



Информационное обеспечение научных и прикладных исследований на основе космической информации

Статья раскрывает вопросы информационного обеспечения на основе космических исследований. Описана информационная поддержка земных исследований. Описаны геоданные как новый информационный ресурс.

Описывается ряд особенностей термина «геоданные», который в современной трактовке вышел за рамки наук о Земле: лингвистическая, геоданных, технологическая, системная, прикладная, информационная, познавательная особенность.

Раскрываются данные дистанционного зондирования как инструмент информационной поддержки. Описаны методы обработки аэрокосмических изображений. Раскрываются стратегические и тактические задачи космической геодезии.

Описан ряд задач, которые позволяет по-новому решать космическая геодезия: спутниковая триангуляция, измерение протяженных объектов, измерение геопотенциала, спутниковая альтиметрия, создание геодезических сетей нового типа. Описаны особенности получения информации методами дистанционного зондирования.

Ключевые слова: информационное обеспечение, получение пространственной информации, информационная поддержка, космические исследования, моделирование



Information support of scientific and applied research on the basis of the space information

This article describes methods of information security. These methods are formed on the basis of space-based information. This article describes the information support of terrestrial research article describes geodata as a new resource.

Describes several features of the term "Geodata", which in the modern interpretation has gone beyond the Earth Sciences: linguistic, geodatabase, process, system, application, information, informative feature.

This article describes the remote sensing data as a tool for information support article describes methods of aerospace image processing. This article describes the strategic and tactical problems of space geodesy. This article describes the features of information by means of remote sensing.

Describes a set of tasks, which allows new ways to solve space geodesy: satellite triangulation, measurement of extended objects, the measurement of geopotential, satellite altimetry, the establishment of geodetic networks of a new type. Describes the features of information by remote sensing methods.

Keywords: provision of information, spatial information, information support, space research, modeling

Введение

С выходом человека в космос появилась возможность наблюдений и измерений на земной поверхности с точек вне поверхности Земли. Эти пункты наблюдений и измерений удалены от поверхности на несколько земных радиусов. Измерения из космического пространства значительно информативней наземных и воздушных [1]. Так для получения части территории поверхности Земли требовалось до сотни аэрофотоснимков. В тоже время один космический снимок может дать изображение всей земной полусферы [2]. Выход человека в космос открыл новые возможности для геодезического обеспечения России. С запуском в СССР 4 октября 1957 г. первого в мире искусственного спутника Земли появилась возможность создавать космические построения, основанные на наблюдениях ИСЗ

Информационная поддержка земных исследований

Научные исследования в областях связанных с изучением Земли и процессов протекающих на ней, нуждаются в информационном обеспечении. Современные космические методы позволяют получать объемную информацию из космоса для решения разнообразных земных задач [3-7]. При этом следует отметить что информационное обеспечение за счет космической информации выполняет функции поддержки принятия решений. Основной вид информационного обеспечения при космических исследованиях связан с пространственными измерениями и пространственным моделированием [8].

В общем космическое обеспечение земных исследований разделяется на следующие группы: применение методов космической геодезии, глобальный мониторинг земной поверхности, применение глобальных навигационных систем для решения различных задач, применение методов геоинформатики для исследования процессов и явлений, применение методов дистанционного зондирования независимо от геоинформатики, космическое картографирование, управление транспортными процессами, космическая связь, мониторинг сельскохозяйственных земель и др.

При этом необходимо отметить двойственность в развитии этого понятия. С одной стороны информационное обеспечение является необходимым условием любых исследований, включая космические. С другой стороны космические исследования сами создают информационное обеспечение для различных отраслей и научных направлений. Поэтому в широком смысле под информационным обеспечением земных исследований будем понимать информационный комплекс, создаваемый и пополняемый на основе космических исследований и применяемый в космических исследованиях и других направлениях.

Геодезическое космическое обеспечение [9] связано с земным, но отвечает только за информационно измерительную часть. В более широком смысле информационное обеспечение космическое обеспечение связано с информатикой и геоинформатикой [10]. Это обусловлено тем что в геоинформатике данные формируют в виде геоданных.

Геоданные как новый информационный ресурс

Понятие геоданных, как обобщение данных в области наук о Земле, сформировалось в последние десятилетия [11]. Длительное время геоданными обозначали дифференцированные группы данных в разных «гео» областях: геологии, геодинамики, геодезии, географии и т.д. Этим одинаковым понятием обозначались данные различных наук, но все эти понятия лежали в одной предметной области — в области наук о Земле.

