

Применение EDA-системы для решения задач в ГИС

Смирнов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Сизова Людмила Николаевна, ведущий инженер программист
ИПУ РАН, г. Москва, Россия

Аннотация: кратко исследованы возможности отечественного программного комплекса «Графика – ТР», который принадлежит к разряду EDA-систем. Комплекс рассмотрен как инструментальное средство, предназначенное для проектирования электронных устройств средств связи, создания схемной документации в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД), разработки чертежей, черчения схем алгоритмов, таблиц и трассировки соединений между объектами на печатной плате. Кратко рассмотрены основные алгоритмы, которые применяются для нахождения кратчайшего пути на электронной карте геоинформационной системы (ГИС). При помощи трассировки соединений между объектами на карте ГИС (геоинформационной системы) представлено решение задачи проектирования оптимального маршрута для социально-образовательной сферы.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования (САПР), EDA-системы, программный комплекс «Графика-ТР», кратчайший путь, трассировка соединений, размещение элементов, геоинформационные системы (ГИС), алгоритм Форда-Фалкерсона, маршрутный, волновой.

DOI: 10.5281/zenodo.5291718

Введение

Вычислительная техника и радиоэлектроника немислимы без применения печатных плат, разработка которых требует от конструктора знания и учёта множества разнообразных требований. Усложнение электронных устройств потребовало создание сложных многослойных печатных плат, которые невозможно разрабатывать без применения средств автоматизации. Применение систем автоматизированного проектирования (САПР) в построении электронных устройств известно как автоматизация электронного проектирования (EDA) [1].

Системы проектирования электронных устройств или другими словами EDA-системы – это программное обеспечение для проектирования электронных устройств, создания микросхем и печатных плат. EDA-системы позволяют создавать принципиальные электрические схемы проектируемых устройств с помощью графического интерфейса, создавать и модифицировать базу радиоэлектронных компонентов, проверять целостность сигналов на схемах [2].

В статье будет рассматриваться САПР для EDA-систем и решение с её помощью задачи поиска кратчайшего пути на электронной карте геоинформационной системы (ГИС). Задача о кратчайшем пути – это поиск самого короткого пути (цепи) между двумя точками (вершинами) на графе, в которой минимизируется сумма весов рёбер, составляющих путь. Эта задача является классической и важнейшей в теории графов. Для решения этой задачи необходимо решить, какой выбрать алгоритм, который позволит решить задачу и не создаст проблем при автоматизации извлечения информации. Алгоритмы, которые можно применить для нахождения кратчайшего пути в ГИС будут разобраны в этой статье. Кроме того, будет показана программная реализация поиска кратчайшего пути для построения оптимального маршрута при централизованном обслуживании объектов социально-образовательной сферы или других целей.

Необходимо заметить, что известно много программных комплексов САПР, позволяющих решить эту задачу. Однако программного обеспечения для EDA-систем, позволяющего решить эту задачу, немного. Одним из таких программных комплексов является «Графика-ТР». Речь о структуре этого программного комплекса и его основных возможностях пойдёт ниже. Скажем лишь, что поиск кратчайшего пути в этом комплексе применяется при трассировке соединений между объектами на принципиальной схеме и печатной плате.

2. Инструментальный программный комплекс «Графика-ТР»

Инструментальный программный комплекс «Графика-ТР» был разработан в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской Академии наук коллективом разработчиков лаборатории Компьютерной графики (лаб. №18). Программисты разработали отечественную EDA-систему и попытались приблизить её функциональные возможности к зарубежному программному обеспечению. Основной задачей комплекса является проектирование в области компьютерной графики и схемотехники.

В интерактивных системах применяется большое разнообразие форматов обрабатываемых данных, в том числе графических, что значительно осложняет выбор структуры разрабатываемого программного обеспечения. Для упрощения был применён синтез структур интерактивных систем, разработанный профессором Е.И. Артамоновым (зав. лаб. №18 – 1978–2013 г.). Основная идея синтеза структур заключается в создании сетевой модели программных средств на основе алгоритма функционирования и возможных взаимосвязей форматов данных различными реализациями отдельных блоков интерактивных систем, а также последующего формального выбора лучшей реализации [3, с. 61].

