

*The article leads the new concept of cognitive information design. The article reveals the contents of the cognitive information structures. This article describes the relationship and the distinction between information structures and cognitive information structures. This article describes the relationship and differences between cognitive information structures and information models. This article describes the relationship and differences between cognitive information structures and cognitive models. This article describes the properties of cognitive information structures. This article describes the methods of interpretation of cognitive information structure.*

*Keywords: information, information technology, analysis, taxonomy, cognitive science, modeling, interpretation, cognitive construction, information models, information certainty, information uncertainty, spot parameter values, interval values of parameters.*

УДК 004.9

## ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ДЕФОРМАЦИЙ

*Андрей Иванович Павлов, канд. техн. наук, доц.,  
научн. сотр. экспериментально-технологического отделения № 28,  
e-mail: andpavlov.51@mail.ru,  
НИИ оснований и подземных сооружений ОАО «НИЦ "Строительство"»,  
<http://www.cstroy.ru>*

*Дается анализ методов цифрового моделирования, применяемого при мониторинге деформаций. Показано различие цифрового моделирования в сфере коммуникаций и в науках о Земле. Описана эволюция мониторинга. Показано, что современный пространственный мониторинг основан на геоинформационном мониторинге. Показано, что современный пространственный мониторинг интегрирован в геомониторинг. Показано, что современный геомониторинг включает четыре функции: наблюдения, анализа, прогнозирования и управления. Описаны деформации и методы их измерения. Показано, что динамичность цифровых моделей делает их важным инструментом при мониторинге деформаций.*

*Ключевые слова: пространственная информация; прикладная геоинформатика; моделирование; цифровое моделирование; деформации; прогнозирование; управление; динамика состояния*

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-4-98-106

### Введение

Современные технологии обработки информации связаны с цифровыми методами [1]. По мере развития систем коммуникаций и вычислительной техники, а также перевода различных видов информации в дискретную форму появились термины «цифровые данные», «цифровая информация», «цифровые технологии», «цифровые методы», «цифровые системы». Для обработки информации в информационных системах все виды информации переводят в дискретную (цифровую) форму. Этим цифровая форма представления информации интегрирует различные виды информации и создает возможность их совместной обработки. Мониторинг деформаций основан на периодическом наблюдении объектов и накоплении информации. В настоящее время при мониторинге больших объектов возникает проблема больших данных [2]. Одним из решений этой проблемы является цифровое моделирование.



**А.И. Павлов**

**Эволюция технологий мониторинга.** Мониторинг деформаций представляет собой разновидность пространственного мониторинга. В настоящее время он интегрирован с геомониторингом. Геомониторинг [3] возник как

интеграция технологий традиционного мониторинга с геоинформационными технологиями. Термин «мониторинг» происходит от английского *monitoring* в его смысловом значении как «контрольное наблюдение». Применительно к геоинформатике понятие мониторинга связывают с мониторингом окружающей среды.

Первое понятие мониторинга окружающей среды относят к 1972 г. Оно трактовалось как «система повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и времени с определенными целями с заранее составленной программой» [4]. Это явилось не только определением, но долгое время определяло *основную функцию мониторинга – наблюдение*.

Дальнейшее развитие теория мониторинга окружающей среды получила в трудах академика Ю. А. Израэля [5], который дополнил приведенное выше понятие двумя важными функциями. Он указал, что мониторингу присуще не только наблюдение, но и прогноз. Главное, что основной целью мониторинга является управление состоянием окружающей среды [5]. Последнее обстоятельство важно тем, что переводит технологии мониторинга из пассивных наблюдательных в активные технологии управления окружающей средой. Таким образом, задачей мониторинга оказалось выполнение трех функций: *наблюдения, прогноза, управления*.