С появлением геоинформатики [12] термин «геоданные» стал обобщением данных и требовал определенной организации и условий для формирования геоданных, как данных нового типа. При этом геоданные стали применять не только в геоинформатике, но и в других науках. Геоданными называют данные о процессах и явлениях на земной поверхности, которые включают три классифицированные и интегрированные в единую систему группы данных: «место», «время», «тема». Отметим лингвистические, технологические, прикладные, информационные и системные особенности геоданных.

Геоданные, как обобщение данных, включают не только данные области наук о Земле, но и других областей. К этим дополнительным областям относят: транспорт, экономику, экологию, управление, образование, анализ, искусственный интеллект и т.д. Объем понятия термина «геоданные» в современной трактовке вышел за рамки наук о Земле. Это — лингвистическая особенность геоданных.

Технологическая особенность геоданных состоит в том, что они не получаются на основе непосредственных измерений, а формируются на основе постобработки измеренной информации.

Системная особенность геоданных состоит в том, что они представляют собой систему, связывающую и согласовывающую данные разных типов и структур в единый системный комплекс.

Прикладная особенность геоданных состоит в том, что они применяются в разных прикладных областях от транспорта до медицины.

Информационная особенность геоданных состоит в том, что они представляют собой новый информационный ресурс [12], который позволяет решать задачи разных предметных областей. Познавательная особенность геоданных состоит в том что они служат инструментом получения знания [13] и специального знания - пространственного знания [14].

Особенностью геоданных является отражение реально существующих пространственных отношений [15] и геореференций [17] в разных областях. Это обеспечивает универсальность применения геоданных при региональном управлении, в экономике, на транспорте и т.д. Геоданные дополняют и интегрируют другие данные, чем обеспечивают решение известных задач новыми методами.

Геоданные описывают естественную информационную систему данных [12] или естественное информационное поле. Это обусловлено тем, что они отображают реальные объекты и явления земной поверхности, которые расположены не произвольно, а организовано и имеют объективные связи друг с другом. Можно говорить, что информация об объектах и явлениях земной поверхности отражает некую систему объектов. Отдельные модели или геоданные являются элементами такой системы.

Данные дистанционного зондирования как инструмент информационной поддержки

Данные дистанционного зондирования, полученные в различных спектральных диапазонах, установленных на аэрокосмических носителях, отличаются высокой информативностью, достоверностью, вследствие чего они эффективно используются для решения широкого круга задач контроля природной среды и антропогенных объектов. Важнейшими направлениями использования этих данных являются: - исследование природных ресурсов; изучение недр; изучение крупных инженерных сооружений и коммуникаций; экологический мониторинг; глобальный мониторинг.

Наибольший эффект от использования данных аэрокосмического зондирования [18] Земли может быть получен при комплексном изучении и картографировании природных и агропромышленных объектов и инженерных сооружений. Аэрокосмические изображения, полученные путем дистанционного зондирования земной поверхности, являясь многоцелевыми, выступают в виде единой основы для проведения комплексных, взаимоувязанных исследований природной среды. Результаты тематической обработки аэрокосмических изображений могут быть представлены в виде серий согласованных тематических карт, отражающих пространственное размещение, качественные и количественные характеристики природных и хозяйственных объектов соответствующей территории.

Аэрокосмические снимки содержат ценную информацию о связи природно-территориальных комплексов, поскольку на них отражаются одновременно все эти компоненты. Ландшафты являются индикаторами для определения свойств различных составляющих природной среды. Очень часто при комплексных или отраслевых тематических исследованиях используется

ландшафтный индикационный метод интерпретации данных. Наибольшее распространение он получил при геологических, сельскохозяйственных, гидрогеологических исследованиях. Ландшафтная индикация заключается в определении трудно наблюдаемых компонентов по легко наблюдаемым компонентам.

Аэрокосмические снимки дают возможность изучения тенденций динамики природных и агропромышленных объектов, в том числе и под влиянием антропогенного воздействия. Выявление многолетних тенденций развития природных и агропромышленных объектов отдельных регионов производится сопоставлением разновременных снимков, либо их сравнением со старыми обзорно-топографическими картами.

Дистанционное зондирование может осуществляться пассивными и активными методами [2]. Методы съемки разделяются на фотографические, телевизионные, сканерные и радиолокационные. Фотографическая и сканерная съемка земной поверхности выполняется в панхроматическом, зональном, спектральнозональном и многозональном вариантах. Спектральные характеристики почв, горных пород, растительности и вод, различных объектов антропогенного происхождения зависят от длины волны падающего на них излучения. Различия спектров отражения разных объектов, или одинаковых объектов, но в разном состоянии (например сухом, влажном и т.д.), могут использоваться для их выделения.

