Научная статья
Original article
УДК 004.92

# АЛГОРИТМ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДСТВАМИ ИНТЕРНЕТ БРАУЗЕРА

DESIGN OF CONSTRUCTION OF A SPORTS COMPLEX

**Ветров Александр Николаевич,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы», Тверской государственный технический университет, Россия, г. Тверь
**Северов Роман Александрович,** магистрант 2 курс, отдел магистратуры, Тверской государственный технический университет, Россия, г. Тверь

**Alexander N. Vetrov,** Candidate of Technical Sciences, Associate, Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems, Tver State Technical University, Russia, Tver
**Severov Roman Alexandrovich,** 2nd year Master's student, Department of Magistracy, Tver State Technical University, Russia, Tver

**Аннотация:** Статья посвящена алгоритму визуализации технологической модели, созданной с помощью настольного приложения, средствами веб-браузера. Наиболее перспективным вариантом выхода в онлайн для САПР является использование облачных технологий, в частности «Программное обеспечение как услуга» (SaaS). Использование веб-сервисов позволяет сделать легкодоступным даже для неспециалиста разработку и просмотр технологических моделей, позволяет загружать модели уже

созданные в других САПР. Представленный алгоритм предназначен для конвертации модели формата df-ise создаваемой Synopsys TCAD в веб-браузер на движке VRML персонального компьютера или смартфона, демонстрирует большую скорость преобразования и позволяет более чем в два раза сократить объем результирующего файла.

**S u m m a r y:** The article is devoted to the visualization algorithm of a technological model created using a desktop application using a web browser. The most promising option for going online for CAD is the use of cloud technologies, in particular Software as a Service (SaaS). The use of web services makes it easy to develop and view technological models even for a non-specialist, allows you to download models already created in other CAD systems. The presented algorithm is designed to convert a df-ise model created by Synopsys TCAD into a web browser on a VRML engine of a personal computer or smartphone, demonstrates a high conversion speed and allows more than halving the size of the resulting file.

**Ключевые слова:** трехмерное моделирование, визуализация поверхностей, веб-приложение, SaaS, САПР.

**Keywords:** 3D modeling, surface rendering, web application, SaaS, CAD.

В настоящее время во многих отраслях человеческой деятельности используется графическая информация: компьютерные игры, мультипликация, сайты компаний, обучающие курсы, геоинформационные системы, системы моделирования и статистической обработки данных. Компьютерная графика долгое время была двухмерной и основывалась на растровом и векторном изображении, но уже достаточно давно развивается такое направление как трехмерное моделирование [1,4].

3D-объекты различной сложности и направленности применяются в различных сферах деятельности: в медицине, архитектуре, промышленности, дизайне, в индустрии компьютерных игр, благодаря тому, что они воссоздают объекты реального мира: людей, машины, здания, детали механизмов и т.д. [7]

Изначально системы 3D-моделирования были очень ресурсоемкими и речи не шло об их использовании в среде Интернет, в настоящее время ситуация поменялась: появилось множество 3D движков, встроенных в браузер.

Одним из известных и популярных 3D движков, встроенных в браузер, является VRML.

**VRML** (Virtual Reality Modeling Language) — язык моделирования виртуальной реальности, стандартный формат файлов для демонстрации трехмерной интерактивной векторной графики, чаще всего используется в вебтехнологиях. Язык позволяет описывать как саму фигуру, так и расположение ее в пространстве. VRML построен по принципам языка гипертекстовой разметки, что позволяет, используя его, легко передавать графику и текст браузеру [2,6].

К преимуществам VRML относится возможности использования 3D веб-моделирования без дополнительной установки и настройки. При этом сам текст, описывающий 3D объект, не кодируется и может быть легко просмотрен и отредактирован в обычном блокноте. VRML один из основополагающих стандартов 3D веб-моделирования. При этом, следует учитывать, что качество изображений, прорисовываемых из документа VRML, ниже [3,5].

Для нашего случая VRML использовался исходя из простоты перехода на него с исходного формата данных настольной САПР, в которой осуществлялось моделирование и низких требований к качеству 3D моделей, так как моделируемые объекты имеют достаточно простой 3D вид.

