

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

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 γ -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 γ -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).

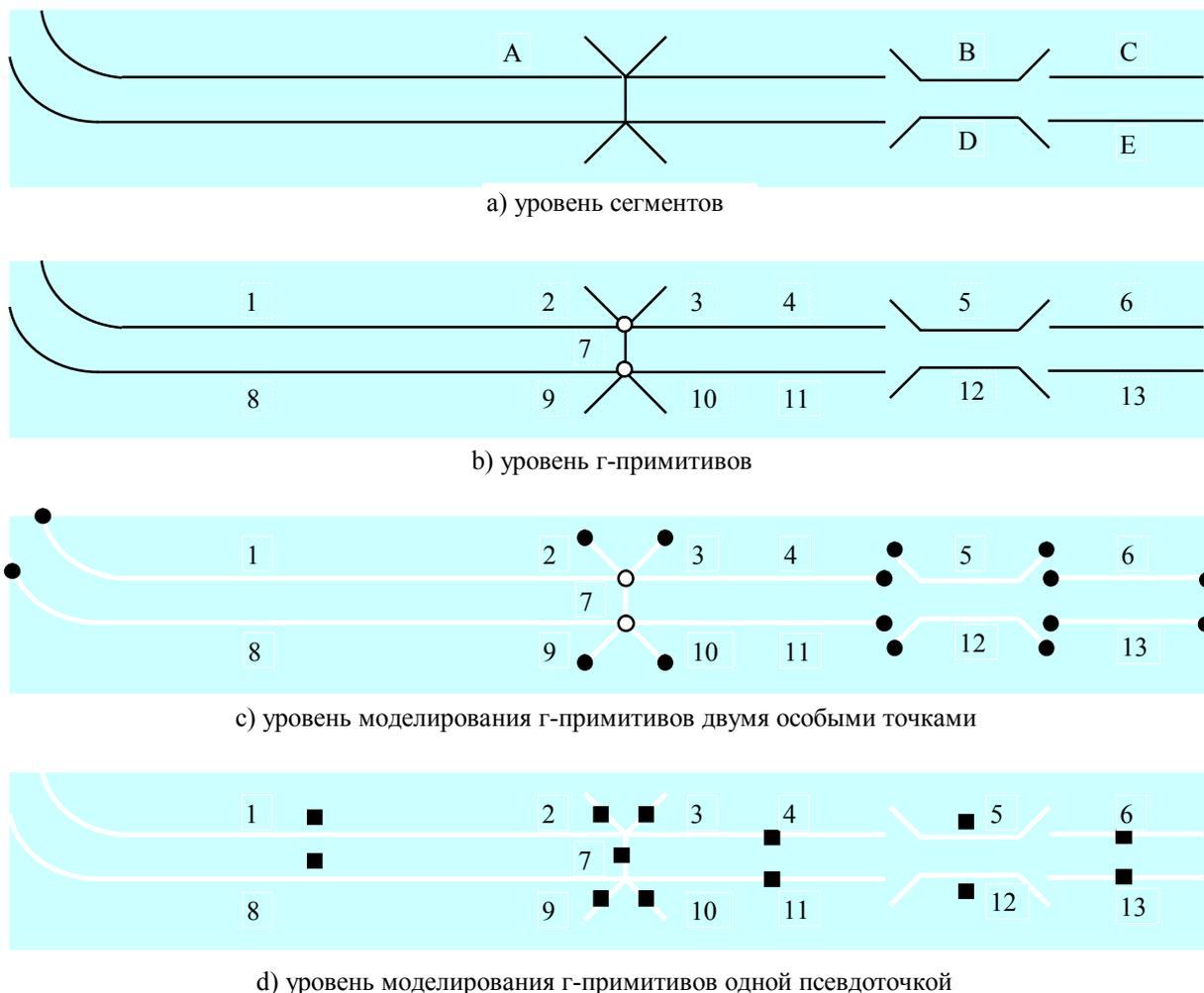


Рис. 1. Графическая интерпретация многоуровневой структуры данных ВМСИК

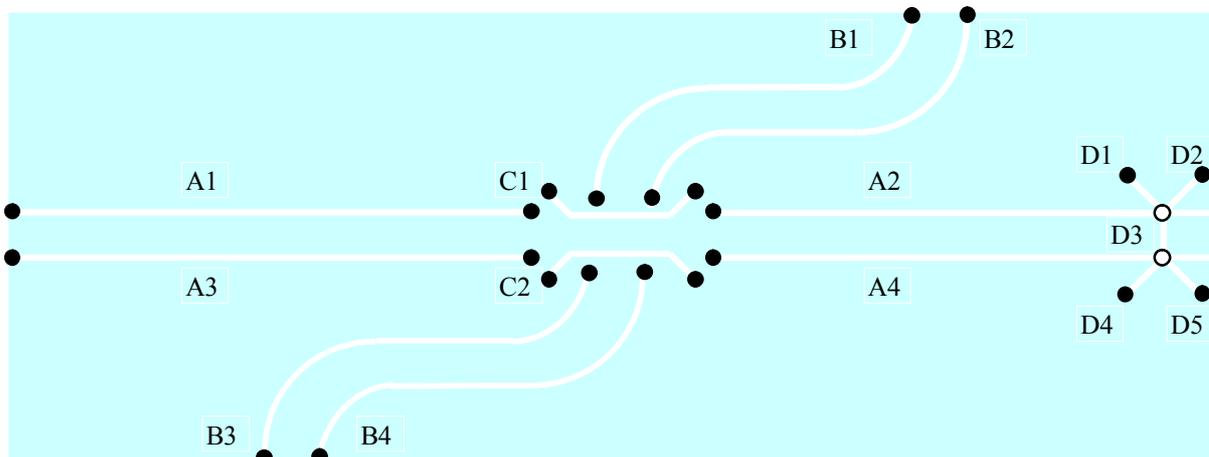
Всякое скелетизированное изображение представляется в виде совокупности