

УДК 004.942

К.О. ЗАПАДНЯ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

*Рассматривается задача обоснования и выбора архитектуры системы космического мониторинга (КМ) территориально распределенной производственной системы (ТРПС). Решение поставленной задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе осуществляется выбор оптимальной архитектуры КМ с использованием целочисленного линейного программирования. Критериями для выбора являются качество и полнота информации, стоимость, время сбора и обработки информации. На втором этапе осуществляется исследование полученной архитектуры КМ путем имитационного моделирования с использованием агентного подхода.*

**Ключевые слова:** космический мониторинг, обоснование архитектуры системы, оценка системы космического мониторинга, имитационное агентное моделирование.

### Введение

Современный мониторинг территориально распределенных производственных систем (ТРПС) основан на использовании геоинформационных технологий. Для принятия решений по управлению состоянием производственных объектов ТРПС и земельного ресурса необходимо получить достоверную информацию о состоянии основных технологических объектов и земельных участков, которые могут подвергаться воздействию агрессивных технологических и природных факторов. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой рассматривается постановка и решение задач выбора оптимальных проектных решений при создании системы космического мониторинга ТРПС.

### Постановка задачи исследования

Для эффективного мониторинга технологических и природных ресурсов, находящихся в управлении ТРПС, в настоящее время, широко используют геоинформационные технологии (ГИС - технологии), средства дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), основанные на использовании космических аппаратов и систем. С помощью космоса можно реализовать новые подходы для широкого круга предметно-ориентированных проблем, связанных с состоянием земли и объектов ТРПС. На основе полученной информации из космоса формируется картографический материал и создается база картографической информации, основу которой составляют цифровые модели местности, на которой расположена ТРПС [1]. Достоверность полученной инфор-

мации из космоса определяется точностью сбора и полнотой информации, что в свою очередь зависит от выбора аппаратно-программных средств космического мониторинга.

В настоящее время существуют несколько систем космического базирования, которые можно использовать для космического мониторинга ТРПС. Эти системы отличаются своими конструктивными решениями, использованием космических аппаратов и средств наземного управления (например, система ГЛОНАС). Кроме того при выборе системы космического мониторинга необходимо учитывать аппаратно-программные решения бортовой аппаратуры и выбора ГИС и ДЗЗ технологий (ArcGIS и др.) Для выбора оптимальных проектных решений при создании систем космического мониторинга ТРПС предложено, в работе, использовать следующие критерии:

М – качество полученной информации из космоса, которая используется для формирования картографического цифрового материала для проведения мониторинга и принятия управленческих решений в ТРПС. Качество в основном зависит от разрешающей способности и точности аппаратного программного комплекса;

Р – полнота предоставляемых данных для принятия управленческих решений в ТРПС;

С – стоимость получения информации для проведения мониторинга ТРПС. Зависит от стоимости аппаратно-программного комплекса, а также аренды космических каналов;

Т – время сбора и обработки информации для принятия управленческих решений по оценке состояния ТРПС.

Необходимо сформулировать задачу выбора аппаратно-программного комплекса для мониторинга ТРПС с учетом предложенных критериев  $M, P, C, T$ .

### Решение поставленной задачи

Решение поставленной задачи осуществляется в два этапа:

1. Оптимизация архитектуры аппаратно-программного комплекса для мониторинга ТРПС.

2. Моделирование основных трактов сбора и обработки информации из космоса.

Для решения первой задачи воспользуемся методом целочисленного линейного программирования с булевыми переменными.

Введем булеву переменную  $x_{ij} \in \{0,1\}$ , где единица означает, что для космического мониторинга ТРПС выбран  $i$ -й тип космической системы и  $j$ -е конструкторское решение, связанное с аппаратно-программным комплексом для космического мониторинга ТРПС, ноль – в противном случае. Здесь  $i=\overline{1,R}$ ;  $j=\overline{1,F_i}$ , где  $R$  – возможное количество космических систем,  $F_i$  – возможное количество космических решений для  $i$ -го типа системы.

Пусть тогда:

$m_{ij}$  – предоставляет качество полученной информации из космоса (в шкале  $0 \div 1$ ), которое зависит от выбора  $i$ -ой космической системы и  $j$ -го аппаратно-программного решения;

$p_{ij}$  – полнота (в процентах) предоставляемых данных для принятий решений по управлению состоянием ТРПС, которое зависит от выбора  $i$ -й космической системы и  $j$ -го конструкторского решения.