Исходные технологические модели для размещения в веб-сервисе были разработаны в системе САПР технологического моделирования Synopsys TCAD, поддерживающей формат DF-ISE.

DF-ISE - это формат файлов САПР технологического моделирования Synopsys TCAD. Формат состоит из файлов двух типов.

- grd файл содержит координаты вершин (3D или 2D) каждого узла сетки;
- dat содержит значение каждого компонента вектора электрического поля для каждого узла сетки, сгруппированного по областям модели.

Содержание файла grd (взаимное отношение элементов представлено на рис. 1):

1. Vertices – это массив координат вершин точек-узлов сетки;
2. Edges – массив ребер сетки. Для каждого ребра хранятся индексы вершин массива Vertices, которые в него входят;
3. Faces – массив поверхностей. Все поверхности – треугольники или четырехугольники, в каждой строчке есть три или четыре числа, число показывает номер ребра из массива Edges, образующее треугольник или четырехугольник. Если число отрицательное, это значит, что ребро переориентируется, то есть вместо того, чтобы быть нарисованным от 1 к 2 точке, ребро рисуется от 2 к 1 точке и его индекс берется положительным и на единицу меньше. Например, в файле cube.grd в разделе Faces есть такая поверхность: «-14 2 7». Это значит, что первым берется ребро 13, а его начальная и конечная точки меняются местами, остальные ребра (2 и 7) рисуются так, как и должны;
4. Locations – массив, показывающий положение соответсвующей поверхности из массива Faces: 'i' означает, что поверхность располагается внутри фигуры, а 'e' – что снаружи.

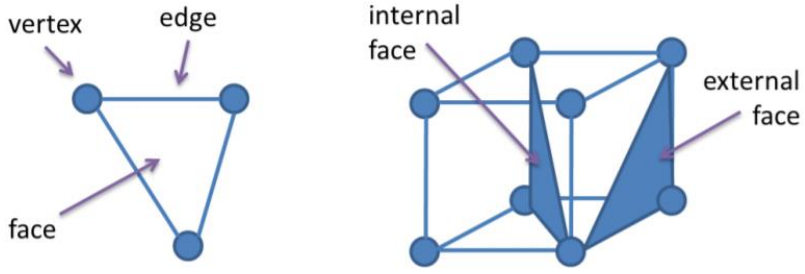


Рис. 1. Пример взаимного отношения элементов и их расположение.

На основании проведенного анализа представляется целесообразным использовать язык VRML для визуализации результатов технологического моделирования непосредственно в интернет браузере.

Первоначально открывается файл grd из которого в вектор vert записывается массив координат вершин точек-узлов сетки, в вектор egd - массив рѐбер сетки, в вектор face - массив поверхностей. Из файла dat в вектор color записывается множество Values (Рис. 2).

