

ТЕХНОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ, ДОПУСКАЮЩИХ ГРАФОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

С.А. Жихарев, А.В. Скворцов

Томский государственный университет

(382-2)-410-503, serzhik@sibgeoi.tomsk.su, skv@sibgeoi.tomsk.su

The task of building graph structures on the base of arbitrary GIS/CAD vector data is examined. Described universal technology implemented in the GIS GraphIn 3.0. Different solution phases that use developed technology considered in detail.

Основной целью современных геоинформационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР) является построение и анализ графических объектов, их взаимосвязей в пространстве и во времени. Одним из механизмов выявления и анализа таких связей служит аппарат теории графов, рассматривающий структуры (графы), состоящие из элементов двух типов – вершин и ребер между вершинами. В докладе рассматривается вопрос построения таких структур (графов) на основе данных, используемых в ГИС и САПР и их применения для решения графовых задач.

Для решения транспортных, геоинформационных задач, задач имитационного моделирования графовые структуры часто являются незаменимым инструментом. В докладе описывается процесс построения графов на основе графической и атрибутивной информации, использования полученных структур, приводятся примеры из универсальной графической информационной системы ГрафИн 3.0, в которой реализована разработанная авторами технология.

1. Построение графовых структур

Этап 1. Описание задачи. Выполнение этого этапа обычно возлагается на проектировщика задачи. Он должен определить основные элементы задачи, для каждого из элементов определить условие его вхождения в граф, набор данных для каждого элемента, которые существенны для решения конкретной графовой задачи. Здесь же от него требуется описать алгоритм решения задачи.

Этап 2. Подготовка задачи специалистом. Специалист по программному обеспечению разрабатывает на предоставляемом ГИС или САПР внутреннем языке программу на основе алгоритмической формы решения задачи. Результатом этого этапа должно быть внедрение программы в структуру ГИС или САПР.

Этап 3. Настройка задачи пользователем. На этом этапе пользователь должен определить соответствие между элементами карты (схемы) и элементами графовой задачи. Установление соответствия требуется как между самими элементами задачи и элементами карты (схемы), так и между их наборами данных.

Этап 4. «Снятие» графа с карты (схемы). По установленному соответствию генерируется представление карты (схемы) в виде графа. В общем случае это может быть мультиграф, т.е. такой граф, в котором между некоторыми из вершин существует более одного ребра. При этом некоторые ребра могут иметь арность более двух.

Этап 5. Предобработка данных. Специфика решаемой задачи может предусматривать большое разнообразие вариантов входных данных. Во многих случаях алгоритмы решения задач можно значительно упростить, если подавать им на вход некоторые обобщенные данные. Поэтому на данном этапе может выполняться преобразование данных, связанных с вершинами и ребрами в обобщенный формат, а также изменение структуры сети, например удаление ребер, соединяющих одинаковые вершины, либо замена ребер с арностью больше двух на другую структуру в соответствии с некоторой схемой замещения.

Этап 6. Решение задачи. Будучи выраженной только в терминах обобщенных вершин и ребер, построенная графовая модель готова к решению на ней задачи. Поэтому теперь можно запустить на исполнение главный алгоритм решения поставленной задачи.

Этап 7. Выдача результатов. Результаты решения, как правило, представляются в двух формах: текстовой, содержащей полный отчет о выполненных расчетах, а также в графической, когда на исходной карте (схеме) выделяются необходимые объекты и генерируются текстовые надписи с результатами расчетов.

Рассмотрим эти этапы так, как они реализованы авторами в системе ГрафИн.

2. Описание задачи

Описание задачи является ключевым этапом в процессе работы с графами. От исполнителя этого этапа здесь требуется наличие навыков системного анализа, а также глубокое знание предметной области. От того, насколько лаконично будет описана задача, зависит удобство и простота дальнейшей ее настройки пользователем. От того, насколько функционально полным будет множество элементов задачи, зависит ее применимость к разнообразным картам и схемам.

В системе ГрафИн каждую графовую задачу необходимо условно разбить на элементы (задачи) и непосредственно алгоритмическую часть, оперирующую этими элементами. Примерами элементов могут служить линия трубопровода, тепловая камера, подпорно-насосные станции (ПНС) в задаче имитационного моделирования теплосети; трансформаторы, проводники, нагрузки в электрических расчетах; абстрактные вершины и ребра в классических оптимизационных задачах, таких как задача поиска компонент связности, задача построения минимального остова и др.

С каждым элементом задачи должна быть связана роль, какую предстоит играть этому элементу в графе – быть его вершиной или ребром. В редких случаях один элемент задачи может становиться как вершиной, так и ребром графа, что, как правило, зависит от текущих характеристик уже конкретного элемента карты (схемы) после настройки графовой задачи пользователем.

