

# ОБОБЩЕННОЕ ПСЕВДОТОЧЕЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СКАНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ

Г.П. Апарин

Национальная академия наук Республики Беларусь  
Институт технической кибернетики  
220012, Беларусь, Минск, ул. Сурганова, 6  
[aparin@newman.bas-net.by](mailto:aparin@newman.bas-net.by)

## ABSTRACT

A generalized pseudo-point modelling of graphical primitives of vectorized map image in scanner technology of digital map creation is considered. Each graphical primitive is described by one virtual pseudo-point with a dispersion characteristic of real points relative to non real one. At recognizing stage of cartographical objects, an application of this pseudo-point model of a vectorized map image is considered. Examples of such modelling are graphically illustrated.

## ВВЕДЕНИЕ

Решение многочисленных территориально определенных народнохозяйственных задач методами геоинформационных технологий предполагает наличие развитой базы цифровых картографических данных (БЦКД), ядром которой являются цифровые карты (ЦК) [1]. На основе ЦК и новых информационных технологий решаются задачи инвентаризации природных и трудовых ресурсов, планирования сетей здравоохранения и обслуживания населения, проектирования трасс нефтепроводов и транспортных магистралей, разработки экологических мероприятий и анализа результатов выборов, а также многие другие научные и практические задачи. Для формирования БЦКД и их поддержания в актуальном состоянии в настоящее время используют дигитайзерные и сканерные технологии создания ЦК. Эти технологии обеспечивают перевод накопленных и пополняемых на различных носителях архивов топографических и морских карт, планов, аэро- и космоснимков и другой видеогеоинформации из исходной аналоговой формы представления в формат ЦК. Свое название технологии получили по названиям используемых полуавтоматических и автоматических технических средств ввода геоинформации и отличаются разной степенью участия человека в создании ЦК. Наиболее перспективны сканерные технологии (С-технологии) создания ЦК, так как они обеспечивают автоматический ввод исходной видеогеоинформации и создают предпосылки полной автоматизации.

Одной из проблем развития С-технологий является повышение уровня их автоматизации и информационной надежности на технологических этапах с целью сокращения временных затрат и людских ресурсов на обработку и редактирование формируемых ЦК [2]. Проблемы развития С-технологий создания цифровых моделей сложных графических документов в последнее время широко рассматриваются в трудах тематических конференций и многочисленных публикациях, полное перечисление которых в рамках статьи не представляется возможным. Библиография приводимого списка цитируемой литературы представляет некоторую часть работ, посвященных этой проблематике.

Технологии и проблемы создания цифровых моделей сложных графических документов и полутонных изображений описываются в [3]. В работе [4] описываются математические модели структурированного описания векторных скелетизированных изображений, рассматриваются проблемные вопросы использования трехуровневой векторной модели скелетизированного изображения на этапе автоматического распознавания в технологическом процессе создания цифровой модели сложного графического документа. В этой же работе рассматривается проблема сокращения числа переборных при поиске графических примитивов (г-примитивов) и сборке структурно сложных линейных и дискретных объектов. Управлению качеством на этапах С-технологии обработки изображений посвящена работа [5], а на этапах создания цифровых карт – [6]. Модификация трехуровневого представления векторной модели скелетизированного изображения карты (ВМСИК) и ее использование на этапе автоматического распознавания картографических объектов (КГО) рассматривается в [7].

Анализ многочисленных литературных источников показывает, что пока далеко от завершения удовлетворительное решение проблемы повышения уровня автоматизации и информационной надежности С-технологий создания ЦК. Сокращение временных затрат и людских ресурсов на редактирование и формирование надежных ЦК по-прежнему остается актуальной проблемой.

## СКАНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ

В настоящее время известны две разновидности С-технологий создания ЦК. Базовой является технология создания ЦК по цветоделенным издательским оригиналам на диапозитивах постоянного хранения. Другая разновидность С-технологий предполагает в качестве исходного картографического материала цветные тиражные оттиски. Однако последний класс С-технологий отличается только начальным этапом цветоделения комплексного цветного изображения тиражного оттиска на монохромные слои, эквивалентные цветоделенным издательским оригиналам. Затем же повторяются все этапы базовой С-технологии, которая формально может быть описана в виде следующей последовательности этапов преобразования моделей исходных цветоделенных издательских оригиналов

$$G \xrightarrow{E_{GR}} R \xrightarrow{E_{RV}} V \xrightarrow{E_{VO}} O \xrightarrow{E_{OS}} S \xrightarrow{E_{SD}} D,$$

$$G = \bigcup G_i, R = \bigcup R_i, V = \bigcup V_i, O = \bigcup O_i, S = \bigcup S_i, D = \bigcup D_i, \quad i = 1, 2, \dots, q; \quad q \leq 7,$$

где  $\langle G, R, V, O, S, D \rangle$  - кортеж, состоящий из эволюционного ряда формируемых моделей (графической, растровой, векторной  $\gamma$ -примитивов, координатного описания КГО карты, комплексного описания КГО местности, комплексной ЦК) на последовательных этапах С-технологии преобразования  $\langle E_{GR}, E_{RV}, E_{VO}, E_{OS}, E_{SD} \rangle$ . Здесь  $q$  описывает конкретное количество цветоделенных оригиналов в наборе комплекта ввода. Эта технология реализует преобразование исходного графического представления в формат ЦК, где

- $E_{GR}$  - этап сканирования цветоделенных издательских оригиналов с формированием набора  $R$  растровых моделей цветоделенных слоев;
- $E_{RV}$  - этап растр-векторного преобразования с формированием набора  $V$  векторных моделей  $\gamma$ -примитивов на цветоделенных слоях;
- $E_{VO}$  - этап сборки и обобщенной классификации с формированием набора  $O$  моделей координатного описания КГО карты на цветоделенных слоях;
- $E_{OS}$  - этап детальной идентификации с формированием набора  $S$  моделей комплексного описания КГО местности на цветоделенных слоях;
- $E_{SD}$  - этап контроля и формирования комплексной ЦК в заданном формате представления.

Следует заметить, что на каждом этапе реализуются процедуры улучшения качества каждой формируемой модели для повышения уровней информационной надежности и автоматизации преобразования информации на последующих этапах. С-технология создания ЦК включает этапы автоматического и визуального контроля, автоматического и интерактивного улучшения и восстановления достоверности данных после каждого этапа обработки. На этапе  $E_{GR}$  за счет устранения разнообразных дефектов носителя достигается улучшение качества набора  $G$  цветоделенных издательских оригиналов перед сканированием. Улучшение наборов растровых  $R$  и векторных  $V$  моделей достигается на этапах  $E_{RV}$  и  $E_{VO}$  за счет фильтрации выявленных известных моделей растровых и структурных шумов и искажений. На этапах распознавания  $E_{VO}$  и  $E_{OS}$  улучшение качества моделей  $O$  и  $S$  достигается за счет контроля и интерактивного редактирования. Обеспечение качества формируемой ЦК  $D$  на заключительном этапе  $E_{SD}$  достигается всесторонним автоматическим и визуальным контролем с интерактивным редактированием и формированием информационно надежной целостной ЦК.

Важными этапами создания ЦК являются этапы  $E_{VO}$  и  $E_{OS}$  распознавания КГО, от уровня автоматизации и надежности которых существенно зависят временные характеристики С-технологии. Задача автоматического распознавания КГО сложна, существенно зависит от качества ВМСИК, сопряжена с трудностями, в общем случае, удовлетворительно не решена и предполагает поиск новых эффективных подходов.

## МНОГОУРОВНЕВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВМСИК

После этапа  $E_{RV}$  растр-векторного преобразования обрабатываемого цветоделенного оригинала  $\tilde{G} \in G$  формируется векторная модель  $\tilde{V}$  г-примитивов ВМСИК, которая является основной входной информацией этапа  $E_{VO}$  распознавания линейных и дискретных КГО. Каждый г-примитив в этой модели графически представляет собой полигонально аппроксимированную скелетную кривую, заключенную между двумя особыми точками. Концевые и узловые точки образуют класс особых точек [4]. С целью эффективной поддержки процесса распознавания эту модель реализуют в виде многоуровневого представления. Наиболее известна, нашедшая широкое распространение в технологиях создания объектно-ориентированных ЦК, трехуровневое представление структуры данных ВМСИК, графическая интерпретация которой на примере синтезированного фрагмента оригинала контур представлена на рис. 1 (a,b,c).

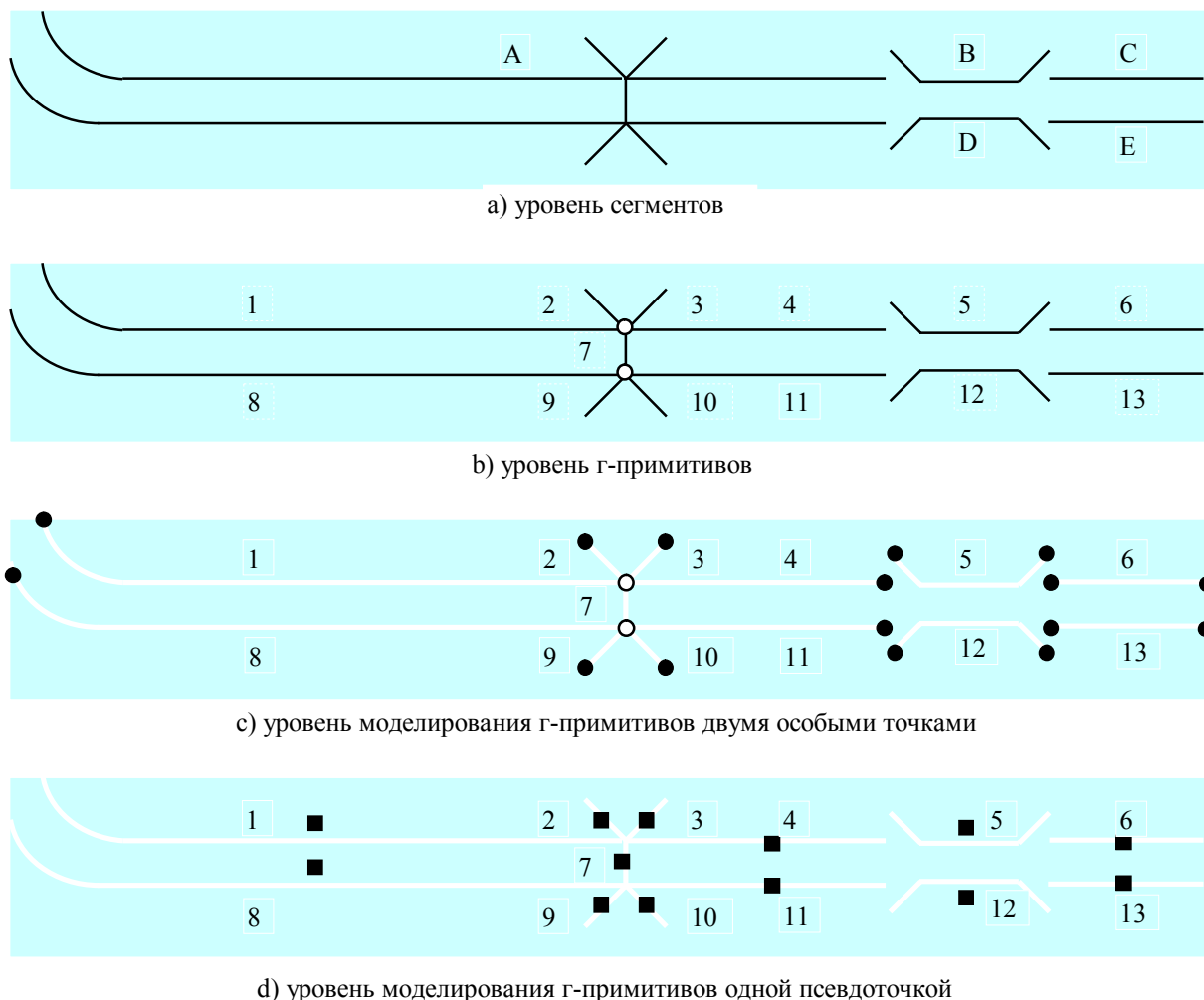


Рис. 1. Графическая интерпретация многоуровневой структуры данных ВМСИК

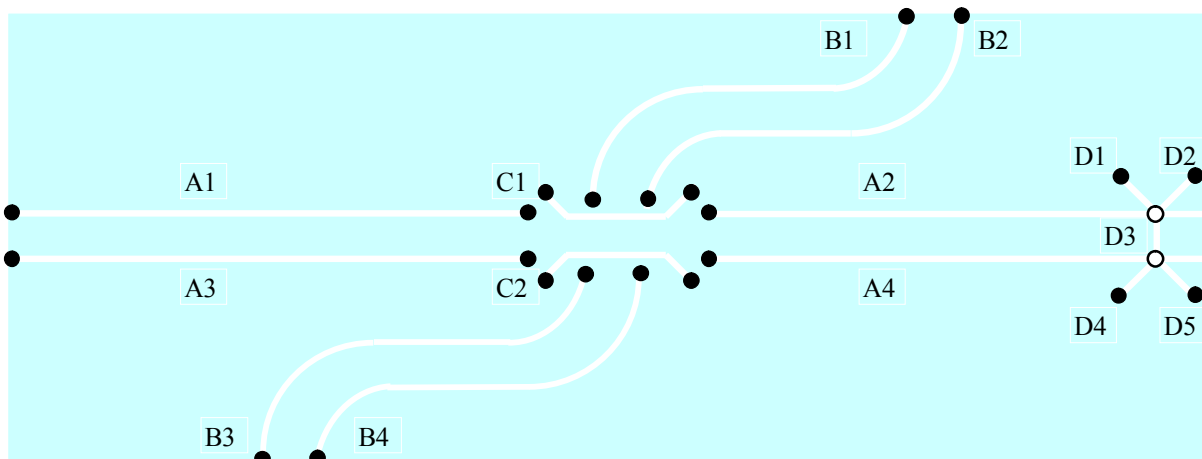
Всякое скелетизированное изображение представляется в виде совокупности сегментов. На рис. 1,а представлены сложный сегмент А и простые – В,С,Д,Е. Сегменты являются первым уровнем описания ВМСИК. Сложный сегмент в узловых точках декомпозируется на составляющие его г-примитивы. Г-примитивы являются составными частями сегментов –  $\{1,2,3,4,7,8,9,10,11\} \in A$ ,  $5 \in B$ , ... (см. рис. 1,б) и образуют второй уровень описания в структуре данных. Третий уровень описания ВМСИК образуют особые точки – концевые и узловые, которые на рис. 1,с обозначены зачерненными и светлыми кружочками соответственно.

Процесс распознавания подразумевает выделение из сегментов г-примитивов, принадлежащих собираемому КГО, и связан с анализом попадающих в некоторую окрестность особых точек соседствующих г-примитивов. Одной из проблем этого процесса является сокращение числа переборных и упрощение алгоритмов выделения из сложных сегментов г-примитивов, принадлежащих собираемому присутствующим структурно сложным КГО. Описанная структура данных трехуровневого описания ВМСИК не является достаточно эффективной в смысле названных критериев.

