

УДК 519.711.3

В. Е. ГВОЗДЕВ

СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИКО-ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматриваются проблемы планирования развития математико-геоинформационного моделирования как составной части автоматизированной системы информационной поддержки анализа состояния геотехнических объектов. Система информационной поддержки; структура системы информационной поддержки; математико-геоинформационная модель; система математико-геоинформационного моделирования; эффективность функционирования; планирование развития

ВВЕДЕНИЕ

Одним из необходимых условий принятия эффективных решений, направленных на устойчивое развитие регионов России, является обеспечение местных органов власти полной, достоверной информацией о текущем и прогнозируемом состоянии территорий, что создает основу для перехода от «реактивного» подхода, суть которого сводится к устранению уже имеющего место негативного изменения состояния территориальных систем в результате хозяйственной деятельности и природных процессов, к «превентивному» подходу, основанному на выработке управленческих решений на базе прогнозных оценок.

Информационное обеспечение систем анализа состояния геотехнических объектов (ГТО), под которыми понимается совокупность природных и технических объектов, находящихся в тесной взаимосвязи и формирующих среду жизни человека, является необходимым условием обеспечения приемлемого изменения состояния регионов.

Неполнота, плохая сопоставимость и непостоянство исходных данных о ГТО приводят к тому, что системы информационного обеспечения анализа состояния ГТО не проходят классического пути постановки и решения информационных задач: выделение и классификация существующих проблем → поиск и сбор данных, характеризующих выделенные проблемы → построение моделей процессов и явлений, обуславливающих выделенные проблемы → постановка информационных задач по выработке решения пробле-

мы → оформление полученных результатов в соответствии с требованиями конкретного пользователя [1].

В настоящее время большое распространение получила другая схема: поиск и сбор доступных исходных данных → характеристика проблем на основании доступных данных (построение «постановочных» карт, помогающих спланировать дополнительный сбор и анализ данных) → построение элементарных и комплексных карт, характеризующих состояние компонентов ГТО → выработка рекомендаций по решению управленческих задач; оценка правильности выбранных приоритетов по целенаправленному изменению состояния; оценка эффективности осуществляемых мероприятий; корректировка программ анализа и управления состоянием ГТО → оформление полученных результатов в соответствии с требованиями пользователя.

1. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Система информационного обеспечения (СИО) анализа состояния ГТО должна рассматриваться с двух точек зрения:

1) как совокупность разнородных источников информации, с разных точек зрения характеризующих состояние ГТО;

2) как сложная система хранения, систематизации, обработки и представления информации.

Состояние СИО как совокупности разнородных источников информации определяется следующими факторами:

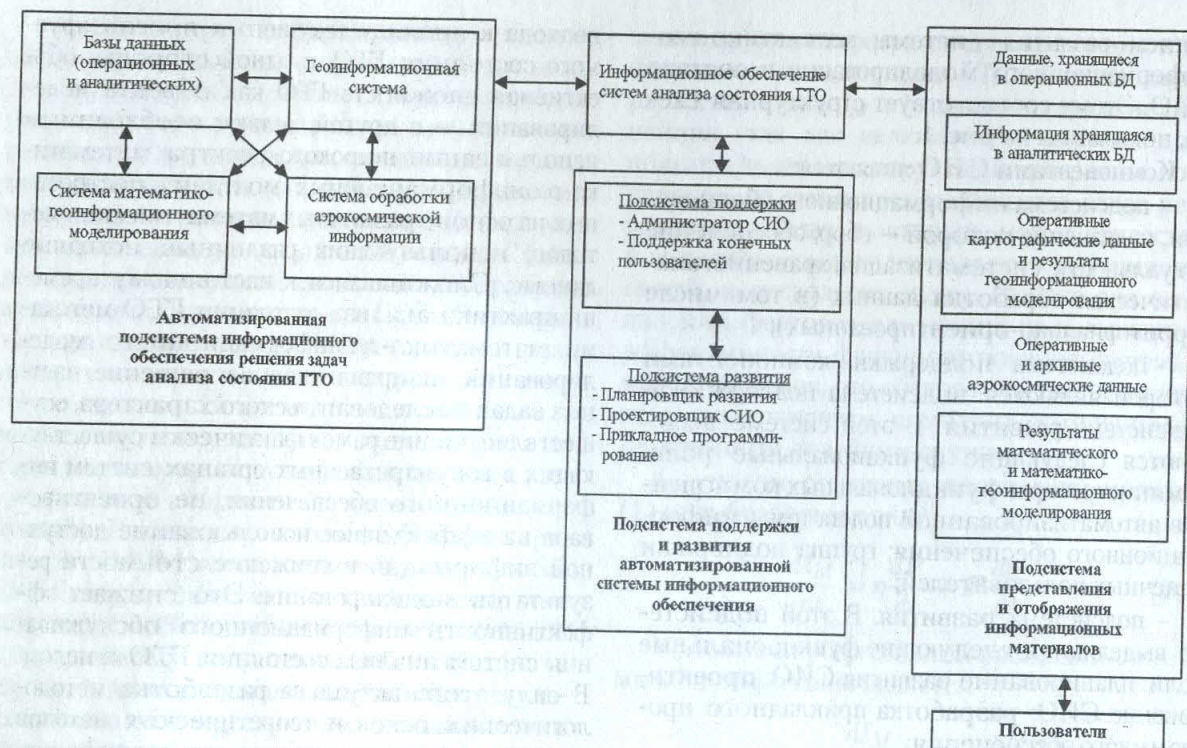


Рис. 1. Структура автоматизированной системы информационного обеспечения анализа состояния ГТО

– информационными потребностями системы анализа состояния ГТО и управления ими. Чем более полно удовлетворяются информационные потребности за счет использования СИО, тем выше эффективность ее функционирования;

– доступными ресурсами. Эффективность функционирования СИО определяется: доступными исходными данными (базами данных), возможностью получения недостающих данных, степенью изученности протекающих в ГТО процессов и явлений (информационный ресурс); наличием необходимых для решения информационных задач программных продуктов (программный ресурс); наличием методик обработки данных и моделей, адекватных изучаемым процессам и явлениям, а также методологиями и методами, используемыми для изучения информационных потребностей и планирования развития СИО (методический ресурс); квалификацией специалистов, привлекаемых к разработке элементов СИО; доступными финансовыми средствами, а также периодом времени, в течение которого необходимо получить информационные материалы.

Состояние СИО как сложной системы хранения, систематизации, обработки и пред-

ставления информации определяется следующими факторами:

- используемыми методологиями и технологиями проектирования и построения информационных систем;
- аппаратной базой и системными программными продуктами, формирующими среду функционирования СИО (аппаратно-программная база);
- инструментальными программными средствами, используемыми для создания прикладных программных систем;
- квалификацией персонала, занятого сопровождением и эксплуатацией информационных систем;
- финансовыми средствами, выделяемыми на сопровождение и модернизацию аппаратно-программной базы и прикладного программного обеспечения.

Системе информационного обеспечения как разновидности сложной системы может быть поставлено в соответствие множество структурных моделей, соответствующих разным целям ее исследования. В работах [2, 3] описаны функциональная и иерархическая модели СИО, а также архитектура СИО.

В настоящей работе основное внимание уделяется вопросам, связанным с планиро-

ванием развития системы математико-геоинформационного моделирования в составе СИО. Этому соответствует структурная схема, показанная на рис. 1.

Компонентами СИО являются:

- подсистема информационного обеспечения, назначение которой – сбор, обеспечение актуальности, систематизация, хранение, аналитическая обработка данных (в том числе территориально-ориентированных);

- подсистема поддержки, компонентами которой являются подсистема поддержки и подсистема развития. В этой системе выделяются следующие функциональные роли: администраторы функциональных компонентов автоматизированной подсистемы информационного обеспечения; группа поддержки конечных пользователей;

- подсистема развития. В этой подсистеме выделяются следующие функциональные роли: планирование развития СИО; проектирование СИО; разработка прикладного программного обеспечения;

- подсистема представления и отображения информационных материалов. Основное назначение этой подсистемы – представление пользователям операционных данных и результатов аналитической обработки информации в виде, удобном для содержательного анализа.

Информация, необходимая для анализа и контроля состояния ГТО, может быть получена различными способами (путем натуральных измерений, в результате обработки аэрокосмических снимков, экспертным оцениванием, путем математико-геоинформационного моделирования). При этом одним из основных аргументов в пользу использования математико-геоинформационного моделирования является более низкая стоимость получения информации.