При многозональной съемке [18] получают серию геометрически совмещенных снимков в нескольких узких зонах спектра электромагнитных волн. Совокупность зональных снимков значительно более информативна, чем снимки в одном спектральном диапазоне. Серия зональных снимков позволяет использовать в качестве классификационного признака "спектральный образ" изучаемых объектов, предоставляя возможность формализовать спектральную яркость объектов.

Существует несколько подходов к использованию многозональных снимков. В одном случае используются отдельные зональные снимки, которые при выделении конкретных объектов оказываются более эффективными, чем снимки в широком спектральном диапазоне. Определяя изучаемый объект на основном, наиболее информативном для него зональном снимке, к остальным прибегают, как к вспомогательному материалу. Во втором случае для выделения объектов используются все зональные снимки, которые анализируются поочередно. Окончательный результат получают путем сложения частных результатов обработки зональных снимков.

Третий подход включает использование серии зональных снимков для синтеза цветного изображения с естественной или псевдоцветной цветопередачей. Все эти три подхода не исполь-

зуют в полной мере основного преимущества многозональных снимков, заключающегося в отражении на них спектральной яркости объектов. Поэтому особое значение имеет четвертый подход, основанный на совместной автоматической (цифровой) сегментации серии зональных снимков [19].

Информативность космических снимков в отношении ландшафтов и их антропогенных изменений позволяет широко использовать дистанционные методы при составлении разнообразных карт экологического профиля. Прямые признаки отражают главным образом ареальную нарушенность природной среды и те последствия ее загрязнения, которые отразились на физиономических компонентах ландшафта. Для непосредственного картографирования загрязнения космическая информация менее пригодна и может использоваться при формировании единой картографической основы серии частных карт отдельных показателей экологического состояния.

Создание на основе снимков тематических карт природы помогает изучению и оценке природных факторов экологических обстановок. Изучение участков территории со сложной структурой представленных на них объектов требует использования большого числа спектральных каналов, ввиду различия спектральных характеристик объектов. С одной стороны,

это повышает возможности их эффективной тематической обработки, с другой приводит к возрастанию объема обрабатываемых данных. Наиболее полное использование информации многозональных снимков возможно при совместной автоматической (цифровой) обработке серии зональных снимков одного и того же участка территории

Космическая геодезическая поддержка

Использование космических методов в геодезических целях сильно изменили взгляды и представления о геодезии и ее проблемах [1]. Прежде чем рассмотреть особенности космического геодезического обеспечения России, необходимо остановиться на основных задачах геодезии. Основные задачи геодезии делятся на стратегические и тактические. К стратегическим задачам относятся (см. рис. 1):

- определение фигуры, размеров и гравитационного поля Земли;
- создание единой координатной системы на территорию отдельного государства, континента и всей Земли в целом;
- выполнение измерений на поверхности Земли;
- изображение участков поверхности земли на топографических картах и планах;
- изучение глобальных смещений блоков земной коры.

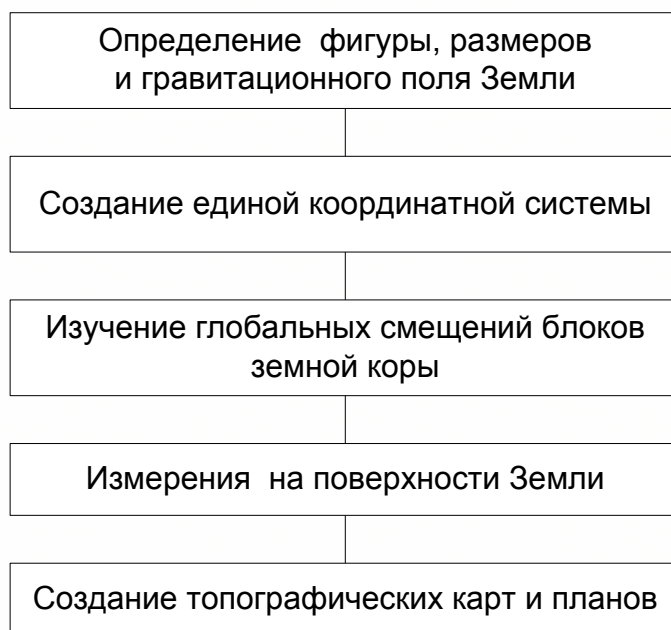


Рис. 1. Стратегические задачи геодезии

К тактическим задачам геодезии относятся (рис 2):

- создание государственных и локальных кадастров: земельного, городского, недвижимости, водного, лесного и пр.;
- топографо-геодезическое обеспечение делимитации (определения) и демаркации (обозначения) государственной границы России;
- разработка и внедрение стандартов в обла-

сти цифрового картографирования;

- создание цифровых и электронных карт и их банков данных;
- разработка концепции и государственной программы повсеместного перехода на спутниковые методы автономного определения координат;
- создание инфраструктуры пространственных данных России и другие.

