Децентрализованная база данных спектральных характеристик и параметров объектов земной поверхности

В. Б. Малышев, Б. Н. Фомин

Институт географии РАН, Москва, 119017, Россия

E-mails: vmalyshev@list.ru, bn-fomin@yandex.ru

Представлены результаты разработки программного комплекса, предназначенного для коллективного создания научным сообществом и развёртывания в узлах сети интернет децентрализованной, приватно и публично доступной Базы спектральных эталонов географических объектов земной поверхности. Спектральные эталоны представляют собой стандартизированную форму совместного представления спектральных характеристик и параметров объектов земной поверхности. Эти географические данные крайне востребованы для оценки состояния и определения количественных характеристик природных и антропогенных объектов по их спектральным образам. По сравнению со всеми известными общедоступными спектральными библиотеками в базовых хранилищах, создаваемых установкой на сетевых ресурсах программного комплекса «База спектральных эталонов», кардинально изменена модель хранения данных. В качестве информационного объекта здесь рассматривается не спектр, а характеристики (параметры) географически локализованного участка земной поверхности, спектральная характеристика которого, наряду с другими, выступает в качестве одного из предметно-содержательных свойств этого участка. То есть та информация, которая в спектральных библиотеках размещена в метаданных, переведена в центральное ядро собственно данных. Кроме этого, База спектральных эталонов позволяет хранить и обрабатывать данные, представленные неограниченным числом атрибутов. База, установленная в Институте географии РАН, находится по адресу <http://spectral.igras.ru>.

Ключевые слова: децентрализованная база спектральных эталонов, предметно-содержательные свойства объектов земной поверхности, спектральный образ

Одобрена к печати: 20.03.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-53-65

Введение

В настоящее время, по мнению ведущих аналитиков (Сушкевич и др., 2011), одной из важнейших целей ДЗЗ по-прежнему остаётся решение обратной задачи дистанционной спектроскопии — восстановление параметров состояния и количественных данных объектов земной поверхности по их спектральным характеристикам.

Для выполнения этой задачи необходимы количественные эмпирические данные с параллельной характеристикой спектральных и предметно-содержательных свойств спектрометрируемых объектов земной поверхности, полученных в режиме *in situ*, т. е. спектральные эталоны (СЭ) дешифрируемых свойств рассматриваемого множества объектов.

С помощью специально подобранных выборок СЭ могут решаться как минимум две основные задачи, связанные с дешифрированием спектральных данных ДЗЗ:

1. Статистическая оценка параметров регрессионных моделей, у которых откликами выступают предметно-содержательные свойства спектрометрируемых объектов, а предикторами — компоненты их спектральных образов.
2. Численная оценка критериев оптимальности предлагаемых алгоритмов автоматической классификации и распознавания предметно-содержательных свойств спектрометрируемых объектов по их спектральным образам.

Проблема заключается в том, что данные в форме СЭ, пригодные для решения поставленных задач, практически отсутствуют как в открытом, так и в закрытом доступе. Эта ситуация не меняется долгие годы, несмотря на то, что ежегодно реализуется множество проектов,

в которых одним из этапов выступают полевые исследования с целью создания необходимых для последующего анализа наборов СЭ. Тем не менее эти данные нигде не публикуются и не загружаются в общедоступные и приспособленные для этого хранилища, очевидно, по причине отсутствия таковых.

Таким образом, получается, что собранные и столь востребованные научным сообществом данные по СЭ остаются лежать «мёртвым грузом» в архивах выполненных и выполняемых проектов.

Все публично известные базы спектральных данных (Григорьева, Чапурский, 2012; Саидов, 2012; Arafat et al., 2013; Baldridge et al., 2009; Hueni et al., 2009; Kokaly et al., 2017; Manjunath et al., 2014) формально открыты для пополнения. Однако они не приспособлены для архивного хранения СЭ, отличающихся от уже имеющихся по составу своих атрибутов, и устроены так, что загружаемые в любую из них новые СЭ имеют все шансы никогда не быть найденными.

Можно сказать, что главный недостаток всех ранее созданных баз спектральных данных возник по вине заказчика. Заказчик, опираясь на имеющуюся у него коллекцию конкретных данных, просит разработчика оформить эту коллекцию в виде SQL-базы. Разработчик просто решает поставленную задачу: создаёт схему с конечным числом атрибутов, достаточным для описания каждого элемента конкретной коллекции, добавляет к списку этих атрибутов ещё один, как правило, именуемый «описание», и реализует эту схему в форме SQL-базы. Все свойства нового элемента коллекции, не отображаемые через зарегистрированный в базе список атрибутов, при загрузке обобщаются и записываются в поле «описание». В такой базе поиск записей по значениям поля «описание» производится только вслепую — всегда есть вероятность не угадать с формулировкой поискового запроса для извлечения из базы нужных записей. Для вывода из «тени» элементов данных с новыми атрибутами приходится переделывать SQL-базу — расширять список зарегистрированных атрибутов.

Из всего вышеозначенного становится ясным, что для создания обменного фонда СЭ необходима разработка принципиально нового универсального инструмента, призванного обслуживать нужды как каждого отдельного научно-исследовательского проекта, так и научного сообщества в целом.

