

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, доцента Картака Вадима Михайловича на диссертационную работу Макаровских Татьяны Анатольевны «Методы и алгоритмы решения задачи маршрутизации специального вида в плоских графах», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики.

Для промышленных и проектных предприятий, связанных по роду деятельности с задачами раскроя листового материала, возникает необходимость использования CAD/CAM-систем технологической подготовки процессов раскроя. Учет возможностей современного оборудования для вырезания деталей из листового материала позволяет составлять раскройные планы, допускающие совмещение контуров вырезаемых деталей, что позволяет сократить расход материала, длину резки, и количество холостых проходов.

Диссертационная работа Т.А. Макаровских посвящена решению задач маршрутизации в плоских графах, которые являются гомеоморфными образами раскройных планов. Неориентированный граф можно использовать для отображения всевозможных элементов траектории при построении систем управления раскройными автоматами. Несмотря на то, что алгоритмы составления раскройных планов для задач, допускающих совмещение, принципиально не отличаются от алгоритмов, не допускающих совмещения, алгоритмы нахождения маршрутов движения режущего инструмента будут принципиально различны. При отсутствии совмещения маршрут будет представлять последовательный обход контуров, т.е. ее решение сводится к решению обобщенной задачи коммивояжера. При наличии совмещений необходимо учитывать дополнительные условия: отсутствие пересечения внутренних граней любой начальной части маршрута с ребрами его оставшейся части, отсутствие пересечения траектории резки и пр. Разработка эффективных алгоритмов нахождения маршрута режущего инструмента для раскройных планов, допускающих совмещение контуров вырезаемых деталей, является *актуальной задачей.*

Целью диссертационного исследования Т.А. Макаровских является решение проблемы маршрутизации специального вида в плоских графах, являющихся гомеоморфными образами раскройных планов.

Для выполнения данной цели Т.А. Макаровских были решены следующие *задачи, обладающие научной новизной*:

- Введен класс ОЕ-маршрутов в плоских графах. Маршруты введенного класса представляют упорядоченную последовательность реберно-непересекающихся цепей, покрывающих граф, в которой отсутствуют пересечения внутренности пройденной части маршрута с ребрами его непройденной части.
- Введен класс АОЕ-маршрутов в плоских графах. Маршруты введенного класса являются ОЕ-маршрутами, для которых выполнено дополнительное локальное ограничение: следующее ребро определяется заданным циклическим порядком на множестве ребер, инцидентных текущей вершине.
- Введен класс НОЕ-маршрутов в плоских графах. Этот класс является расширением класса АОЕ и в него входят все маршруты состоящие из непересекающихся ОЕ-цепей.
- Определен способ представления гомеоморфного образа раскройного плана, позволяющий эффективно решать проблемы маршрутизации.
- Доказано существование маршрутов, принадлежащих указанным классам.
- Разработаны алгоритмы решения проблемы построения маршрутов, принадлежащих указанным классам, в плоских графах, доказана их корректность, разработано программное обеспечение для реализации представленных алгоритмов.
- Получены оценки количества полученных маршрутов специального вида.

Структура диссертации

В первой главе диссертации на основе аналитического обзора литературы, показано место решаемой в данной работе задачи относительно ранее опубликованных в научной литературе результатов. Показано, что задача построения эйлера цикла, удовлетворяющего заданным локальным и

глобальным ограничениям в плоском графе является мало исследованной. В известных работах, посвященных задаче построения в плоском эйлеровом графе эйлерова цикла при наличии ограничений, отсутствуют строгая формализация и доказательство результативности алгоритма. Кроме того, известные алгоритмы имеют достаточно высокую вычислительную сложность. Следовательно, имеется потенциальная возможность построения покрытий, удовлетворяющих требуемым ограничениям, в частности, для задач маршрутизации в плоских графах.

