

УТВЕРЖДАЮ

Директор института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»


О.Ю. Шешуков

«14» декабря 2021г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ),
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента для САПР управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ» выполнена в Институте новых материалов и технологий на кафедре «Информационные технологии и автоматизация проектирования».

В период подготовки диссертации соискатель Уколов Станислав Сергеевич являлся аспирантом очной формы обучения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» с 01.09.2016 г. по 31.08.2020 г. по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (Системы автоматизации проектирования); работал в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в должности ведущего программиста кафедры информационных технологий и автоматизации проектирования с 21.12.2015 г. по настоящее время.

В 1992 году окончил Уральский ордена Трудового Красного знамени политехнический институт им. С. М. Кирова по специальности экспериментальная ядерная физика.

Диплом об окончании аспирантуры с приложением к нему выдан в 2020 г. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Петунин Александр Александрович, профессор кафедры информационных технологий и автоматизации проектирования Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина».

Выписка из протокола № 4

заседания кафедры информационных технологий и автоматизации
проектирования (ИТиАП)
от «27» октября 2021 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Куреннов Д.В., к.т.н., доцент, зав. кафедрой ИТиАП; Бывальцев С.В., к.т.н., доцент кафедры ИТиАП; Возмищев Н.Е., к.т.н., доцент кафедры ИТиАП; Кац Е.И., к.т.н., доцент кафедры ИТиАП; Колмыков В.Л., ст. преподаватель кафедры ИТиАП; Котёл Н.С., старший преподаватель кафедры ИТиАП; Маянц М.Л., старший преподаватель кафедры ИТиАП; Мещанинова Т.В., к.т.н., доцент кафедры ИТиАП; Мухоморов В.Л., старший преподаватель кафедры ИТиАП; Петунин А.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры ИТиАП; Поляков А.П., д.т.н., профессор кафедры ИТиАП; Поляков П.А., к.т.н., доцент кафедры ИТиАП; Расковалов С.Г., зав. учебной лабораторией кафедры ИТиАП; Рыжкова Н.Г., к.пед.н., доцент кафедры ИТиАП; Синотова С.Л., старший преподаватель кафедры ИТиАП; Спевак Л.Ф., к.ф-м.н., доцент кафедры ИТиАП; Старостин Н.Д., к.т.н.,

доцент кафедры ИТиАП; Шамова Г.П., ведущий инженер кафедры ИТиАП; Шипачева Е.Н., старший преподаватель кафедры ИТиАП.

ПРИГЛАШЕНЫ: Сесекин А.Н., д.ф-м.н., профессор, зав. кафедрой прикладной математики и механики, ведущий научный сотрудник лаборатории оптимального раскроя промышленных материалов и оптимальных маршрутных технологий УрФУ.

Вопросы:

1. к.т.н., доцент Куреннов Д.В.:

- Алгоритмы учитывают технологические ограничения современного оборудования. Возможно ли появление новых ограничений с учётом появления новых типов оборудования?

2. д.т.н., профессор Поляков А.П.:

- Использование слова «оптимальный» с математической точки зрения не оправдано.
- Просьба уточнить формулировку п.4 научной новизны
- Обратить внимание на оформление публикаций в соответствии с требованиями ВАК

3. к.т.н., доцент Кац Е.И.:

- Вы получаете оценки с доверительным интервалом 95%. Какова постановка статистической задачи, в которой будет получена такая вероятность?
- Полученные результаты сравнимы с решателем Gurobi, в чём тогда смысл разработки таких алгоритмов?

4. старший преподаватель Мухоморов В.Л.:

- Вы решаете задачу оптимальной маршрутизации, как она увязывается с задачей оптимального раскроя?

5. д.ф-м.н., профессор Сесекин А.Н.:

- У вас были работы по учёту термических ограничений, они не включены в диссертацию?
- Оптимизация по двум разным задачам – это постановка задачи на векторную оптимизацию. Задача интересная, но достаточно сложная.

На все заданные вопросы диссертант дал аргументированные ответы

С положительной оценкой диссертационной работы выступили: д.ф-м.н., профессор Сесекин А.Н. (рецензент); старший преподаватель Мухоморов В.Л.; к.т.н., доцент Куреннов Д.В. (рецензент).

По результатам рассмотрения диссертации «Разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента для САПР управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ» принято следующее **заключение**.

Диссертационная работа С. С. Уколова является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему. Диссертационная работа посвящена проблеме повышения эффективности функционирования систем автоматизированного проектирования управляющих программ для машин фигурной резки с ЧПУ за счёт оптимизации временных и стоимостных характеристик процесса перемещения режущего инструмента при одновременном выполнении ограничений предшествования, для чего разработан ряд алгоритмов, осуществляющих оптимальную маршрутизацию режущего инструмента, программные модули, реализующие указанные алгоритмы, и методика использования их в процессе проектирования управляющих программ в составе CAD/CAM-систем для машин фигурной резки с ЧПУ. Актуальность темы вызвана тем, что общая задача маршрутизации режущего инструмента является крайне сложной, что приводит к необходимости сочетания как точных алгоритмов, так и эвристических и метаэвристических подходов для решения широкого класса задач, возникающих в современном производстве.