Разработанный в рамках проекта «Мониторинг — СГ-1.3.1.2» программный продукт, получивший название «База спектральных эталонов» (БСЭ), позволяет эффективно решить поставленную задачу (Малышев, Фомин, 2018). С его помощью можно установить универсальные базовые хранилища СЭ на сетевых ресурсах неограниченного множества заинтересованных организаций, т. е. создать децентрализованную распределённую базу данных (РБД). РБД — это совокупность логически взаимосвязанных баз данных, распределённых в компьютерной сети. РБД состоит из набора узлов, связанных коммуникационной сетью, в которой: а) каждый узел — это полноценная СУБД сама по себе; б) узлы взаимодействуют между собой таким образом, что пользователь любого из них может получить доступ к любым данным в сети так, как будто они находятся на его собственном узле. С подробным изложением принципов проектирования распределённых баз данных можно ознакомиться в монографии (Дейт, 2005).

Форма хранения данных и табличная структура БСЭ

Разнообразие географических объектов и поступательное развитие методов научных исследований порождает неограниченное множество предметно-содержательных переменных, используемых для их научного описания. Для описания многих объектов используются переменные, неприменимые при описании других. Например, такая переменная, как «полнота древостоя», неприменима к описанию предметно-содержательных свойств пшеничного поля.

Для хранения таких данных обычным способом потребуется таблица с неограниченным количеством полей (атрибутов — наименований переменных), что в принципе не представляется возможным.

Приемлемое решение для табличного хранения любых данных независимо от количества требуемых полей (атрибутов) заключается в сведении всех данных в две основные таблицы: одну — для гипертекстовых строк с регистрационными индексами атрибутов и соответствующими им значениями, другую — для регистрации наименований атрибутов и типов используемых значений. Порождаемая гипертекстом избыточность, во-первых, становится ценой за снимаемое ограничение на количество атрибутов, во-вторых, с лихвой компенсирует избыточность стандартной схемы, избавляя от необходимости в каждой табличной записи хранить null-значения неиспользуемых переменных.

Табличная структура БСЭ с выделением функциональных блоков представлена на *рис. 1*.

Рис. 1. Табличная структура БСЭ

Основу блока хранения данных составляют таблицы *plots* и *metadata*. При формировании очередной хранимой записи к её содержимому добавляется информация, считываемая из легенд к векторным картам, загруженным в геоинформационный блок.

Для создания пользовательского интерфейса формирования поисковых запросов используется вся информация, извлекаемая из таблицы metadata, что гарантирует отсутствие в базе слепых поисковых зон.

В поиск запрашиваемых данных включается только одна таблица — plots, что обеспечивает пониженную ресурсоёмкость поисковых операций и повышенную производительность.

В таблицах двух остальных блоков хранятся данные поддержки пользовательских интерфейсов.

Модель и структура хранимых данных

По сравнению со всеми известными общедоступными спектральными библиотеками в базовых хранилищах, создаваемых установкой на сетевых ресурсах программного комплекса БСЭ, кардинально изменена модель хранения данных. В качестве информационного объекта здесь рассматривается не спектр, а параметры географически локализованного участка объекта земной поверхности, спектральная характеристика которого, наряду с другими, выступает в качестве одного из предметно-содержательных свойств этого участка. То есть та информация, которая в спектральных библиотеках размещена в метаданных, перемещена в центральное ядро собственно данных.

Это позволило преодолеть целый ряд ограничений, накладываемых на способы хранения предметно-содержательной информации. Модель хранения данных стала гибкой и более универсальной. Универсальность модели позволила подключать к ней векторно-цифровую картографическую информацию как опционально, так и в режиме умолчания.

Структура хранимых данных определяется выдвигаемыми требованиями к их информационному содержанию. Информационное содержание СЭ географически локализованного участка объекта земной поверхности должно определяться через следующие наборы характеристик:

- 1) условное или отсылочное наименование спектрометрируемого участка;
- 2) спектральный образ участка;
- 3) геометрия спектральной съёмки;
- 4) пространственно-временные (геофизические) координаты;
- 5) фотографическое изображение;
- 6) объектно-географическая принадлежность;
- 7) предметно-содержательные свойства.

Первые четыре набора трактуются как обязательные характеристики, остальные три — как факультативные. То есть предполагается возможность хранения СЭ таких географических объектов, свойства которых с достаточной полнотой определяются смыслом их наименований.

Условное или отсылочное наименование спектрометрируемого участка используется для внутренних задач исследовательского проекта, например для обозначения пунктов факторного плана полевых исследований: «Участок № 1», «Участок № 2» и т.д. Для внешнего пользователя БСЭ эти обозначения ни о чём не говорят, как, впрочем, и любые обыденные наименования типа «лес», «поле», «поляна». У него есть другие переменные для выбора из базы нужных СЭ.

Спектральный образ участка может быть сформирован одним или несколькими сеансами спектральной съёмки. При этом в него может быть включена параллельная съёмка ортотропной нормализующей панели. Если таковая произведена, то должна быть указана марка материала этой панели. Также указывается модель спектрофотометрической аппаратуры и фактор (множитель) приведения измеряемой прибором спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) к единицам измерения ($\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мкм}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$). Геометрия спектральной съёмки включает высоту размещения сенсора над спектрометрируемой поверхностью, расчётные значения длины и ширины спектрометрируемой площадки, а также зенитный и азимутальный углы визирования сенсора. Высота съёмки и углы визирования в сочетании с меткой

времени и геофизическими координатами могут быть использованы внешним пользователем для физической атмосферной коррекции спектральных данных выгруженных из базы СЭ.