При разработке программного обеспечения «Графика-ТР» внимание акцентировалось на следующих особенностях автоматизированного проектирования: принципы организации интерфейса

пользователей на основе средств операционной системы Windows, организация файловой системы и управление вводом и выводом информации, структура функций черчения, редактирования, создание библиотек типовых элементов схемной документации, описание соединений между элементами схемы, представление математической модели и размещение элементов на плоскости схемы, а также трассировка соединений между элементами.

Рассмотрим некоторые программные блоки комплекса. Система «2D-черчение» предоставляет следующее: создание сложных графических объектов из примитивов, штриховка замкнутых объектов, редактирование построенных объектов, создание и ведение библиотек различного типа и получение чертежей.

Система «ТР» выполняет все подготовительные функции по вводу исходных данных для создания электронной модели принципиальной схемы, ее редактирования и преобразования в электронную модель печатной платы, автоматическую простановку позиционных обозначений элементов на схеме и вывод информации [4, с. 7].

Система создания конструкторско-технологической документации «КТД» позволяет создавать печатные платы с выпуском конструкторской документации в соответствии ЕСКД и другой справочной информацией, необходимой для технологического производства.

Комплекс имеет следующие отличительные особенности: модульное построение, рациональная структурная организация программных средств, информационная совместимость с другими системами по форматам DXF и других форматов необходимых для экспорта файлов, применение компактных структур данных в системах комплекса, присутствует опция по осуществлению переноса программного обеспечения на различные платформы и создание интерфейса по требованию пользователя. Процесс проектирования схем содержит ручное размещение элементов на схемах, ручную и автоматическую трассировку соединений между элементами, создание спецификаций на основе характеристик типовых элементов и таблиц соединений между ними.

3. Основные алгоритмы поиска кратчайшего пути

Для нахождения кратчайшего пути между объектами на электронной карте геоинформационной системы (ГИС) необходимо решить задачу математического программирования, относящуюся к сетевым (поточным) задачам. Сетевые задачи применяются при проектировании и совершенствовании больших и сложных систем, а также при поиске путей их рационального использования. Это связано с тем, что с помощью сетей можно проще построить модель системы. Кроме того, они представляют возможность к лучшему пониманию и позволяют находить оптимальные решения при анализе больших систем.

Благодаря специальной структуре сетевых задач для них получено большое число эффективных алгоритмов. Для решения задачи поиска кратчайшего пути между объектами возможно применение нескольких алгоритмов. Существует также определённая проблема автоматизации извлечения

геоинформации при применении различных алгоритмов поиска пути. Одни алгоритмы обеспечивают скорый поиск, не загружая оперативную память компьютера громоздкими вычислениями, а другие, наоборот, требуют больше математических операций. Рассмотрим те алгоритмы, которые позволяют решить задачи и не создадут проблем при автоматизации извлечения информации.

В связи с тем, что существует множество различных постановок этой задачи, есть наиболее популярные алгоритмы для поиска кратчайшего пути на графе: Дейкстры, Форда-Фалкерсона, Беллмана – Форда, Джонсона, Ли (волновой), Килдала, маршрутный и т.д. Алгоритмы нахождения кратчайшего пути на графе применяются для нахождения путей между физическими объектами на таких картографических сервисах, как карты Google или OpenStreetMap.

Кратко рассмотрим часто применяемые алгоритмы, которые можно задействовать в геоинформационных системах: Форда-Фалкерсона, волновой и маршрутный.