сегментов. На рис. 1,а представлены сложный сегмент А и простые – В,С,Д,Е. Сегменты являются первым уровнем описания ВМСИК. Сложный сегмент в узловых точках декомпозируется на составляющие его г-примитивы. Г-примитивы являются составными 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.

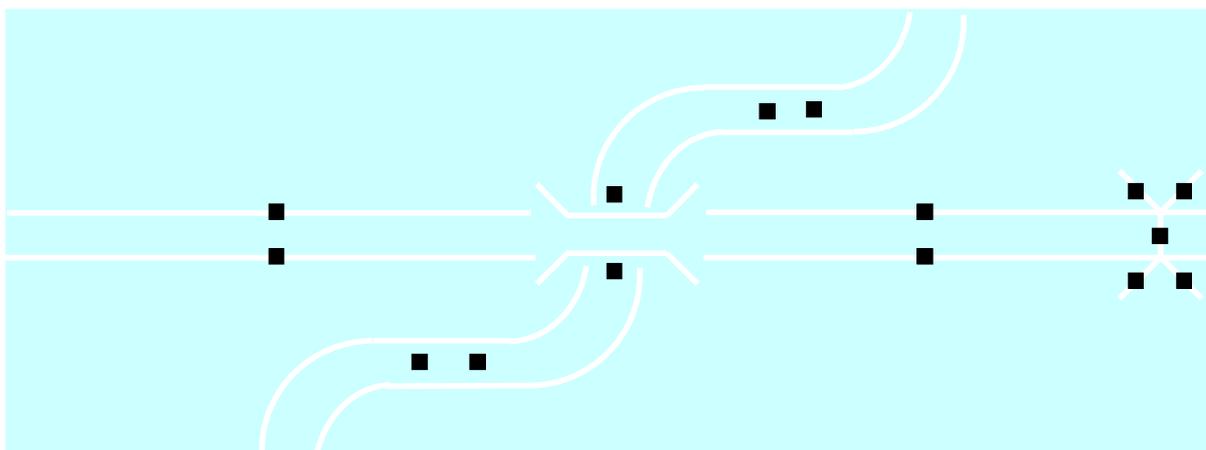
УРОВЕНЬ ПСЕВДОТОЧЕЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВМСИК

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.