В дальнейшем произошла дифференциация видов мониторинга. В частности, в 80–90 гг. сформировалось понятие литомониторинга как подсистемы мониторинга геологической среды. Кроме того, мониторинг рассматривают как технологию или систему в зависимости от решаемой задачи. Одним из важных понятий литомониторинга является понятие природно-технической системы, или геотехнической системы [6]. Контекстуально эти понятия выделили *мониторинг объекта* наблюдения и *мониторинг среды*, в которой этот объект находится.

Этот же подход использует и геоинформатика. В ней выделяют объект исследования и среду, в которой он находится. Поэтому геоинформационный мониторинг [7] интегрирует пространственный мониторинг и другие виды мониторинга.

Мониторинг включает наблюдение за объектом, наблюдение его взаимодействия с окружающей средой, оценку и прогноз взаимодействия объекта природопользования и среды, подготовку информации по выработке управляющих решений. Главная цель этого вида мониторинга – подготовка информации для принятия управленческих решений. На основе мониторинга принимаются решения об удовлетворительном состоянии и продолжении наблюдений либо о проведении мероприятий по изменению состояния.

Наряду с мониторингом объекта природопользования существует мониторинг среды объекта наблюдения. Мониторинг среды объекта – это, прежде всего, технология для обнаружения антропогенных изменений окружающей среды на фоне ее естественных колебаний. В задачи такой системы входят, во-первых, слежение за факторами воздействия на среду, ее состоянием и изменениями, во-вторых, прогноз состояния биосферы и, в-третьих, оценка изменений этого состояния и его тенденций.

Мониторинг должен ответить на вопросы о причинах возможных нарушений среды, о нежелательности или, наоборот, допустимости тех или иных изменений природы, нормах нагрузки на нее. Оба вида мониторинга можно рассматривать как частные случаи геоинформационного мониторинга. Главная цель мониторинга среды – контроль за состоянием окружающей среды и предотвращение отрицательных экологических воздействий или экологических катастроф.

Геоинформационный мониторинг, как наиболее общий вид мониторинга, выдвигает еще одну функцию. Она вытекает из того, что в современном исследовании окружающей среды [7] характерно наличие существенно разных методов сбора информации. Различие методов и технологий сбора порождает разнообразие форм и форматов представления собираемых данных. Это и определяет еще одну функцию современного мониторинга – унификацию данных в единую интегрированную среду. Но именно эта

функция позволяет осуществлять комплексный мониторинг, в отличие от специализированных видов мониторинга. Однако эта функция является вспомогательной и соединяется с функцией сбора. Таким образом, в геомониторинге и всех его частных видах функция наблюдения включает сбор информации и ее унификацию.

Современные большие информационные объемы в ряде случаев просто исключают анализ собранной информации непосредственно человеком. Поэтому для решения задач комплексного анализа и обработки больших объемов информации в современном геомониторинге появилась новая функция аналитической или оперативно-аналитической обработки данных.

Поскольку все функции мониторинга связаны, то в геомониторинге их отображают как некий латинский квадрат. Эти функции приведены на рис. 1.

1. Сбор и унификация	2. Анализ
3. Прогноз	4. Управление

**Рис. 1. Основные функции мониторинга**

Следует подчеркнуть интегрированность этих функций. Все они тесно взаимосвязаны и образуют не линейную цепочку, а некую систему с полной связью каждой функции с любой из трех остальных. Кроме основных функций, выделяют четыре основных признака, характеризующих мониторинг [8]:

*целенаправленность* – наличие целевой программы мониторинга;

*комплексность* – многоаспектность наблюдений и методов анализа по заданной цели;

*системность* – рассмотрение объекта мониторинга и среды, в которой он находится, как единой системы с заданным множеством связей и отношений;

*наличие информационной базы* – хранение и обновление информации в некой системе (базе данных или экспертной системе).

Таким образом, современный мониторинг неразрывно связан с управлением и прогнозированием (планированием). Это дает основание определить геомониторинг как интегрированный мониторинг окружающей среды, использующий полный набор данных, полный набор технологий сбора, различные методы анализа данных, методы контроля и выработки управляющих решений. Поэтому понятие геомониторинга выходит за рамки геоинформационных технологий и систем.