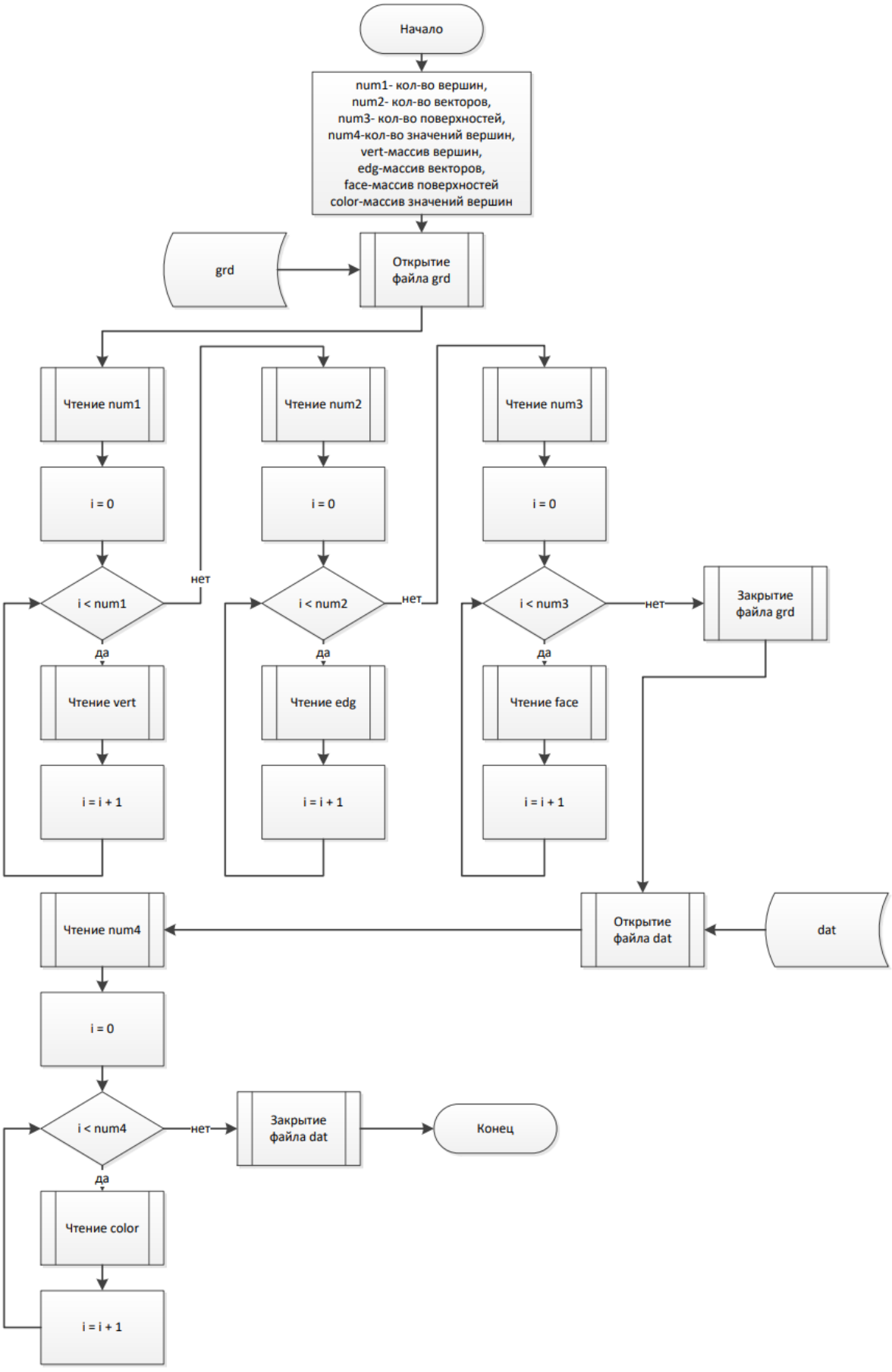


Рис. 2. Блок-схема алгоритма.

При записи в формат VRML из формата DF-ISE сохраняются множество координат вершин точек-узлов сетки, затем записываются цвета точек в формате RGB определяемые из значений множества color (Рис. 2). Последним записывается множеству рёбер сетки, к которым приписывается «-1» (Рис. 2), или поверхности.

В VRML поверхности записываются номерами точек из которых состоит поверхность. Т. к. в DF-ISE поверхности задаются через ребра необходимо провести отбор точек. Формируем массив, в который записываются 6(8) точек от каждого указанного ребра. Получившийся массив содержит 3(4) уникальные точки, каждая повторяется два раза.

Сортируем массив пузырьковым алгоритмом, после чего записываем четные или нечетные элементы массива в новый файл и приписываем «-1» (Рис. 10).

Приведем пример реализации алгоритма на языке c++.

На рисунке 3 представлен пример структуры в Synopsys TCAD.