Пространственно-временные (геофизические) координаты включают метку времени спектральной съёмки, широту, долготу центра спектрометрируемой площадки и её высоту над уровнем моря по показаниям GPS-навигатора. Данные географических координат используются для дополнения СЭ данными геоинформационного блока.

Фотографическое изображение спектрометрической площадки может быть получено в процессе спектральной съёмки самим прибором или выполнено отдельным фотоаппаратом. Для одной площадки можно загрузить несколько фотоизображений. При этом следует помнить, что графические файлы, как правило, характеризуются значительным объёмом и хранение их в базе может привести к неоправданному сокращению дискового пространства.

Объектно-географическая принадлежность спектрометрируемой площадки определяется специалистом или через её географические координаты по тематическим картам территориального районирования. По умолчанию используются две схемы районирования: административно-территориальная и ландшафтно-географическая (Ландшафтная..., 1980; Легенда..., 1987). Информация считывается из легенд к векторным картам, загруженным в геоинформационный блок БСЭ. Функционал геоинформационного блока позволяет подгружать дополнительные векторные карты и считывать информацию из прилагаемых к ним легенд.

Предметно-содержательные свойства спектрометрируемой площадки представляют собой целевую информацию, в основном ради которой и создаются СЭ. Однако каждый исследователь сам выбирает, каким способом, с помощью каких переменных он будет измерять и оценивать практически значимые в рамках его проекта свойства спектрометрируемого объекта. Какого-либо списка обязательных и даже рекомендуемых для использования предметно-содержательных переменных не существует. В БСЭ можно зарегистрировать любое количество переменных, используемых для описания практически значимых свойств спектрометрируемых площадок или маршрутов при лётных измерениях.

Преобразование исходных данных в СЭ

Описание процесса преобразования полевых исходных данных, загружаемых в БСЭ, и выводимых из базы СЭ логичнее начать с конца. Станут понятнее требования, предъявляемые к форме и составу загружаемых данных.

СЭ выгружаются из БСЭ в виде *xlsx*-файлов в формате электронных таблиц. Каждый файл состоит из двух листов: *Spectrum* и *Data*. На листе *Spectrum* размещены выводимые из базы спектральные данные в виде шести столбцов: номер волнового канала, минимальная граница волнового канала, максимальная граница волнового канала, измеренная яркость площадки объекта земной поверхности, стандартное отклонение замеренной яркости, измеренная яркость ортотропной панели. Первые четыре столбца всегда заполнены. Пятый вычисляется системой, если позволяют вводимые данные. Данные шестого столбца, если они есть, позволяют вычислить значение КСЯ вместо СПЭЯ. Кроме этого, справа размещаются фотоизображения спектрометрируемого объекта, если таковые имеются или не отмечена опция «Вставить фото» (*рис. 2*, см. с. 58).

На листе *Data* размещаются все предметно-содержательные характеристики и вся метаданная СЭ, включая сведения об ответственном исполнителе и публикационном статусе (*рис. 3*, см. с. 58).

Выгруженные файлы содержат минимально избыточные и максимально информативные стандартизованные представления СЭ и поэтому пригодны для импорта в любые пакеты математических и статистических программ с целью последующей обработки (нормализации и анализа данных). Собственно говоря, из выгруженных СЭ посредством последующей нормализации представленных в них спектральных данных могут быть составлены вторичные специализированные библиотеки СЭ, например для целей сравнения эффективности вновь предлагаемых методов автоматической классификации спектральных образов. Однако постобработка СЭ выходит за рамки базового функционала БСЭ.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Wave Chanel, #	min Wave Length, nm	max Wave Length, nm	EBSD, W/(sm ² µm×sr)	SD(in ebsd)	RP(in ebsd)		
2	1	350	350	0				
3	2	351	351	0				
4	3	352	352	0				
5	4	353	353	0				
6	5	354	354	0				
7	6	355	355	0				
8	7	356	356	0				
9	8	357	357	0				
10	9	358	358	0				
11	10	359	359	0				
12	11	360	360	0				
13	12	361	361	0				
14	13	362	362	0				
15	14	363	363	0				
16	15	364	364	0				
17	16	365	365	0				
18	17	366	366	0				
19	18	367	367	0				
20	19	368	368	0				
21	20	369	369	1.5732498444509E-5	8.2475113185851E-6	3.6106607064615E-5		
22	21	370	370	4.3401555498757E-5	7.2216346407877E-6	0.00011736010500121		
23	22	371	371	7.2826835176438E-5	1.0552805142502E-5	0.00014799598400984		
24	23	372	372	7.5334365632148E-5	1.4176368499457E-5	0.00021553637188906		
25	24	373	373	8.8352545412103E-5	1.7834125647545E-5	0.00026142437034708		
26	25	374	374	9.6640384736452E-5	1.7095596387852E-5	0.00031238188902355		
27	26	375	375	9.027112745118E-5	3.9153469461765E-5	0.00028410917202942		
28	27	376	376	0.0001074793210593	2.9128848035475E-5	0.00047347149847126		
29	28	377	377	0.00013127905528104	3.7911278628442E-5	0.0003361412958128		
30	29	378	378	0.00012348404301264	3.6564200622815E-5	0.00042197074927882		
31	30	379	379	0.00013188451517487	2.9558185257711E-5	0.00048618242579323		
32	31	380	380	0.00014561483585943	3.4311192301822E-5	0.00055590469206272		

