

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВВОДА ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ СО СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫМ ОПИСАНИЕМ ОБЪЕКТОВ

Васин Д.Ю.¹, Громов В.П.¹, Кустов Е.А.¹, Ротков С.И.², Ясаков Ю.В.¹
dm04@list.ru, gvp1941@bk.ru, kustov@pmk.unn.ru, rotkov@nngasu.ru, yuri961@yandex.ru

Нижний Новгород, Россия,

¹ИТММ, Нижегородский Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского

²Нижегородский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

В докладе в рамках развития комбинаторно–геометрического подхода к обработке пространственно–распределенных данных изложены базовые технологические этапы автоматизированной технологии ввода графических документов со слабо формализованным описанием объектов. В качестве примера рассмотрено автоматическое распознавание объектов на планах поэтажной застройки зданий.

Ключевые слова: растровые изображения, планы поэтажной застройки зданий, комбинаторно–геометрический подход к обработке пространственно–распределенных данных, большеформатные, сложноструктурированные графические документы со слабо формализованным описанием объектов, технология автоматического распознавания

THE AUTOMATED TECHNOLOGY OF INPUT OF GRAPHIC DOCUMENTS WITH POORLY FORMALIZED DESCRIPTION OF OBJECTS

Vasin D.Yu.¹, Gromov V. P.¹, Kustov E.A. ¹, Rotkov S.I. ², Yasakov Yu.V.¹
dm04@list.ru, gvp1941@bk.ru, kustov@pmk.unn.ru, rotkov@nngasu.ru, yuri961@yandex.ru

Nizhny Novgorod, Russia,

¹ ITMM Nizhny Novgorod State University. N.I. Lobachevsky

²Nizhny Novgorod State Architectural and Construction University

In the report within development of combinatory and geometrical approach to processing of the spatial distributed data basic technological stages of the automated technology of input of graphic documents with poorly formalized description of objects are stated. As an example automatic recognition of objects on plans of floor-by-floor building of buildings is considered.

Keywords: raster images, plans of floor-by-floor building of buildings, .kombinatorno-geometrical approach to processing of the spatial distributed data, bolsheformatny, slozhnostruktirovanny graphic documents with poorly formalized description of objects, technology of automatic recognition

1. Введение

В данной работе в качестве исходной информации рассматриваются только изображения большеформатных, семантически–насыщенных, сложноструктурированных графических документов (БФГД). К ним отнесем топографические карты и планы, планы поэтажной застройки зданий, машиностроительные чертежи, технологические схемы и пр. На такие документы наносятся условные обозначения объектов четырех классов: точечных (дискретных), линейных, двумерных (площадных) и изображения символов, определяя вкуче пространственно–распределенные данные (ПРД) [4, 5]. Объекты ПРД распределены в пространстве, имеют координатную привязку (X,Y,Z), метрическое описание объектов сложноструктурировано, может включать в себя, полностью или частично, другие объекты, меняя свойства (атрибуты) в зависимости от их местонахождения. Объекты могут взаимодействовать между собой, имея либо пространственно–логические (ПЛС), либо тополого–метрические связи (ТМС), число которых может значительно изменяться.

Характеристики (атрибуты) объектов также имеют пространственную привязку, могут меняться в зависимости от местонахождения объекта, иметь сложноструктурированный характер, то есть состоять (включать в себя) большой набор уточняющих свойств. Значительный подкласс БФГД, включающий в себя документы массового типа (машиностроительные чертежи, схемы, планы поэтажной застройки зданий и пр.), которые; как правило, исполнены ручным способом на бумажных носителях среднего и плохого качества, имеют существенное разнообразие знакового наполнения, большую плотность нанесения графических знаков на поверхность ГД, значимые отклонения от нормативного изображения графических объектов, их произвольную ориентацию, содержат эффекты межобъектных наложений, примыканий и пересечений, прочие искажения при нанесении знаков, приводящие к касанию и слипанию знаков и пр. На БФГД типа поэтажных планов зданий базовыми графическими элементами являются в основном ортогональные линейные объекты и окружности (дуги окружностей), которые находятся в сложных топологических отношениях друг с другом

(примыкания, наложения, пересечения), ярко выражена топологическая нагрузка на базовые графические элементы – линейные отрезки, выражающаяся в возможном многократном использовании одного и того же отрезка в описании нескольких графических знаков. В зависимости от качества носителя БФГД и правильности выбора параметров оцифровки, степень зашумленности растрового изображения графического документа (РИГД), а также метрическая точность отдельных графических знаков варьируется в широком диапазоне значений.