Если анализировать его по рис. 1, то необходимо отметить, что геоинформационные технологии реализуют клетку с номером 1 и частично клетку с номером 4. Клетка с номером 2 реализуется различными технологиями аналитической обработки, а клетка 3 реализуется методами статистического анализа (кластерный, факторный, анализ временных рядов и т. п.). Клетка с номером 4 реализуется технологиями поддержки принятия решений и управления.

Геомониторинг это не только наблюдение. Он включает наблюдения, расчет и анализ, контроль соответствия состояния существующим нормативам, прогнозирование деформаций (в случае их обнаружения) и выработку управляющих решений для обеспечения сохранности и безопасности зданий и сооружений

Применение геоинформационного мониторинга требует пространственной локализации и последующей интеграции данных. Для всех объектов окружающей среды и природопользования это условие выполняется.

**Геомониторинг деформаций.** Геомониторинг деформаций является частным видом геомониторинга.

*Деформация* (от лат. *deformatio* – искажение) – 1) изменение взаимного расположения точек твердого тела, при котором меняется расстояние между ними, в результате внешних воздействий. Деформация называется упругой, если она исчезает после уда-

ления воздействия, и пластической, если она полностью не исчезает. Наиболее простые виды деформации – растяжение, сжатие, изгиб, кручение; 2) (перен.) изменение формы, искажение сущности чего-либо (например, деформация социальной структуры).

Геомониторинг деформаций основан на простом мониторинге наблюдений за точками объектов, определении состояния этих точек в разные периоды времени, расчете смещений точек и выявлении деформаций. Кроме того, в этой технологии выполняется построение информационных и цифровых моделей, временных рядов и проведение моделирования.

Для проведения геомониторинга деформаций [7] необходимо провести обследование объекта и выполнить выделение участков, подверженных наиболее активным деформационным процессам на фоне более или менее благоприятных территорий. Именно на этих локальных участках проводят геомониторинг для изучения и анализа генезиса происходящих негативных явлений. Конечной целью геомониторинга является разработка мероприятий по защите объектов, территорий и расположенной на них инженерной инфраструктуры.

Первоочередные задачи геомониторинга могут быть решены средствами геодезии и геоинформатики. В частности, для реализации геомониторинга необходимо создавать специальную сеть для изучения деформационных процессов. Эта сеть может быть неоднородной в территориальном аспекте и подразделяться на следующие уровни: региональный, муниципальный, локальный.

*Региональный уровень* – весь город и прилегающая часть пригородов.

*Муниципальный уровень* – отдельные микрорайоны и прилегающие поселки, образующие городскую агломерацию.

*Локальный уровень* – специальные деформационные зоны. Они включают отдельные здания и их комплексы, промышленные площадки, территории, наиболее подверженные деформационным процессам.

На всех уровнях при контроле деформаций объектов, находящихся в зоне строительства, возникает задача циклического получения метрических координат точек объектов. Эта задача решается на основе получения цифровой модели объекта (ЦМО). Такую модель получают на основе геодезических и фотограмметрических измерений и последующей интегрированной обработки данных.

Согласно ГОСТ 14318-83, по **временной характеристике мониторинг** разделяется на непрерывный, периодический и летучий. При контроле технических состояний конструкций зданий, сооружений и их оснований промышленных предприятий могут быть использованы все виды контроля. При **непрерывном контроле** поступление информации о контролируемых признаках (в том числе о деформациях и отклонениях конструкций зданий и сооружений от проектного положения) происходит непрерывно [9, 10].

При **периодическом контроле** поступление информации о контролируемых признаках (в том числе о деформациях и отклонениях конструкций) происходит через установленные интервалы времени (исследование деформаций во времени) или операции (например, при пусках и остановках оборудования). При проверке технического состояния оснований зданий, сооружений и оборудования промышленных предприятий этот вид контроля является основным, так как деформации этих объектов при нормальной эксплуатации связаны с достаточно продолжительными во времени процессами [11, 12].