Рис. 2. Фрагмент листа Spectrum из файла выгруженного СЭ

	A	Value
1	Parameter	Value
2	Адрес базы данных:	http://localhost
3	Журнал исполнителя:	2015_KBS
4	Ответственный исполнитель:	Малышев Вячеслав Борисович vmalyshv@list.ru ИГ РАН
5	Ссылка на публикацию:	Малышев В. Б., Фомин Б. Н., Жемерова И. К. Методы изу
6	Условное наименование объекта спектрометрии, имя	ямень (посевы)
7	Дата-время спектрометрической съемки, метка времени	2015-06-16 10:15:55
8	Модель спектральной аппаратуры, тип	ФСС-M1
9	Фактор приведения приборных значений СПЭЯ к размерности Вт/(ср*кв.см*мкм), число	1
10	Материал ортотропной отражательной панели, тип	Нет
11	Высотный тип спектральной съемки, тип	наземная
12	Зенитный угол съемки, град.	0
13	Азимутальный угол съемки, град.	Не применимо
14	Высота съемки, м	1.5
15	Длина спектрометрируемой площадки, м	0.0262
16	Ширина спектрометрируемой площадки, м	0.0009
17	GPS широта центра спектрометрируемой площадки, град.	51.5405
18	GPS долгота центра спектрометрируемой площадки, град.	36.086
19	GPS высота центра спектрометрируемой площадки н. у. м., м	240
20	Физико-географическая провинция, наименование	Восточно-Европейская.
21	Тектоника и макрорельеф, наименование	Равнинный ландшафт платформенных плит.
22	Климат, наименование	Суббореальный умеренно континентальный.
23	Тип растительного покрова, наименование	Лесостепные.
24	Подтип растительного покрова, наименование	Лесостепные.
25	Морфогенезис, наименование	Лесовые аккумулятивно-денудационные.
26	Вид ландшафта, наименование	Равнины крупногрядовые, с многочисленными балками
27	Страна места полевых исследований, наименование	Российская Федерация
28	Округ места полевых исследований, наименование	Центральный федеральный округ
29	Область (край, республика) места полевых исследований, наименование	Курская область
30	Административный район места полевых исследований, наименование	Медвенский
31	Температура воздуха, град. С	26
32	Скорость ветра, м/с	6.5

Рис. 3. Фрагмент листа Data из файла выгруженного СЭ

Ввод данных полевых исследований в БСЭ организован таким образом, что не требует от исполнителя заполнения каких-либо онлайн-форм, типа «придумайте название проекта» и прочее. Всё, что будет загружено в БСЭ, готовится автономно в виде файла электронной таблицы, получившей рабочее название «Журнал полевых исследований» (далее — журнал), и двух папок: с файлами спектрометрических данных и с файлами фотоизображений объектов спектрометрии (площадок, пространственных пикселей).

В журнал вносятся значения используемых для описания спектрометрируемых площадок предметно-содержательных переменных, и одновременно он служит ведомостью принадлежности файлов спектрометрических данных и фотоизображений к соответствующим площадкам.

Заранее подготовленный бланк журнала в форме книги электронных таблиц (*.xlsx) с четырьмя формами ввода данных на отдельных листах Data, Meta, Author и Help исполнитель может выгрузить из БСЭ на свой компьютер. Затем в автономном режиме (на своём клиентском компьютере) заполнить этот журнал соответствующими данными.

В бланке журнала на листе Meta будет выведено описание всех зарегистрированных в базе обязательных переменных и по желанию исполнителя — описание отобранных им факультативных переменных. Если исполнитель для обозначения своих данных вводит новую переменную, то заполняет её описание на листе Meta, прежде чем использовать эту переменную на листе Data.

Вновь вводимые переменные, описанные на листе Meta, регистрируются в БСЭ добавлением к списку ранее зарегистрированных переменных. Таким способом обеспечивается возможность ввода в базу неограниченного числа переменных (рис. 4).