Личный вклад автора состоит в проведении теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертационной работы, разработке программного обеспечения, проведении численных экспериментов с его использованием, а также в разработке соответствующих методик применения разработанного программного обеспечения в составе систем автоматизированного проектирования управляющих программ для оборудования фигурной резки с ЧПУ. В опубликованных совместных работах постановка и исследование задач осуществлялись совместными усилиями соавторов при непосредственном активном участии соискателя.

Научная новизна:

1. Разработан алгоритм ветвей и границ для обобщенной задачи коммивояжера с ограничениями предшествования, позволяющий строить нижние оценки для решений указанной задачи, в том числе, полученных другими алгоритмами и эвристиками
2. Разработан алгоритм поиска точек врезки в контуры, не использующий механизм дискретизации
3. Сформулированы схемы использования ограничений предшествования для уменьшения вычислительной сложности алгоритмов оптимальной маршрутизации.

Практическая значимость работы:

1. Использование разработанных алгоритмов маршрутизации режущего инструмента позволяет сократить затраты на проектирование управляющих программ для машин фигурной резки с ЧПУ, а также временные характеристики процесса резки.
2. Используемые модели оптимизации могут применяться совместно с другими моделями, что позволяет повысить их производительность, а также решать более широкие классы задач маршрутизации режущего инструмента машин фигурной резки с ЧПУ, что должно оказать позитивный эффект как на стоимость процесса резки, так и на качество получаемых деталей.

3. Использование открытых форматов позволяет широко сочетать различные программные системы и модули на разных этапах проектирования управляющих программ для машин фигурной резки с ЧПУ, что позволяет решать более широкий круг практических задач, повышая эффективность производственного процесса.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается экспериментальными результатами, полученными при использовании моделей, алгоритмов и программных модулей, созданных при непосредственном участии соискателя. Основные положения диссертации представлялись на международных и всероссийских научных конференциях, опубликованы в изданиях ВАК, Scopus и WoS и получили одобрение специалистов.

Основные результаты работ и исследований по теме диссертации представлены на конференциях:

- Applications of Mathematics in Engineering and Economics, Созополь, Болгария, 2016 год
- MiM2016: on Manufacturing, Modelling, Management & Control, Трива, Франция, 2016 год
- ASRTU 2017 International Conference on Intellectual Manufacturing, Харбин, Китайская Народная Республика, 2017 год
- Mathematical Optimization Theory And Operations Research, Екатеринбург, Россия, 2019 год
- Manufacturing Modelling, Management and Control – 9th MIM 2019, Берлин, Германия, 2019 год
- XVI Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективные системы и задачи управления», Домбай, Россия, 2021 год
- XII International Conference Optimization and Applications (OPTIMA2021), Petrovac, Черногория, 27.09.2021 – 01.10.2021.

- XIV-я Всероссийская Мультиконференция по проблемам управления, с. Дивноморское, Геленджик, Россия, 27.09.2021 – 02.10.2021.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.13.12 Системы автоматизированного проектирования (промышленность), область диссертационного исследования соответствует пункту 3 «Разработка научных основ построения средств САПР, разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений, включая конструкторские и технологические решения в САПР и АСТПП» паспорта научной специальности.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования. Диссертационное исследование не содержит результатов научных работ, выполненных в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. Петунин А. А. Новый алгоритм построения кратчайшего пути обхода конечного множества непересекающихся контуров на плоскости / А. А. Петунин, Е. Г. Полищук, С. С. Уколов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2021. — № 1. — С. 149—164; (1.0 п.л. / 0.3 п.л.)
2. Khachay M. Problem-Specific Branch-and-Bound Algorithms for the Precedence Constrained Generalized Traveling Salesman Problem / M. Khachay, S. Ukolov, A. Petunin // Optimization and Applications. T. 13078 / под ред. N. Olenov [и др.]. — Springer Nature Switzerland AG, 2021.—