**Летучий контроль** деформаций и отклонений конструкций от проектного положения назначается в случаях отказов, непредусмотренных выходов технических параметров за допустимые величины и при других непредвиденных факторах, при оценке технических состояний конструкций при аварийных ситуациях или для целей реконструкции, а также при инспекционных проверках. Геодезический контроль инженерных сооружений можно разделить на следующие части [13–15]:

- наблюдение за состоянием определенных точек объекта;
- анализ результатов наблюдений;
- выявление наличия или отсутствия деформаций;
- прогнозирование деформационных процессов.

Каждая из этих частей представляет часть геомониторинга, а в совокупности составляют основу мониторинга деформаций и осадок [9].

В числе этих признаков выделяют признаки, характеризующие деформации объектов. Деформации объектов определяют на основе временных рядов, которые образуются путем проведения периодических циклов наблюдений за объектами. По существу, в этих циклах осуществляют независимый геодезический контроль (ГК) геометрических параметров объекта, которые связывают путем построения временных рядов.

Для выработки правил оформления таких программ рекомендуется воспользоваться общим подходом к оформлению документов технического контроля, изложенным в ГОСТ 3.1502-85 и ГОСТ 16468-79, а также методикой составления программ геодезических наблюдений за осадками, горизонтальными смещениями, кренами и деформациями конструкций, изложенными в МУ-34-70-084-84, Руководстве по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений, Руководстве по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами, СНиП 3.01.03-84 [16]. В настоящее время для мониторинга применяют интеллектуальные методы обработки информации [17, 18]

**Развитие и использование цифровых методов.** Цифровые методы и цифровое моделирование появились первоначально в радиотехнике и электронике [19]. Основоположником цифрового моделирования следует считать К. Э. Шеннона [20]. Цифровые методы и системы используют не только в компьютерных технологиях, но и в цифровом телевидении, цифровой связи, цифровой фотографии и др. Необходимо выделить свойства цифрового моделирования.

1. Высокая помехозащищенность. Дискретный сигнал или модель более систематизированы и их легче фильтровать и восстанавливать. При этом помехозащищенность дискретного сигнала на порядки выше, чем аналогового.

2. Высокая информативность дискретного сигнала сопоставима с информативностью аналогового сигнала. Теорема отсчетов Хартли–Найквиста–Шеннона–Котельникова [21] гарантирует, при определенных условиях дискретизации, сохранение информативности в дискретном сигнале. Именно это дает возможность построения на основе цифровой модели вторичной аналоговой модели.

3. Дискретная модель требует меньше памяти на машинных носителях, чем аналоговая.

4. Дискретный сигнал может передаваться с большей скоростью [22] по сетям телекоммуникаций.

5. Дискретные сигналы можно обрабатывать с помощью универсальных алгоритмов.

6. Дискретная информация имеет высокое качество восстановления семантики [23].

7. Дискретные сигналы требуют меньшей ширины полосы пропускания для передачи информации, чем аналоговые.

Методы цифровой обработки изображений являются более надежными и универсальными в сравнении с аналоговыми методами [24]. В цифровой обработке изображений широко применяется специализированное оборудование, такое как процессоры с конвейерной обработкой инструкций и многопроцессорные системы. В особенной мере это касается систем обработки видео.

Цифровые системы и технологии обработки пространственной информации делятся на два больших класса: обработка двумерной информации и обработка трехмер-

ной информации. В свою очередь, обработка двумерной геоинформации разделяется на два подкласса: обработку изображений и обработку плановых координат. Разница между этими подклассами в том, что для обработки изображений используют, как правило, целочисленные координаты [25], а для обработки плановых координат (геодезических или фотограмметрических) используют интервальную шкалу и обычные вещественные переменные. Модели, применяемые в этих технологиях, называют цифровыми. Важным в содержании этих моделей является то, что они кодифицированы, их воспринимает компьютер и может проводить обработку на этой основе.