Указанные особенности позволяют выделить эти БФГД в отдельный подкласс со слабо формализованным начертанием объектов (СФГД) и обуславливают повышенные требования к их геометрическому моделированию.

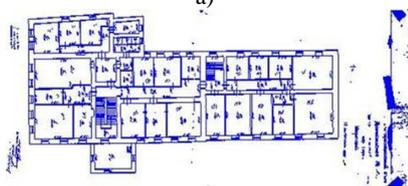
Ниже представлена автоматизированная технология создания цифровых баз данных СФГД на примере поэтажных планов зданий, которая, однако, может быть легко адаптирована к созданию аналогичных баз данных для СФГД других типов.

2. Технологические этапы обработки СФГД

Первичный анализ ГД. На данном этапе выполняется визуальная оценка качества исходного ГД и принимается решение о возможности его автоматической или интерактивной векторизации (рис. 1 – 3). Если качество исходного ГД такое, что применение автоматизированных технологий ввода признается нецелесообразным, то оцифровка и ввод такого документа исключительно интерактивные. Круг возникающих при этом проблем и способов их разрешения лежит за пределами обсуждения данной статьи.

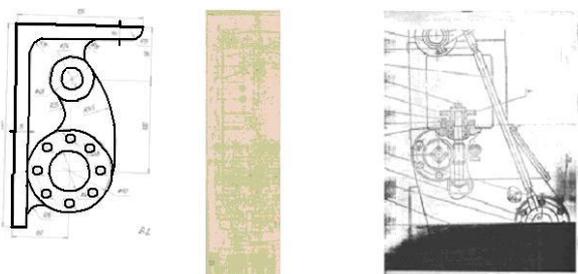


a)



b)

Рисунок 1 план поэтажной застройки здания: а) плохого качества б) удовлетворительного качества



хорошее качество

удовлетворительное качество

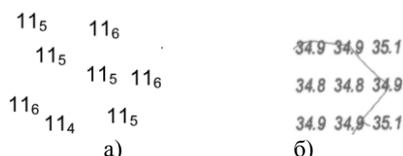
плохое качество

a)

b)

c)

Рисунок 2 технические чертежи: а) хорошего, б) удовлетворительного и с) плохого качества



a)

b)

QWER TYU IOPAS FRE DFGHJKL ZXCVBNM MLPOKJNH UHVBGY TFC XDRZS EWQA SIJFSIDFJ PQXMZB APSJDPI PSDIJFSPDF APOJDOPA SAJPSIDJF SDIFJSPDF QAZXSW FGER EDCV FRTG BNHY UJMKIOLP ZXCVBNM ASDFREWQ FHSKD TGHYUJKIOLP LKJHGFD AS QWEZXC
в)

Рисунок 3 а) планшет гидрографической съемки хорошего качества; б) планшет гидрографической съемки среднего качества; в) отсканированный текст

Сканирование. Перевод бумажного чертежа в электронный вид осуществляется посредством планшетных сканеров с разрешением 100–300 dpi в полноцветном режиме с последующей цветовой фильтрацией и бинаризацией. Несмотря на то, что большинство ГД указанного класса выполняются черно-белыми, изначальное сканирование их в режиме монохромного изображения может привести к существенным искажениям, т.к. довольно малое количество информации представлено чистыми черным и белым цветами, более того, некоторые ГД представлены так называемыми «синьками», основные цвета которых лежат в бордово-фиолетовой части спектра. Для их минимизации требуется постепенное уменьшение глубины цвета путём преобразования цвета всех пикселей изображения к требуемому диапазону.

Представляется предпочтительным использование растрового формата tif в качестве базового для хранения исходного РИГД. Данный формат имеет теговую структуру и допускает создание собственных информационных тегов, что исключает необходимость создания дополнительных информационно-описательных файлов в процессе автоматизированной обработки. Кроме того, данный формат имеет хорошую программную поддержку, существует достаточное количество свободно-распространяемых библиотек с открытым кодом для поддержки данного формата. Открытость кода позволяет вносить в него необходимые изменения для поддержки новых тегов.