- P. 136–148. — (Lecture Notes in Computer Science); (0.8 п.л. / 0.27 п.л.) (Scopus)
3. Petunin A. Library of Sample Image Instances for the Cutting Path Problem / A. Petunin, A. Khalyavka, M. Khachay, A. Kudriavtsev, P. Chentsov, E. Polishchuk, S. Ukolov // Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges, 2021, Proceedings. — Berlin, Germany : Springer, 2021. — P. 227—233; (0.5 п.л. / 0.07 п.л.) (Scopus)
 4. Petunin A. A Novel Algorithm for Construction of the Shortest Path Between a Finite Set of Nonintersecting Contours on the Plane / A. Petunin, E. Polishchuk, S. Ukolov // Advances in Optimization and Applications. — Cham, Switzerland : Springer, 2021. — P. 70—83; (0.9 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus)
 5. Petunin A. A. Optimum routing algorithms for control programs design in the CAM systems for CNC sheet cutting machines / A. A. Petunin, P. A. Chentsov, E. G. Polishchuk, S. S. Ukolov, V. V. Martynov // Proceedings of the X All-Russian Conference «Actual Problems of Applied Mathematics and Mechanics» with International Participation, Dedicated to the Memory of Academician A.F. Sidorov and 100th Anniversary of UrFU: AFSID-2020. — American Institute of Physics Inc., 2020. — P. 020005; (0.5 п.л. / 0.1 п.л.) (Scopus)
 6. Petunin A. A. On the new Algorithm for Solving Continuous Cutting Problem / A. A. Petunin, E. G. Polishchuk, S. S. Ukolov // IFAC PapersOnLine. — 2019. — V. 52, № 13. — P. 2320—2325; (0.9 п.л. / 0.3 п.л.) (WoS, Scopus)
 7. Petunin A. A. The thermal deformation reducing in sheet metal at manufacturing parts by CNC cutting machines / A. A. Petunin, E. G. Polyshuk, P. A. Chentsov, S. S. Ukolov, V. I. Krotov // IOP Publishing. — 2019. — V. 613. — P. 012041; (0.5 п.л. / 0.1 п.л.) (WoS, Scopus)
 8. Tavaeva A. A Cost Minimizing at Laser Cutting of Sheet Parts on CNC Machines / A. Tavaeva, A. Petunin, S. Ukolov, V. Krotov // Mathematical Optimization Theory and Operations Research. — Cham, Switzerland : Springer, 2019. — P. 422—437; (0.16 п.л. / 0.4 п.л.) (Scopus)

9. Petunin A. A. About some types of constraints in problems of routing / A. A. Petunin, E. G. Polishuk, A. G. Chentsov, P. A. Chentsov, S. S. Ukolov // AIP Conference Proceedings. — 2016. — V. 1789, № 1. — P. 060002; (0.9 п.л. / 0.18 п.л.) (WoS, Scopus)

Другие публикации:

10. Петунин А. А. Эффективная маршрутизация робота/беспилотного летательного аппарата в задачах с условиями предшествования / А. А. Петунин, М. Ю. Хачай, С. С. Уколов // XIV Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2021). Т. 1. — Издательство Южного федерального университета, 2021. — С. 202—205; (0.3 п.л. / 0.1 п.л.)
11. Уколов С. С. Алгоритм ветвей и границ для обобщённой задачи коммивояжера с ограничениями предшествования / С. С. Уколов, М. Ю. Хачай. — 2021. — URL: <https://github.com/ukoloff/PCGTSP-BnB>.
12. Уколов С. С. JSON-схемы файлов, используемых в САПР «Сириус» / С. С. Уколов, П. А. Ченцов. — 2021 — URL: <https://ukoloff.github.io/dbs.js/json-schema/>.
13. Петунин А. А. Алгоритмы оптимальной маршрутизации для систем автоматизированного проектирования управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ / А. А. Петунин, П. А. Ченцов, Е. Г. Полищук, С. С. Уколов, В. В. Мартынов // Актуальные проблемы прикладной математики и механики. — Институт математики и механики УрО РАН им. Н. Н. Красовского, 2020. — С. 58—59; (0.2 п.л. / 0.04 п.л.)
14. Таваева А. Ф. Разработка инвариантного модуля генерации управляющих программ для машин лазерной резки. Вопросы интеграции с CAD/CAM системами / А. Ф. Таваева, Е. Н. Шипачева, П. А. Ченцов, А. А. Петунин, С. С. Уколов, А. П. Халявка // Актуальные проблемы прикладной математики и механики. — Институт математики и механики УрО РАН им. Н. Н. Красовского, 2020. — С. 70—71; (0.2 п.л. / 0.03 п.л.)

15. Уколов С. С. Визуализация решения задачи PCGTSP / С. С. Уколов. — 2020 — URL: <https://ukoloff.github.io/j2pcgtsp/>.
16. Уколов С. С. Конвертеры открытых форматов для САПР «Сириус» / С. С. Уколов. — 2019 — URL: <https://github.com/ukoloff/dbs.js>.
17. Уколов С. С. Описание формата DBS / С. С. Уколов, В. И. Кротов. — 2018 — URL: <https://github.com/ukoloff/dbs.js/wiki/DBS>.
18. Петунин А. А. САПР «Сириус» – оптимизация раскроя и резки листовых материалов в единичном производстве / А. А. Петунин, В. И. Кротов, С. С. Уколов, В. В. Видяпин // САПР и графика. — 1999. — No 10. — С. 42–48; (0.4 п.л. / 0.1 п.л.)

Диссертация «Разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента для САПР управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ» Уколова Станислава Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (промышленность)».

В голосовании принял участие 21 человек. Результаты голосования: за – 21 чел., против – нет, воздержалось – нет.

Куреннов Дмитрий Валерьевич,
к.т.н., доцент,
заведующий кафедрой
«Информационные технологии
и автоматизация проектирования»