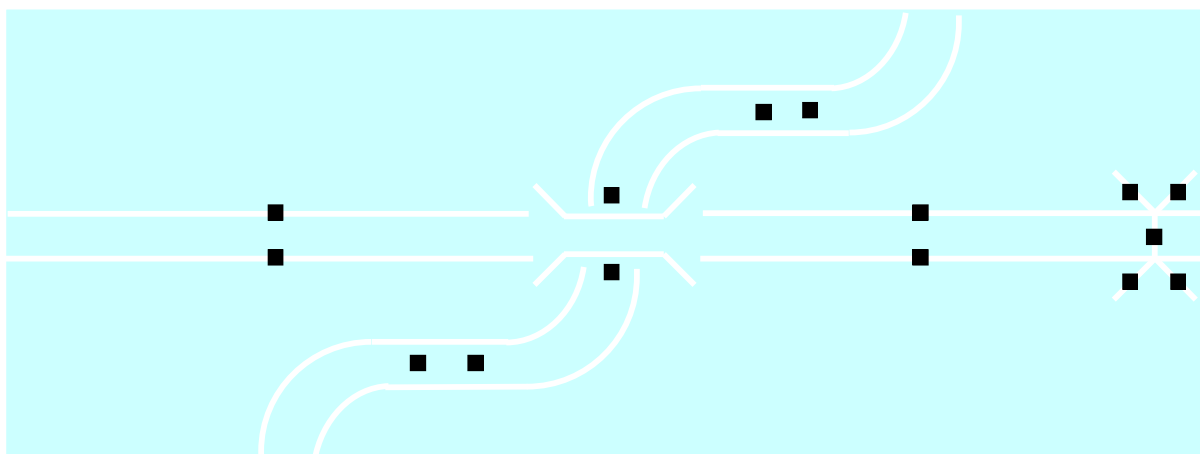
## УРОВЕНЬ ПСЕВДОТОЧЕЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВМСИК

Для решения проблемы предлагается обобщенный псевдоточечный уровень описания г-примитивов ВМСИК, который упрощает решение ряда задач, связанных с этапом автоматического распознавания КГО, за счет сокращения переборов при поиске г-примитивов формируемого КГО. В предложенной псевдоточечной модели каждый г-примитив ВМСИК описывается одной виртуальной псевдоточкой и обобщенной характеристикой диапазона разброса реальных точек г-примитива относительно фиктивной модельной. На рис. 1,d представлена графическая интерпретация уровня псевдоточечного моделирования ВМСИК, где каждая псевдоточка помечена зачерненным квадратиком. В общем случае координаты местоположения псевдоточки являются функцией координат точек метрического описания г-примитива. Для практического использования это могут быть либо координаты центра симметрии описанного около г-примитива прямоугольника, либо – координаты центра тяжести опорных точек полигонально аппроксимированного описания метрики г-примитива.

На рис. 2 на показательном примере синтезированного фрагмента оригинала контур демонстрируется наглядно эффективность дополнения трехуровневой модели псевдоточечным уровнем описания.



а) уровень моделирования г-примитивов двумя особыми точками



б) уровень моделирования г-примитивов одной псевдоточкой

Рис. 2. Графическая интерпретация псевдоточечного моделирования

На рис. 2,a представлены фрагменты двухточечного уровня описания шоссейных дорог, описываемых г-примитивами  $\{A1, A3, A2, A4\}$  и  $\{B1, B2, B3, B4\}$ , моста -  $\{C1, C2\}$  и трубопровода -  $\{D1, D2, D3, D4, D5\}$ . Однако эти перечисленные наборы г-примитивов нужно автоматически надежно выделить и собрать. Такая сборка возможна либо на основе анализа соседствующих особых точек близлежащих г-примитивов при их двухточечном описании, либо – на основе анализа близлежащих г-примитивов, каждый из которых описывается одной единственной псевдоточкой (см. рис. 2,b). Сравнительный анализ этих двух подходов особенно нагляден на примере выделения г-примитивов, описывающих КГО мост, вокруг которого локализуются двенадцать особых точек (рис. 2,a) и всего две псевдоточки (рис. 2,b). Хотя выбранный

пример идеальный, но он дает наглядное представление об эффективности использования псевдоточечного уровня описания г-примитивов при сборке КГО в смысле названных выше критериев.