Преобразование исходного РИГД в оттенки серого.

Изначально СФГД сканируется с глубиной цвета 24 бит/пиксель. Данный режим сканирования является избыточным, поскольку источниками исходных данных являются различные СФГД с основными цветами их представления белый (цвет фона) и чёрный (цвет объектов), но он позволяет выполнить последующую программную бинаризацию РИГД с минимизацией возможных искажений. Далее осуществляем программную конвертацию полноцветного РИГД в оттенки серого путем применения к каждому пикселю исходного РИГД преобразования вида:

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.144 B,$$

в котором R, G, B – красная, зелёная и синяя компонента цвета исходного РИГД соответственно, а Y – полученная яркость в оттенках серого.

Предварительная обработка, контрастирование и бинаризация растра. С целью устранения различных искажений входного растрового изображения, обусловленных невысоким качеством исходных СФГД, особенно исполненных на бумажных носителях, в технологии предусмотрены этапы линейного контрастирования исходного РИГД.

Линейное контрастирование. Использовалось линейное поэлементное преобразование вида:

$$y = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} (y_{max} - y_{min}) + y_{min},$$

где y – выходная яркость контрастированного пикселя, y_{min} и y_{max} желаемые значения минимальной и максимальной выходной яркости при экстремальных значениях исходной яркости x_{min} и x_{max}

Бинаризация. Очевидно, что качество формируемой векторной модели СФГД напрямую зависит от качества выполнения операции бинаризации исходного полутонового РИГД, поскольку неудачный выбор порога бинаризации приводит к появлению различных шумов, среди которых можно выделить неправомерное увеличение количества выходных линейных объектов, появляющиеся вследствие наличия на исходном РИГД ложных разрывов линейных растровых объектов, а также различные нарушения топологической целостности из-за ложных слипаний объектов, или, наоборот, при отсутствии необходимой связности растровых объектов. Данные помехи вносят значительный вклад в снижение качества итогового результата векторизации.

В зависимости от вида СФГД предлагается использовать три широко известных метода бинаризации: Оцу[2], двойного ограничения порога[16] и Брэдли-Рота[15]. Метод Оцу показал удовлетворительные результаты на полутоновых изображениях чертежей и планов поэтажной застройки зданий хорошего качества. Однако, результат обработки имеет и явный недостаток: при обработке объектов, имеющих различные размеры, но близкие цвета, после бинаризации Оцу получаются темные пятна. Достоинствами метода Брэдли-Рота являются простота реализации и высокая скорость выполнения; для большинства случаев нет нужды подбирать параметры. Метод хорошо работает с неоднородным фоном. Из последнего достоинства логически вытекает недостаток метода Брэдли, а именно, плохая чувствительность к низкоконтрастным деталям изображения.

Интерактивное редактирование – осуществляется любым доступным растровым графическим редактором. Основная задача редактирования – интерактивное разделение неправомерно слипшихся объектов на РИГД, либо наоборот восстановление их связности, если это необходимо. С целью повышения эффективности выполнения интерактивных редакторских функций был разработан ряд специализированных интеллектуальных редакторов как растровых, так и векторных графических данных [9–11].

Штриховая форма представления РИГД. Поскольку растровые данные существенно информационно избыточны, то для их обработки желательно использовать те или иные представления, уменьшающие степень этой избыточности. Одной из форм экономичного представления бинарного растрового изображения (БРИ) является штриховая (рис.4). Штрих – есть одномерный кластер заданного цвета вдоль строки сканирования раstra. Для БРИ штрих описывается тройкой

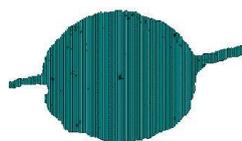


Рисунок 4 Штриховая форма представления РИГД

$\{N, K, Y\}$, где $N = j \& \bar{P}_{ij} \& P_{ij}$, $K = j \& P_{ij} \& \bar{P}_{ij}$, $Y = i$, N, K – координаты начала и конца штриха черного цвета, расположенного в строке с номером Y , P_{ij} – код цвета пикселя с координатами (i, j) . Использование штрихового формата позволяет сократить объем исходного растрового описания в 10–20 раз. Степень сжатия зависит от насыщенности РИГД разноцветными связными компонентами. Одновременно, большинство алгоритмов локальной фильтрации, сглаживания, форматирования и векторизации также в среднем в 10–20 раз эффективнее по времени для штрихового описания РИГД по сравнению с пиксельным[3–5].

