УДК 614.8

М.Ю. Катаев, А.А. Скугарев

Интеллектуальный ситуационный центр, основанный на комплексировании космических и наземных данных

Показываются отдельные аспекты, связанные с созданием интеллектуального ситуационного центра основанного на комплексировании космических и наземных данных. Приводится описание структуры ситуационного центра, необходимой для эффективного взаимодействия его отдельных элементов, с целью повышения скорости и точности результатов функционирования ситуационного центра при анализе процессов и явлений. Полученные результаты должны стать надежной опорой для принятия решений различными организациями.

Ключевые слова: спутниковые данные, ситуационный центр, обработка данных, принятие решений, структура данных.

doi: 10.21293/1818-0442-2016-19-3-61-64

В последнее время в связи с ростом возможности технических и программных средств получать, хранить, преобразовывать и анализировать разнородную информацию наблюдается резкий рост создания ситуационных центров в различных областях народного хозяйства. Ситуационные центры создаются не только на базе МЧС, но и на транспорте, сельском и водном хозяйстве и др. Понятие «ситуационный центр» (СЦ) прочно вошло в обиход и понятно даже непрофессионалам. Основными задачами СЦ являются сбор разнородных данных, ситуационное моделирование, прогнозирование и анализ с целью выработки эффективных решений [1–3].

Как правило, СЦ располагается в специально выделенном помещении, предназначенном для совещания и оперативного принятия управленческих решений руководящим составом. Для снабжения руководящего состава информацией существуют другие помещения, в которых расположены средства сбора, хранения, предварительной обработки анализа и комплексирования данных, получаемых различными информационными системами и приборами. В ситуационном центре не только вырабатываются решения, но и проводятся коммуникационные связи с различными подразделениями территории.

СЦ разрабатываются в соответствии с требованиями стандартов, ГОСТ и других нормативных документов (например, для информационных систем ГОСТ 34, РД 50-34.698–90 и др.), специальных стандартов (ГОСТ Р51583, ГОСТ Р53113 и др.) и требованиями силовых ведомств.

Важным аспектом, с которым связана работа ситуационных центров, являются своевременность и точность принятия решений. Для обеспечения этого факта необходим сбор разнородных данных в режиме реального времени. Помимо этого, необходимо иметь историю развития тех или иных событий, которые являются причиной создания СЦ, например, паводки, пожары и др. Одним из наборов данных, который стал основой для многих СЦ, являются космические данные, однако эти данные представляют чаще всего набор изображений, которые анализируются.

В данной статье нами приводятся некоторые аспекты создания ситуационного центра, в основе

которого лежат космические данные, приводятся возможности и ограничения.

Ситуационные центры

Определение «ситуационный центр» связано с понятием «ситуация». Можно привести определение [http://www.pravo.vuzlib.su]: «В любой области человеческой деятельности объективно складывается некоторая совокупность фактических обстоятельств, между которыми существует причинная, временная, пространственная или иная связь и которые в силу этой связи образуют целостную систему элементов, называемую ситуацией». Таким образом, под ситуацией подразумевается наличие причинно-следственных связей, связанных или приводящих к определенным событиям, происходящих во времени и пространстве.

Понятно, что пространственные характеристики события, определяющие ту или иную ситуацию, определяются размерами, а вот временные характеристики можно представить в виде декомпозиции, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Декомпозиция понятия «ситуация»

Данные, которые связаны с ситуацией, являются разнородными (температура, влажность, ветер, толщина снегового покрова и др.) и неоднородными (временные и пространственные масштабы). Для ситуации одной из важнейших характеристик является временной масштаб событий, которые могут быть медленными, быстрыми и катастрофическими (см. рис. 1).

Любую ситуацию можно увидеть на качественном, интуитивном уровне знаний человека, а можно со стороны сбора данных. В последнем случае, с ситуацией связано получение оценки состояния территории по набору спутниковых и наземных данных. Эта оценка зависит от количества и качества

получаемых СЦ данных, от пространственного расположения источников данных (удаленности от центра события) и их временного разрешения (например, метеорологические данные поступают с частотой 4 раза в сутки).