	A	B	C	D
1	Рег. №	Пополняемый список категорий и переменных	Тип переменной	Наименование стандартного или описание применяемого метода измерений
2	5	Метеорологическая обстановка спектральной съемки		
3	5.1	Температура воздуха, град. С	float	
4	5.2	Скорость ветра, м/с	float	
5	5.3	Направление ветра, румб	enum (3, 3С3, С3, СС3, С, ССВ, СВ, ВСВ, В, ВЮВ, ЮВ, ЮЮВ, Ю, ЮЮ3, Ю3, ЗЮ3)	
6	5.4	Облачность, балл (0-10)	enum (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)	
7	5.5	Форма облаков, тип	set (Сплошные, Перистые, Перисто-кучевые, Перисто-слоистые, Высоко-кучевые, Высоко-слоистые, Слоисто-кучевые)	
8	5.6	Дневная прозрачность приземной атмосферы, тип	enum (ясно, дымка, туман, мгла)	
9	6	Фитоценоз		
10	6.1	Аспект древесного яруса, список видов	str	
11	6.2	Аспект кустарникового яруса, список видов	str	
12	6.3	Аспект травянистого яруса, список видов	str	
13	6.4	Аспект покровно-мохового яруса, список видов	str	
14	6.5	Аспект покровно-мохового яруса, список видов	str	
15	6.6	Аспект покровно-мохово-лишайникового яруса, список видов	str	
16	6.7	Аспект покровно-лишайникового яруса, список видов	str	
17	7	Фитометрические показатели		
18	7.1	Фенофаза зерновых злаков, тип	set (всходы, кущение, выход в трубку, колосшение, цветение, молочная спелость, восковая спелость, полная спелость)	
19	7.2	Средняя высота растений 1-го яруса, см	float	
20	7.3	Средняя высота растений 2-го яруса, см	float	
21	7.4	Проективное покрытие, %	float	
22	7.5	Фитомасса общая, г/кв.дм	float	
23	7.6	Фитомасса листьев, г/кв.дм	float	
24	7.7	Фитомасса стеблей, г/кв.дм	float	
25	7.8	Фитомасса плодов, цветов, г/кв.дм	float	
26	7.9	Удельная площадь листьев, кв.см/г	float	
27	7.10	Индекс листовой поверхности, индекс	float	
28	8	Характеристика почвенного покрова		
29	8.1	Тип / подтип почвы, описание	str	
30	8.2	Влажность почвы, тип	enum (сухая, суховатая, сырая)	Визуальное определение по Н. А. Качинскому.
31	8.3	Влажность почвы, %	float	
32	8.4	Структура поверхности почвы, тип	enum (крупнокомковатая, сред. По классификации структурных отделностей почв (С. А. Захаров, 1929).	

Рис. 4. Фрагмент листа Meta журнала полевых исследований на Курском контрольно-калибровочном полигоне

Все переменные, значения которых заносятся в журнал на лист Data, помимо наименований, должны иметь регистрационные номера. Обязательные для отображения на листе Data переменные выделены серым цветом. Порядок их размещения не должен нарушаться. Значения всех обязательных переменных, за исключением таких, как «спектральные файлы ортотропной панели», «файлы изображений», «материал ортотропной панели», «азимутальный угол съёмки», должны быть полностью заполнены (рис. 5, см. с. 60).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Рег. №	Наименование переменной / Журнальный № площадки -->	2	3	4	6	7
2	1.1	Условное наименование объекта спектрометрии, имя	ячмень (п	ячмень (п	ячмень (п	ячмень (п	пшеница
3	1.2	Дата-время спектрометрической съемки, метка времени	16.06.2015	16.06.2015	16.06.2015	12.06.2015	15.06.2015
4	1.3	Имя файла спектрометрических данных объекта, имя	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-
5	1.4	Имя файла спектрометрических данных ортотропной панели, имя					
6	1.5	Имя файла сопутствующего фотоснимка, имя	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-	D2015-06-
7	1.6	Модель спектральной аппаратуры, тип	ФСС-М1	ФСС-М1	ФСС-М1	ФСС-М1	ФСС-М1
8	1.7	Фактор приведения приборных значений СПЭЯ к размерности Вт/(ср*кв.с	1	1	1	1	1
9	1.8	Материал ортотропной отражательной панели, тип					
10	1.9	Высотный тип спектральной съемки, тип	наземная	наземная	наземная	наземная	наземная
11	1.10	Зенитный угол съемки, град.	0	0	0	0	0
12	1.11	Азимутальный угол съемки, град.					
13	1.12	Высота съемки, м	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
14	1.13	Длина спектрометрируемой площадки, м	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262
15	1.14	Ширина спектрометрируемой площадки, м	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
16	1.15	GPS широта центра спектрометрируемой площадки, град.	51.5405	51.542166	51.540166	51.538666	51.542333
17	1.16	GPS долгота центра спектрометрируемой площадки, град.	36.086	36.096833	36.0975	36.086833	36.080166
18	1.17	GPS высота центра спектрометрируемой площадки н. у. м., м	240	240	240	240	240
19	5.1	Температура воздуха, град. С	26	20	20	25	26
20	5.2	Скорость ветра, м/с	6,5	4	2,5	3,5	3,5
21	5.3	Направление ветра, румб	ЮЗ	ЮЗ	С	С	ЮЗ
22	5.4	Облачность, балл (0-10)	3	10	10	3	2
23	5.5	Форма облаков, тип	Слоистые	Сплошные	Сплошные	Кучевые	Кучевые

Рис. 5. Фрагмент листа Data журнала полевых исследований на Курском контрольно-калибровочном полигоне

Лист Author представляет собой форму для описания исполнителей данного исследования. На листе Help размещена краткая инструкция по заполнению листа Meta.

Подготовка журнала полевых исследований для загрузки в базу может создать дополнительные трудности для исполнителя, привыкшего к собственному способу систематизации результатов полевых исследований. Однако предлагаемый метод теоретически не хуже прочих и имеет то преимущество, что систематизированные в форме журнала полевых исследований данные могут быть непосредственно загружены в БСЭ (рис. 6).