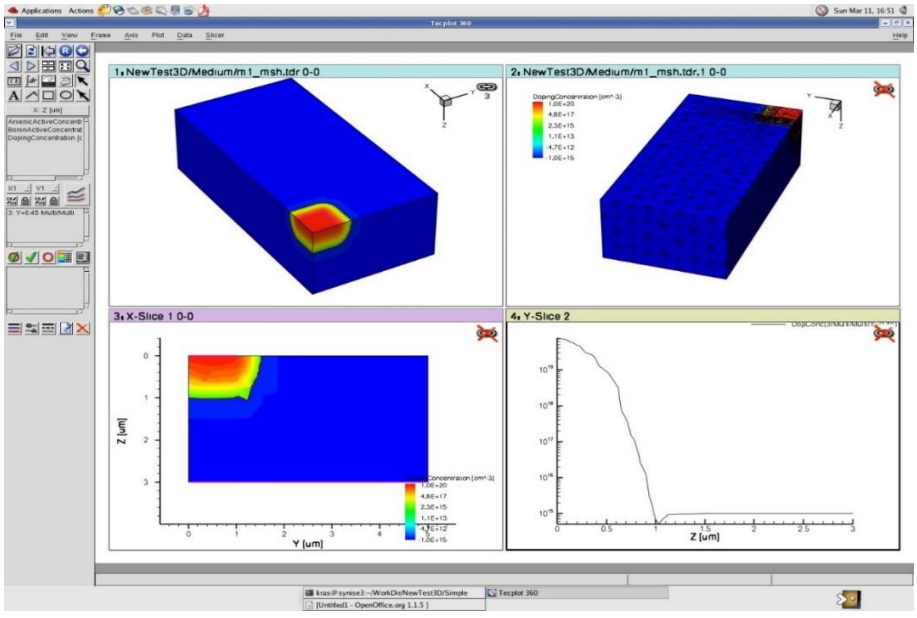


Рис. 3. Пример структуры в Synopsys TCAD.

На рисунках 4-8 представлены примеры визуализации результатов технологического моделирования после преобразования исходного формата в

браузере Internet Explorer. На рисунках 4, 6, 8 и 10 представлен режим сетки, а на рисунках 5, 7, 9 и 1 – режим заливки.

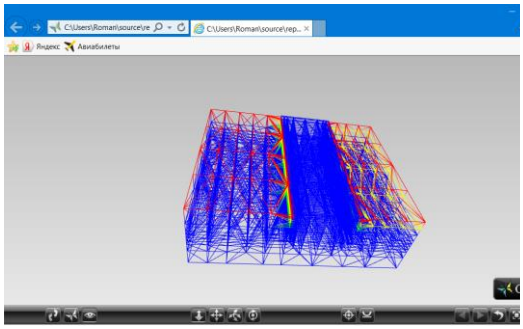

Рис. 4. Вариант 1 режим сетки.

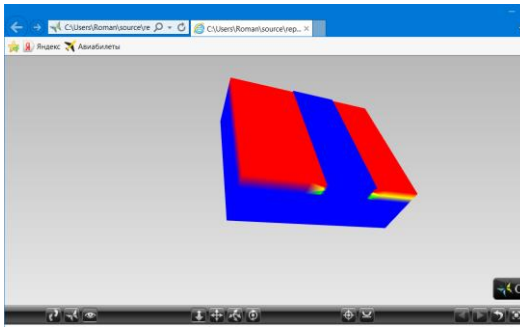

Рис. 5. Вариант 1 режим заливки.

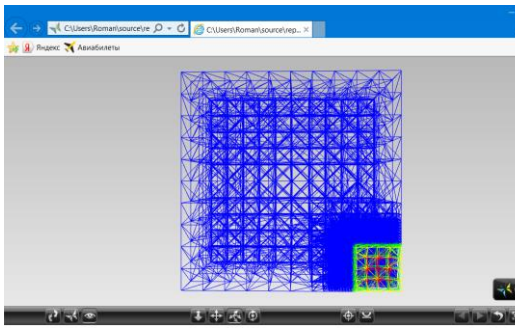

Рис. 6. Вариант 2 режим сетки.

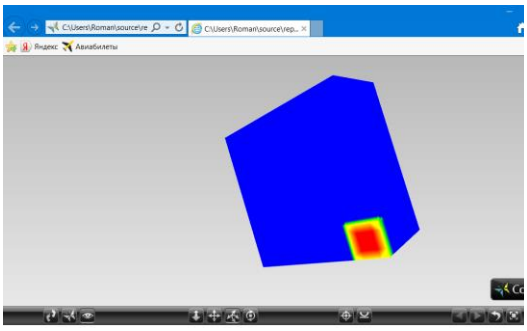

Рис. 7. Вариант 2 режим заливки.