Таким образом, реализация «превентивного подхода» приводит к необходимости приоритетного развития в системах информационного обеспечения подсистем математико-геоинформационного моделирования.

2. ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ МАТЕМАТИКО-ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Под «математико-геоинформационной моделью» (термин введен в [4]) понимается системное сочетание геоинформационных моделей, баз данных, компьютерной графики и программно-реализованных математических моделей. Необходимость комплексного

подхода к анализу текущего и прогнозируемого состояния ГТО, с одной стороны, объективная сложность ГТО как объекта моделирования – с другой, делают необходимым использование широкого спектра математико-геоинформационных моделей, построенных на основе различных математических методов, использующих различные исходные данные. Сложившаяся к настоящему времени практика анализа состояния ГТО методами математико-геоинформационного моделирования, направленная на решение частных задач исследовательского характера, осуществляется вне рамок фактически существующих в государственных органах систем информационного обеспечения, не ориентирована на эффективное использование доступной информации и снижение стоимости результатов моделирования. Это снижает эффективность информационного обслуживания систем анализа состояния ГТО в целом. В силу этого актуальна разработка методологических основ и теоретических методов построения систем математико-геоинформационного моделирования как составной части СИО.

Проблемы построения системы математико-геоинформационного моделирования (СМГМ) ГТО как составной части автоматизированной системы информационного обеспечения обусловлены особенностями объекта моделирования; необходимостью максимально возможного удовлетворения информационных потребностей системы анализа состояния ГТО; необходимостью сокращения затрат (временных и финансовых) на получение результатов моделирования.

Особенностями ГТО как объекта моделирования являются: уникальность, что связано с неповторимыми особенностями сочетания природных условий и особенностями техногенного воздействия на различных участках исследуемой территории; малые объемы однородных данных, территориально-временная несогласованность измерений различных характеристик состояния; многомерность, многоуровневость, многосвязность ГТО; ограниченная возможность проведения активных экспериментов; слабая теоретическая изученность процессов и явлений, протекающих в различных компонентах ГТО, сложный характер взаимодействия различных процессов; территориальная и временная изменчивость характеристик состояния ГТО; большое число критериев состояния, практическое использование которых затрудняется недостатком исходных данных.

Особенностью информационных запросов, поступающих со стороны системы анализа состояния ГТО, является необходимость решения задач в «штатном» и «нештатном» режимах. Штатный режим связан с необходимостью периодического решения определенного множества модельных задач. Эта ситуация характерна для анализа состояния ГТО в режиме повседневной деятельности органов, занятых анализом состояния ГТО. Основными характеристиками СМГМ в этом случае являются точность модельных результатов и их стоимость. Нештатный режим связан с необходимостью решения новых модельных задач (например, в случае возникновения различного рода аварийных и чрезвычайных ситуаций). В этом случае основной характеристикой СМГМ является время решения задач. Следует заметить, что после создания моделирующей программы, соответствующей определенному виду нештатной ситуации (в случае, если полученные на ее основе результаты оказались приемлемыми по точности и стоимости), она может включаться во множество программ, соответствующих штатному режиму функционирования СМГМ. Таким образом, повышение эффективности информационного обслуживания систем анализа состояния ГТО делает необходимым целенаправленное развитие СМГМ.

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СМГМ

Для выявления факторов, влияющих на эффективность функционирования системы моделирования, составим модель эволюции системы. Пусть I_M — количество информации, получаемой посредством решения задач моделирования, P — накопленный к t -му моменту времени фонд моделирующих программ, входящих в систему моделирования, причем $I_M = f(P)$.

Под задачей (приложением) математико-геоинформационного моделирования понимается определенным образом организованная совокупность информационно связанных моделирующих программ.

Уравнение эволюции в общем случае имеет вид

$$\frac{dI_M}{dt} = f'(P). \quad (1)$$

Рассмотрим простейший случай $I_M = \eta(P)$, где η характеризует использование

моделирующих программ для получения информации относительно ГТО. Строго говоря, взаимосвязь I_M и P положительная нелинейная, так как включение в систему дополнительной моделирующей программы, во-первых, не уменьшает количества ранее решавшихся задач, во-вторых, может привести к возможности дополнительного решения не одной, а нескольких задач. Однако для выявления факторов, влияющих на повышение эффективности функционирования системы моделирования, это обстоятельство не является существенным и можно ограничиться простейшим линейным случаем.