Алгоритм Форда и Фалкерсона известен как метод расстановки пометок. Основан на том, что если имеется кратчайший путь между какими-либо двумя вершинами, то его часть между любыми двумя вершинами на нём же также является кратчайшим путём. Этот алгоритм позволяет найти кратчайшие пути из какой-либо одной вершины графа во все остальные. Идея, лежащая в основе этого алгоритма, состоит в следующем. Выбирается некоторый начальный поток из s в t с помощью алгоритма поиска увеличивающей цепи выполняется поиск следующей. Затем выполняется поиск новой увеличивающей цепи и т.д. [5, с. 57]

Второй алгоритм для рассмотрения – это маршрутный, который получил такое название, т.к. осуществляет одновременное формирование фронта волны и прокладывание трассы. Это алгоритм применяется в радиоэлектронике для нахождения кратчайшего пути без пересечения множества занятых и запрещённых элементов. Также он используется и на электронных картах в ГИС, как один из трассировщиков пути. Прокладка пути с помощью маршрутного алгоритма внешне похожа на применение волнового (рассмотрим ниже), где источником волны на каждом шаге является конечный элемент участка трассы проложенной на предыдущих шагах. Маршрутный алгоритм имеет две разновидности: вычисление расстояния между точками и рекуррентное соотношение.

Главным достоинством маршрутного алгоритма является простота, а также возможность движения по диагонали. Этот алгоритм отличает манёвренность, но зачастую он не функционирует в сложной ситуации (сложная дорожная сеть) и даёт сбой в задаче трассировки.

Завершающий элемент исследования – это волновой алгоритм (алгоритм Ли), который является одним из самых универсальных при решении задачи трассировки пути. Представляет собой оптимальный вариант для трассировки печатных плат, как и маршрутный в радиоэлектронике. Однако и он с недавних пор применяется для построения трасс на картах геоинформационных систем. Алгоритм позволяет

построить трассу (путь) между двумя элементами в любой точке карты. Применяя волновой алгоритм, можно добиться хорошего результата, но для применения на картах он требует небольшой доработки. Преимущества волнового алгоритма в том, что с его помощью можно найти трассу в любом дорожном лабиринте. [6, с. 92]

На электронных картах довольно часто применяют *маршрутный алгоритм* (или его модификации) в силу его простой реализации и небольшого количества вычислений. Но он бывает непригоден в сложной дорожной ситуации. Однако, вычислений при применении *волнового алгоритма* меньше, чем в других.

Рассмотренные выше алгоритмы имеют определённые достоинства и недостатки, поэтому целесообразней применять комбинированный алгоритм, который будет основан на базе волнового, но с добавлением преимуществ других. При применении комбинированного алгоритма минимизируется сложность автоматизации извлечения геоинформации при поиске кратчайшего пути. Именно комбинированный алгоритм применяется при поиске кратчайшего пути в системе «Графика-ТР».

4. Реализация поиска кратчайшего пути при проектировании оптимального маршрута для социально-образовательной сферы

Поиск кратчайшего пути для построения оптимального маршрута между объектами является одной из задач, решаемой при помощи программного комплекса «Графика-ТР». Ранее эта функция применялась исключительно к отрасли схемотехники и

радиоэлектроники. Однако была предпринята попытка синтеза с картографическими программами в процессе построения специализированной ГИС. Комбинирование картографической программы и системы «Графика-ТР» позволило построить ГИС с более эффективным поиском кратчайшего пути и прокладкой маршрута. Одной из задач является централизованное обслуживание объектов социально-образовательной сферы. Разберём решение вышеописанной задачи. [7, с. 63]

Поиск кратчайшего пути является задачей трассировки соединений между объектами и формулируется следующим образом: по входному описанию, содержащему n координат точек начала и конца трасс, определить дополнительные m координат промежуточных точек перегиба таким образом, чтобы ни одна точка не проходила через ранее занятую ячейку модели трассируемого поля.

Алгоритм трассировки соединений между объектами при помощи «Графика-ТР» содержит следующие операции: импорт информации о дорожной сети в прикладную программу; начальные присваивания для длинной и короткой цепи; восстановление длинной цепи при трассировке с пересечениями и без них; определение, фиксация и пометка кратчайшего пути; экспорт полученной информации в картографическую программу с целью получения векторного изображения. В итоге получаем карту ГИС с выполненной задачей (рисунок) и всеми необходимыми данными для проезда транспорта, а также возможность для распечатки части карты с оптимальным маршрутом.