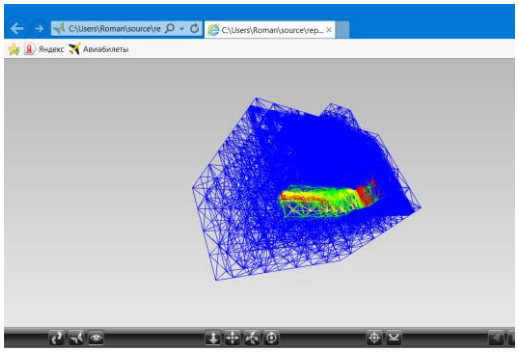

Рис. 8. Вариант 3 режим сетки.

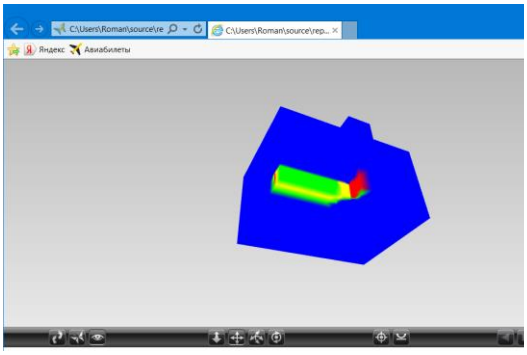

Рис. 9. Вариант 3 режим заливки.

На рисунке 12 изображен график зависимости времени работы программы от количества вершин фигуры. Из него видно, чем больше точек, дольше работает программа.

На рисунке 13 изображена диаграмма зависимости размера файла с результатом от размера исходного файла. Из неё видно, что файл в формате VRML, более чем в два раза меньше по сравнению с исходным файлом в формате DF-ISE.

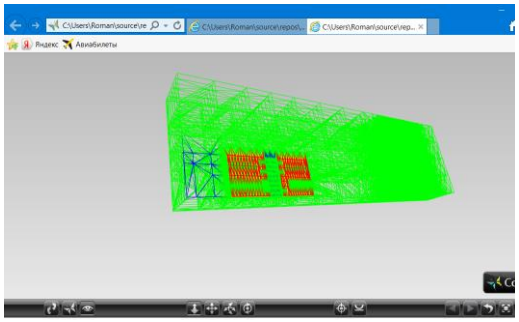

Рис. 10. Вариант 3 режим сетки.

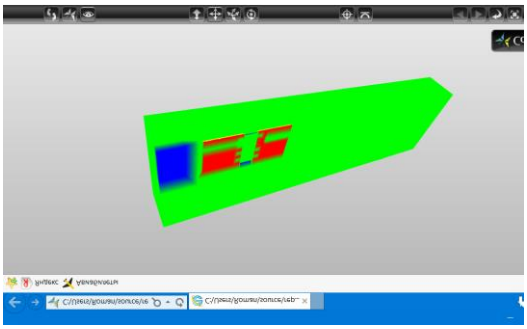

Рис. 11. Вариант 3 режим заливки.