Загрузка файла журнала полевых исследований

Файл журнала (*.xls / *.xlsx / *.csv / *.xml) Файл не выбран
☐ Режим редактирования (удаление и перезагрузка всех журнальных записей и файлов)

Загрузка сопутствующих файлов спектрометрии

Файлы спектральных данных (не более 20-ти за раз) Файл не выбран

Загрузка сопутствующих файлов фотоизображений

Файлы изображений (*.jpg / *.png / *.gif / *.bmp не более 20-ти за раз) Файл не выбран

Рис. 6. Интерфейс загрузки журнала и сопутствующих файлов с исходными данными полевых исследований в БСЭ

Выборка СЭ из БСЭ

Не будет преувеличением сказать, что базы данных создаются для выборки нужной информации из всего объёма хранимых записей. Выборка производится созданием и исполнением поисковых запросов. Пользовательский интерфейс должен обеспечить создание таких запросов, посредством которых можно извлечь из базы любую запись, не выводя из неё весь список записей целиком.

В БСЭ решение этой задачи реализовано в виде формы построения поисковых запросов, включающих все атрибуты с учётом возможного диапазона значений по каждому из них (рис. 7).

Выборка, Просмотр и Получение данных

Параметры спектральных измерений

Метапараметры произведённых спектральных замеров

Минимальная граница волнового диапазона, нм

Максимальная граница волнового диапазона, нм

Количество волновых каналов, число от до

Ландшафтно-географические координаты объекта спектрометрии

Административно территориальные координаты объекта спектрометрии

Метеорологическая обстановка спектральной съемки

Фитоценоз

Фитометрические показатели

Характеристика почвенного покрова

Рыхлые отложения

Петрология

Получить выборку

Рис. 7. Окно с формой создания поискового запроса для выборки СЭ из БСЭ

В формировании поискового запроса участвуют все зарегистрированные в базе переменные. Для создания исполняемого запроса должны быть выбраны значения хотя бы по одной из переменных. На рис. 7 с целью иллюстрации показан развёрнутый список переменных, отнесённых к категории «Метапараметры произведённых спектральных замеров». Наименования переменных сопровождаются обозначением их размерности.

Все показанные на рис. 7 категории и переменные выводятся только потому, что они ранее были загружены в эту реплику базы её пользователями. В БСЭ, установленной и используемой другой организацией и другими пользователями, зарегистрированные категории и переменные могут отличаться от показанных на рис. 7.

После формирования запроса и нажатия кнопки «Получить выборку» пользователю выводится окно с отобранными записями (рис. 8, см. с. 62).

Отмеченные пользователем СЭ выгружаются на его компьютер в виде файлового zip-архива. Перед выгрузкой файла можно просмотреть его содержимое в сжатом виде.

Спектральные данные в окне просмотра выводятся не в виде таблицы, как в файле СЭ, а в форме спектральной кривой. Кроме того, показывается ограниченный список значений переменных. Пример окна просмотра можно увидеть на рис. 9 (см. с. 62).

<< Выборка данных ?

Задание на преобразование спектрального разрешения выгружаемых данных

№ п/п; Нижняя граница, нм; Верхняя граница, нм; Спектральное разрешение, нм	Выбор приборного разрешения
____	В формате хранения ▼

Всего отобрано 11 записей

№ п/п	Имя площадки	Просмотр	Вставить фото	Выгрузка
1	ячмень (посевы)		☐	☐
2	ячмень (посевы)		☐	☐
3	ячмень (посевы)		☐	☐
4	ячмень (посевы)		☐	☐
5	пшеница (посевы)		☐	☐

Выгрузить отмеченные

< Листать >

Рис. 8. Окно с результатами выборки

Ответственный исполнитель: Малышев Вячеслав Борисович vmalyshev@list.ru ИГ РАН

Соисполнитель: Озеров Николай Сергеевич nashadr@yandex.ru ИГ РАН

Ссылка на публикацию: Данные не опубликованы

Административные координаты: Российская Федерация, Центральный федеральный округ, Курская область, Медвенский район

Физико-географическая провинция: Восточно-Европейская.

Тектоника и макрорельеф: Равнинный ландшафт платформенных плит.

Климат: Суббореальный умеренно континентальный.

Тип растительного покрова: Лесостепные.

Морфогенезис: Лессовые аккумулятивно-денудационные.

Вид ландшафта: Равнины крупногрядовые, с многочисленными балками и прямолинейными оврагами, промоинами, междовых байрачных лесов и разнотравно-злаковых лугов.