Как показывает анализ, псевдоточечный уровень описания г-примитива "получается" из двухточечного за счет "центростремительного сближения" последних и их "слияния" в одну центральную псевдоточку. При этом, как правило, для большинства сцен псевдоточки смежных, но структурно не связанных г-примитивов "разбегаются" друг от друга, в то время как структурно связанных - "сближаются" и локализуются поблизости друг от друга (пример КГО мост и трубопровод на рис. 2,b). Таким образом, псевдоточечный уровень описания, несмотря на грубый обобщенный характер, обладает по сравнению с двухточечным уровнем меньшей информационной избыточностью и лучшими разделительными свойствами. За счет этих свойств использование этого уровня позволяет упростить, повысить надежность и ускорить алгоритмы интерпретации ВМСИК на этапе распознавания КГО. При этом, существенно сокращается число переборов г-примитивов.

Однако следует заметить, что отмеченные разделительные свойства проявляются эффективно, прежде всего, на множестве сцен из дискретных и линейных КГО, образуемых г-примитивами с линейной метрикой или близкой к ней. Кроме того, наличие на ВМСИК г-примитивов с существенно нелинейной метрикой может создавать псевдоточечный шум случайной природы. Этот шум характеризуется тем, что псевдоточки структурно несвязанных г-примитивов могут случайным образом "подсеиваться" и соседствовать со структурно связанными локализациями псевдоточек г-примитивов КГО, подлежащего сборке. Но такие псевдоточки легко "отсеиваются" из рассмотрения г путем незначительного усложнения алгоритмов, например, путем введения дополнительной проверки взаимосогласованности габаритных размеров г-примитивов или оценки степени линейности их метрики.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Введение дополнительного обобщенного псевдоточечного уровня описания в структуру данных улучшает качество представления ВМСИК и обеспечивает эффективную поддержку этапа автоматического распознавания сложных линейных и дискретных КГО. При этом упрощаются и ускоряются алгоритмы интерпретации ВМСИК, повышается их надежность и существенно сокращается число переборов. Обобщенное псевдоточечное моделирование было реализовано в рамках четырехуровневой ВМСИК и проверено на реальном картографическом материале в экспериментальной С-технологии создания ЦК в процедурах улучшения качества ВМСИК, а также в процедурах разделения, сборки и идентификации структурно сложных объектов линейно-дискретных сцен на этапе распознавания дискретных и линейных КГО дорожной сети и придорожных сооружений. При этом на 12-15% было сокращено общее время этапа автоматического распознавания названного класса объектов по сравнению с использованием для этой цели трехуровневой модели.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты. - М.: Недра, 1992. - 419 с.
2. Ablameyko S., Aparin G., Proc. Int. Conf. ICARCV'92, Singapore, 1992, pp. CV-17.8.1 - CV-17.8.5.
3. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: Технология, методы, приложение. – Минск: Ин-т техн. Кибернетики НАН РБ, 1999. – 300 с.
4. Семенов О.И., Абламейко С.В., Берейшик В.И., Старовойтов В.В. Обработка и отображение информации в растровых графических системах. - Минск: Наука и техника, 1989. - 183 с.
5. Aparin G. Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 6, № 3, pp. 613-619.
6. Aparin G. Computer Data Analysis and Modelling. Vol. 1, A-M, Minsk, 1998, pp. 25-31.
7. Апарин Г.П. Автоматизация обработки и распознавания изображений. Мн: ИТК АНБ, 1995. С.86-93.