Геометрическая коррекция раstra. На данном этапе устраняются геометрические искажения (бумагу вставили в сканер с небольшим угловым отклонением), неправильная ориентация («бокком» или «вверх ногами»),

нестандартный формат (отсканированный с перекосом документ будет иметь нестандартные размеры) и т.п. Допускается автоматическая коррекция по 4 узловым точкам или по сетке узлов. Кроме того, выполнение операции нормализации позволяет в случае необходимости создавать различные мозаики (сшивать, накладывать друг на друга) из обрабатываемых СФГД [6].

Объектовая фильтрация раstra. Для минимизации побочного эффекта масочных фильтров, выражающегося в уменьшении резкости границ объектов, был разработан алгоритм объектовой фильтрации БРИ в штриховой форме [3, 9–11, 14]. Алгоритм позволяет отфильтровывать СРК, которые по своим геометрическим характеристикам удовлетворяют параметрам помехи. Важным достоинством данного алгоритма является тот факт, что указанная фильтрация не вносит никаких искажений в те связные области, которые не распознаются алгоритмом как шумовые. На рис 5а представлены исходный растр поэтажного плана здания в штриховом формате, а результат его объектовой фильтрации на рис. 5б.



Рисунок 5 а) исходное растровое изображение поэтажного плана здания в штриховом формате, б) результат его фильтрации объектовым фильтром

Векторизация – является базовой операцией в большинстве систем обработки и анализа графической информации. В частности, решение задачи синтеза 3D-модели объектов по наборам их 2D-проекций осуществляется исключительно по векторным описаниям. Если исходное РИГД не содержит искажений и шумов, то существующие локальные алгоритмы вполне удовлетворительно справляются с задачей векторизации, хотя, получаемые при этом векторизованные объекты, требуют дополнительного сглаживания, либо аппроксимации, а это не всегда удается сделать успешно, т.е. не всегда

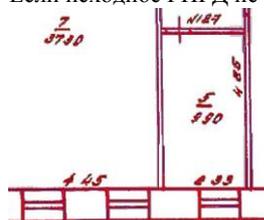


Рисунок 6 Векторная (контурная) модель поэтажного плана здания

удается одновременно удовлетворить требованиям метрической точности аппроксимации и геометрической достоверности векторизуемых объектов. В результате выполнения операции векторизации получается контурная модель изображения (рис. 6)[3–5].

Поскольку, для рассматриваемого класса ГД характерно изображение сюжетов рисунка с помощью отрезков линий с четко выраженным направлением их ориентации, то если при их сканировании направление линий

сканирования выбрать в соответствии с преимущественной ориентацией отрезков на изображении, то штриховая модель отсканированных данных позволяет построить простые и надежные алгоритмы векторизации и осуществить эффективное геометрическое моделирование РИГД [7, 8, 12].

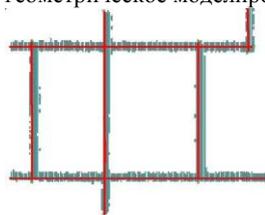


Рисунок 7 Линейная

Для данного класса ГД с учетом указанных особенностей изображений на этапе векторизации эффективнее построение линейной модели изображения (рис.7).

модель изображения

Автоматическое распознавание условных знаков конструктивных элементов поэтажного плана здания. Ключевым моментом повышения эффективности преобразования различной бумажной конструктивной документации, в частности, планов поэтажной застройки зданий в цифровой вид, является автоматическое распознавание условных знаков конструктивных элементов поэтажного плана здания. Для поэтажных планов зданий в автоматическом режиме распознаются следующие конструктивные элементы: *Капитальная стена, Перегородочная стена, Дверь, Дверь внутри капитальной перегородки, Окно, Стенной шкаф, Ниша в стене, Помещение, Комната, Лестница*. После этого автоматически формируются объекты *Лестничной марш* и *Лестничная площадка*. Все оставшиеся нераспознанные контура получают выходной классификационный тип *Контур* для их дальнейшей интерактивной идентификации.