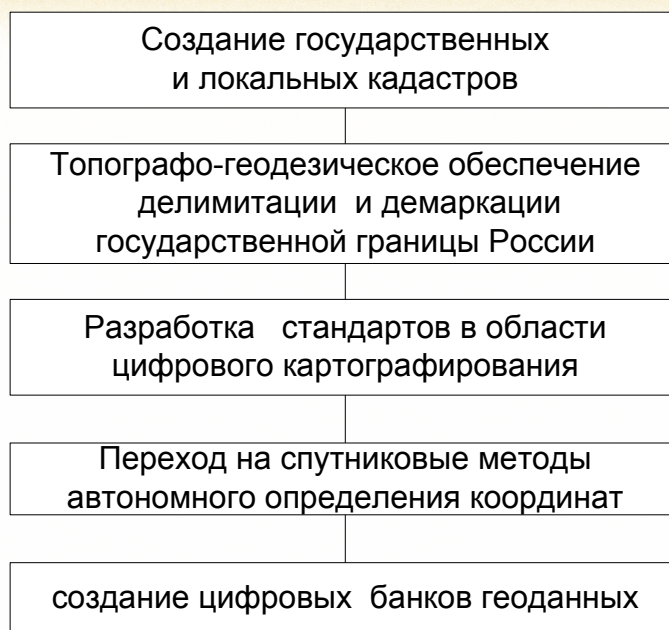


Рис. 2. Тактические задачи геодезии

Эти научные и практические задачи геодезии, с использованием космических методов, предстали в новом содержании и в более широком значении. Появились новые методы измерений, и в десятки раз увеличилась точность измерений. Появился новый сегмент информационного рынка — рынок данных дистанционного зондирования. Появились новые методы хранения космической информации [20]. Возможность использования искусственных спутников Земли для решения геодезических задач привела к появлению нового раздела геодезии - космической геодезии [21].

Космическая геодезия — раздел геодезии, изучающий методы определения положения точек на земной поверхности в единой системе координат с началом в центре масс Земли. Космическая геодезия занимается определением

размеров и фигуры Земли, параметров ее гравитационного поля, используя результаты наблюдения искусственных спутников Земли (ИСЗ). К орбитальным методам космической геодезии относят способы установления связи между пунктами положения ИСЗ в пространстве на основе законов его движения в гравитационном поле Земли. Применение этого метода освобождает от необходимости проведения наблюдений во всех пунктах в один и тот же момент времени.

К динамическим задачам космической геодезии относят определение параметров гравитационного поля Земли путем исследования изменений некоторых элементов орбит ИСЗ, вычисляемых по результатам систематических позиционных и дальномерных наблюдений ИСЗ. Космическая геодезия позволяет по-новому решать ряд существующих задач (рис.3).

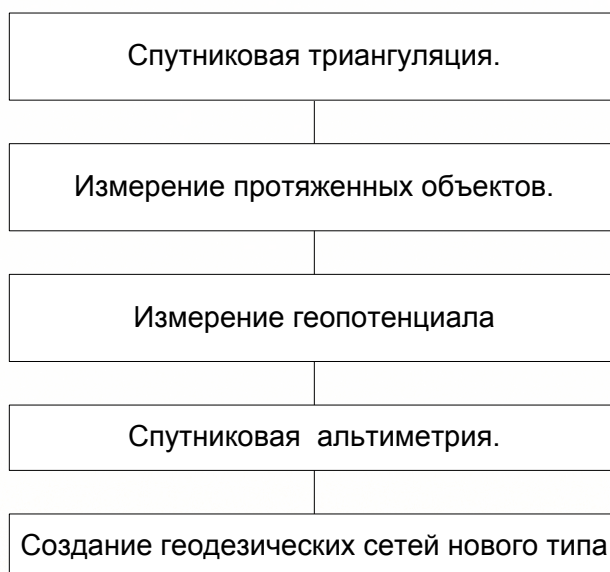


Рис.3. Новый подход с применением космической геодезии

Спутниковая триангуляция. Одним из методов решения задач космической геодезии является синхронное наблюдение ИСЗ из нескольких пунктов на земной поверхности. Если в земной системе координат известны положения двух (или более) этих пунктов, то путем решения пространственных треугольников с одной из вершин в точке нахождения космического объекта можно вычислить положения также и др. пунктов, из которых проводились наблюдения.