Вторая глава посвящена классу ОЕ-маршрутов (маршрутов с упорядоченным охватыванием). Маршруты введенного класса удовлетворяют условию отсутствия пересечения внутренних граней любой начальной части маршрута с ребрами его оставшейся части. Формально такие маршруты определены как упорядоченная последовательность ОЕ-цепей графа. Доказано существование ОЕ-цикла в плоском эйлеровом графе, разработаны алгоритмы (1) построения ОЕ-маршрута с минимальным по мощности упорядоченным множеством цепей, (2) ОЕ-маршрута с минимальной длиной переходов между последовательными цепями. Определена оценка мощности эйлерова ОЕ-покрытия для произвольного плоского связного графа, показано, что на мощность покрытия существенное влияние оказывает наличие мостов в графе. Разработаны полиномиальные алгоритмы решения задачи построения ОЕ-маршрутов для плоского эйлерова графа и рассмотрена их программная реализация.

В третьей главе рассмотрены маршруты с локальными ограничениями, т.е. ограничениями на порядок следования ребер, заданными в текущей вершине. Приведены полиномиальные алгоритмы построения допустимых эйлеровых цепей и покрытий такими цепями. Введены следующие классы: (1) класс АОЕ-цепей, содержащий А-цепи с упорядоченным охватыванием; (2) класс NOE-маршрутов в плоских графах. Доказано, что для существующей системы переходов, соответствующей некоторой А-цепи, можно построить ОЕ-цепь, задав начальную вершину и завершающее ребро. Разработан полиномиальный алгоритм поиска АОЕ-цепи в плоском связном 4-регулярном графе. Класс NOE является расширением класса АОЕ и в него входят все самонепересекающиеся ОЕ-цепи. Разработан полиномиальный алгоритм построения NOE-цепи. Его выполнение состоит в сведении исходного плоского графа к плоскому связному 4-регулярному графу за счет расщепления вершин степени выше 4 и дальнейшего

выполнения алгоритма. Определены оценки количества ОЕ-цепей для заданной системы переходов.

В четвертой главе показано, каким образом рассмотренные алгоритмы могут быть применены в CAD/CAM-системах технологической подготовки процессов раскроя для решения задачи маршрутизации в раскройных планах, допускающих совмещение границ вырезаемых деталей. Рассмотрен класс PPOE-маршрутов, т.е. маршрутов с ограничениями на возможные начальные вершины покрывающих цепей (т.е. на точки врезки). Доказаны необходимые и достаточные условия существования таких маршрутов.

Текст *автореферата* полно и правильно отражает содержание диссертации.

Достоверность и обоснованность полученных результатов полученных в диссертационной работе, базируется на использовании апробированных научных положений, методов исследования, корректном применении математического аппарата, согласовании новых научных результатов с известными теоретическими положениями.

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в расширении класса задач построения маршрутов специального вида в плоских графах и состоит в разработке эффективных алгоритмов нахождения маршрутов специального вида, удовлетворяющих технологическим ограничениям.

Практическая ценность диссертационного исследования состоит в том, что разработанные алгоритмы могут быть применены в системах технологической подготовки процессов раскроя.

Замечания и пожелания по диссертации

Имеются следующие замечания по диссертационной работе Т.А. Макаровских, которые, однако не снижают значимости полученных результатов и общего высокого научного уровня работы:

1. Представленные в работе алгоритмы построения ОЕ- маршрутов позволяют получить только одно решение. Однако вопрос единственности этого решения не

рассматривался. Не понятно как сформулировать задачу оптимизации на множестве ОЕ- маршрутов.

2. В работе отсутствует сравнение полученных результатов с результатами других авторов, не приведены примеры тестирования алгоритмов на известных тестовых наборах.

3. В разделе 4.6 для полноты изложения было бы не лишним привести пример работы алгоритма РРОЕ-маршрутизация.

4. В диссертации присутствуют ряд неточностей и опечаток, например на ст. 46 и 168 говорится о задачи «сельского почтальона», однако в выводах (ст. 197) «китайский почтальон».

