

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 528.9:681.3.06

С.В. Абламейко, А.Н. Крючков

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ  
ЦИФРОВЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ

*Рассмотрены разработанные методы и технологии автоматизированного создания и обновления цифровых и электронных карт. Технологии разработаны на основе концепции объектно-ориентированной структуризации картографической информации, обеспечивающей высокий унифицированный уровень запросов к банку цифровых картографических данных, независимости цифрового описания объектов местности от методов получения и вида исходной информации.*

**Введение**

Информационной основой географических информационных систем (ГИС) является цифровая информация о местности (ЦИМ), содержащая растровые и векторные данные, таблицы с атрибутивными данными и представленная в виде различных цифровых моделей местности. Цифровая информация о местности в ГИС используется в виде электронных карт местности (ЭКМ), основой которых служат цифровые карты местности (ЦКМ). Понятие «цифровая карта местности» – это понятие единицы хранения картографической базы данных, что следует из определения: «Цифровая карта местности – цифровая модель земной поверхности или ее элементов, отражающих пространственную определенность и структурную подробность объектов местности, сформированная в цифровой форме в принятой для карты проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая карте определенного масштаба» [1-3].

Таким образом, основными требованиями к ЦИМ являются ее точность, актуальность и информационная полнота, которые, как правило, обеспечивают реализацию пользовательских запросов для формирования картографических изображений различного назначения и решения информационно-аналитических задач.

В отличие от ЦКМ, электронная карта местности является понятием пользовательского представления цифровой карты, что также вытекает из определения: «Электронная карта местности – цифровая карта, подготовленная для визуального отображения объектов местности в установленной системе условных знаков на устройствах графического документирования» [1, 2]. Для электронной карты, кроме требований, присущих ЦКМ, основным становится требование «читаемости» карты на экране монитора или экране коллективного пользования.

Исходными материалами для создания цифровых карт местности служат топографические и специальные карты и планы, аэрокосмоснимки, различные справочные материалы и другие источники. В настоящее время в мире разработано достаточно много систем цифрования карт. Большинство из существующих систем основываются на использовании сканеров и автоматической или интерактивной векторизации карт. Обзор зарубежных систем и методов цифрования и векторизации карт наиболее полно показан в работах [4-6]. В России в настоящее время цифровые и электронные карты в основном изготавливаются по технологии системы «Типаж-М» (ядро системы ГИС «Панорама») [7].

В данной статье рассмотрены разработанные в Объединенном институте проблем информатики Национальной академии наук Беларуси (ОИПИ НАН Беларуси) методы и технологии создания и обновления цифровой информации о местности. Технологии разработаны на основе концепции объектно-ориентированной структуризации картографической информации, обеспечивающей высокий унифицированный уровень запросов к банку цифровых картографи-

ческих данных и независимости цифрового описания объектов местности от методов получения и вида исходной информации.

## 1. Технология создания цифровых карт местности

Технология основана на смешанной обработке растровых и векторных изображений с использованием ручных и сканерных средств ввода и обеспечивает полный технологический цикл получения ЦКИ с заданной производительностью, точностью и достоверностью. Технология реализована в виде двух программно-информационных комплексов: комплекса ручной дигитализации карт и планов и комплекса сканерного ввода и растровой обработки картографических изображений [1].

Ручной ввод – наиболее простой и дешевый способ оцифровки материалов, но требует большого напряжения человека-оператора при цифровании больших и сложных исходных материалов, что приводит к снижению точности ввода и появлению ошибок в цифровых данных. Данный способ не предъявляет особых требований к качеству исходного материала, однако требуется предварительная подготовка материала, на которую практически затрачивается время, соизмеримое со временем собственно цифрования карт и планов.

Комплекс ручной дигитализации поддерживает работу с дигитайзерами как отечественного, так и зарубежного производства, но в основном ориентирован на дигитайзеры разработки ОИПИ НАН Беларуси. По своим точностным и надежностным параметрам они не уступают зарубежным аналогам. Это дигитайзеры различного формата для ввода данных как с обычных материалов (бумажных или пластиковых), так и с исходных материалов, наклеенных, например, на алюминиевую или картонную основу. В настоящее время завершены работы по созданию гибридных средств ввода, основанных на методах ручного и сканерного ввода данных [8].