Дата: 16.06.2015 10:15:55 Географические координаты: N = 51.5405° E = 36.086° Высота н.у.м. = 240 м

Спектрометр: ФСС-М1 Тип съемки: наземная; Высота съемки: 1.5 м Площадь съемки: 0.5 x 0.5 м

ячмень (посевы)

Спектральная кривая

Рис. 9. Верхний фрагмент окна с содержимым просматриваемой записи

Заключение

Таким образом, программный комплекс БСЭ предназначен:

- 1) для коллективного создания научным сообществом и развёртывания в узлах сети интернет децентрализованной, приватно и публично доступной, распределённой Базы спектральных эталонов географических объектов земной поверхности;

- 2) создания стандартизованных данных в форме спектральных эталонов путём преобразования в единый, универсальный стандарт представления загружаемых в базу исходных данных, полученных разными исследователями, с использованием различной аппаратуры в процессе наземной, авиационной и космической спектральной съёмки природных объектов земной поверхности;
- 3) хранения стандартизованных данных в форме, пригодной для их автоматического отбора по существенным признакам (выборка данных);
- 4) информационного обмена по сетевым каналам связи (выгрузка отобранных СЭ на удалённый компьютер пользователя).

Программный комплекс целиком реализован на свободно распространяемых программных пакетах и языках программирования, основу которых составляют веб-сервер Apache, PHP, СУБД MySQL и JavaScript. Все данные, подлежащие хранению, имеют табличную форму представления в используемой СУБД MySQL.

Программный комплекс обладает клиент-серверной архитектурой и является многопользовательской, многопоточной системой с возможностью доступа пользователей к интерфейсу системы по интернету или ЛВС, т.е. множество пользователей могут одновременно вносить, изменять, выбирать просматривать и выгружать данные в соответствии с назначенными правами доступа.

В отличие от централизованных баз данных установленное сетевое хранилище спектральных эталонов в виде программного комплекса БСЭ не требует значительных вычислительных ресурсов и характеризуется минимальной стоимостью владения.

Информационная безопасность программного комплекса обеспечивается встроенной криптографической защитой хранимых и пересылаемых данных. Доступ зарегистрированных пользователей к интерфейсу осуществляется с использованием аутентификации по логину и паролю.

Для научной общественности возможен свободный доступ (поиск, просмотр, скачивание) к той части данных, которые перешли в разряд опубликованных. Для регистрируемых пользователей, входящих в состав создаваемых тематических рабочих групп, дополнительно может быть открыт доступ и к неопубликованным данным на основе соблюдения определённых внутригрупповых договорённостей. Полный функционал, включающий загрузку и модификацию данных, доступен только регистрируемым участникам конкретных проектов, использующим базу в качестве одного из инструментов для решения собственных научных и практических задач.

Инсталляционный пакет программной оболочки БСЭ с документацией и образцами загружаемых в базу исходных данных в форме iso-образа компакт-диска может быть получен всеми заинтересованными организациями по заявке, направляемой в дирекцию Института географии РАН.

База спектральных эталонов, установленная в Институте географии РАН, размещена по адресу: <http://spectral.igras.ru>.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № АААА-А19-119022190168-8.

Литература

1. Григорьева О. В., Чапурский Л. И. Проблемы создания и информационного наполнения базы данных по коэффициентам спектральной яркости объектов наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 18–25.
2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. 1328 с.
3. Ландшафтная карта СССР / отв. ред. И. С. Гудилин. М.: М-во геологии СССР, Гидроспецгеология, 1980. Масштаб 1:2 500 000.
4. Легенда к ландшафтной карте СССР масштаба 1:2 500 000 / отв. ред. И. С. Гудилин. М.: М-во геологии СССР, Гидроспецгеология, 1987. 339 с.

5. Малышев В. Б., Фомин Б. Н. Программный комплекс для создания базы спектральных эталонов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619344. Рег. 03.08.2018.
6. Саидов А. Г. Структура реляционной БД КСЯ основных типов ландшафта и ее программное обеспечение на базе ГИС // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 70–74.
7. Сушкевич Т. А., Стрелков С. А., Максакова С. В., Козодеров В. В., Фомин Б. А., Волкович А. Н., Гаврилович А. Б., Дмитриев Е. В., Краснокутская Л. Д., Устюгов С. Д., Шари В. П., Фалалеева В. А., Григорьева П. П., Куликов А. К. Перенос излучения в природных и искусственных средах и супервычисления // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ 2011): сб. тр. международной научной конф. Москва, 28 марта – 1 апреля 2011. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. С. 634–639.
8. Arafat S. M., Farg E., Shokr M., Al-Kzaz G. Internet-Based Spectral Database for Different Land Covers in Egypt // *Advances in Remote Sensing*. 2013. No. 2. P. 85–92. URL: <http://dx.doi.org/10.4236/ars.2013.22012>.
9. Baldridge A. M., Hook S. J., Grove C. I., Rivera G. The ASTER spectral library version 2.0 // *Remote Sensing of Environment*. 2009. No. 113. P. 711–715.
10. Hueni A., Nieve J., Schopfer J., Kneubuhler M., Itten K. I. The spectral database SPECCHIO for improved long-term usability and data sharing // *Computers and Geosciences*. 2009. No. 35. P. 557–565.
11. Kokaly R. F., Clark R. N., Swayze G. A., Livo K. E., Hoefen T. M., Pearson N. C., Wise R. A., Benzel W. M., Lowers H. A., Driscoll R. L., Klein A. J. USGS Spectral Library Version 7. U. S. Geological Survey Data Series. 2017. No. 1035. 61 p. URL: <https://doi.org/10.3133/ds1035>.
12. Manjunath K. R., Kumar A., Meenakshi M., Renu R., Uniyal S. K., Singh R. D., Ahuja P. S., Ray S. S., Panigrahy S. Developing Spectral Library of Major Plant Species of Western Himalayas Using Ground Observations // *J. Indian Society of Remote Sensing*. 2014. V. 42. Iss. 1. P. 201–216. URL: <https://doi.org/10.1007/s12524-013-0305-0>.