Поскольку один и тот же сегмент может одновременно входить в метрику сразу нескольких условных знаков, то решение задачи установления тополого-метрических связей между различными объектами поэтажных планов существенно упрощается и в некоторых случаях решается уже на этапе распознавания.

3. Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, гранты РФФИ № 17-07-00543 и № 18-07-00715.

4. Литература

1. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
2. N. Otsu. A thresholding selection method from gray-scale histogram // IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 1979. No. 9. P.62-66
3. Васин Ю.Г., Васин Д.Ю., Громов В.П. Структурное описание растровых данных. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 23–29.
4. Васин Ю.Г., Башкиров О.А., Чудинович Б.М. Комбинаторно-геометрический подход в задачах анализа сложной графической информации. //Автоматизация обработки сложной графической информации: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Ю.Г. Васина: Горьк. гос. ун-т. Горький, 1987
5. Васин Ю.Г., Башкиров О.А., Рудометова С.Б. Математические модели структурированного описания графических изображений. //Автоматизация обработки сложной графической информации: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Ю.Г. Васина: Горьк. гос. ун-т. Горький, 1984
6. Громов В.П. Формирование нормализованных растров графических документов. //Методы и

средства обработки сложной графической информации: 8 Всероссийская научная конференция, 12–16 сентября 2005г., Н.Новгород, стр. 51–54.

7. Горбунов А.А. Громов В.П. Робастная векторизация растровых линейных объектов. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 69–70.
8. Громов В.П. Построение геометрической модели графических документов с выраженной ориентацией линейных объектов. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 70 – 71.
9. Васин Д.Ю., Громов В.П. Разработка и создание базовых интеллектуальных функций редактора растровых графических данных. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 19 – 20.
10. Васин Д.Ю., Громов В.П. Интеллектуальный редактор графических данных. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 21 – 23.
11. Васин Ю.Г., Васин Д.Ю. Развитие возможностей интеллектуального редактора в задаче оперативного обновления растровых изображений. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 8 Всероссийская научная конференция, 12–16 сентября 2005г., Н.Новгород, стр. 8 – 10.
12. Громов В.П., Смирнов А.Ф. Векторизация линейных объектов по штриховой модели бинарного раstra. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 8 Всероссийская научная конференция, 12–16 сентября 2005г., Н.Новгород, стр. 55 – 56.
13. Беляева Ю.В., Васин Ю.Г., Васин Д.Ю., Громов В.П. Подсистема создания цифровых баз данных поэтажных планов. //Методы и средства обработки сложной графической информации: 6 Всероссийская конференция с участием стран СНГ, 25–27 сентября 2001г., Н.Новгород, стр. 14 – 16.
14. Васин Ю.Г., Васин Д.Ю., Громов В.П. Подсистема редактирования и обработки растровых графических изображений. // Труды III конференции «Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии». РОАИ-97. Н.Новгород, 1–7 декабря 1997г., стр. 19–22.
15. Derek Bradley. Adaptive Thresholding Using the Integral Image / Derek Bradley, Gerhard Roth // Carleton University, Canada 2007.
16. M.I. Sezan, A peak detection algorithm and its application to histogram-based image data reduction //Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1990. Vol. 49 (1) P.36-51.

Об авторах

Васин Дмитрий Юрьевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник Центра информатики и интеллектуальных информационных технологий Института Информационных технологий, математики и механики Нижегородского Госуниверситета им. Н.И. Лобачевского (ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского)
E-mail: dm04@list.ru.

Громов Владимир Петрович – ведущий программист Центра информатики и интеллектуальных информационных технологий Института Информационных технологий, математики и механики Нижегородского Госуниверситета им. Н.И. Лобачевского (ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского)

E-mail: gvp1941@bk.ru.

Кустов Евгений Александрович – ведущий программист Центра информатики и интеллектуальных информационных технологий Института Информационных технологий, математики и механики Нижегородского Государственного Университета им. Н.И. Лобачевского (ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского)

E-mail: kustov@pmk.unn.ru.

Ротков С.И. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования ННГАСУ им. В.П. Чкалова

E-mail: rotkov@nngasu.ru.

Ясаков Юрий Васильевич – старший научный сотрудник Центра информатики и интеллектуальных информационных технологий Института Информационных технологий, математики и механики Нижегородского Государственного Университета им. Н.И. Лобачевского (ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского)

E-mail: , yuri961@yandex.ru.