Сканерный ввод обладает большой точностью и скоростью цифрования, однако требует более сложного программного обеспечения. Разработанная технология растровой обработки картографических изображений основана на методах автоматического формирования векторного представления и частичной автоматической классификации объектов изображения, а также унификации обработки черно-белых и цветных картографических изображений за счет использования единой технологической схемы, что достигается путем цветоделения исходного цветного изображения на первом этапе обработки картографической информации.

Технология растровой обработки включает следующие основные процедуры, реализованные в виде отдельных независимых модулей.

1. Ввод и предварительная обработка растровой информации. В качестве устройств ввода может использоваться любой сканер с выходным форматом РСХ или TIFF. Средства предварительной обработки растровой информации включают такие операции, как улучшение качества изображения, цветоделение, сшивка растровых фрагментов, согласование систем координат различных слоев изображения и др.

Основной операцией данного модуля является операция цветоделения растрового картографического изображения. При вводе черно-белых изображений данная операция не используется. В ранних версиях автоматизированных картографических систем (АКС), разработанных в Институте технической кибернетики Национальной академии наук Беларуси для ввода карт, использовался цветной сканер РАСТР-Ц, где цветоделение было реализовано на микропрограммном уровне и обеспечивало выделение семи цветов за один проход сканирующей головки [6]. В настоящее время в технологии используются методы, реализованные на программном уровне, обеспечивающие цветоделение с высоким качеством (рис. 1).

2. Предварительное структурирование и формирование векторного описания картографического изображения. В данный модуль входят операции растр-векторного преобразования; создания векторного топологического описания изображения на основе понятий «контур», «сегмент», «узел», «точка»; формирования пространственно-логических связей (ПЛС) типа «входимость» для внутренних контуров; формирования габаритных рамок объектов; редактирования линейно-контурного описания объектов изображения и др.

Основной операцией данного модуля является формирование векторного описания картографического изображения. Комплекс векторизации, разработанный в ОИПИ НАН Беларуси,

предназначен для векторизации картографических изображений больших размеров на персональных ЭВМ [9, 10]. В его основе лежит метод просмотра изображения полосой строк и выполнения всех операций обработки изображения внутри данной полосы.

Разработана специальная технологическая схема, которая позволила реализовать все алгоритмы векторизации с высокой скоростью и хорошим качеством обработки изображений. На рис. 2 показаны векторные изображения отдельных картографических слоев, полученных по растровым цветоделенным изображениям.

Исходные растровые и полученные наборы векторного описания картографических изображений являются входными данными для модуля автоматизированной структуризации.

3. Автоматизированная структуризация картографического изображения. Сюда входят операции послыной обработки линейно-контурного описания изображения с использованием в качестве «фона» растрового изображения карты и формирования объектов цифровой модели местности (ЦММ) в понятиях и требованиях принятой системы классификации и кодирования картографической информации. В процессе обработки формируются метрическое и семантическое описание объектов, а также ПЛС и другие технологические признаки, обеспечивающие в дальнейшем быстрый доступ к объектам ЦММ.