Наибольшее распространение цифровые модели нашли в геоинформатике, проектировании, строительстве, архитектуре, экологии. В середине 80-х годов на страницах журнала «Геодезия и картография» развернулась дискуссия о направлении развития цифровых моделей. Сторонники первой концепции предлагали изменить существующее картографическое обеспечение под компьютерные технологии. Сторонники второй концепции предлагали адаптировать цифровые методы под картографические требования. Победила, и время это показало, вторая концепция. Она является основной в настоящее время.

В широком смысле цифровая модель [1] – это дискретная модель пространственных объектов, в которой одними из обязательных параметров являются: координаты, размеры, габариты, точность координат, масштаб и т. д. Естественно, что эта модель предназначена для обработки в информационных или геоинформационных технологиях.

В науках о Земле цифровая модель (ЦМ) – это дискретная модель, сформированная для обработки пространственной информации с помощью компьютерных (геоинформационных) технологий. Среди пространственных цифровых моделей выделяют несколько видов: цифровая модель местности [26], цифровая модель объекта, цифровая модель явления (процесса). Наибольшее применение находит цифровая модель местности.

Цифровая модель объекта (ЦМО) – информационная дискретная модель объекта, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях. Включает совокупность координат точек, характеризующих объект, связи между точками, информацию о свойствах объекта

Цифровая модель явления (ЦМЯ) или процесса – дискретная модель пространственного явления (процесса), предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях. Ее особенностью является то, что она формируется в виде наборов данных, образующих временной ряд. Это дает возможность проводить мониторинг и осуществлять получение прогнозных оценок.

Цифровые модели содержат различные типы информации. По аспекту пространственных отношений выделяют метрический и атрибутивный типы информации. По аспекту семиотического подхода выделяют семантическую и синтаксическую составляющие. Метрическая информация определяет положение путем задания абсолютных координат точек ЦМО и размеры объекта путем относительных координат точек в условных или местных системах. Качественным отличием метрической информации цифровых моделей, полученных по реальным измерениям, является точностная характеристика. Она обусловлена ошибками измерений и последующими ошибками вычислений. Этот параметр определяет применимость цифровой модели при решении практических задач в разных масштабах.

Атрибутивная информация определяет принадлежность точек или объектов к определенному классу или объекту. Она описывает свойства объектов и их частей, задает взаимосвязи и условия обработки, условия воспроизведения и т. п., так же, как и во всей геоинформатике, она решает главную задачу нахождения пространственных отношений

Семиотический аспект позволяет, рассматривая цифровую модель как информационную модель, вводить известные в информатике оценки: коэффициент информативности и коэффициент содержательности цифровой модели. Семантическая часть

информации определяет ее содержательную сторону, она связана с кодированием содержания. Синтаксическая информация определяет набор правил и отношений работы с цифровой моделью как с обычной информационной моделью. Она связана с классификацией и правилами построения моделей.

Аспект рассмотрения структуры цифровой модели позволяет выделить в ней логическую и физическую структуры. Логическая структура модели определяется как совокупность схем и логических записей, описывающих данную модель. Она может включать схемы взаимосвязи частей ЦМО в натуре, в базе данных, схемы взаимосвязи свойств ЦМО и схемы построения ЦМО. Она содержит логические записи, составляющие информационную основу. Элементом логической структуры ЦМО является логическая запись. Физическая структура ЦМО определяется способом реализации логической ЦМО на конкретной технической основе. Она задает формат записи данных, размеры кластеров, слов и т. д. Элементом физической структуры ЦМО является физическая запись.

Эти две части являются соответствием даталогической и физической моделей. Таким образом, цифровая модель – это компьютерно-ориентированная модель и модель, объединяющая даталогическую и физическую модели. Кроме того, цифровая модель должна быть стандартизована и отвечать требованиям стандартизации программных средств и продуктов.