В данной статье нами будет рассмотрен лишь один аспект, который связан со спутниковыми данными, и как они могут повлиять на работу ситуационного центра.

Спутниковые данные

В настоящее время на орбите работает достаточно большое количество спутниковых приборов в мониторинговом режиме [4, 5]. Примеры спутниковых приборов, данные с которых широко используются на практике, вследствие относительно высокой повторяемости получения данных приведены в таблице.

Из таблицы видно, что спутниковые приборы определяются такими характеристиками, как ширина полосы захвата (область получения данных при пролете над наземной точкой), разрешение в надире (определяет размер пикселя), повторяемость (через какое время спутниковый прибор попадает в район исследуемой точки) и число спектральных каналов (спектральные области).

Возможность получения спутниковых данных, необходимых для обработки, существенно зависит от наличия солнечных дней, так как облачность мешает наблюдать за поверхностью Земли. Так, по

данным сайта <http://russia.pogoda360.ru> среднее количество пасмурных, облачных и солнечных дней представлено на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что количество солнечных дней в среднем 130–160 дней в году и большая часть из них бывает в летний период времени. Конечно же, среди пасмурных дней бывают участки времени дня, когда облачности практически нет или она разорванная, когда спутниковые измерения позволяют фиксировать поверхность Земли. Этим дням вполне достаточно, чтобы отслеживать долговременные ситуации, возникающие на поверхности Земли и связанные с типами поверхности. В отдельные периоды времени можно отслеживать с помощью спутников и быстрые ситуации, например пожары или паводки.

Спутниковые измерения можно представить в виде многомерного пространства $S(x, y, t, k)$, где (x, y) – пиксель с параметрами $\{L_{at}, L_{on}\}$, время (t) и спектральный канал k , $k = 1, \dots, N_k$. Для каждого пикселя (x, y) с учетом спектральных каналов k можно построить $n = 1, \dots, N_i$ разнообразных индексов $I(n, t)$. Одним из распространенных индексов, использующихся на практике, является вегетационный индекс NDVI [5]. На рис. 3 показан временной ряд вегетационного индекса за 6 лет для одного из исследуемых тестовых участков.

Характеристики спутниковых приборов

Спутниковый прибор	Ширина захвата, км	Разрешение в надире, м	Повторяемость, дни	Число спектральных каналов
Terra / Aqua MODIS	2300	250, 500, 1000	2 раза в день	36
Landsat-8	185	30, 90	16	11

30	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С
27	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О
24	П	П	П	О	О	О	О	О	О	О	О	О
21					О	О	О	О	О	О	О	О
18								О	О	О	О	О
15				П		О	О		П		П	
12					П							
9								П				
6												
3						П	П					
	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек

Рис. 2. Количество пасмурных (П), облачных (О) и солнечных (С) дней в районе г. Томска

Рис. 3. Временной ряд вегетационного индекса за 6 лет для одного из пикселей изучаемой территории

Каждый временной ряд $I(t)$ можно разложить в ряд на составляющие: трендовую $I_{tr}(t)$, сезонную $I_s(t)$ и случайную $I_c(t)$:

$$I(t) = I_{tr}(t) + I_s(t) + I_c(t).$$

В качестве тренда, как правило, выбирается линейная функция:

$$I_{tr}(t) = \alpha + \beta t, \quad (1)$$

где α – константа, β – средняя скорость изменения сигнала.

Для оценивания параметров линейного тренда используется метод наименьших квадратов. Далее находится сезонная составляющая $I_s(t)$, например, по формуле:

$$I_s(t) = A \cdot \exp\{-(t - B)^2/C\}, \quad (2)$$

здесь A , B , C – искомые параметры.