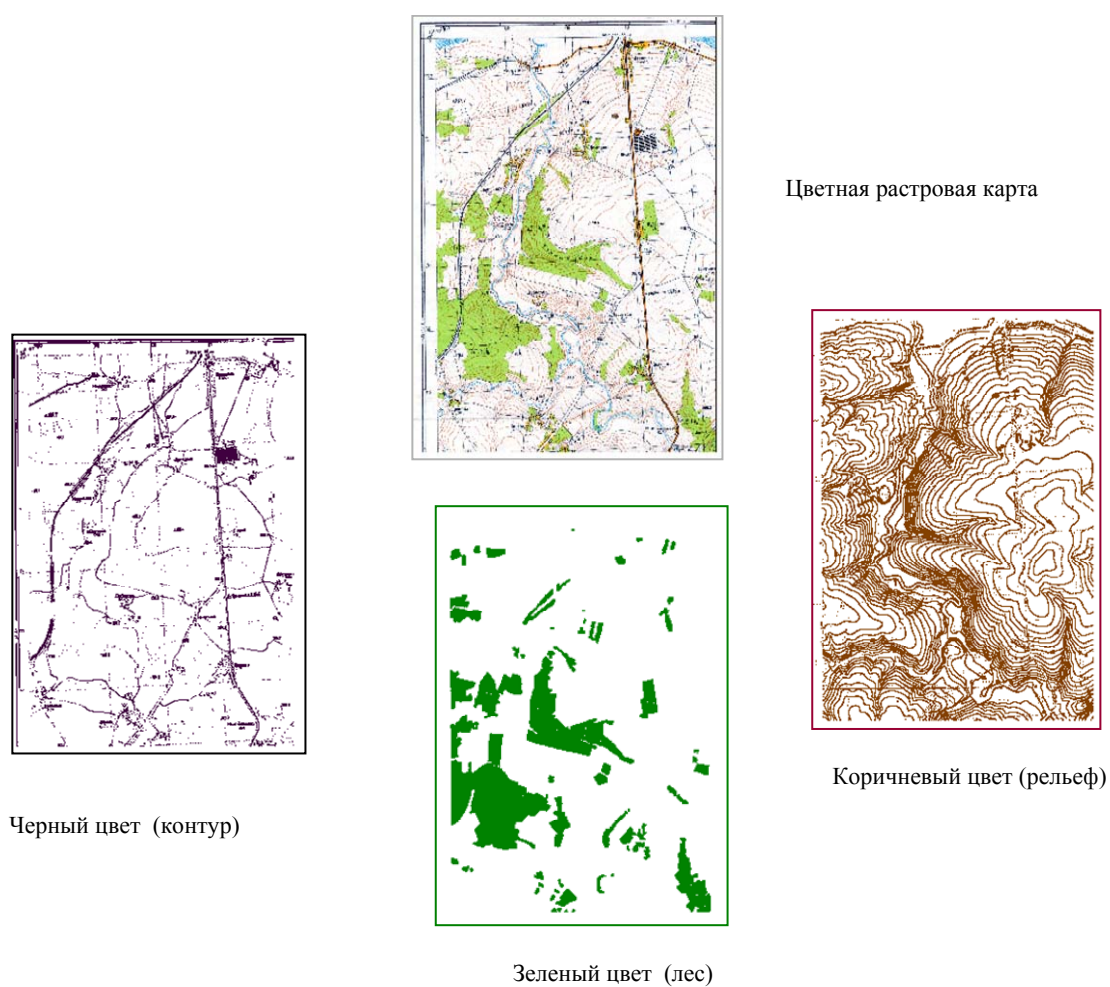


Рис. 1. Результат автоматической операции цветоделения  
цветного изображения карты