Как информационная продукция, ЦМО должна обладать потребительскими свойствами, делающими ее привлекательным товаром и обуславливающим спрос не нее как на коммерческую продукцию. В частности, должна быть обеспечена возможность ее применения для получения материальных благ. С целью повышения потребительской полезности ЦМО в базе данных должна быть информативно переопределена, чтобы ее можно было использовать для решения не одной, а различных задач.

Как форма представления геоданных ЦМО должна отражать и пространственно-временные отношения, пространственные отношений и геореференции. Она должна быть пригодна для решения задач картографирования, построения карт, включая цифровые карты.

В геоинформатике процесс дискретизации (кодирования) включает также процесс стратификации, то есть разбиения модели на уровни в соответствии с выбранными критериями. В этом случае величина уровней для разных объектов различна.

В настоящее время разделяют цифровое коммуникационное моделирование [19] и цифровое моделирование пространственных объектов [27, 28]. Основу цифрового моделирования составляют геоданные [29].

Цифровая модель может являться динамической характеристикой. Например, на ее основе осуществляется имитационное моделирование, позволяющее «проигрывать» упреждающие варианты развития оползневой ситуации при изменении внешних условий (сценарии развития) [17]. Именно динамические свойства цифровых моделей делают их важным инструментом для мониторинга деформаций.

**Заключение.** Цифровое моделирование решает важную задачу интеграции технологий наблюдения, анализа и прогнозирования в единую систему обработки информации. Цифровое моделирование в области наук о Земле отличается от цифрового моделирования в сфере коммуникаций. В радиотехнике цифровое моделирование связано с динамической передачей сигналов. В науках о Земле цифровое моделирование чаще связано с моделированием неподвижной поверхности и неподвижных пространственных объектов для последующих расчетов и решения прикладных задач. Цифровое моделирование включает трехмерное моделирование объектов на поверхности земли и проведение разнообразных расчетов и выполнение проектов. При мониторинге деформаций цифровое моделирование использует все свои возможности по моделированию статических объектов и отслеживание динамики их изменения. По этой причине цифровые модели являются информационным ресурсом [30], имеющим пространственно-

временное значение.

**Литература**

1. *Цветков В. Я.* Цифровое моделирование: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2016. 72 с.
2. *Павлов А. И.* Большие данные в фотограмметрии и геодезии // Образовательные ресурсы и технологии, 2015. № 4 (12). С. 96–100.
3. *Маркелов В. М., Цветков В. Я.* Геомониторинг // Славянский форум, 2015. № 2 (8). С. 177–184.
4. *Королев В. А.* Мониторинг геологической среды. – М.: МГУ, 1995. 270 с.
5. *Израэль Ю. А.* Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. 560 с.
6. *Епишин В. К., Трофимов В. Т.* Особенности взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты / под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. С. 32–36.
7. *Павлов А. И., Цветков В. Я.* Геоинформационный мониторинг деформаций // Славянский форум, 2012. № 1 (1). С. 84–87.
8. *Цветков В. Я.* Геоинформационный мониторинг // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2005. № 5. С. 151–155.
9. *Брайт П. И.* Геодезические методы измерения деформаций оснований сооружений. – М.: Наука, 1965. 464 с.
10. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. Введен 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. 26 с.
11. *Жарников В. Б., Жуков Б. Н.* Проектирование технологий геодезического контроля осадков и деформаций инженерных комплексов: учеб. пособие. – Новосибирск: НИИГАиК, 1989. 74 с.
12. *Жуков Б. Н.* Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий. – Новосибирск: СГГА, 2003. 356 с.
13. *Пискунов М. Е.* Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. 248 с.
14. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1981. 60 с.
15. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. – М.: Энергия, 1980. 200 с.
16. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. Утв. 04.02.85 ЦИТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1985.
17. *Скнарина Н. А.* Роль и место физического и имитационного моделирования для оценки условий образования и динамики оползневых процессов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2011. № 1. С. 23–27.
18. *Савиных В. П., Цветков В. Я.* Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации, 2010. № 5. С. 41–43.
19. *Быков В. В.* Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. – М.: Советское радио, 1971.
20. *Цветков В. Я.* Клод Элвуд Шеннон как основоположник цифрового моделирования // Перспективы науки и образования, 2014. № 1. С. 44–50.
21. *Данилов В. Г.* Сеточные функции и теорема Котельникова. Рукопись деп. в ВИНТИ, 1974. № 1754-74.
22. *Дмитриев А. С. и др.* Сверхширокополосная прямохаотическая передача информации в СВЧ-диапазоне // Письма в ЖТФ, 2003. Т. 29. № 2. С. 70.
23. *Хаос Д.* Кодирование и извлечение информации, замаскированной хаотическим сигналом системы с запаздыванием // Радиотехника и электроника, 2004. Т. 49. № 9.
24. *Аникина Г. А., Поляков М. Г., Романов Л. Н., Цветков В. Я.* О выделении контура изображения с помощью линейных обучаемых моделей // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1980. № 6. С. 36–43.
25. *Tsvetkov V. Ya.* Integer Coordinates as an Nanotechnological Instrument // Nanotechnology Research and Practice, 2014. Vol. 4. No. 4. P. 230–236.
26. *Dietrich W. E. et al.* Analysis of erosion thresholds, channel networks, and landscape mor-