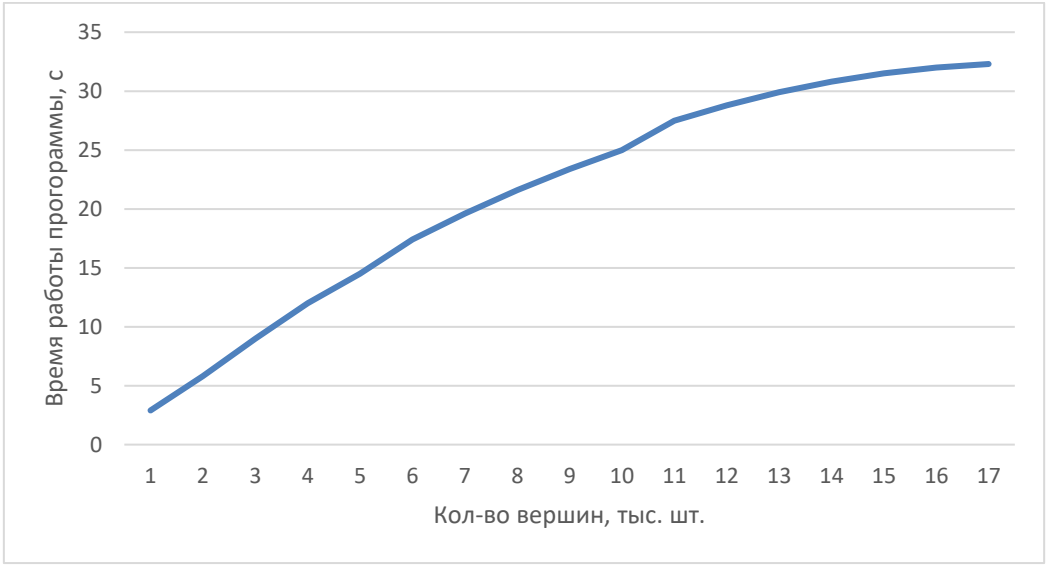


Рис. 12. Зависимость времени работы программы от количества точек.

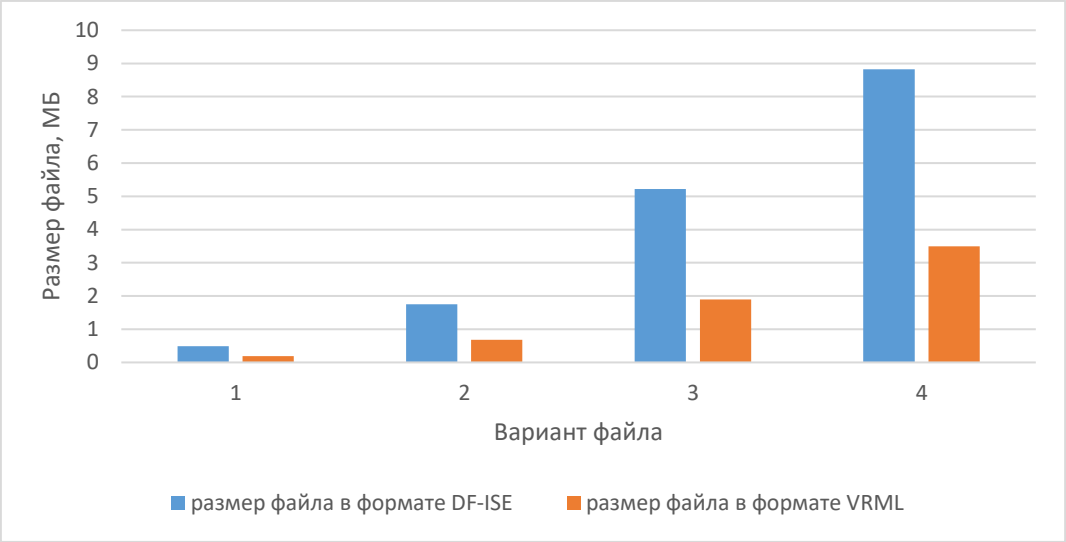


Рис. 13. Зависимость размера файла с результатом от размера исходного файла.

Рассмотренный алгоритм позволяет легко преобразовывать исходные полученные в Synopsys TCAD модели в модели VRML, которые могут быть легко размещены на веб-сайте.

Общее время преобразования исходного формата файла в VRML по представленному алгоритму очень высокое, составляет до минуты, в зависимости от количества вершин в исходной 3D модели.

Рассмотренный алгоритм позволяет более чем в два раза снизить объем результирующего файла по сравнению с исходным.

**Литература**

1. Максимов, А. А. Полигональное моделирование в системе современной компьютерной графики А. А. Максимов / А. А. Максимов // Решетневские чтения: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 11–15 ноября 2019 года / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2019. – С. 305-306. – EDN XZHQBM