С учетом сделанных допущений модель (1) преобразуется к виду

$$\frac{dI_M}{dt} = \eta \frac{dP}{dt} + P \frac{d\eta}{dt}. \quad (2)$$

Условием прогрессивной эволюции системы моделирования является

$$\frac{dI_M}{dt} > 0, \quad (3)$$

что может достигаться как за счет расширения фонда моделирующих программ

$$\frac{dP}{dt} > 0, \quad (4)$$

так и за счет эффективного использования существующих моделирующих программ в составе различных приложений

$$\frac{d\eta}{dt} > 0. \quad (5)$$

Если эволюция осуществляется в основном за счет первой компоненты, стоящей в правой части выражения (2), то такой тип развития можно назвать экстенсивным (заметим, что этот тип эволюции характерен для случая, когда моделирующие программы создаются либо в виде монолитных конструкций, либо на основе использования подпрограмм, т.е. в случае, когда включение программы в состав нового приложения требует изменения исходного кода программы). Если эволюция достигается в основном за счет второй компоненты, входящей в выражение (2), то имеет место интенсивное развитие эффективности системы моделирования за счет разноаспектного использования одних и тех же математико-геоинформационных моделей и исходных данных в составе различных приложений (в основе этого типа эволюции лежит архитектура открытых информационных систем).

Таким образом, в качестве факторов, определяющих эффективность функционирования системы моделирования, выступают следующие:

– количество программ, входящих в состав системы моделирования и реализующих различные математико-геоинформационные модели;

– способ программной реализации математических моделей, определяющий возможность повторного использования существующих программных продуктов и исходных данных в составе различных приложений.

Из этого, в частности, следует необходимость планирования развития СМГМ в составе автоматизированной системы информационного обеспечения.

4. ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СМГМ

Построение системы математико-геоинформационного моделирования как составной части автоматизированной системы информационного обеспечения является достаточно длительным процессом, поэтому планирование ее развития носит мультитременной характер.

Планирование построения системы математико-геоинформационного моделирования сводится к распределению доступных на начало планового периода финансовых средств по видам работ, связанным: с исследованием информационных потребностей систем анализа состояния ГТО; формальной постановкой задач моделирования; разработкой и программной реализацией математико-геоинформационных моделей; получением необходимых для расчетов исходных данных. Распределение финансовых средств по видам работ осуществляется с учетом различной важности решаемых задач для анализа состояния ГТО.

Модель планирования построения системы математико-геоинформационного моделирования в общем случае имеет вид

$$\Phi = \sum_{i=1}^L [\xi_i^{(1)}(\nu_i) + \xi_i^{(2)}(\gamma_i) + \xi_i^{(3)}(\delta_i)] \rightarrow \max \quad (6)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^L (\nu_i + \gamma_i + \delta_i) \leq C, \quad (7)$$

$$\nu_i + \gamma_i + \delta_i \leq c_i \quad (i = \overline{1; L}),$$

где L — число классов информационных запросов, которые обслуживаются методами математико-геоинформационного моделирования; ν_i — сумма ассигнований, выделяемых на изучение информационных потребностей и формальную постановку задач i -го класса; γ_i — сумма ассигнований, выделяемых на разработку математико-геоинформационных моделей и программную реализацию задач i -го класса; δ_i — сумма ассигнований, выделяемых на подготовку исходных данных для решения задач i -го класса; $\xi_i^{(1)}(\nu_i)$ — показатель состояния системы математико-геоинформационного моделирования, характеризующий долю информационных запросов i -го класса, для которых разработаны формальные постановки задач; $\xi_i^{(2)}(\gamma_i)$ — показатель состояния системы математико-геоинформационного моделирования, характеризующий долю постановок задач i -го класса, для которых разработаны и программно реализованы математико-геоинформационные модели; $\xi_i^{(3)}(\delta_i)$ — показатель состояния системы математико-геоинформационного моделирования, характеризующий долю программно реализованных задач моделирования i -го класса, обеспеченных необходимыми для расчетов исходными данными; c_i — ассигнования, выделяемые на решение задач i -го класса; C — общая сумма ассигнований, выделяемая на построение системы математико-геоинформационного моделирования в начале планового периода.

