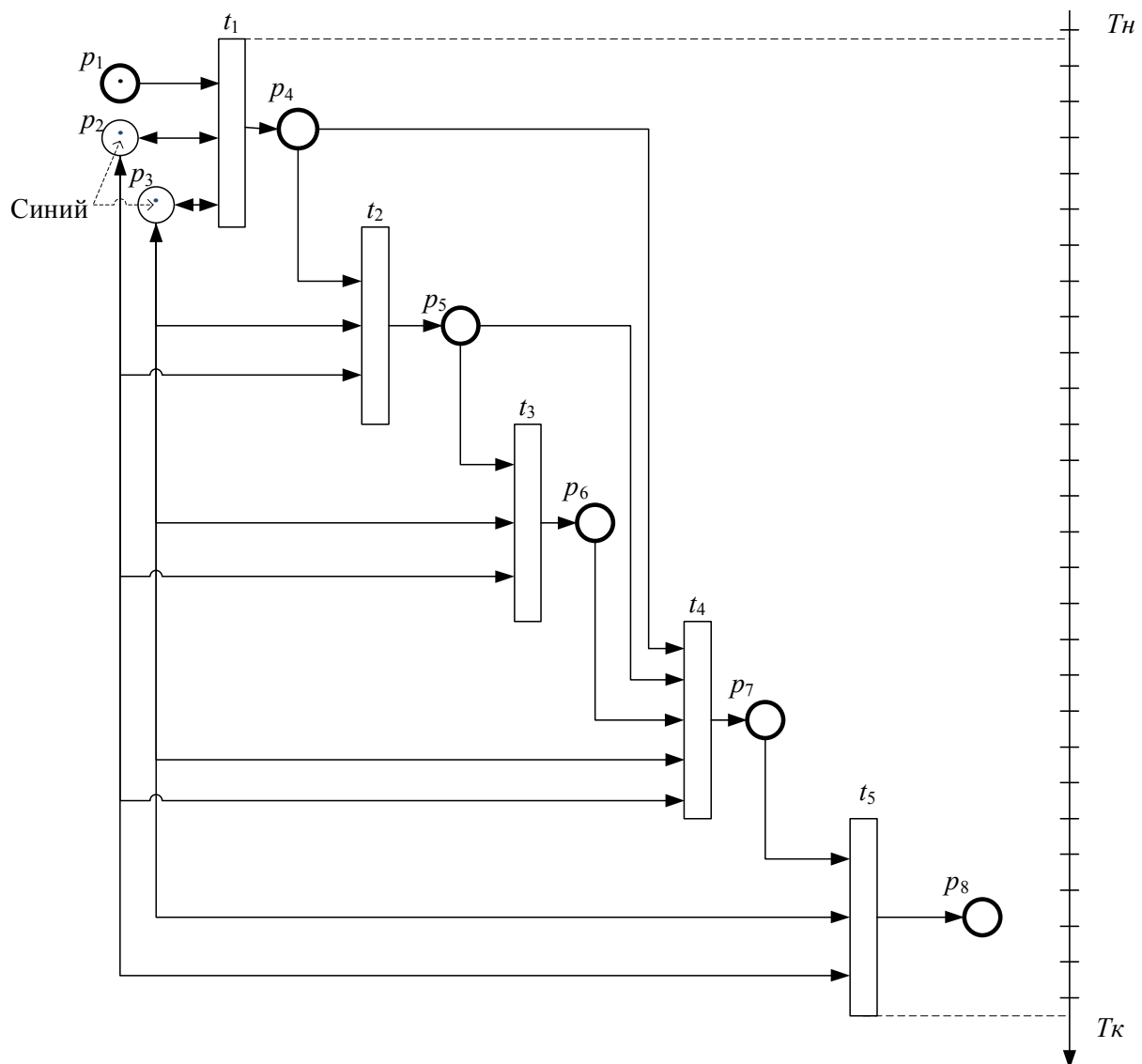


Рис. 2. Цветная (раскрашенная) временная сеть Петри, описывающая процесс мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований

Преобразовав функциональную модель (рис. 1), получим цветную (раскрашенную) временную сеть со свободным выбором – позиция  $p_4$  сети может иметь различную смысловую нагрузку (в зависимости от цвета метки), что позволяет использовать ее для запуска разных переходов:

- если  $p_4$  описывает информацию, которую необходимо подвергнуть дополнительной обработке, то информация поступит на вход перехода  $t_2$ ;
- если  $p_4$  содержит информацию, для которой необходимо обеспечить сохранность (без предварительной обработки), то такая информация поступит на вход перехода  $t_4$ .

