

Об одном способе формализации объектов графовой структуры

П. В. Гируц

Введение

Среди многообразия объектов реального мира можно выделить класс объектов, структура которых характеризуется как графовая. В математической теории графов и информатике граф — это совокупность объектов со связями между ними [1]. Примером объектов графовой структуры могут служить: сеть коммуникаций города, сеть транспортного сообщения региона, сеть авиамаршрутов, и т.д. Для всех объектов, которые имеют графовую структуру, общим является то, что эти объекты могут быть разбиты на две группы составляющих их подобъектов. Первая группа подобъектов — это ветви графа (ветви коммуникаций, ветви дорог, линии авиамаршрутов и т.д.) и вторая группа подобъектов — узлы графа (точки пересечения ветвей коммуникаций, точки пересечения дорог, точки пересечения маршрутов и.д.) Существует ряд задач, решаемых при помощи объектов графовой структуры, например: нахождение максимального потока, определение кратчайшего (наиболее выгодного) маршрута и т.д. Названные задачи также используются при составлении моделей объектов графовой структуры. Поэтому задача формализации [2] таких объектов, для последующего построения моделей, является актуальной. Далее будет более подробно рассмотрен такой объект, имеющий графовую структуру, как транспортная сеть дорог географического региона. На примере транспортной сети дорог будет рассмотрен один из существующих подходов формализации, а так же будет приведен пример альтернативного способа формализации.

Понятие транспортной сети

Сеть дорог географического региона может быть представлена в виде транспортной сети [3]. В качестве вершины (узла) транспортной сети понимается пересечение любого количества дорог на одном уровне (перекресток дорог). В качестве ветви (ребра) транспортной сети понимается отрезок дороги на местности, заключенной между двумя узлами транспортной сети. Видно, что объект исследования имеет графовую структуру и может быть представлен в виде ориентированного графа без петель. [3].

Согласно графовой структуре объекта, ветвь заключена между двумя узлами транспортной сети. Один из узлов ветви является узлом начала ветви, второй узел является узлом окончания движения. Следовательно, пара узлов, узел начала ветви и узел окончания ветви, задают направление движения потока по ветви сети. Между двумя узлами транспортной сети может быть только одна ветвь заданного направления, либо не быть ветвей вообще. Следовательно, одной из характеристик ветви, вытекающей из определения транспортной сети, является направление движения потока по ветви.

Узел транспортной сети служит общей точкой для концов (или начал) нескольких ветвей сети. В силу данного определения направления ветви (направление движения потока по ветви определяется от одного узла к другому), которые объединяет некоторый узел транспортной сети, можно разделить в соответствии с направлением на входящие в узел ветви и исходящие из узла ветви.

Ветви транспортной сети, помимо направления, характеризуются пропускной способностью и фактической величиной потока на ветви. Пропускная способность — это количество транспортных средств, которое способна пропустить через себя ветвь сети за единицу времени. Величина потока на ветви — это фактическое количество транспортных средств на вет-

ви, причем величина потока на ветви не может превышать пропускную способность этой ветви. Однако при построении моделей транспортных потоков возникает необходимость, помимо названных, учитывать и такие характеристики участка дороги, как, например: длина; средняя, максимальная либо минимальная скорости движения транспортных средств; стоимость проезда транспортного средства по участку дороги и т.д.

Существующие методы формализации транспортных сетей

Одним из способов формального описания объектов графовой структуры является способ задания матрицы смежности. Матрица смежности — таблица, где как столбцы, так и строки соответствуют вершинам графа. В каждой ячейке этой таблицы записывается число, определяющее наличие связи от вершины-строки к вершине-столбцу (либо наоборот).

Для рассматриваемого примера транспортной сети можно использовать небольшую модификацию матрицы смежности, а именно: в ячейке таблицы хранить число, обозначающее пропускную способность ветви от вершины-строки к вершине-столбцу. Такая матрица называется матрицей пропускных способностей транспортной сети. Однако матрица пропускных способностей отражает только одну из характеристик ветви сети – пропускную способность. В то время как ветвь транспортной сети может иметь целый ряд характеристик (см. предыдущий пункт). Это влечет необходимость составления, помимо матрицы пропускных способностей, отдельных матриц для каждой из характеристик, в которых в каждой ячейке записывается число, определяющее величину характеристики ветви (длину, скорость, стоимость и т.д.) от вершины-строки к вершине-столбцу.