Часто бывает необходимым сохранить внутри вершины или ребра графа некоторую дополнительную топологию, характеризующую элемент задачи. Например, после преобразования элемента задачи «транзистора с тремя контактами» в вершину графа требуется уметь определять, каким именно из своих контактов эта вершина соединена с другими вершинами. Для этого предлагается следующий подход.

Каждый элемент задачи разбивается на геометрическую и описательную части. Всю геометрию, которую нужно сохранять внутри вершины или ребра графа после преобразования элемента задачи в элемент графа, следует оформить в виде первой составляющей. Вторая – это множество данных, требующихся при решении. Приведем в качестве примера трансформатор. Обычно трансформатор – это вершина графа, которая соединяется с другими вершинами по некоторым своим выводам (по-другому – контактам). Для избежания потери связи трансформатора с контактами последние оформляются в виде геометрической составляющей элемента задачи. Описанием для трансформатора могут быть его физические параметры, марка, тип, любые другие характеристики.

Формально контакт элемента задачи (этим термином далее будем называть каждую из геометрических составляющих элемента задачи) становится вершиной графа. Система ГрафИн предусматривает возможность задания специализированной функции, определенной на множестве контактов элемента задачи, которая будет определять, какие из контактов должны объединиться между собой. Эта функция будет вызываться системой для каждого конкретного элемента схемы (карты) в момент «снятия» графа. Дополнительными параметрами, кроме номеров контактов, будут конкретные значения данных этого элемента задачи, взятые с карты. На основании входных параметров внутри функции должен сделаться вывод о необходимости объединения пары контактов. Разделение элемента задачи на геометрическую и описательную части и использование специализированной функции для объединения контактов позволяют в совокупности полноценно выразить элементы практически каждой графовой задачи в терминах теории графов.

Приведем примеры описания некоторых, наиболее интересных, на взгляд авторов, элементов задач.

«Общая шина». Элемент играет роль вершины графа. Он описывается состоящим из одного контакта. Функция объединения всегда выдает «истину». При настройке пользователем (более детально см. раздел «Настройка пользователем») можно будет установить соответствие между этим единственным контактом элемента задачи и элементом карты, например некоторой полилинией. Это приведет к тому, что все другие элементы карты, геометрически соединенные с элементом «общая шина», соединятся между собой в одной вершине.

«Соединительная линия». Элемент играет роль вершины в графе. Имеет два контакта. Функция объединения всегда выдает «истину». После настройки некоторого элемента карты на «соединительную линию» все вершины графа, «выходящие» на один из контактов «соединительной линии», сольются с объединенными через второй контакт другими вершинами.

«Трехконтактный элемент с выключателем между 1-м и 2-м контактами». Элемент играет роль вершины в графе. Функция объединения анализирует положение регулятора – это одно из значений описательной части элемента – и на основании этого для контактов 1 и 2 выдается либо «истина», либо «ложь». После настройки пользователем те вершины графа, которые будут соответствовать контакту 1 и контакту 2, могут быть объединены или нет. Контакт 3 – всегда отдельная вершина.

Описанием алгоритмической части задачи на этом этапе может быть схема решения задачи на сформированном графе. Исполнитель должен иметь практический опыт решения подобных задач, уметь выделять ключевые случаи, владеть основами структурного и логического мышления. Правильно составленная план-схема является основой для правильной и быстрой работы графовой задачи и эффективного расходования времени специалиста-программиста.

4. Подготовка задачи специалистом

Как показывает анализ существующих систем САПР и ГИС, лишь немногие из них имеют полнофункциональные средства расширения, позволяющие решать разнообразные задачи.

В настоящее время одним из наиболее удобных для всех пользователей (в том числе и тех, кто собирается составить программу, решающую графовую задачу) способов внедрения собственных наработок в любую существующую программу может быть написание таких программ на любом универсальном языке, поддержи-

вающем Acti-
ляемый главн

Унив
позволяющий
VBA (Visual I

Граф
ру заложена
или ребро гра
На основани

На в
задачи и алг
расчетов, нес
элементов ка
бых знаний и

Уста
ментов зада
каждого эле
элементом з
тор трехобм
даче соответ

Дале
форматор гр
ной частью,
(Трансформ:
ветствие меж

Осо
нительно ра
каждым узл
том, что кон
нии 2 конта
чае при сня
инцидентны
втором случ

Ане
ждую соста
Возможно з
будут замен

Пос
нение из со

Пре
деляет разм
ми. Необхо
контактов и
тяжка» одн

По
специальнс
шин или ре

(задачи) и непо-
в могут служить
ного моделиро-
жные вершины и
, задача построе-

элементу в гра-
я как вершиной,
ента карты (схе-

дополнительную
и «транзистора
и тактов эта вер-

геометрию, кото-
в элемент графа,
ся при решении.

торая соединяет
потери связи
элемента задачи.