$c_{ij}$  – стоимость получения информации, которая зависит от выбора  $i$ -й космической системы и  $j$ -го конструкторского решения;

$t_{ij}$  – время потраченное на сбор и обработку информации для космического мониторинга, которое зависит от выбора  $i$ -й космической системы и  $j$ -го конструкторского решения.

Выбор оптимального проектного решения можно осуществить путем локальной (отдельной) оптимизации каждого из предложенных критериев:

1.1. Необходимо максимизировать качество информации, полученной в результате сбора и обработки информации из космоса, для принятия коррективных управленческих решений:

$$\max M, M = \sum_i \sum_j x_{ij} m_{ij}.$$

В качестве ограничений используются пороговые значения остальных критериев:

$$P \geq P', P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

где  $P'$  – минимальное допустимое значение полноты информации, обеспечивающее принятие корректного управленческого решения;

$C'$  – максимально допустимое значение стоимости получения информации;

$$T \leq T', T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij},$$

$T'$  – максимально допустимое время для сбора и обработки информации из космоса.

1.2. Необходимо максимизировать полноту полученных данных из космоса для принятия корректных управленческих решений:

$$\max P, P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$M \geq M', M = \sum_i \sum_j x_{ij} m_{ij},$$

где  $M'$  – минимально допустимое значение полноты информации, которое обеспечивает принятие корректного управленческого решения;

$$C \leq C', C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij},$$

$$T \leq T', T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij}.$$

1.3. Необходимо минимизировать стоимость получения информации для задач космического мониторинга ТРПС:

$$\min C, C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$M \geq M', M = \sum_i \sum_j x_{ij} m_{ij},$$

$$P \geq P', P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

$$T \leq T', T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij}.$$

1.4. Необходимо минимизировать время сбора и обработки информации:

$$\min T, T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$M \geq M', M = \sum_i \sum_j x_{ij} m_{ij},$$

$$P \geq P', P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

$$C \leq C', C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}.$$

1.5. Многокритериальная постановка. В этом случае необходимо найти компромисс для значений критериев  $M, P, C, T$ . Известный метод решения

такої задачі зв'язан с введенням значень «весов» критериев:

$$\alpha_M, \alpha_P, \alpha_C, \alpha_T.$$

При этом:

$$\alpha_M + \alpha_P + \alpha_C + \alpha_T = 1.$$

Введем комплексный критерий в виде аддитивной суммы:

$$K = \alpha_M \cdot \hat{M} + \alpha_P \cdot \hat{P} + \alpha_C \cdot \hat{C} + \alpha_T \cdot \hat{T},$$

где  $\hat{M} = \frac{M^* - M}{M^* - M'}$ ,

$$\hat{P} = \frac{P^* - P}{P^* - P'}, \quad \hat{C} = \frac{C - C^*}{C' - C^*}, \quad \hat{T} = \frac{T - T^*}{T' - T^*},$$

где  $M^*, P^*, C^*, T^*$  – экстремальные значения критериев  $M, P, C, T$  соответственно.

На втором этапе необходимо провести имитационное моделирование выбранной архитектуры аппаратно-программного комплекса для уточнения значений  $M, P, C, T$ . Для этого воспользуемся событийным имитационным моделированием, основанным на агентах.

Введем следующие агенты:

- агент ДЗЗ, с помощью которого осуществляется сбор информации;
- агент ГИС, с помощью которого осуществляется обработка информации из космоса;
- агент картограф, с помощью которого осуществляется формирование картографической информации и формирование базы данных;

– агент генератор сбора информации. Имитирует начало цикла сбора и обработки информации. Зависит от выбора космической системы для мониторинга ТРПС;

– агент накопитель ошибок. Трансформирует и накапливает ошибки в космическом тракте сбора и обработки информации. Итоговая ошибка используется для оценки точности, а затем качества информации;

– агент результатов исследования. Используется для выдачи информации по результатам моделирования конкретной архитектуры аппаратно-программного комплекса;

– агент монитор. Осуществляет управления остальными агентами, следит за временем и формирует список событий для осуществления моделирования.

На рис. 1 представлена структурная схема имитационной модели.