Различные характеристики могут быть также заданы для позиции  $p_5$ :

- если  $p_5$  описывает обработанную информацию, которую необходимо визуализировать, то информация поступит на вход перехода  $t_3$ ;
- если  $p_5$  содержит информацию, для которой необходимо обеспечить сохранность (без визуализации), то такая информация поступит на вход перехода  $t_4$ .

Определенную смысловую нагрузку несет и временная составляющая сети  $t_i$ . Например, время срабатывания перехода  $t_3$  зависит от продолжительности выполнения мероприятий по сбору и обработ-

ке информации – переходов  $t_1$  и  $t_2$ . Соответственно, переход  $t_5$  сработает только после выполнения задач на предыдущих переходах и появления фишек в позициях  $p_7$ ,  $p_2$  и  $p_3$ .

Аналогично можно провести динамическое моделирование всех выделенных в разделе 1 этапов мониторинга социально-экономического развития муниципального образования. Фактически такие цветные (раскрашенные) временные сети Петри будут являться декомпозициями соответствующих переходов базовой сети.

Поведение модели может быть проанализировано посредством компьютерного моделирования. Использование существующих в настоящее время программных средств, имитирующих работу цветной временной сети Петри (например, Design / CPN [7]), позволяя манипулируя временными характеристиками сети и изменяя число и цвет фишек в позициях, моделировать различные ситуации, возникающие в процессе ведения мониторинга. Так, например, появляется возможность руководителю организации, отвечающему за ведение мониторинга, использующему данную динамическую модель, распределить человеческие и временные ресурсы для выполнения поставленной задачи в зависимости от количества собираемых данных, необходимого времени на их обработку и вида носителей мониторинговых функций.

### Заключение

Предлагаемые модели являются базовыми при разработке информационных технологий мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований и используются при построении общих моделей деятельности органов государственной власти и местного самоуправления.

Использование математического аппарата сетей Петри (вспомогательного инструментария для специалистов по мониторингу) облегчает мониторинг. Эмуляция представленной на рис. 2 сети Петри при разрешении конкретных проблемных ситуаций с включением в ее состав дополнительных позиций и переходов позволяет определять, например, состав, количество и загрузку исполнителей мониторинга. Использование результатов моделирования повышает степень обоснованности принятия решений руководителем при мониторинге.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров А.А., Сенченко П.В. Структурно-функциональная и динамическая модели мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 2 (26), ч. 1. С. 258–264.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа : учеб. 2-е изд., доп. Томск : Изд-во НТЛ, 1997. 396 с.
3. Сидоров А.А., Сенченко П.В. Мониторинг социально-экономического развития территорий в контексте информационного обеспечения системы управления по результатам // Ползуновский альманах. 2009. № 1. С. 293–299.
4. Ехлаков Ю.П., Тарасенко В.Ф., Жуковский О.И., Сенченко П.В., Гриценко Ю.Б. Динамические модели бизнес-процессов. Теория и практика реинжиниринга. Томск : Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. 203 с.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : пер. с англ. М. : Мир, 1984. 264 с.
6. Тарасенко В.Ф. Нелинейные математические модели и информационные системы в финансовом менеджменте / под ред. В.З. Ямпольского. Томск : Изд-во ТПУ, 1998. 191 с.
7. Design / CPN – Computer Tool for Coloured Petri Nets. URL: <http://www.daimi.au.dk/designCPN/>, свободный (дата обращения: 11.11.2015).

**Сидоров Анатолий Анатольевич**, канд. экон. наук, доцент. E-mail: [saa@muma.tusur.ru](mailto:saa@muma.tusur.ru)

**Сенченко Павел Васильевич**, канд. техн. наук, доцент. E-mail: [pvs@tusur.ru](mailto:pvs@tusur.ru)

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

**Тарасенко Владимир Феликсович**, д-р техн. наук, профессор. E-mail: [vtara54@mail.ru](mailto:vtara54@mail.ru)

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 16 июня 2015 г.