Недостатком формализации транспортной сети при помощи матриц, аналогичных матрице смежности, является хранение избыточной информации. Количество и столбцов, и строк в такой матрице равно количеству узлов, следовательно, размерность матрицы равна квадрату количества вершин, в то время как практический интерес представляют только те ячейки, которые соответствуют ветвям сети, остальные же ячейки не используются, хотя и присутствуют в матрице. Наряду с этим, при расчете характеристик ветвей, использующих несколько параметров ветви, возникает необходимость выбора величин из ряда матриц, в которых хранятся величины характеристик.

Предлагаемый метод формализации

Сущность предлагаемого метода формализации, заключается в формальном описании общих для объектов графовой структуры подобъектов, таких как «Ветвь транспортной сети» и «Узел транспортной сети», а также в формальном описании объекта графовой структуры – как совокупности объектов «Ветвь транспортной сети» и «Узел транспортной сети» и установлении связей между подобъектами. Под понятием «объект» понимается совокупность характеристик и набор методов (процедур, подпрограмм) для управления характеристиками.

Объект «Ветвь транспортной сети» представляет собой следующий набор характеристик:

- указатель на объект узел, который является началом ветви;
- указатель на объект узел, который является окончанием ветви;
- величина пропускной способности ветви;
- величина единиц потока на ветви;
- величина длины ветви;
- величина стоимости проезда по ветви;
- величина скорости движения единиц потока по ветви.

Для управления характеристиками узла транспортной сети необходимо наличие управляющих процедур (методов объекта), которые позволяют выполнять такие действия как:

- создание объекта и, при необходимости, установление начальных значений параметров;
- модификация и получение значений любого из параметров ветви;

– расчет необходимых сводных характеристик, использующих более одного параметра.

Объект «Узел транспортной сети» описывается следующим набором характеристик:

- номер узла в сети;
- список указателей на ветви, которые входят в узел (оканчиваются в этом узле);
- список указателей на ветви, которые выходят из узла (начинаются в этом узле).

Для управления характеристиками узла транспортной сети необходимо наличие следующих управляющих процедур (методов объекта):

- создание объекта и, при необходимости, установление начальных значений;
- модификация и получение значения номера узла сети;
- добавление указателя на объект «ветвь транспортной сети» в список входящих в узел ветвей;
- добавление указателя на объект «ветвь транспортной сети» в список исходящих из узла ветвей.

Объект «Транспортная сеть» описывается следующим набором характеристик:

- список всех ветвей транспортной сети. Элементом списка является объект «ветвь транспортной сети»;
- список всех узлов транспортной сети. Элементом списка является объект «узел транспортной сети»;
- указатель на узел, являющийся истоком транспортной сети;
- указатель на узел, являющийся стоком транспортной сети.

Для работы с объектом «транспортная сеть» необходимо наличие следующих управляющих процедур:

- добавление ветви транспортной сети.
- удаление ветви с заданными номерами узлов начала и окончания.

На рис. 1 приводится пример простейшей транспортной сети и графическая иллюстрация формального представления согласно описываемому способу.