Величина случайной составляющей $I_c(t)$ определяется рядом факторов: сезоном года, типом поверхности, условиями измерений, погодой во время и непосредственно перед измерением и др.

Множество параметров $P = \{\alpha, \beta, A, B, C\}$ представляют собой модель, которая описывает поведение индекса в течение года. Для каждого пикселя по набору параметров можно построить среднее значение $E\{I(t_{st})\}$, дисперсия $D\{I(t_{st})\}$, где t_{st} – шаг временной сетки (день, неделя или месяц). Задача поиска изменений сводится к анализу разности $\Delta_j = P_{j+1} - P_j$, здесь j – номер года. Естественно полагать, что при малых разностях Δ_j изменения укладываются в статистическую погрешность, обусловленную естественными природными изменениями. При некоторой величине Δ_j , превышающей статистическую погрешность, изменения считаются значимыми и тогда анализируются те параметры, которые повлияли на это изменение. Например, параметр тренда β может иметь положительное или отрицательное значение, нейтральный ход или возрастающий и др.

Структура программного комплекса обработки спутниковых данных

В центре космического мониторинга ТУСУРА (ЦКМ) нами проводится разработка программного комплекса [6, 7], позволяющего считывать из разнообразных хранилищ спутниковые данные, хранить, обрабатывать, анализировать и генерировать отчеты. Структура программного комплекса (ПК) приведена на рис. 4.

Основой работы ПК является регулярное получение с приемной станции ЦКМ ТУСУРА и скачивание из Интернета источников (хранилищ) спутниковых данных, которые на первом этапе попадают в слой загрузки. Этот слой необходим для формирования данных за текущий день, так как их скачивание проходит в различные периоды времени по началу и длительности. Далее данные проверяются на целостность, проводится их распаковка из текущего формата (например, hdf или netCDF) во внутренний формат ПК. После этого выполняется этап предварительной и тематической обработки. Предварительная обработка заключается в атмосферной коррекции сигналов, а тематическая обработка – в вычислении маски облачности и набора индексов. После того как определены основные наборы индексов

$I(n, t)$, проводится комплексирование данных, т.е. учет априорных данных (наземные измерения, сопутствующие спутниковые данные, например, угловые характеристики измерений, влажность, температура и др.). Комплексирование позволяет построить модельное представление P более точно с учетом ежегодных изменений параметров атмосферы и поверхности.

Рис. 4. Структура программного комплекса обработки спутниковых сигналов.

Структура интеллектуального ситуационного центра

Получаемые после обработки спутниковых данных параметры являются основой для дальнейшего анализа и выработки управляющих решений в зависимости от типа и величины изменений, что определяется состоянием процессов и явлений на наблюдаемой территории. Интеллектуальность заключается в том, что нами предлагается применять разнообразные математические подходы, которые в автоматическом режиме ежедневно позволяют проводить обследование территории с целью выявления изменений ее состояния. Обследование территории в СЦ путем получения и обработки данных в автоматическом режиме приводит к технологии, когда человек начинает взаимодействовать с системой при появлении определенных «сигналов» об выявленных изменениях, а также выработке окончательного прогноза или управленческого решения на основе предлагаемых системой рекомендаций. Имея модель поведения естественного состояния для каждого пикселя, возможно построить прогнозное поведение состояния, что важно при выявлении изменений и определения причин изменений (пожар, подтопление и т.п.). Изменения возможны различной величины и, как правило, связаны либо с естественными причинами (мокрая почва или листва после дождя и др.), либо с изменениями типа поверхности (там, где ранее была почва, теперь вода). Эти изменения можно ранжировать по величине и типу, что позволяет

определить не только длительные изменения (например, строительство микрорайона), но и быстрые (например, пожар). Выявление катастрофических изменений для спутниковых измерений – чрезвычайная редкость, так как в момент развития события спутник должен проходить в этом районе и в это время должна отсутствовать облачность.