*Sidorov Anatoly A., Senchenko Pavel V.* (Tomsk State University of Control System and Radioelectronics, Russian Federation),  
*Tarasenko Vladimir F.* (Tomsk State University, Russian Federation).

**Monitoring of the social and economic development of municipalities in the life-cycle of information processing.**

**Keywords:** management; monitoring; socio-economic development; structural-functional model; dynamic model; Petri nets.

DOI: 10.17223/19988605/33/7

Monitoring in state and municipal government can be represented as a system of observation, data collection, analysis and forecasting of socio-economic indicators of development of the territory. The main objective of such monitoring is to provide the authorities of relevant information on the situation in the various spheres of life. Monitoring as a management tool is realized only in a certain order and relationship. Their internal contents can be opened using a formal model of decomposition of socio-economic systems in which there are the following elements: the process of activity, scope of activities, the final product, means the activities of stakeholders.

Monitoring procedures are derived from the model of the life cycle of information processing. In fact, here is a question of a functional monitoring system. As a graphic representation of the process of decomposition is used IDEF0-model.

Monitoring Indicators are a set of basic (object of activity) and calculated values (final product), providing an idea of the socio-economic system and the changes in it. A specific list is formed with the objectives of the control criteria of their effectiveness and the techniques used for monitoring, assessment, analysis and forecast of the monitored object (the socio-economic development).

The structural-functional model gives an idea of the organization of monitoring, data collection, processing and storage of information, not taking into account the dynamics of the process. Using the mathematical apparatus of Petri nets allows us to go to the dynamic modeling of monitoring of socio-economic development of the municipalities and the optimization of the compliance of corresponding services related to monitoring. The offered color timed Petri net describes dynamic model of monitoring of social and economic development of municipalities.

Use of currently available software that simulates colored timed Petri net (e.g., Design / CPN) allows, manipulating the time components of the network and changing the quantity and color of chips in positions, to simulate various situations that arise in the process of monitoring. For example, the head of the organization responsible for conducting the monitoring, use this dynamic model to allocate human and time resources for re-perform this task, depending on the amount of information collected, the time required to process it and the type of media monitoring functions.

The proposed article multidimensional model can be taken as a basis in the formulation of the problem and the development of information technology for monitoring of socio-economic development of municipal entities and may be used to construct more general models of public authorities and local government.

## REFERENCES

1. Sidorov, A.A. & Senchenko, P.V. (2012) Structural-functional and dynamic models of monitoring of social and economic development in municipalities. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radio-elektroniki – Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*. 2(26). Part 1. pp. 258-264. (In Russian).
2. Peregudov, F.I. & Tarasenko, F.P. (1997) *Osnovy sistemnogo analiza* [Basics of System Analysis]. 2nd ed. Tomsk: NTL.
3. Sidorov, A.A. & Senchenko, P.V. (2009) Monitoring sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territoriy v kontekste informatsionnogo obespecheniya sistemy upravleniya po rezul'tatam [Monitoring the socio-economic development of territories in the context of an information security management system based on the results]. *Polzunovskiy al'manakh*. 1. pp. 293-299.
4. Ekhlakov, Yu.P., Tarasenko, V.F., Zhukovskiy, O.I., Senchenko, P.V. & Gritsenko, Yu.B. (2014) *Dinamicheskie modeli biznes-protsessov. Teoriya i praktika reinzhiniringa* [Dynamic models of business processes. Theory and practice of reengineering]. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics.
5. Peterson, J. (1981) *Petri Net theory and the modeling of systems*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
6. Tarasenko, V.F. (1998) *Nelineynye matematicheskie modeli i informatsionnye sistemy v finansovom menedzhmente* [Non-linear mathematical models and information systems in financial management]. Tomsk: Tomsk Polytechnics University.
7. *Design / CPN – Computer Tool for Coloured Petri Nets*. [Online] Available from: <http://www.daimi.au.dk/designCPN/>. (Accessed: 11th November 2015).