

6. Севбо В., Орлов А., Лошаков А. Многопроцессорный вычислительный комплекс для задач «жесткого» реального времени // Современные технологии автоматизации. – 2007. – № 3. – С. 32–38.
7. Жаринов О.О., Видин Б.В., Шек-Иовсепянц Р.А. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 4 (68). – С. 21–27.

Книга Екатерина Викторовна – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, ekovinskaya@gmail.com

Жаринов Игорь Олегович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», доктор технических наук, доцент, руководитель учебно-научного центра, igor_rabota@pisem.net

Богданов Андрей Викторович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», начальник отдела, andrew_bogdanov@rambler.ru

Виноградов Петр Сергеевич – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», зам. начальника научно-исследовательского центра, vinogradov@elavt.spb.ru

УДК 623.64:623.74

РЕАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНДИКАЦИОННОГО КАДРА В БОРТОВЫХ СИСТЕМАХ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

П.П. Парамонов, П.В. Коновалов, И.О. Жаринов, Ю.А. Кирсанова, С.Б. Уткин

Рассматривается структура данных, используемых при построении индикационного кадра, выводимого на экран бортовой системы картографической информации.

Ключевые слова: навигация, картография, бортовые системы.

Наличие на борту самолета системы, предоставляющей экипажу доступ к геопространственным данным, позволяет повысить эффективность управления и точность навигации летательного аппарата [1]. Человеку привычно восприятие информации в виде образов, поэтому картографическая информация, представленная на средствах бортовой индикации в форме структурированного графического изображения, позволяет также уменьшить утомляемость летного состава и увеличить безопасность перелетов. Пример отображения картографической информации на средствах бортовой индикации представлен на рис. 1.

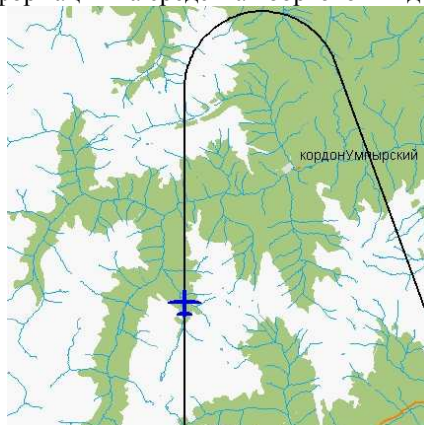


Рис. 1. Фрагмент отображаемой на средствах индикации картографической информации с отмеченным маршрутом полета

Визуализация картографической информации является ресурсоемким процессом [2]. Несмотря на непрерывный рост производительности вычислительных средств, на данный момент внедрение геопространственных данных для решения задач навигации и пилотирования в полной мере на борту летательных аппаратов не реализовано. В этой связи актуальной является задача разработки специализированной структуры данных, используемой в программном обеспечении формирования и вывода геопространственных данных на средства бортовой индикации.

Геопространственные данные представляют собой цифровой массив данных, включающий метаданные и картографические модели. Метаданные содержат справочную пространственную информацию. Картографические модели включают:

- модель местности, представляющую собой векторизованные данные об объектах местности;
- модель рельефа, содержащую данные о неровностях земной поверхности в матричном виде;
- модель обстановки, содержащую векторизованные данные об объектах навигационной и тактической обстановки в районе полетов.

Метаданные содержат следующую информацию: идентификационную информацию *array_id*; контрольную информацию *array_size*; данные *scale_index* об источнике картографической информации, используемой для построения моделей; параметры картографической проекции *plane_arguments*[]; пара-

метры системы координат $plane_X$, $plane_Y$, $pixel_size$ и адресную информацию $data_adress[]$. Структура метаданных в синтаксисе языка С имеет вид:

```
{ array_id, array_size, scale_index, plane_arguments[], plane_X, plane_Y, pixel_size, data_adress[] }.
```

Модель местности включает в себя: классификационные данные, метрические данные, семантические данные. Классификационные данные включают в себя указатели на свойства объектов, которые определяют их отношение к одному из следующих элементов картографической информации: гидрография и гидротехнические сооружения; дорожная сеть и дорожные сооружения; населенные пункты; растительный покров и грунты; рельеф суши; промышленные объекты; социально-культурные объекты; границы, ограждения. Структура модели местности в синтаксисе языка С имеет вид:

```
{ model_id, model_size, metric_descriptors[], semantic_descriptors[], placement_descriptors[] },
```

где $model_id$, $model_size$ – справочные данные о модели; $metric_descriptors[]$ – таблица адресов, указывающих на место хранения метрической информации; $semantic_descriptors[]$ – таблица адресов, указывающих на место хранения семантических данных; $placement_descriptors[]$ – таблица адресов, указывающих на информацию о расположении объектов модели местности.

Метрические данные представляют собой координаты объектов. В зависимости от форм и размеров объектов в масштабе представления геопространственных данных различают следующие виды объектов местности:

- площадной объект, метрика которого включает последовательность координат, описывающих положение границ объекта;
- линейный объект, метрика которого включает последовательность координат, описывающих положение осевой линии объекта;
- векторный объект, метрика которого включает координаты двух точек, первая из которых указывает на местоположение центра объекта, а вторая — на точку конца вектора, проведенного из центра и определяющего ориентацию объекта относительно сторон света;
- точечный объект, метрика которого включает координаты, указывающие на местоположение центра объекта в отображаемом фрагменте карты.

