

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента,
Орловой Юлии Александровны на диссертационную работу Беляевского Кирилла Олеговича на тему: «Методы и алгоритмы формирования и использования октодерев для обработки облака точек лазерного сканирования в ограниченном объеме оперативной памяти», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)

Актуальность темы.

Диссертация К.О. Беляевского «Методы и алгоритмы формирования и использования октодерев для обработки облака точек лазерного сканирования в ограниченном объеме оперативной памяти» посвящена актуальной теме обработки облаков точек лазерного сканирования. В настоящее время существует разрыв между постоянно развивающимися аппаратными средствами для лазерного сканирования и существенным отставанием средств обработки и анализа информации, поступающей с лазерных сканеров. При этом лазерные сканирующие системы позволяют производить миллионы измерений в секунду, а размеры получаемых облаков точек могут достигать нескольких сотен гигабайт, что предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам при обработке таких данных. Однако существующие методы и технологии не всегда в полной мере позволяют использовать информацию из данных лазерного сканирования. Кроме того, обработка результатов лазерного сканирования зачастую связана с конкретным разработчиком/производителем оборудования для лазерного сканирования и программного обеспечения (ПО), предназначенного для этого. При этом среди открытого программного обеспечения практически отсутствуют примеры инструментов для обработки облаков точек лазерного сканирования, чей размер превышает доступную оперативную память (ОП). Поэтому рассмотренная в диссертации К.О. Беляевского задача организации обработки больших облаков точек при ограниченном объеме оперативной памяти является чрезвычайно важной, а тема диссертации «Методы и алгоритмы формирования и использования

октодеревы для обработки облака точек лазерного сканирования в ограниченном объеме оперативной памяти» является актуальной.

Научная новизна.

В диссертации К.О. Беляевского получен ряд новых результатов, представляющих научную новизну, среди них отметим следующие:

- Разработаны концептуальные модели организации обработки облака точек, формирования октодеревы, компонентов вычислительного процесса обработки облака точек во внешней памяти, позволившие за счет декомпозиции этих процессов выделить операции, выполнение которых с использованием предложенных способов организации доступа к блокам данных дало возможность существенно ускорить обработку.
- Разработаны модели вычислительного процесса обработки облака точек, позволяющие повысить его эффективность.
- Разработан метод, использующий асинхронную систему кеширования и модифицированную процедуру формирования октодеревы с возможностью присоединения узлов октодеревы к общему файлу, что позволяет сократить количество создаваемых файлов и уменьшить затрачиваемое время на обмен данными.
- Разработан метод, использующий механизм отображения памяти совместно с алгоритмом динамической аллокации и целочисленной иерархической моделью октодеревы для ускорения доступа к данным, который также уменьшает время на обмен данными.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достаточная степень обоснованности и достоверность предложенных методов и алгоритмов подтверждается согласованностью теоретических положений и результатов, полученных при практической реализации предложенных методов и алгоритмов, апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах, а также положительными результатами внедрения основных положений диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе К.О. Беляевского, подтверждается следующими положениями:

- Проведен системный анализ процессов формирования и использования октодерева по облаку точек лазерного сканирования при использовании внешней памяти, включающий анализ методов, алгоритмов и структур данных, применяемых для обработки в оперативной и внешней памяти, их декомпозицию на составные компоненты, исследование их взаимодействия между собой, центральным процессором, внешней и оперативной памятью с целью выделения компонентов, за счет новой организации которых можно уменьшить затраты времени.
- Реализована адекватная постановка задачи снижения затрат времени на обмен с внешней памятью, определение критерия и показателей для оценивания эффективности реализации вычислительного процесса обработки.
- Правильно сформулирована гипотеза об организации вычислительного процесса обработки и структур данных, позволяющей сократить временные затраты на использование внешней памяти, и формирование подзадач на последующее исследование и уточнение предположений, основанных на данной гипотезе.
- Успешно реализованы новые методы организации вычислительного процесса обработки облака точек, основанных на выдвинутой гипотезе.
- Адекватное планирование и проведение экспериментальных исследований с целью оценки эффективности предложенных методов для различных задач обработки облака точек и определение показателей, характеризующих вычислительный процесс обработки облака точек при использовании внешней памяти.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы.

Теоретическая значимость результатов исследований, изложенных в работе К.О. Беляевского состоит в разработке концептуальных моделей организации обработки облака точек, формирования октодерева и компонентов вычислительного процесса обработки облака точек во внешней памяти,

позволивших провести анализ процесса обработки и выделить этапы и компоненты, модификация которых с учетом структуры данных и новых способов кодирования доступа позволила повысить производительность при использовании внешней памяти для октодерев. Соискателем достигнуты следующие теоретические результаты:

- Разработаны концептуальные модели формирования октодерев и вычислительного процесса обработки облака точек во внешней памяти, предназначенные для выделения компонентов и этапов, модификация которых с учетом особенностей структуры облака точек позволяет сократить затраты времени при обработке.

- Сформулирована гипотеза об уменьшении затрат времени на обращения к внешней памяти при обработке облака точек за счет изменения способов доступа, размещения и идентификации блоков данных октодерев во внешней памяти, позволяющих сократить количество файловых операций и создаваемых файлов, а также снизить количество задержек, обусловленных файловой системой.

- Созданы и обоснованы метод и алгоритм предобработки информации облака точек лазерного сканирования, заключающийся в ее структурировании путем формирования октодерев на базе асинхронной двухуровневой системы кеширования, использующий внешнюю память при превышении обрабатываемой информацией объема оперативной памяти и позволяющий сократить количество создаваемых файлов для снижения влияния обменов с внешней памятью на производительность.