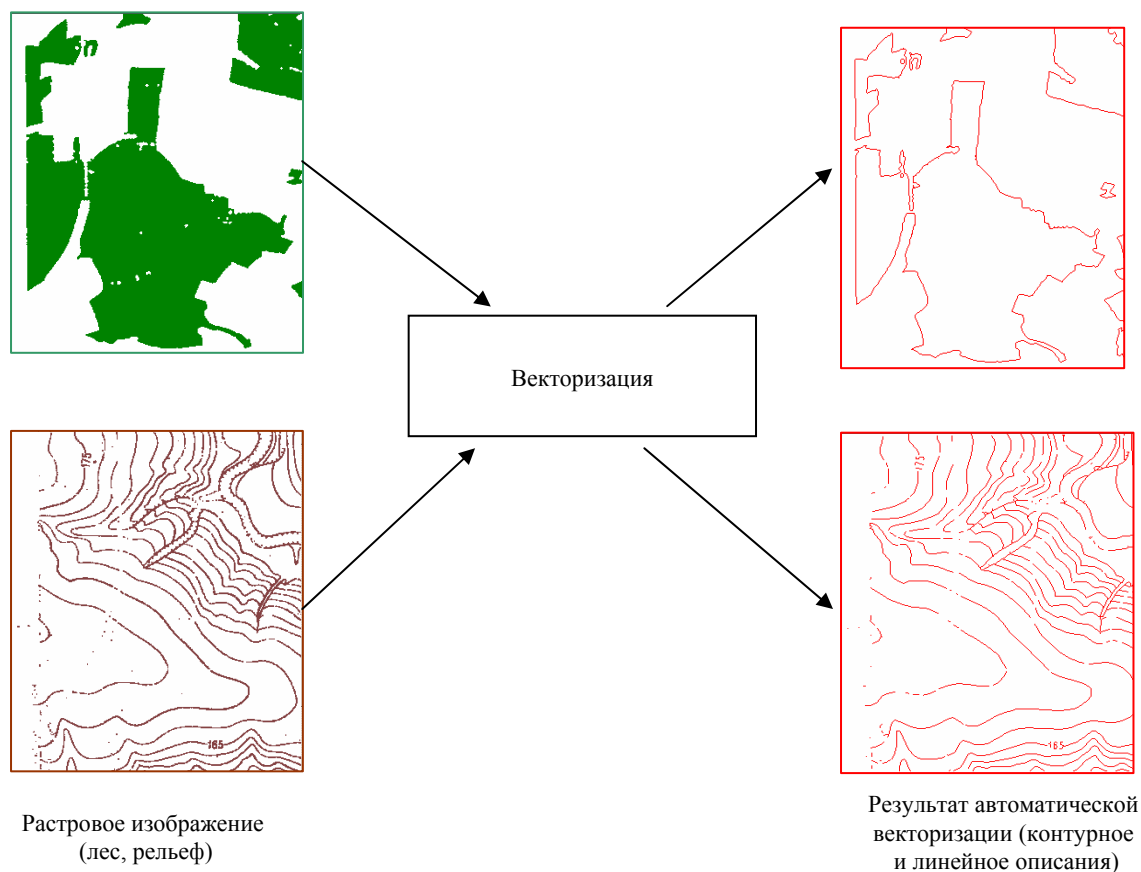


Рис. 2. Пример автоматической векторизации изображений растительного покрова и рельефа

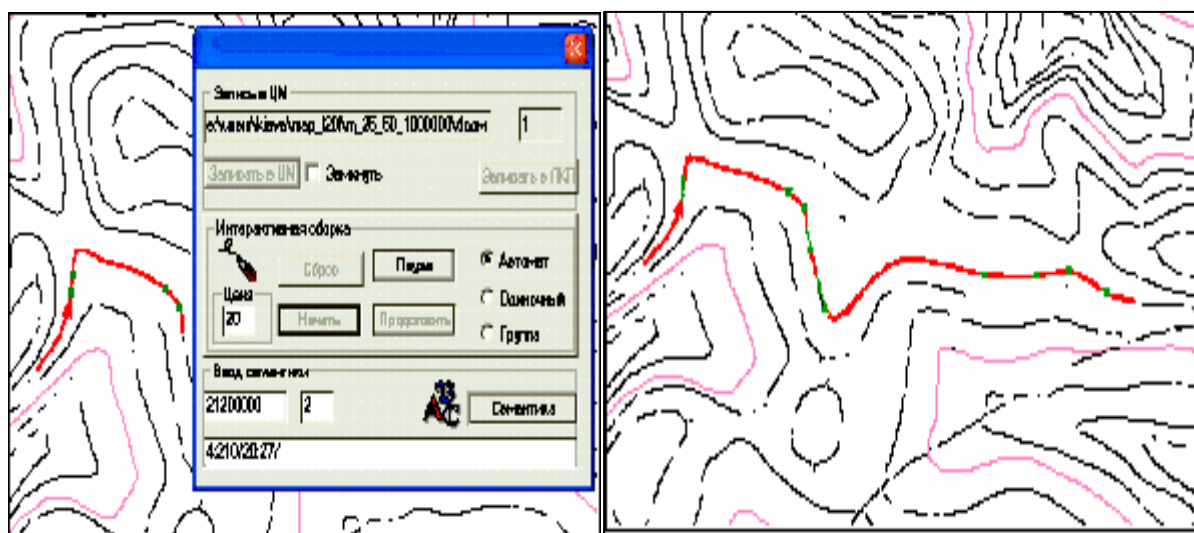


Рис. 3. Пример автоматизированной структуризации рельефа

Структуризация картографического изображения основана на автоматической сборке объектов местности по линейно-контурному описанию в соответствии с правилами цифрового описания объектов (рис. 3) [11]. Разработанная технология автоматической структуризации

картографических изображений обеспечивает высокую производительность создания ЦИМ с заданной точностью и информативностью.

4. Автоматический контроль ЦКМ. В средства контроля включены операции структурного контроля, контроля корректности метрического и семантического описаний объектов, правильности присвоения высот горизонталям, правильности направления цифрования объектов и некоторые другие виды контроля. Средства контроля обеспечивают, если это возможно, автоматическую коррекцию ЦКМ. В противном случае формируется протокол ошибок, который затем обрабатывается картографическим редактором.