Можно сформулировать алгоритм выработки определенных рекомендаций для СЦ, в основе которого лежит обработка спутниковых данных: текущее состояние → наблюдение → обработка → изменения → классификация изменений → анализ тенденций → прогноз (начальное состояние, промежуточное и текущее) → выработка рекомендаций.

В данной последовательности наиболее сложной задачей является классификация изменений, так как требует под собой однозначного определения типов поверхности данного пикселя. От точности решения этой задачи зависит погрешность прогноза и, значит, верности вырабатываемых рекомендаций. Данная задача является достаточно обширной в математическом плане и будет представлена в следующих работах авторов. Отметим, что предлагаемая вниманию задача является весьма трудоемкой в вычислительном плане. Сложность состоит в многомерности пространства данных и различной пространственно-временной структуре спутниковых и априорных данных. Возникает задача комплексирования, при которой необходимо данные наземных измерений (или аэровоздушных) привести к единой пространственной и временной сетке спутниковых измерений.

На рис. 5 показана обобщенная структура программного комплекса интеллектуального ситуационного центра, в котором решение принимается на основе отчетов, генерируемых системой анализа при комплексировании наземных и спутниковых измерений.

Рис. 5. Структура программного комплекса интеллектуального ситуационного центра

Заключение

Данная статья является не детальным описанием элементов ситуационного центра, а лишь одной из его частей, основанных на использовании спутниковых данных. Приводится описание подхода к созданию интеллектуального ситуационного центра, в котором проходит регулярный анализ текущей ситуации на поверхности Земли, и эта информация накапливается. Накопленная информация является

основой для разработки модели, со значениями которой происходит сравнение текущих измерений. При сравнении получаются изменения, которые ранжированы по величине и определяют естественные или иные изменения. Классификация изменений позволяет после анализа выделить состояния, которые требуют определенных управленческих решений.

Литература

1. Бычков И.В. Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием / И.В. Бычков, Г.М. Ружников, А.Е. Хмельнов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 369 с.
2. Информационно-аналитические средства поддержки принятия решений и ситуационные центры. – М.: Изд-во РАГС, 2006. – 326 с.
3. Симанков В.С. Режимы работы ситуационного центра регионального уровня / В.С. Симанков, Д.А. Колесников // Программные продукты и системы. – 2010. – № 1. – 52 с.
4. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. – М.: Мир, 1988. – 343 с.
5. Малинников В.А. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами / В.А. Малинников, А.Ф. Стеценко, А.Е. Алтынов. – М.: МИИГАиК, 2009. – 140 с.
6. Катаев М.Ю. Интернет-информационная система накопления, обработки и анализа спутниковых данных MODIS / М.Ю. Катаев, А.А. Бекеров, А.К. Лукьянов // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 1(35). – С. 93–99.
7. Катаев М.Ю. Обнаружение экологических изменений природной среды по данным спутниковых измерений / М.Ю. Катаев, А.А. Бекеров // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 7. – С. 652–656.

Катаев Михаил Юрьевич

Д-р техн. наук, профессор каф. автоматизированных систем управления (АСУ) ТУСУРа, профессор Юргинского технологического института (филиала) Национального исследовательского Томского политехнического университета, научный руководитель ЦКМ ТУСУРа
Тел.: +7-960-975-2785, +7 (382-2) 70-15-36
Эл. почта: kataev.m@sibmail.com

Скугарев Андрей Анатольевич

Руководитель ЦКМ ТУСУРа
Тел.: +7-913-889-98-03
Эл. почта: skugarev@inbox.ru

Kataev M.Yu., Skugarev A.A.

Intelligent situational center based on the aggregation space and ground-based data

The article describes some aspects related to the creation of intelligent situational centre that is based on the integration of space and terrestrial data. The description of the structure of a situational center for effective interaction of the individual elements is presented, in order to obtain optimal accuracy and time results. The obtained results are supposed to be a reliable support for decision making in various instances.

Keywords: satellite data, situational centers, data processing, decision making, structure.