Сформированная система показателей состояния системы математико-геоинформационного моделирования делает возможным сконструировать показатели, характеризующие эффективность информационного обслуживания системы анализа состояния ГТО в начале каждого планового периода:

$$W = \sum_{i=1}^L w_i \xi_i^{(1)} \xi_i^{(2)} \xi_i^{(3)}, \quad (8)$$

где w_i — весовые коэффициенты, характеризующие значимость решения задач i -го класса с точки зрения удовлетворения информационных потребностей системы анализа состояния ГТО.

Можно показать, что при определенных условиях модель (6) при ограничениях (5) сводится к известной задаче динамического программирования («погруженной задаче распределения усилий» [5]).

Полученные результаты создают методическую и теоретическую основу целенаправленного развития СМГМ в составе автоматизированной системы информационного обеспечения на основе известного формального аппарата исследования операций, что делает возможным повышение эффективности информационного обслуживания систем анализа состояния ГТО на основе методов математико-геоинформационного моделирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе рассмотрены лишь некоторые аспекты построения систем математико-геоинформационного моделирования в составе автоматизированных информационных систем. В заключении кратко рассмотрим еще одну задачу, решение которой позволит повысить эффективность информационного обслуживания систем анализа состояния ГТО.

Сложившаяся к настоящему времени практика построения математико-геоинформационных моделей заключается в их централизованной разработке ограниченной группой специалистов в области моделирования и последующей эксплуатации непрограммируемыми профессионалами. Следствием этого является значительная временная задержка между возникновением информационных потребностей и их удовлетворением методами математико-геоинформационного моделирования. Невозможность построения моделирующих программ непрограммируемыми профессионалами ограничивает возможности комплексного анализа состояния территориальных систем. Перспективной тенденцией, связанной с появлением клиент/серверных систем, является разработка информационных технологий и программных средств, делающих возможным распределенную обработку данных, формирование составных документов на основе разнородной информации.

Для повышения оперативности обслуживания информационных потребностей систем анализа ГТО методами математико-геоинформационного моделирования необходима разработка информационных технологий, позволяющих создавать новые моделирующие программы из типовых конструктивных компонентов (представляющих собой кор-

поративный ресурс), реализующих различные математико-геоинформационные модели. Основой такой технологии может служить трехслойная архитектура [6], позволяющая разделять процессы, связанные с конструированием моделирующих программ из типовых конструктивных компонентов; получением информации в результате расчетов по различным, информационно связанным в рамках моделирующей программы, моделям; хранением исходных данных в виде баз данных и геоинформационных моделей. Развитие описанного направления составляет самостоятельный предмет исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капралов Е. Использование геоинформационных технологий в природоохранной деятельности: практика и перспективы // Инф. бюл. ГИС ассоц. 1998. № 3 (15). С. 32–39.
2. Gvozdev V., Pavlov S., Khamitov R. Automation support for environmental management in the republic of Bashkortostan // 2nd Int. Symp. on Environmental Software Systems. Whistler, Canada, 1997. P. 136–143.
3. Khamitov R., Gvozdev V., Pavlov S. The Ecological information managing system of Bashkortostan Republic // Int. Symp. on Environmental Software Systems. Pennstate, Great Valley, Malvern, PA, USA, 1996. P. 101–109.
4. Берлянт А. М. Геоинформатика. М.: МГУ, 1996. 208 с.
5. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 2. М.: Мир, 1973. 485 с.
6. Васкевич Д. Стратегии клиент/сервер: Руководство по выживанию для специалистов по организации бизнеса. К.: Диалектика, 1996. 396 с.

ОБ АВТОРЕ

Гвоздев Владимир Ефимович, зав. отделом ГУП НИИ БЖД, проф. каф. техн. кибернетики УГАТУ. Дипл. инж. электронной техники (УАИ, 1978). Д-р техн. наук по АСУ (УГАТУ, 2000). Исследования в области АСУ, открытых информ. систем, прикл. статистики, теории надежности, контроля и управления состоянием окружающей среды.