Такой метод установления связи между пунктами на земной поверхности называется спутниковой триангуляцией. В случае одновременных позиционных и дальномерных наблюдений ИСЗ геодезические связи могут быть осуществлены и при одном пункте с известным положением методом геодезического векторного хода. В описанных методах ИСЗ обозначает точку, фиксированную в пространстве в некоторый момент времени.

Измерение протяженных объектов. Измерение протяженных объектов всегда представляло проблему [22] в связи с особенностью картографического отображения земной поверхности. Поднявшись на тысячи километров над поверхностью Земли, человек получил возможность измерять длинные линии на Земле (линии порядка сотен и тысяч километров) с высокой точностью.

Измерение геопотенциала. Для измерения геопотенциала применяют динамические методы. Сравнивая экспериментально наблюдаемые и теоретически предвычисленные положения ИСЗ в пространстве, находят расхождения. Полученные расхождения относят на счет неточного знания гармонических коэффициентов геопотенциала. Набрав достаточно много результатов наблюдений и составив соответствующие уравнения, можно получать уточненные значения гармонических коэффициентов.

Уточненные значения позволяют точнее рассчитывать положения ИСЗ на орбите, получать все меньшие невязки с наблюдениями и все более уточнять значения коэффициентов геопотенциала.

Результаты этих работ существенны. Если к 1950 г. геодезистам было известно только значение полярного сжатия земного эллипсоида, а сжатие экватора они определяли менее уверенно, то через несколько лет после запуска первого ИСЗ были получены достаточно точные значения гармонических коэффициентов до порядков и степеней $n = m = 8$. В настоящее время геопотенциал известен уверенно до значений $n = m = 24$. Это составляет около 500 коэффициентов, каждый из которых характеризует какую-либо особенность гравитационного поля Земли

Спутниковая альтиметрия. С 1974 г. ведутся исследования в области спутниковой альтиметрии. Лазерные и радио-альтиметры (высотомеры), установленные на ИСЗ, первоначально

давали информацию, позволяющую уточнять элементы их орбит. С увеличением точности определения высот появилась возможность геодезического использования альтиметрической информации. Например, радиоальтиметр, установленный на ИСЗ «Геос», позволяет измерять расстояние спутник — поверхность океана с ошибкой 1 — 3 м. Это, при известном положении ИСЗ на орбите, создает возможность уточнить форму геоида на участках, занятых Мировым океаном.

Сравнение, альтиметрических измерений с профилями геоида подтверждает высокую надежность этого метода определения формы геоида (правда, только на участках, занятых Мировым океаном; но это немало — две трети поверхности земного шара). В перспективе предполагается повысить точность радиоальтиметров до 10 см. Что же касается лазерной альтиметрии то, она может обеспечить точность порядка 1 см.

Создание геодезических сетей нового типа. Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС) состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов, формирующих единую сеть на территории Российской Федерации. Пространственное положение этих пунктов определяется методом спутниковой геодезии в общеземной системе координат с предельной ошибкой не более $3 \text{ мм} \cdot 10^{-8} R$, где R — радиус Земли. В настоящее время ФАГС является главной геодезической основой для формирования всей государственной геодезической сети.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов, формирующих единую сеть на территории Российской Федерации. Пространственное положение этих пунктов определяется методом спутниковой геодезии в общеземной системе координат с предельной ошибкой не более $3 \text{ мм} \cdot 10^{-8} R$, где R — радиус Земли.

Плотность распределения пунктов ФАГС в среднем должна быть на 300000–500000 км². Расстояние между смежными пунктами ФАГС — 650–1000 км, а между активными — 1500–2000 км.

Количество, расположение постоянно действующих и периодически определяемых пунктов ФАГС, состав аппаратуры и программы наблюдений определяются программой построения и функционирования ФАГС. Все пункты ФАГС должны быть фундаментально закреплены с обеспечением долговременной стабильности их положения как в плане, так и по высоте.

Пространственное положение пунктов ФАГС определяется методами космической в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой 10–15 см, а средняя квадратическая

ошибка взаимного положения пунктов ФАГС должна быть не более 2 см по плановому положению и 3 см по высоте с учетом скоростей их изменения во времени.

В число основных задач построения ФАГС входит достижение требуемой точности и достоверное оценивание точности создаваемой новой геоцентрической системы координат и определение изменений координат пунктов ФАГС во времени.

На пунктах ФАГС выполняются определения нормальных высот и абсолютных значений ускорений силы тяжести. Определения нормальной высоты производится нивелирование не ниже II класса точности, абсолютные определения силы тяжести - по программе определения фундаментальных гравиметрических пунктов. Периодичность этих определений на пунктах ФАГС устанавливается в пределах 5-8 лет и уточняется в зависимости от ожидаемых изменений измеряемых характеристик.