5. Редактирование ЦКМ. Операции редактирования выполняются с помощью специализированного картографического редактора, который включает в свой состав более 100 функций. Редактор является универсальным комплексом и используется не только в технологии создания цифровой информации о местности, но и в технологиях обновления ЦКМ и подготовки карт к изданию.

6. Формирование выходной структуры ЦКМ. Включают операции учета деформации исходного материала, фильтрации, сжатия, формирования различных служебных признаков.

7. Сервисная обработка ЦКМ. Сюда включены операции печати протоколов, слияния отдельных цифровых моделей в единую модель, получения символизированных и несимволизированных графических копий, построения матрицы высот рельефа и др.

Разработанная технология обеспечивает создание ЦКМ по всем масштабам и видам топографических и специальных карт. Разработанные программные комплексы создания ЦКМ реализованы под ОС Windows NT на языке C++. Время создания одной ЦКМ для карт шестой категории сложности составляет в среднем 120 ч.

## **2. Технология обновления ЦКМ по аэрокосмоснимкам**

Информация для обновления цифровых карт может поступать в цифровом виде с цифровых фотограмметрических систем (ЦФС), например «Realistic Map» (разработка ОАО «Пеленг», Минск), либо вводиться со снимков непосредственно.

С ЦФС информация поступает в виде растрового изображения в системе координат и разграфки обновленной карты, а также матрицы высот рельефа. В этом случае используются возможности картографического редактора, который обеспечивает привязку растрового изображения к векторной карте с последующим ее обновлением.

В случае обновления ЦКМ непосредственно со снимка (или ряда снимков) технология обеспечивает обновление линейных и контурных объектов. В этом случае технология включает следующие этапы [12]:

1. Предварительная обработка изображений. Данный модуль реализован на основе методов цифровой обработки изображений в части улучшения изображения, сшивки снимков, сегментации.

2. Координатная привязка и совмещение снимка с ЦКМ. Привязка осуществляется по опорным точкам с использованием методов полиномиальной аппроксимации, триангуляции и проективных преобразований (рис. 4).

3. Интерактивное дешифрирование и формирование массива изменений. Для тематического дешифрирования и анализа объектов изображения используются различные справочные данные, пространственно-логические связи объектов, эталоны типовых изображений местности.

4. Обновление ЦКМ по массиву изменений (рис. 5).

После обновления ЦКМ выполняются операции, которые реализованы в технологии создания ЦКИ, а именно: контроль обновленной ЦКМ, редактирование, формирование выходных структур, выполнение сервисных операций.

Программные комплексы, реализующие технологию обновления ЦКМ, разработаны под ОС Windows NT на языке C++.