phology using a digital terrain model // The Journal of Geology, 1993. P. 259–278.

27. Павлов А. И. Цифровое моделирование пространственных объектов // Славянский форум, 2015. № 4 (10). С. 275–282.

28. Цветков В. Я. Цифровые карты и цифровые модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 4 (часть 2). С. 348–351.

29. Маркелов В. М. Добыча данных и геоданных // Образовательные ресурсы и технологии, 2015. № 2 (10). С. 126–131.

30. Tsvetkov V. Ya. Information Models and Information Resources // European Journal of Technology and Design, 2016. Vol. 12. Is. 2. P. 79–86.

### **Digital modeling in monitoring deformation**

*Andrey Ivanovich Pavlov, PhD, Associate Professor, Researcher Experimental Technology Branch number 28, the Institute of Foundations and underground structures of «SIC» Construction*

*The article analyzes the methods of digital simulation, using for monitoring deformations. The article shows the difference between digital modeling technology in communications and Earth sciences. This article describes the evolution of monitoring. The article shows that modern spatial monitoring based on geoinformation monitoring. The article shows that modern spatial monitoring integrated into geomonitoring. The article shows that modern geomonitoring includes four functions: monitoring, analysis, forecasting and management. This article describes the deformation and methods of measuring article describes the dynamic digital models, making them an important tool for monitoring deformations.*

*Keywords: spatial information, applied geoinformatics, modeling, digital simulation, deformation, forecasting, management, dynamic status.*

УДК 001.6: 001.51

## **ГЕОИНФОРМАТИКА В СИСТЕМЕ НАУК**

**Виктор Петрович Савиных**, д-р техн. наук, проф.,  
президент Московского государственного университета геодезии и картографии,  
член-корреспондент РАН,  
летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза,  
лауреат Государственной премии, лауреат премии Президента РФ,  
дважды лауреат премии Правительства РФ,  
«Заслуженный деятель высшей школы», «Почетный работник науки и техники»,  
«Заслуженный геодезист»,  
Академик: Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (РАКЦ),  
Инженерной академии, Международной Академии астронавтики,  
Международной академии наук Евразии,  
Московский государственный университет геодезии и картографии,  
<http://www.miigaik.ru>

*Статья описывает место геоинформатики в системе наук. В качестве основы классификации использован классификатор ВАК научных специальностей. Статья описывает источники про-*