Задаваемая пунктами ФАГС геоцентрическая система координат согласовывается на соответствующем уровне точности с фундаментальными астрономическими (небесными) системами координат и надежно связывается с аналогичными пунктами различных государств в рамках согласованных научных проектов международного сотрудничества.

ФАГС тесно связана с ВГС (высокоточная геодезическая сеть) и СГС-1 (спутниковая

геодезическая сеть 1 класса). Основная функция ВГС – распространение на всю территорию России геоцентрической системы координат и уточнение параметров взаимного ориентирования геоцентрической системы и системы геодезических координат.

СГС-1 обеспечивает оптимальные условия для реализации точных и оперативных возможностей спутниковой аппаратуры при переводе геодезического обеспечения территории России на спутниковые методы определения координат.

Сети служат основой создания Высокоточной Национальной геоцентрической система координат. Создание Высокоточной Национальной геоцентрической система координат связано с геоинформационной системой геодезических данных.

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС). Спутниковые геодезические измерения выполняют с помощью аппаратуры, работающей по сигналам спутников систем GPS (*Global Positioning System*, США) и ГЛОНАСС [7]. Остановимся динамических измерениях с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Динамические измерения в реальном времени позволяют создавать единое информационное пространство и определение координат подвижных объектов (рис.4). Это служит основой создания интеллектуальных транспортных систем [23].

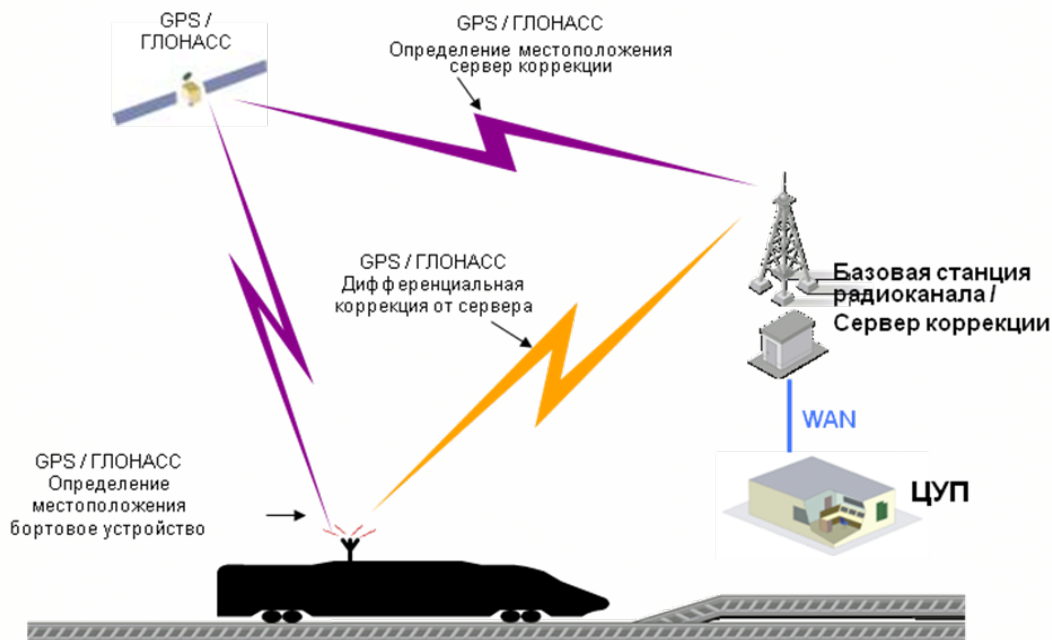


Рис. 4. Определение координат подвижных объектов

Космические исследования позволили по новому изучать околоземное космическое пространство. В частности проведены более глубокие исследования скоплений мусора в виде колец на околоземных орбитах [24]. Космиче-

ские исследования позволили по новому организовать глобальный мониторинг Земли и земной поверхности [25].

Космические исследования позволили совершенствовать методы получения простран-

ственно-временной информации и внести существенный вклад в создание национальной инфраструктуры пространственных данных.