Decentralized database of spectral characteristics and parameters of Earth surface features

V. B. Malyshev, B. N. Fomin

Institute of Geography RAS, Moscow 119017, Russia
E-mails: vmalyshev@list.ru, bn-fomin@yandex.ru

The article introduces a computer solution based on a database of spectral references of the Earth surface features. Deployed publicly or privately via web applications, the solution is intended for collaborative use by the scientific community. The spectral references represent a standardized combination of spectral characteristics and attributes of surface features. This geographic data is very valuable for the evaluation of the state and properties of natural and man-made objects, using their spectral characteristics. In comparison to other known publicly available spectral libraries deployed on the Internet this solution offers a drastically different database model. The primary entity of this model is not a spectrum but rather a set of properties for a distinctive area of the Earth surface, which spectral characteristic is just one of its attributes. Thus, the information commonly contained in metadata is stored in the core object in the described solution. In addition, the database of spectral references supports an unlimited number of attributes. The database deployed at the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences can be found at <http://spectral.igras.ru>.

Keywords: decentralized database, spectral standards, substantive properties, earth surface, spectral image

Accepted: 20.03.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-53-65

References

1. Grigoreva O. V., Chapursky L. I., Problemy sozdaniya i informatsionnogo napolneniya bazy dannykh po koeffitsientam spektral'noi yarkosti ob"ektov nazemnykh ekosistem (The problems of creation and content of the database from the coefficients of the spectral brightness of the objects of terrestrial ecosystems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 18–25.
2. Date C. J., *Vvedenie v sistemy baz dannykh* (Introduction to Database Systems), Moscow: Vil'yams Publ., 2005, 1328 p.
3. *Landshaftnaya karta SSSR* (Landscape map of USSR), Moscow: Ministerstvo geologii SSSR, Gidrospektogeologiya, 1980, Scale 1:2 500 000.
4. *Legenda k landshaftnoi karte SSSR masshtaba 1:2 500 000* (The legend of the landscape map of USSR scale 1:2 500 000), Moscow: Ministerstvo geologii SSSR, Gidrospektogeologiya, 1987, 339 p.
5. Malyshev V. B., Fomin B. N., *Programmnyi kompleks dlya sozdaniya bazy spektral'nykh etalonov* (Software package for creating a database of spectral standards), Certificate of state registration of software No. 2018619344 (RU), Reg. 03.08.2018.
6. Saidov A. G., Struktura relyatsionnoi BD KSYa osnovnykh tipov landshafta i ee programmnoe obespechenie na baze GIS (The structure of a relational database of SRC main types of landscape and its software-based GIS), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 70–74.
7. Sushkevich T. A., Strelkov S. A., Maksakova S. V., Kozoderov V. V., Fomin B. A., Volkovich A. N., Gavrilovich A. B., Dmitriev E. V., Krasnokutskaya L. D., Ustyugov S. D., Shari V. P., Falaleeva V. A., Grigoryeva P. P., Kulikov A. K., Perenos izlucheniya v prirodnykh i iskusstvennykh sredakh i supervychisleniya (Radiation transfer in natural and artificial environments and supercomputing), *Parallel'nye vychislitel'nye tekhnologii (PaVT 2011)* (Parallel computing technologies (PCT 2011), Proc. Intern. Scientific Conf., Moscow, Mar. 28 – Apr. 1, 2011, Chelyabinsk: Publishing Centre of SUSU, 2011, pp. 634–639.
8. Arafat S. M., Farg E., Shokr M., Al-Kzaz G., Internet-Based Spectral Database for Different Land Covers in Egypt, *Advances in Remote Sensing*, 2013, No. 2, pp. 85–92, available at: <http://dx.doi.org/10.4236/ars.2013.22012>.
9. Baldridge A. M., Hook S. J., Grove C. I., Rivera G., The ASTER spectral library version 2.0, *Remote Sensing of Environment*, 2009, No. 113, pp. 711–715.
10. Hueni A., Nieke J., Schopfer J., Kneubuhler M., Itten K. I., The spectral database SPECCHIO for improved long-term usability and data sharing, *Computers and Geosciences*, 2009, No. 35, pp. 557–565.
11. Kokaly R. F., Clark R. N., Swayze G. A., Livo K. E., Hoefen T. M., Pearson N. C., Wise R. A., Benzel W. M., Lowers H. A., Driscoll R. L., Klein A. J., *USGS Spectral Library Version 7*, U.S. Geological Survey Data Series, 2017, No. 1035, 61 p., available at: <https://doi.org/10.3133/ds1035>.
12. Manjunath K. R., Kumar A., Meenakshi M., Renu R., Uniyal S. K., Singh R. D., Ahuja P. S., Ray S. S., Panigrahy S., Developing Spectral Library of Major Plant Species of Western Himalayas Using Ground Observations, *J. Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 42, Issue 1, 2014, pp. 201–216, available at: <https://doi.org/10.1007/s12524-013-0305-0>.