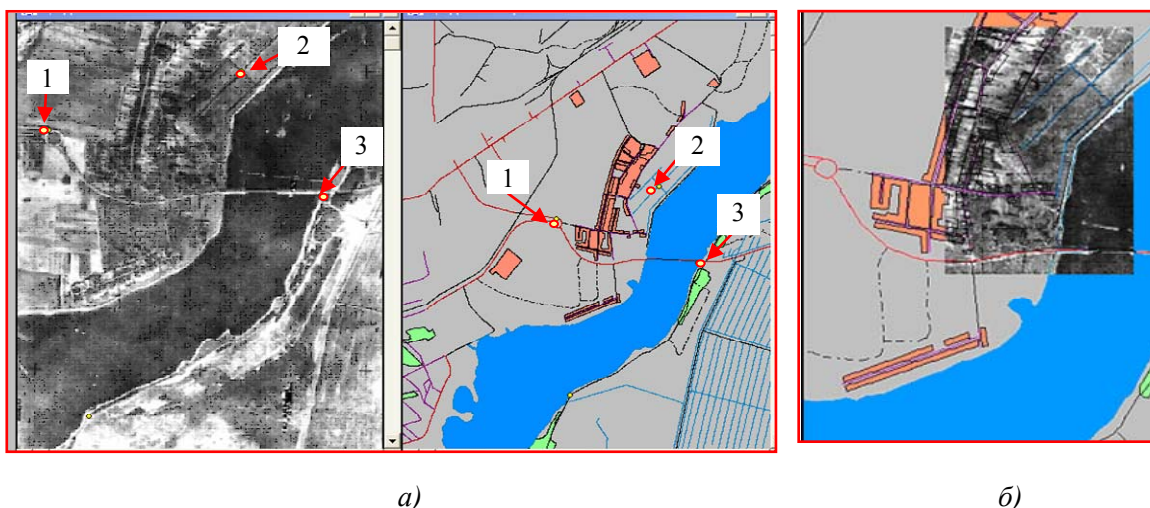
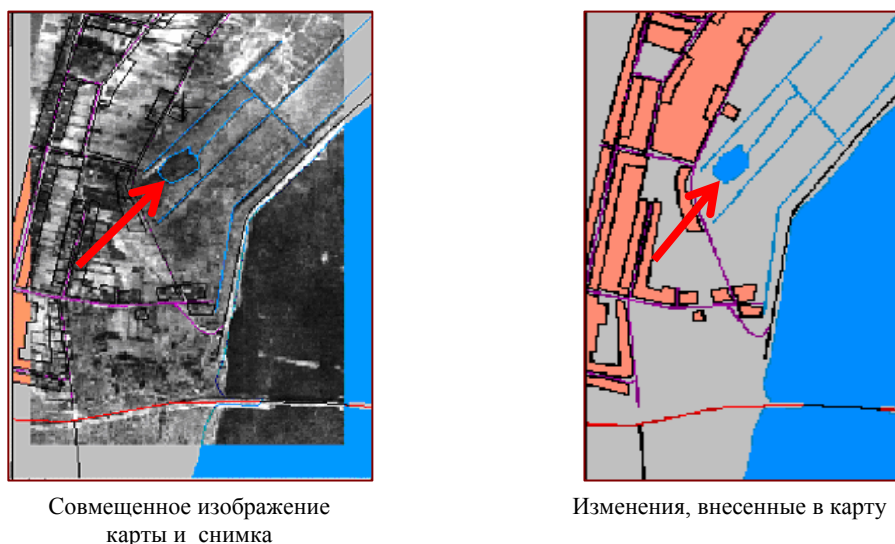


Рис. 4. Координатная привязка снимка к ЦКМ по опорным точкам:  
 а) ввод опорных точек; б) совмещенное изображение карты и снимка



Совмещенное изображение  
 карты и снимка

Изменения, внесенные в карту

Рис. 5. Внесение изменений в ЦКМ

### 3. Технология формирования ЭКМ

Система ЭКМ базируется на трех основных компонентах: цифровой карте, средствах визуализации электронной карты и средствах подготовки ЭКМ. ЦКМ служат основой для формирования ЭКМ, которые должны отвечать следующим требованиям:

- изображаться в унифицированной системе условных знаков;
- иметь такую нагрузку, графическое и цветовое оформление, которые позволяли бы дополнительно отображать на них тематическую информацию;
- достоверно, с соответствующей ЦКМ точностью и полнотой, отображать современное состояние местности, ее типичные черты и особенности;
- быть наглядными и удобочитаемыми, позволять быстро оценивать местность и ориентироваться на ней;
- обеспечивать оперативное отображение на экране дисплея электронной карты и ее фрагментов в широком диапазоне значений масштаба;

- метрические описания объектов ЭКМ должны быть согласованы между собой, смежные листы карт каждого масштаба должны быть сведены по всем элементам их содержания;

- обеспечивать с соответствующей масштабу точностью возможность автоматического определения прямоугольных и геодезических координат, качественных и количественных характеристик объектов, а также возможность выполнения других картометрических и расчетно-статистических операций.

В ОИПИ НАН Беларуси разработана технология формирования ЭКМ с учетом указанных выше требований как на отдельные номенклатурные листы карт и планов, так и на произвольные регионы, состоящие из множества номенклатурных листов. Разработанная технология включает средства:

- создания произвольного региона из отдельных цифровых карт методом их сшивки по метрическим и семантическим признакам;

- отбора объектов по заданным семантическим или статистическим критериям;

- формирования картографических и тематических слоев, а также ранжирования объектов по приоритетам вывода;

- частичного редактирования ЭКМ в части маскирования отдельных объектов или классов, а также размещения подписей.

Следует особо отметить, что для многих задач необходимы ЭКМ, которые по своей объектовой нагрузке несколько отличаются от цифровых карт. На ЭКМ полностью показываются только определенные объекты местности, другие объекты или вообще отсутствуют, или вводятся с меньшей детальностью. Это позволяет, удалив второстепенные объекты для данной задачи, повысить читаемость ЭКМ.