2. Разумовский, А. И. Преобразование графических форматов данных посредством применения методологии целостности-смысла на примере формата VRML / А. И. Разумовский // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2018) : Труды XVIII Международной молодёжной конференции, Москва, 16–18 октября 2018 года / Под общей редакцией А.В. Толока. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. – С. 85-87. – EDN VULXQI.
3. Ковтунов Дмитрий Сергеевич Технологии и инструменты 3D моделирования в браузере // Вестник науки и образования. 2018. №4 (40). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-instrumenty-3d-modelirovaniya-v-brauzere (дата обращения: 21.06.2022).
4. Резников К.Г., Медведев С.Н. Разработка программного обеспечения для визуализации трехмерных поверхностей в веб-браузере // Вестник ВГТУ. 2021. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-programmnogo-obespecheniya-dlya-vizualizatsii-trehmernyh-poverhnostey-v-veb-brauzere (дата обращения: 20.06.2022).
5. Бондаренко С., Бондаренко М. Веб в трех измерениях: пять сервисов для работы с 3D-графикой в браузере. URL: https://3dnews.ru/646008 (дата обращения: 05.10.2021).
6. Гонахчян В. И. Обзор методов упрощения полигональных моделей на графическом процессоре // Труды ИСП РАН. 2014. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-uproscheniya-poligonalnyh-modeley-na-graficheskom-protsessore (дата обращения: 21.06.2022).
7. Толок Алексей Вячеславович, Бронников Сергей Васильевич, Павлов Дмитрий Владимирович, Кузин Сергей Анатольевич, Разумовский Алексей Игоревич, Ромакин Владимир Александрович, Локтев Михаил Александрович, Плаксин Александр Михайлович. Разработка

трехмерных моделей для учебно-тренировочных средств космического комплекса // Космическая техника и технологии. 2019. №3 (26). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trehmernyh-modeley-dlya-uchebno-trenirovochnyh-sredstv-kosmicheskogo-kompleksa (дата обращения: 21.06.2022).

**Literature**

1. Maksimov, A. A. Polygonal modeling in the system of modern computer graphics A. A. Maksimov / A. A. Maksimov // Reshetnevskie chteniya: Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of the General Designer of Rocket and Space Systems, Academician M.F. Reshetnev In 2 parts, Krasnoyarsk, November 11–15, 2019 / Edited by Yu.Yu. Loginova. - Krasnoyarsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev", 2019. – pp. 305-306. – EDN XZHQBM
2. Razumovsky, A. I. Transformation of graphic data formats through the use of integrity-meaning methodology on the example of the VRML format / A. I. Razumovsky // Systems of design, technological preparation of production and management of the stages of the life cycle of an industrial product (CAD / CAM / PDM - 2018): Proceedings of the XVIII International Youth Conference, Moscow, October 16–18, 2018 / Edited by A.V. Toloka. - Moscow: Institute of Management Problems. V.A. Trapeznikova RAN, 2018. - pp. 85-87. – EDN VULXQI.
3. Kovtunov Dmitry Sergeevich Technologies and tools for 3D modeling in the browser // Bulletin of science and education. 2018. No. 4 (40). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-instrumenty-3d-modelirovaniya-v-brauzere (date of the request: 06/21/2022).
4. . Reznikov K.G., Medvedev S.N. Development of software for visualization of three-dimensional surfaces in a web browser. Vestnik VGTU. 2021. №6. URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-programmnogo-obespecheniya-dlya-vizualizatsii-trehmernyh-poverhnostey-v-veb-brauzere (date of the request: 06/20/2022).

5. Bondarenko S., Bondarenko M. Web in three dimensions: five services for working with 3D graphics in the browser. URL: https://3dnews.ru/646008 (date of the request: 10/05/2021).
6. Gonakhchyan V. I. Review of methods for simplifying polygonal models on a graphics processor // Proceedings of ISP RAS. 2014. No. 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-uproscheniya-poligonalnyh-modeley-na-graficheskom-protsessore (date of the request: 06/21/2022).
7. Tolok Alexey Vyacheslavovich, Bronnikov Sergey Vasilyevich, Pavlov Dmitry Vladimirovich, Kuzin Sergey Anatolyevich, Razumovsky Alexey Igorevich, Romakin Vladimir Alexandrovich, Loktev Mikhail Alexandrovich, Plaksin Alexander Mikhailovich. Development of three-dimensional models for educational and training facilities of the space complex // Space technics and technologies. 2019. No. 3 (26). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trehmernyh-modeley-dlya-uchebno-trenirovochnyh-sredstv-kosmicheskogo-kompleksa (date of access: 06/21/2022).

*© Ветров А.Н., Северов Р.А. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.*

**Для цитирования:** Ветров А.Н., Северов Р.А. АЛГОРИТМ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДСТВАМИ ИНТЕРНЕТ БРАУЗЕРА // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.