5. В задачи линейного программирования (ст. 186) не определены типы переменных. Так же не ясно как решать данную задачу, ссылка на алгоритм отсутствует.

Общая оценка работы

Диссертация Т.А. Макаровских представляется завершённым научным исследованием, содержащим решение фундаментальных открытых вопросов, в которой автором предложены новые эффективные методы нахождения маршрутов, удовлетворяющих различным видам ограничений, что позволяет расширить и формализовать классы задач построения в плоских графах маршрутов специального вида, удовлетворяющих технологическим ограничениям CAD/CAM-систем технологической подготовки процессов раскроя. Предложенная теория дает новый импульс для построения новых методов решения задач вырезания деталей, позволяя формализовать требования к раскройным планам, ориентированным на применение ресурсосберегающих технологий. Совокупность полученных результатов можно квалифицировать как научное достижение в области теоретических основ информатики. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертационной работы. Тематика и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Считаю, что диссертация Макаровских Татьяны Анатольевны удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, п. 9 положения «О порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлениями Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 и 21.04.2016 № 335, а её автор заслуживает присуждения ей степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой вычислительной техники и защиты информации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
д.ф.-м.н., доцент



Вадим Михайлович Картак
« 2 » 03 2020 г.

Адрес организации: 450008,
Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. К.Маркса, д. 12, корпус 5,
ком. 308
Телефон: +7 (347)2730672
Email: kvmail@mail.ru



Подпись Картак В.М.
Удостоверяю « 02 » 03 20 20 г.
Начальник отдела документационного обеспечения
архива Григорьев А.М.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

диссертации Макаровских Т.А. «Методы и алгоритмы решения задачи маршрутизации специального вида в плоских графах» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики

Фамилия, имя, отчество	Картак Вадим Михайлович
Ученая степень (с указанием номера и шифра специальности)	Доктор физико-математических наук, 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности)
Ученое звание	Доцент
Организация основного места работы	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Занимаемая должность	Заведующий кафедрой вычислительной техники и защиты информации
Почтовый адрес	450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К.Маркса, д. 12, корпус 5, ком. 308
Телефон	+7 (347)2730672
Адрес электронной почты	kvmail@mail.ru

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях


1. Kartak V.M., Ripatti A.V. Large proper gaps in bin packing and dual bin packing problems // Journal of Global Optimization. 2018. DOI: 10.1007/s10898-018-0696-0
2. Картак В.М., Рамазанова Р.Р., Безрученко М.Ю. Постановка задачи маршрутизации транспортных средств на нестационарных графах // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2016. № 2 (38). С. 31-38.
3. Kartak V.M., Ripatti A.V., Scheithauer G., Kurz S. Minimal proper non-irup instances of the one-dimensional cutting stock problem// Discrete Applied Mathematics. 2015. Т. 187. С. 120-129. DOI: 10.1016/j.dam.2015.02.020
4. Kartak V.M., Ripatti A.V. A method to reduce the raster set for the d-dimensional orthogonal packing problem// Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. № 2. С. 64-75.

5. Kartak V.M., Ripatti A.V. The minimum raster set problem and its application to the d-dimensional orthogonal packing problem// European Journal of Operational Research. 2018. С. 33-39.DOI: 10.1016/j.ejor.2018.04.046

6. Картак В.М., Фабарисова А.И. Методы целочисленного линейного программирования в задаче нерегулярного размещения плоских геометрических объектов в форме полимино // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2018. Т. 22. № 2 (80). С. 131-137.

7. Kartak V.M., Fabarisova A.I. Irregular polyomino tiling using integer programming // CSIT'2016 Proceedings of the 18th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. 2016. С. 111-115.

8. Картак В.М., Фабарисова А.И. Методы целочисленного линейного программирования в задаче оптимального размещения полиминообразных фигур// Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. № 2. С. 76-81.

 / В.М. Картак /
7.03.2020