Заключение

Современное информационное обеспечение на основе космических исследований является важным инструментом развития национальной экономики и науки. Оно является важным ресурсом повышения потенциала развития страны

как внутри ее, так и на международной арене. Космическая информация становится товаром и информационной услугой [26]. Информационная поддержка космической информации помогает решать широкий круг тематических задач мониторинга окружающей среды, сельского хозяйства, геологии, климатологии, лесного хозяйства, океанологии, землепользования, контроля водных ресурсов и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков В.В., Насретдинов К.К., Шаравин А.А. Космическая геодезия: методы и перспективы развития. М.: Институт политического и военного анализа, 2002. 448 с.
2. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картоцентр-Геодиздат, 2001. 224 с.
3. Савиных В.П., Цветков В.Я. Исследование северных территорий методами геоинформатики // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 5. С. 14-23.
4. I.V. Barmin, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531-535.
5. Савиных В.П., Цветков В.Я. Система ГЛОНАСС в решении экономических задач // Славянский форум. 2013. № 2(4). С.185-192.
6. Нежевенко Е.С., Козик В.И., Феоктистов А.С. Прогнозирование развития лесных пожаров на основе аэрокосмического мониторинга // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 1. С. 377-384.
7. Цветков В.Я. Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С.147-157.
8. Гнусарев Н.В. Геодезическое и баллистическое обеспечение космических систем дистанционного зондирования Земли. СПб: ВКА имени АФ Можайского. 2008.
9. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. 2013. № 11. С. 2-7.
10. Лященко А.А. Реляционные модели и пространственная индексация геоданных // Инженерная геодезия: Наук.-техн. збірник. 2000, вип. 2000. Т. 43. С. 139-149.
11. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, № 9, С. 826-829.
12. Савиных В.П., Цветков В.Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 5. С. 41-43.
13. Kuja S.A. Geoinformation Analysis // European Researcher. 2013. V. 60. №. 10-1. p.2358-2365.
14. Зырянов А.И. Регион: пространственные отношения природы и общества / Перм. гос. ун-т // Социальная и экономическая география. 2006.
15. Balletti C. Georeference in the analysis of the geometric content of early maps // e-Perimtron. 2006. Т. 1. №. 1. С. 32-42.
16. Кондранин Т.В. и др. Повышение информативности данных многоспектрального и гиперспектрального авиакосмического дистанционного зондирования при решении прикладных задач количественной оценки состояния природно-техногенных объектов // Проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. С. 206-215.
17. Кочубей С.М. Сравнение информативных возможностей многозональной съемки и спектроскопии высокой разрешающей способности при дистанционном зондировании растительного покрова // Космічна наука і технології. 1999. №. 2/3. С. 41-48.
18. Кравцова В.И., Антонова С.Ю. Применение многозональной съемки для изучения и картографирования мелководий (на примере северо-восточного Каспия) // Известия вузов, Геология и разведка. 1974. №. 1.
19. Майоров А.А. Новые системы хранения пространственной информации // Перспективы науки и образования. 2013. № 5. С. 25-31.
20. Баранов В.Н., Бойко Е.Г., Краснорылов И.И. Космическая геодезия: Учебное пособие. Недра, 1986.
21. Цветков В.Я., Омельченко А.С. Особенности построения моделей объектов большой протяженности в геоинформатике // Фундаментальные исследования. 2006. № 4. С. 39-40.
22. Коваленко Н.И. Интеллектуальные транспортные системы: состояние и перспективы // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD». 2014. № 4 (5). С.183-203.
23. I.V. Barmin, D.W. Dunham, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Rings of Debris in Near_Earth Space // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 592-599.
24. Бармин И.В., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я. Околосреднее космическое пространство как объект глобального мониторинга // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2013. № 4. С. 4-9.
25. Гершензон В.Е., Кучейко А.А. Рынок космических геоданных в 2010 году // Пространственные данные. 2010. № 2. С. 10.

REFERENCES

1. Glushkov V.V., Nasretdinov K.K., Sharavin A.A. *Kosmicheskaja geodeziia: metody i perspektivy razvitiia* [Space geodesy: methods and prospects]. Moscow, Institut politicheskogo i voennogo analiza, 2002. 448 p.
2. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. *Geoinformatsionnyi analiz dannykh distantsionnogo zondirovaniia* [GIS analysis of remote sensing data]. Moscow, Kartotsentr-Geodezizdat Publ., 2001. 224 p.
3. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Study of the Northern territories by the methods of Geoinformatics. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii - Educational resources and technologies*, 2014, no. 5, pp. 14-23 (in Russian).
4. I.V. Barmin, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring. *Solar System Research*, 2014, Vol. 48, no. 7, pp. 531-535.
5. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. GLONASS System in solving economic problems. *Slavianskii forum - Slavic forum*, 2013, no 2(4), pp.185-192 (in Russian).