Практическая значимость: внедрение представленных алгоритмов и методов было произведено в рамках проекта ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» по теме: «Исследование и разработка алгоритмов и программных средств по обработке, хранению и визуализации данных лазерного сканирования и фотосъемки» (Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58417X0025) индустриальным партнером ООО «Экоскан» (Соглашение о предоставлении субсидии от 03.10.2017 г. № 14.584.21.0025). Представленные в работе методы и алгоритмы используются в качестве алгоритмического и

методического обеспечения для разработки программного комплекса, предназначенного для обработки, хранения и визуализации данных лазерного сканирования.

Общая оценка содержания диссертации, полнота опубликования результатов и соответствие паспорту специальности.

Диссертационная работа К.О. Беляевского состоит из введения, 4 разделов, списка литературы, списка сокращений и условных обозначений.

В первой главе проводится анализ процессов получения, обработки и предобработки данных лазерного сканирования. Проводится обзор существующих методов обработки облаков точек в ограниченном объеме потребляемой оперативной памяти. Рассматриваются структуры разбиения пространства и их применение для организации обработки облака точек с использованием вторичных систем хранения данных. Формируются гипотезы об уменьшении затрат времени за счет предлагаемых способов размещения октодерева и организации взаимодействия между оперативной и внешней памятью. Производится постановка задачи снижения затрат времени на обмен с внешней памятью за счет организации хранения октодерева облака точек в оперативной и внешней памяти и организации управления обработкой информации с учетом особенностей структуры октодерева.

Во второй главе производится анализ и уточнение различных вариантов реализации вычислительного процесса обработки и механизмов взаимодействия оперативной и внешней памяти, предложенных в первой главе.

В третьей главе рассматривается реализация вычислительного процесса обработки на основе системы кеширования и механизма отображения памяти. Предложен алгоритм построения октодерева с использованием системы кеширования и возможностью объединения заполненных узлов в общий файл. Для обеспечения возможности использования механизма отображения памяти в октодереве предложена реализация алгоритма динамической аллокации на отображаемой памяти. Для обеспечения возможности обработки больших облаков точек сторонними библиотеками предложен способ обработки больших облаков точек путем внедрения системы аллокации отображаемой памяти в сторонние библиотеки для linux систем.

В четвертой главе проведено экспериментальное исследование предложенных методов формирования октодерев, а также основанных на них алгоритмов обработки облаков точек. Предложенные алгоритмы сравниваются с существующими решениями, рассматриваются их недостатки и ограничения. Рассмотрено применение октодерев для решения задачи построения растровых проекций.

Поставленная в работе цель по снижению затрат времени на обработку облака точек при хранении во внешней памяти за счет новых методов, алгоритмов и программного обеспечения организации хранения и доступа к этой информации, снижающих потребление оперативной памяти достигнута. При заявленном сокращении потребляемой оперативной памяти (до 1% от размера исходного облака точек) обеспечивается незначительное увеличение времени обработки в сравнении с альтернативами, выполняющими обработку в оперативной памяти (от 0% до 48%), значительное снижение времени обработки в сравнении с альтернативами, выполняющими обработку во внешней памяти (время обработки до 6.5% от альтернатив). Для выявления компонентов системы обработки больших облаков точек, определения связей между ними, их функций и целей, механизмов управления ресурсами системы автором применяется системный подход. Для создания необходимых абстракций и интерфейсов в процессе реализации автором применяется объектно-ориентированный подход. Совокупность разработанной модели, методов и алгоритмов, а также их практическая реализация представляют собой решение актуальной научно-технической задачи обработки больших облаков точек при условии наличия ограничений на потребление оперативной памяти и действительно позволяют снизить требования к вычислительным ресурсам системы.

По теме диссертации соискателем опубликованы 7 статей, включая 2 – в изданиях ВАК, 2 – в изданиях, индексируемых в Scopus, 3 – в изданиях, индексируемых в РИНЦ. К.О. Беляевским получено 7 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, которые были созданы в ходе исследований.

Основные результаты исследований прошли апробацию на конференциях и семинарах. Текст диссертации выполнен аккуратно и в полной мере удовлетворяет требованиям к оформлению такого рода научных рукописей.

Замечания по работе.

К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. В разделе 4.3 диссертации производится сравнение разработанных методов с существующими реализациями. В тексте раздела отсутствуют критерии выбора программ и библиотек для сравнения. Рассматривались ли какие-либо иные программы и библиотеки, помимо приведенных?
2. В разделе 4.6 диссертации отсутствуют пояснения по поводу выбранных файловых систем для оценки производительности при работе со вторичной системой хранения. Было бы нелишним также привести отличительные особенности приведенных файловых систем.
3. В листинге 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 комментарии приведены на английском, а в остальных 10 листингах на русском.
4. Многие подписи на рисунках приведены на английском.

Заключение по диссертации

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не могут существенно влиять на основные теоретические и практические результаты.

В целом диссертация К.О. Беляевского **является законченным исследованием, представляет решение актуальной научной задачи** снижения затрат времени на обработку облака точек при хранении во внешней памяти, имеющей большое значение в области обработки данных лазерного сканирования.

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) по пунктам:

4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Автореферат соответствует диссертации, в нем отражены основные научные положения, выносимые на защиту, результаты работы и выводы. Содержание диссертации и автореферата соответствует критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы).

Официальный оппонент

ФИО: Орлова Юлия Александровна

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук, доцент

Специальность, по которой защищена диссертация: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные системы управления).

Место работы: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Должность: заведующая кафедрой «Программное обеспечение автоматизированных систем»

Почтовый адрес: Россия, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28

Телефон: 8-903-317-64-16

E-mail: yulia.orlova@gmail.com

«05» ноября 2020 г.

Заведующая кафедрой " Программное обеспечение автоматизированных систем " д.т.н., доцент

Орлова Ю.А.