### Заключение

Представленный подход целесообразно использовать на начальных этапах формирования архитектуры системы космического мониторинга ТРПС, когда необходимо обосновать состав и структуру основных компонент аппаратно-программного комплекса, выбрать тип используемой космической системы и провести имитационное моделирование системы космического мониторинга для оценки основных показателей.

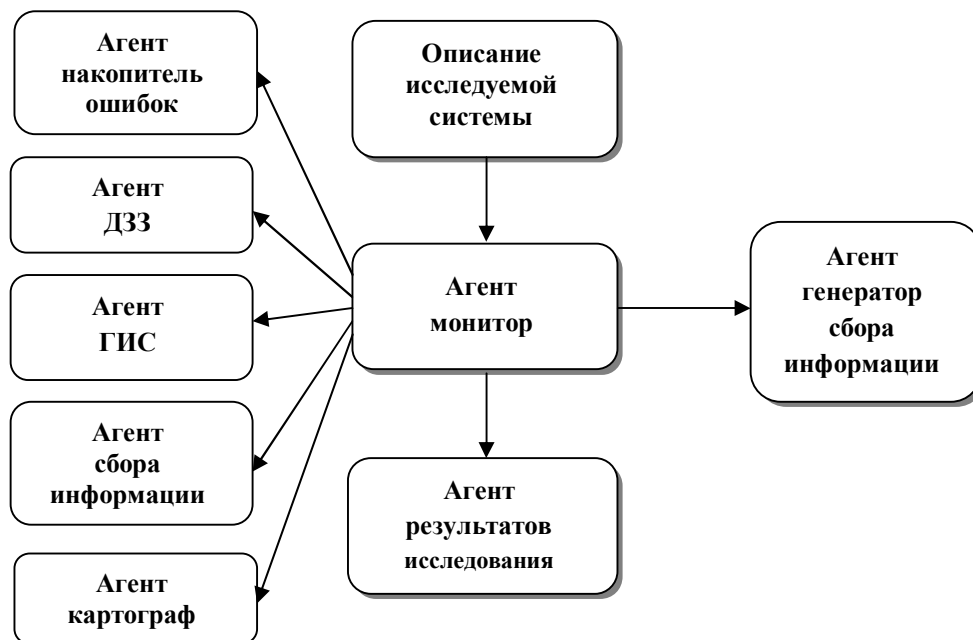


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели

## Литература

1. *Геопространственные производственные системы. Часть 1. Анализ, моделирование, проектирование [Текст]: моногр. / В.М. Илюшко, О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, Л.Д. Греков. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 250 с.*

2. *Греков, Л.Д. Архитектура решения в реинжиниринге управляющих систем территориально-распределенных комплексов [Текст] / Л.Д. Греков, К.О. Западня, Е.В. Коновалова // Радиотехнические и компьютерные системы. – 2009. – № 1 (35). – С. 109–112.*

*Поступила в редакцию 5.06.2012*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СИСТЕМИ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ

*К.О. Западня*

Розглядається задача обґрунтування та вибору архітектури системи космічного моніторингу (КМ) територіально розподіленої виробничої системи (ТРПС). Рішення поставленої задачі здійснюється в два етапи. На першому етапі здійснюється вибір оптимальної архітектури КМ з використанням цілочисельного лінійного програмування. Критеріями для вибору є якість і повнота інформації, вартість, час збору та обробки інформації. На другому етапі здійснюється дослідження отриманої архітектури КМ шляхом імітаційного моделювання з використанням агентного підходу.

**Ключові слова:** космічний моніторинг, обґрунтування архітектури системи, оцінка системи космічного моніторингу, імітаційне агентне моделювання.

## SPACE MONITORING SYSTEM OF TERRITORIALLY DISTRIBUTED INDUSTRIAL SYSTEM REASONING AND SELECTION

*К.О. Zapadnia*

The space monitoring (SM) system architecture of geographically distributed industrial system (GDIS) reasoning and selection problem is considered. The two steps problem solution. At the first stage, the choice of the SM optimal architecture with the use of integer linear programming. The selection criteria are: quality and completeness of the information, price, collection and processing time. On the second stage, the obtained SM architecture by simulation using agent-based approach is studied.

**Key words:** space monitoring, system architecture reasoning, space monitoring system evaluation, agent imitation modeling.

**Западня Ксенія Олеговна** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.