Средства визуализации обеспечивают возможность выбора и изменения палитры цветных заливок, штриховок, редактирования и реализации способов картографического изображения, создания произвольных графических знаков, генерации элементов дополнительного и вспомогательного оснащения, размещения и редактирования легенды карты и другие операции.

Особое значение при формировании ЭКМ имеют следующие факторы:

- объектовая нагрузка на площадь экрана монитора;

- последовательность вывода объектов с учетом бланкирования одного цвета другим.

Учет первого фактора достигается путем расстановки приоритетов вывода (ранга) объектов, частичной разгрузки изображения и использования принципов генерализации при изменении масштаба отображения. Второй фактор предусматривает вывод объектов ЭКМ на экран монитора по критерию преимущества одного цвета перед другим.

Для нормального восприятия ЭКМ используются библиотеки условных знаков, шрифтов, штриховок и типов линий, которые обеспечивают синтез изображения в привычной, как для обычной карты, системе символизации.

Разработанные технологии опираются на базовое информационное обеспечение, основу которого составляют:

- классификаторы картографической информации по всем видам карт, планам и масштабам;

- правила цифрового описания объектов;

- формат и структура представления цифровой картографической информации;

- правила кодирования единиц хранения в базах данных.

## **Заключение**

В статье описаны разработанные в ОИПИ НАН Беларуси методы и технологии создания и обновления цифровой информации о местности. Созданные технологии прошли опытную апробацию на ряде предприятий России, Беларуси и Украины, а на отдельных предприятиях являются основными средствами получения ЦКИ. Промышленная эксплуатация разработанных технологий показывает их высокую эффективность.

**Список литературы**

1. Абламейко С.В., Апарин Г.П., Крючков А.Н. Географические информационные системы. Создание цифровых карт. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. – 276 с.
2. Толковый словарь по геоинформатике /Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, А.В. Кошкарев и др. – М.: ГИС-обозрение, 1998.
3. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты /Под ред. Е.И. Халугина. – М.: Недра, 1992. – 419 с.
4. Staror K. Geographic map image interpretation – survey and problems // Machine Graphics and Vision. – № 8(1). – 2000. – P. 192-196.
5. Janssen R.D.T., Vossepoel A.M.. Adaptive vectorization of line drawing images // Computer Vision and Image Understanding. – № 65(1). – 1997. – P. 38-56.
6. Ablameyko S., Pridmore T. Machine interpretation of line-drawing images. – Springer, 2000. – 278 p.
7. Седов В.Н. О координации работ Военно-топографического управления и Роскартографии // Геодезия и картография. – 2003. – №11. – С. 4-7.
8. Аппаратно-программный комплекс ввода крупноформатных документов «Дискан» / Г.И. Алексеев, А.А. Камович, В.А. Мильман и др. // Тр. Первого белорусского космического конгресса. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 190-191.
9. Ablameyko S., Beregov B., Kryuchkov A. Automatic map digitizing: problems solution // Computing and control Engineering Journal. – V. 5. – № 1. – 1994. – P. 33-39.
10. A complete system for interpretation of color maps / S. Ablameyko, V. Bereishik, M. Nomenko et al // International Journal of Image and Graphics. – V. 2. – № 3. – 2002.
11. Крючков А.Н. Технология интерактивной структуризации картографических изображений // Цифровая обработка изображений. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. – Вып. 1. – С. 94-101.
12. Крючков А.Н., Боричев С.П. Технология автоматизированного выделения изменений объектов цифровой модели местности по аэрокосмическим снимкам // Цифровая обработка изображений. – Мн.: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001. – Вып.5. – С. 58-68.

**Поступила 10.02.04**

*Объединенный институт проблем  
информатики НАН Беларуси,  
Минск, Сурганова, 6  
e-mail:abl@newman.bas-net.by*

**S.V. Ablameyko, A.N. Kryuchkov****INFORMATION TECHNOLOGIES FOR CREATING AND UPDATING  
DIGITAL AND ELECTRONIC TERRAIN MAPS**

The paper considers the developed information technologies and methods for creating and updating digital and electronic terrain maps. Difference between digital and electronic maps is shown. The technologies are based on the concept of object-oriented structural cartographic information and independence of digital object description on methods of information processing.