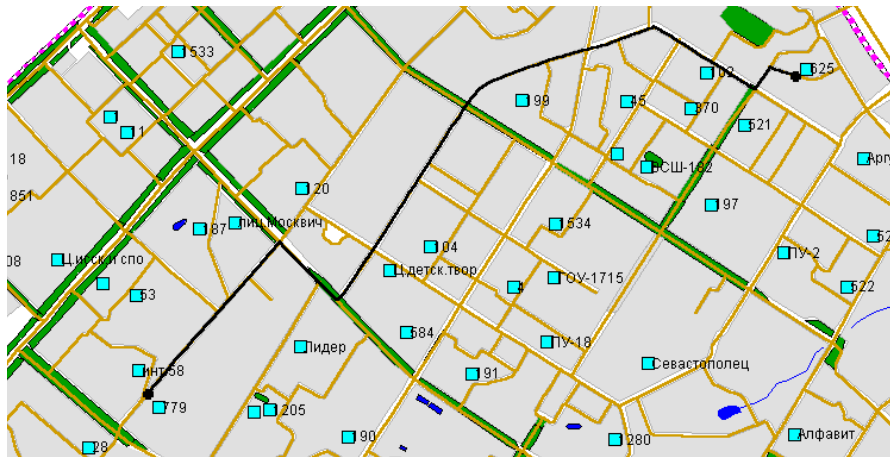


Рис. Полученная карта ГИС

Заключение

Комплекс «ГРАФИКА-ТР» зарекомендовал себя как надёжное инструментальное средство по разработке печатных плат. Его основные возможности вместе с прикладной картографической программой позволяют чётко понять идею синтеза программного обеспечения для решения широкого спектра задач. Кроме того, эта система (видно из вышеизложенного) прекрасно зарекомендовала себя как средство для определения кратчайшего пути между несколькими объектами в ГИС.

Необходимо отметить, что на основе учебной версии комплекса в МТУСИ (г. Москва) проводились практические занятия по курсу «Компьютерное моделирование схем и устройств», обеспечивая

поддержку учебного процесса как компьютерное средство обучения (КСО). К компьютерным средствам обучения относятся текстовые и графические редакторы, компиляторы, системы программирования и, безусловно, системы автоматизированного проектирования (САПР), иными словами – все компьютерные средства, рассматриваемые как предмет изучения или выступающие в качестве инструментария при решении образовательных задач. [8, с. 20]

В завершении добавим, что развитие и применение отечественных EAD-систем в промышленности и образовательной деятельности позволит существенно решить внезапно возникшую проблему импортозамещения программного обеспечения.

Литература:

1. Автоматизация электронного проектирования, 2021
URL: https://ru.xcv.wiki/wiki/Electronic_design_automation.
2. Общая информация о системах проектирования электронных устройств, 2021 URL:
<http://www.cad.dp.ua/obzors/EDA-systems.php>.
3. Артамонов Е.И. Интерактивные системы. Синтез структур – М.: Инсвязьиздат, 2010. – 185 с.
4. Смирнов С.В., Сизова Л.Н. Application of PTC «Graphics –TR» for Teaching University Students on the Course «Computer Simulation of Circuits and Devices» / Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision (GraphiCon 2020, St.Petersburg). Санкт - Петербург: CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol-2744. С. <http://ceur-ws.org/Vol-2744/>.
5. Смирнов С.В. Исследование возможностей применения алгоритмов определения кратчайшего пути в ГИС / Труды 4-й Международной научно-практической конференции "Актуальные вопросы современной науки: теория, методология, практика, инноватика" (Уфа, 2020). Уфа: НИЦ Вестник науки, 2020. С. 56-61.
6. Смирнов С.В. Проектирование графических систем со сложной структурой данных. – Саарбрюкен: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 176 с.
7. Смирнов С.В., Сизова Л.Н. Программно – технический комплекс «Графика –ТР», как универсальное средство решения инженерных задач в современном мире автоматизации проектирования // Успехи современной радиоэлектроники. 2020. Т. 74, № 6. С. 55-68.
8. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: Информационно издательский дом «Филин», 2003. – 616 с.