ругие характери-
геометрических
ает возможность

и, которая будет
ваться системой
ми параметрами,

карты. На осно-
нения пары кон-
е специализиро-

элементы прак-
ентов задач.

одного контакта.
) см. раздел «На-
тактом элемента

ругие элементы
й вершине.

и. Функция объе-
зную линию» все
динными через

иент играет роль
лений описатель-
ю «ложь». После

онтакту 2, могут
и задачи на сформи-
ить выделять ис-
но составленная

го расходования
ируют полнофунк-
и тех, кто собира-
работок в любую
языке, поддержи-

вающем ActiveX-управление (например, Visual Basic, Delphi, C++), используя ActiveX-интерфейс, предостав-
ляемый главной программой.

Универсальная графическая информационная система ГрафИн имеет обширный ActiveX-интерфейс,
позволяющий разрабатывать свои алгоритмы практически на любом внешнем языке, а также с помощью среды
VBA (Visual Basic for Applications), фирмы Microsoft, поддерживаемой системой ГрафИн.

Графовая структура, «снятая» с карты (схемы), реализуется в виде ActiveX-интерфейса. В его структу-
ру заложена возможность определения, какие исходные элементы карты (схемы) составляют каждую вершину
или ребро графа, значение описательной части для каждого элемента, а также возможность навигации по графу.
На основании такой информации возможно составление алгоритмов решения практически любых задач.

5. Настройка задачи пользователем

На входе этого этапа уже имеется подготовленная графовая задача. Она описана в терминах элементов
задачи и алгоритмической части, оперирующей этими элементами. Для того, чтобы начался процесс реальных
расчетов, необходимо установить соответствие между элементами задачи и элементами карты, точнее типами
элементов карты. Такая работа возлагается обычно на пользователя системы, так как не требует каких-то осо-
бых знаний и умений.

Установка соответствия ведется именно между множеством типов элементов слоя и множеством эле-
ментов задачи. Пользователю предоставляется возможность просмотреть все слои данной карты проекта и для
каждого элемента задачи выбрать те типы элементов слоя, которые должны будут стать этим элементом. Так,
элементом задачи «трансформатор» являются типы элементов в слое «ТР_0 (Трансформаторы)» «Трансформа-
тор трехобмоточный» и «Трансформатор с расщепленной обмоткой»; «Выключателю двухконтактному» в за-
даче соответствует «Выключатель» слоя «ТР_0 (Оперативная схема п/ст)».

Далее, для каждого выбранного соответствия, например «Трансформатор» графовой задачи – «Транс-
форматор трехобмоточный» слоя «ТР_0 (Трансформаторы)», нужно определить, что будет являться описатель-
ной частью, а что геометрической. Система ГрафИн анализирует графическую часть элемента слоя «ТР_0
(Трансформаторы): Трансформатор трехобмоточный», выделяет там три контакта и позволяет настроить соот-
ветствие между множествами троек контактов элемента задачи и контактов трансформатора в слое.

Особым случаем является настройка соответствия для одноконтактного элемента задачи. Здесь допол-
нительно разрешается связать единственный контакт элемента задачи либо целиком с элементом слоя, либо с
каждым узлом/контактом элемента слоя (различие между узлами и контактами элемента слоя заключается в
том, что контактов у элемента слоя всегда постоянное количество, а узлов – переменное; например, у полили-
нии 2 контакта – первая и последняя вершины, узлом же является каждая вершина полилинии). В первом слу-
чае при снятии графа с карты/схемы весь элемент становится вершиной или ребром графа, и для определения
инцидентных вершин/ребер высчитывается расстояние до всего элемента, а не до какой-нибудь его части. Во
втором случае каждый контакт/узел элемента слоя станет определенным элементом графа.

Аналогичен и процесс настройки соответствия для описательной части. ГрафИн позволяет связать ка-
ждую составляющую описательной части с атрибутом элемента слоя или с некоторым константным значением.
Возможно задание значений-подстановок, т.е. тех значений для некоторых атрибутов элемента слоя, которые
будут заменяться на другие.

6. «Снятие» графа с карты (схемы)

После настройки графовой задачи пользователем она готова к работе и ее можно запустить на испол-
нение из соответствующего пункта меню.

Процесс снятия графа с карты будет зависеть от задаваемой вначале величины погрешности. Она опре-
деляет размер окрестности в единицах карты, внутри которой все точки и части линий считаются совпадающи-
ми. Необходимость задания этой величины объясняется неизбежными погрешностями соединения между собой
контактов и узлов разных элементов при вводе. Вспомогательным средством может быть автоматическая «под-
тяжка» одних элементов к другим, предоставляемая ГрафИн'ом.

После завершения процесса снятия имеется возможность вызвать так называемый «Инспектор графа» –
специальное окно, позволяющее увидеть снятую структуру графа, «подсветить» на карте одну или более вер-
шин или ребер.