6. Nezhevenko E.S., Kozik V.I., Feoktistov A.S. Prediction of the development of forest fires on the basis of aerospace monitoring. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii - Educational resources and technologies*, 2014, no. 1, pp. 377-384 (in Russian).
7. Tsvetkov V.Ia. Fundamentals of geoinformation modeling. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziia i aerofotos"emka - proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*, 1999, no. 4, pp.147-157 (in Russian).
8. Gnusarev N.V. *Geodezicheskoe i ballisticheskoe obespechenie kosmicheskikh sistem distantsionnogo zondirovaniia Zemli* [Geodetic and ballistic software for space systems for Earth remote sensing]. Saint-Petersburg, VKA imeni AF Mozhaiskogo, 2008.
9. Maiorov A.A., Tsvetkov V.Ia. Geoinformatics as an important direction of development of computer science. *Informatsionnye tekhnologii - Information technologies*, 2013, no. 11, pp. 2-7 (in Russian).
10. Liashchenko A.A. Relational model and spatial indexing geodatabase. *Inzhenerna geodeziia: Nauk.-tekhn. zbirnik* [Engineering geodesy: Science.-tech. collection.]. 2000, V. 43, pp. 139-149 (in Russian).
11. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. GEODATA as system information resource. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk - Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2014, V. 84, no. 9, pp. 826-829 (in Russian).
12. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Razvitie metodov iskusstvennogo intellekta v geoinformatike. *Transport Rossiiskoi Federatsii - The Transport Of The Russian Federation*, 2010, no. 5, pp. 41-43 (in Russian).
13. Kujja S.A. Geoinformation Analysis. *European Researcher*, 2013, V. 60, no. 10-1, pp.2358-2365.
14. Zyrianov A. I. *Region: prostranstvennye otnosheniia prirody i obshchestva / Sotsial'naia i ekonomicheskaiia geografiiia* [Region: spatial relationship of nature and society / Social and economic geography]. Perm, Perm State University, 2006.
15. Balletti C. Georeference in the analysis of the geometric content of early maps. *e-Perimetron*, 2006, V. 1, no. 1, pp. 32-42.
16. Kondranin T.V. i dr. The increase of informativity of data multispectral and hyperspectral aerospace remote sensing sensing in solving applied problems quantitative assessment of natural and technogenic objects. *Problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa - Problems of remote sensing of the Earth from space*, 2009, pp. 206-215.
17. Kochubei S.M. comparison of the informative capabilities of multispectral imagery and high-resolution spectroscopy in remote sensing of vegetation. *Kosmichna nauka i tekhnologiiia - Space science and technology*, 1999, no. 2/3, pp. 41-48 (in Ukrainian).
18. Kravtsova V.I., Antonova S.Iu. The use of multispectral imagery for mapping and monitoring shallow water in the North-East of the Caspian sea. *Izvestiia vuzov, Geologiiia i razvedka - News of higher educational establishments, Geology and exploration*, 1974, no. 1.
19. Maiorov A.A. New system of storage of spatial information. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no. 5, pp. 25-31 (in Russian).
20. Baranov V.N., Boiko E.G., Krasnorylov I.I. *Kosmicheskaiia geodeziia: Uchebnoe posobie* [Space geodesy: study guide]. Nedra, 1986.
21. Tsvetkov V.Ia., Omel'chenko A.S. Peculiarities of construction of models of very extended objects in Geoinformatics. *Fundamental'nye issledovaniia - Fundamental research*, 2006, no. 4, pp. 39-40 (in Russian).
22. Kovalenko N.I. Intelligent transportation system: status and prospects. *Vestnik MGTU MIREA - MSTU MIREA HERALD*, 2014, no.4(5), pp.183-203 (in Russian).
23. I.V. Barmin, D.W. Dunham, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Rings of Debris in Near_Earth Space. *Solar System Research*, 2014, Vol. 48, no. 7, pp. 592-599.
24. Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. Near-Earth space as object global monitoring. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina - Bulletin NPO named after S.A. Lavochkin*, 2013, no. 4, pp. 4-9 (in Russian).
25. Gershenzon V.E., Kucheiko A.A. Market space geodatabase in 2010. *Prostranstvennye dannye - Spatial data*, 2010, no. 2, p. 10 (in Russian).

Информация об авторе Савиных Виктор Петрович

(Россия, Москва)

Профессор, доктор технических наук,
Президент Московского государственного
университета геодезии и картографии

Летчик-космонавт. Дважды Герой Советского Союза.

E-mail: cj2@mail.ru

Information about the author Savinykh Viktor Petrovich

(Russia, Moscow)

Professor, doctor of technical Sciences,
The President of the Moscow state University
of geodesy and cartography

Pilot-cosmonaut. Twice Hero Of The Soviet Union.

E-mail: cj2@mail.ru