Структура метрических данных в синтаксисе языка С имеет вид:

```
{ object_id, object_key, visualization_parameters[], object_color, object_primitives[] },
```

где $object_id$, $object_key$ – идентификационная информация о метрическом объекте; $visualization_parameters[]$ – параметры визуализации объекта (атрибуты отображения); $object_color$ – цвет, используемый для отображения объекта на средствах индикации; $object_primitives[]$ – графические примитивы (линии, знаки, дуги, окружности, специальные символы и пр. [3]), используемые для построения объекта.

Семантические данные представляют собой данные, специфичные для отдельных типов объектов (названия объектов, высоты препятствий, значения магнитных склонений поля Земли и т.п.).

Модель рельефа относится к пространственным моделям, представляемым в растровом виде, и содержит массив данных высот рельефа в зоне полета летательного аппарата. Данные по высотам рельефа представляют собой набор значений, характеризующих максимальные превышения высот поверхности земли над определенным уровнем в пределах заданной области полета летательного аппарата. Модель рельефа в синтаксисе языка С имеет вид:

```
{ model_id, model_size, relief_descriptors[] },
```

где $model_id$, $model_size$ – идентификационная и справочная информация; $relief_descriptors[]$ – таблица адресов, указывающих на место хранения данных о рельефе местности в массиве геопространственных данных. *Модель обстановки* имеет структуру, аналогичную структуре модели местности, и отличается от нее только типом хранимой информации (навигационная и тактическая обстановка в зоне полета).

Для обработки геопространственной информации в бортовых системах картографической информации используется условная система координат и послойное представление моделей [4]. Послойное представление определяет способ хранения геопространственных данных, при котором в пределах каждого слоя отображается только часть общей информации. Принцип послойного представления данных показан на рис. 2. Из анализа рис. 2 следует, что Слой 1 содержит часть семантических данных модели местности, сообщающих пилоту названия населенных пунктов в зоне полета. Слой 2 содержит метрические данные модели местности, представляющие карту мира в заданном масштабе. Полученный в результате совмещения слоев информационный кадр дает представление о взаимном расположении геоинформационных объектов. Такое представление дает возможность при изменении тактической обстановки перерисовывать только отдельные слои карты, снижая вычислительные затраты на обработку геопространственной информации при выводе.

Для отображения геопространственных данных на основе введенных структур данных используются следующие принципы формирования изображений на бортовых средствах индикации:

- поточное чтение метрических данных с селекцией видов отображаемых в каждом слое данных;

- формирование списка данных, подлежащих отображению, на основе анализа семантической информации объектов, попадающих в кадр индикации и масштаба представления геопространственных данных;
- идентификация объектов по заданным координатам, определение свойств объектов и их семантических параметров;
- определение метрических данных, семантических параметров и свойств объекта по заданной идентификационной информации.

Описанная структура данных реализована в составе вычислительного модуля, входящего в состав бортовой системы картографической информации, разработанной в ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова».

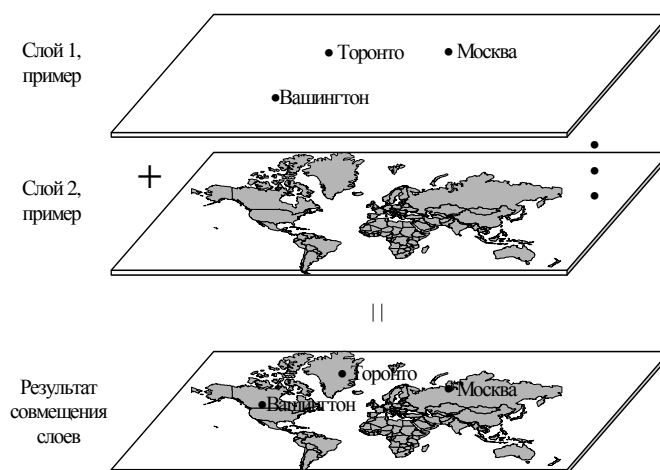


Рис. 2. Послойное формирования описания картографической информации

1. Жаринов И.О., Жаринов О.О. Бортовые системы картографической информации. Принципы построения геоинформационных ресурсов: Учеб. пособие. – СПб: ГУ ИТМО, 2008. – 40 с. [[Содержание](#)]
2. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О. Теория и практика статистического анализа картографических изображений в системах навигации пилотируемых летательных аппаратов // Датчики и системы. – 2001. – № 8. – С. 15–19. [[Текст статьи](#)]
3. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О., Тарасов П.Ю. Структурный анализ и синтез графических изображений на экранах современных средств бортовой индикации на плоских жидкокристаллических панелях // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. – № 5. – С. 50–57. [[Текст статьи](#)]
4. Копорский Н.С., Видин Б.В., Жаринов И.О. Система бортовой картографической информации пилотируемых летательных аппаратов. Основные принципы построения // Сб. трудов 10-й международной конференции «Теория и технология программирования и защиты информации». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – С. 18–23. [[Текст статьи](#)]

Парамонов Павел Павлович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», доктор технических наук, профессор, генеральный директор, postmaster@elavt.spb.ru

Коновалов Павел Викторович – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, olkesomewhere@gmail.com

Жаринов Игорь Олегович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», доктор технических наук, доцент, руководитель учебно-научного центра, igor_rabota@pisem.net

Кирсанова Юлия Александровна – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», начальник отдела, juliakirsan@yandex.ru

Уткин Сергей Борисович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», начальник сектора, ser33duck@mail.ru