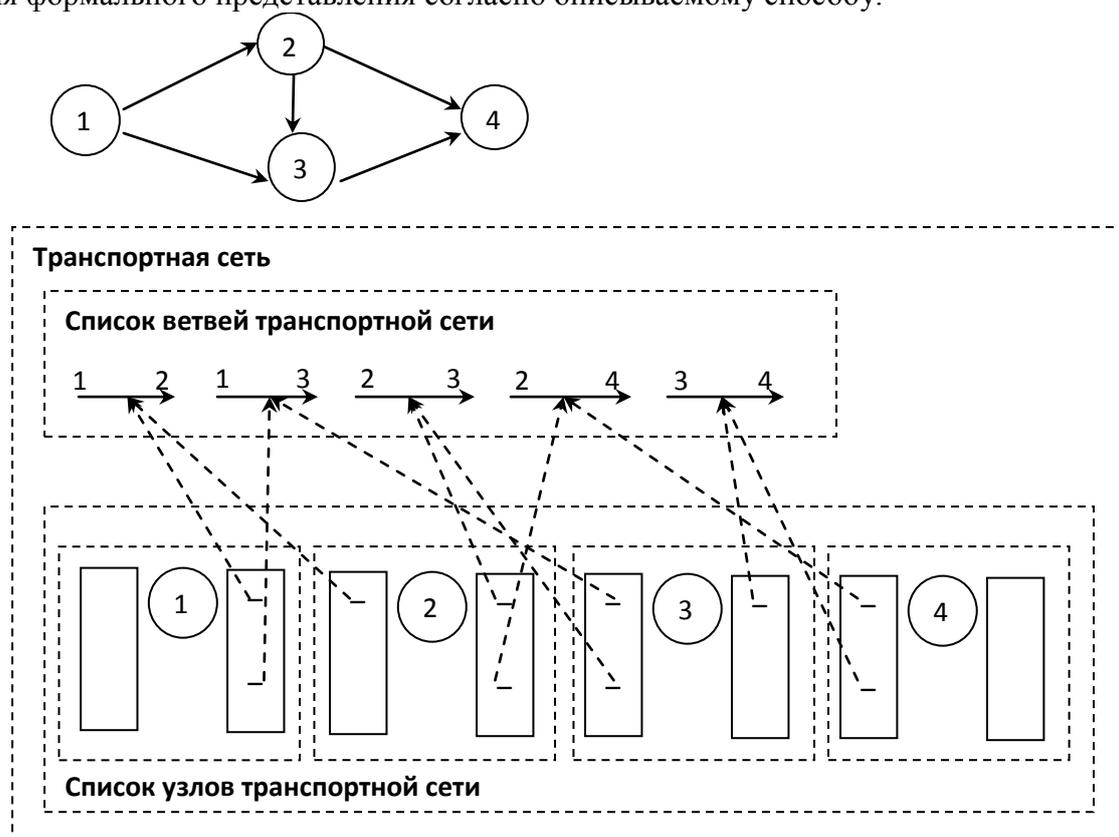


Рисунок 1 – Графическая иллюстрация формального представления объекта графовой структуры

Предлагаемый подход формализации может быть использован для создания объектов графовой структуры при помощи одного из объектно-ориентированных языков программирования.

Преимущества описанного способа формализации заключается в гибкости представления объектов графовой структуры. Формализованы обязательные неизменные компоненты графовых объектов, узлы и ветви связи, в то время как содержание описанных объектов может варьироваться в зависимости от природы системы, которая подвергается формализации.

Вывод

В статье дано определение объекта графовой структуры, рассмотрен частный случай объекта графовой структуры – транспортная сеть. Рассмотрены несколько способов формального описания объектов графовой структуры на примере транспортной сети: формальное описание при помощи задания матриц, аналогичных матрице смежности и формальное описание, основанное на разбиении объекта графовой структуры на списки подобъектов и установление связей между ними. Был проведен сравнительный анализ описанных способов формализации объектов имеющих графовую структуру.

Abstract. The paper presents methods of formalization of objects which have network structure. Each method is explained and analyzed.

Литература

1. Богомолов, А.Н. Алгебраические основы теории дискретных систем / А.Н. Богомолов, В.Н. Салий; М.: Наука. Физматлит, 1997. – 368с. – ISBN 5-02-015033-9.
2. Технология имитационного моделирования сложных систем. Часть 1. Математические основы имитационного моделирования сложных систем: Уч. пособие. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2008.
3. Задачи и модели ИСО. Ч.1. Аналитические модели исследования операций: Уч. пособие / И.В. Максимей, С.И. Жогаль; под общ. ред. И.В. Максимея. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.