

## ОТЗЫВ

официального оппонента **Задорожного Владимира Николаевича**  
на диссертацию **Солдатенко Александра Александровича**  
«Разработка алгоритмов комбинаторной оптимизации для анализа графовых  
и гиперграфовых сетей» по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы  
информатики» на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук.

**Актуальность темы** диссертации определяется возрастающим в последние годы вниманием, уделяемым исследованию больших сетей, в том числе сетей транспортных, информационных, сетей сотрудничества ученых, финансовых, когнитивных, социальных и многих других, естественными математическими моделями которых являются графы и гиперграфы. Многие народнохозяйственные и научно-технические проблемы, имеющие существенное прикладное значение, формулируются как комбинаторные задачи, сложность которых, выражаемая затратами вычислительных ресурсов (времени и памяти) возрастает с ростом размеров сетей как асимптотически полиномиальные или экспоненциальные функции. Разработка ускоренных методов и алгоритмов решения таких задач для больших графов является сложной теоретической проблемой, решение которой представляет собой также и актуальную внутреннюю потребность развития математики.

**Основная идея диссертации** заключается в поиске возможностей дальнейшего улучшения наиболее перспективных и развитых подходов к решению актуальных комбинаторных задач для графовых и гиперграфовых сетей, и к разработке эффективных алгоритмов решения этих задач для больших сетей. Автору диссертации удалось показать, что возможности повышения эффективности таких алгоритмов далеко не исчерпаны. Круг задач, для решения которых в диссертации разработаны и исследованы новые перспективные алгоритмы, включает следующие три задачи.

1. Задачу поиска кратчайшего пути в нестационарной метрической сети, удовлетворяющей условию FIFO (время прохождения дуги графа не может убывать так быстро, чтобы при более позднем, заходе на дугу можно было завершить ее прохождение раньше).

2. Задачу поиска ресурсоограниченного кратчайшего пути (кроме целевой функции – минимума времени прохождения пути, задаются ограничения на расходуемые ресурсы).

3. Задачу поиска всех максимальных индуцированных биклик для графов и гиперграфов (т.е. таких двух максимальных подмножеств вершин, в которых

каждая вершина одного подмножества связана со всеми вершинами другого, и никакие две вершины, принадлежащие одному подмножеству, не связаны).

**Наиболее значимыми результатами** диссертации, следует признать алгоритмы решения перечисленных задач и теоремы, доказанные автором в ходе разработки этих алгоритмов и их исследования, а также комплекс программ, реализующий разработанные алгоритмы и позволяющий выполнять их всестороннюю проверку и сопоставление с лучшими известными алгоритмами решения рассматриваемых задач.

Теоретические результаты диссертации, являясь оригинальными и нетривиальными, вносят заметный вклад в исследования задач и алгоритмов комбинаторной оптимизации, а также в методы решения перечислительных задач, составляющих типовую часть задач комбинаторной оптимизации.

**Научную новизну, теоретическую и/или очевидную практическую значимость** имеют следующие положения и результаты, выносимые автором диссертации на защиту:

– модифицированный алгоритм ALT для решения задачи поиска кратчайшего пути в нестационарной метрической сети, удовлетворяющей условию FIFO, и оценки его сложности по времени;

– алгоритм RevTree для решения задачи поиска кратчайшего пути в ресурсоограниченной сети с одним ресурсом, доказательство его корректности и оценка его сложности по времени и памяти;

– алгоритм HFindMCS поиска всех максимально полных подматриц  $(0, 1)$ -матрицы инцидентности гиперграфа и оценка его сложности по времени;

– теорема об эквивалентности индуцированных двудольных подгиперграфов гиперграфа и двудольных подграфов соответствующего вершинного графа гиперграфа; алгоритм HFindMIB для поиска всех индуцированных биклик гиперграфа, основанный на этой теореме, и оценка его сложности по времени;

– комплекс программ для проверки предложенных алгоритмов на случайных графах и гиперграфах и на реальных данных применительно к дорожным сетям.

**Научная новизна** разработанной модификации алгоритма ALT заключается в расширении графовой модели возможностью приписывания дугам статического и динамического весов, интерпретируемых как длина дуги и скорость в сети. Таким образом, предложенная модификация позволяет находить точное решение задачи поиска кратчайшего пути в нестационарной метрической сети, удовлетворяющей условию FIFO.

Новый алгоритм RevTree, в отличие от ранее существующих, позволяет получать оценку точности решения на основе параметров заданной сети.

Новый алгоритм HFindMIB отличается использованием нового гиперграфового подхода, позволяющего находить и перечислять в



лексикографическом порядке все максимальные индуцированные биклики в гиперграфовых и графовых моделях.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается корректностью математических выкладок, сравнением результатов применения алгоритмов с ранее полученными результатами, экспериментальными проверками с применением разработанного комплекса программ.

Диссертация содержит 95 страниц, два приложения, список литературы из 92 наименований. По теме диссертации автором опубликовано 22 работы, из них 5 – в рецензируемых изданиях по списку ВАК, в которых материалы диссертации отражены достаточно полно.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

#### **Замечания по оформлению диссертации.**

1. В тексте диссертации допускаются противоречия, усложняющие для читателя восприятие материала. Например, одна и та же величина  $T$  на с. 16 названа «конечным множеством», а на с. 23 – промежутком времени. На с. 16 в пункте III вводится величина  $l_{xy} \geq 0$  – параметр дуги  $(x, y)$ , и поясняется, что эта величина может интерпретироваться как расстояние между вершинами  $x$  и  $y$ . Это пояснение противоречит определению расстояния между вершинами как длины кратчайшего пути от вершины  $x$  к вершине  $y$ .
2. При формулировке некоторых высказываний автор излишне тяготеет к образу графа, отображенного на плоскость, и соответственно, к интерпретации расстояний в евклидовой метрике. Об этом свидетельствуют выражения типа «веса дуг исходной сети удовлетворяют неравенству треугольника» (с. 15, второй абзац). На самом деле этому неравенству удовлетворяют расстояния между вершинами. Об этом же свидетельствует выражение «правило тупого угла» (с. 30).
3. Наряду с хорошим русским языком и правильной логической последовательностью изложения в тексте допускаются досадные опiski. Так, в списке работ автора (с. 18 автореферата) название статьи номер 4 «О нахождении максимально полных подматриц и их связи с бикликами в гиперграфе» написано неправильно. Правильное название, под которым статья опубликована, это «О связи биклик гиперграфа и всех максимально полных подматриц матрицы смежности».

Сделанные замечания имеют локальный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Общее заключение по диссертации:

Диссертация Солдатенко Александра Александровича соответствует специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложены эффективные методы

