

ISSN 2306-1561

**Automation and Control in Technical Systems (ACTS)**

2014, No 4, pp. 3-14.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-1

---



## **Comparative Analysis of 3D Data Storage Format in Intelligent Systems and Virtual Reality**

**Chuvikov Dmitry Alekseevich**

Russian Federation, Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64.  
Tel.: +7 (499) 151-64-12.

<http://www.madi.ru>

d.chuvikov@mivar.ru

**Feoktistov Victor Petrovich**

Russian Federation, Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64.  
Tel.: +7 (499) 151-64-12.

<http://www.madi.ru>

feoktistov\_v\_p@mail.ru

**Abstract.** The most popular formats for storing three-dimensional geometry was analysed in this article. These formats play an important role in the development of new intelligent systems, such as .3DS, .MAX, .OBJ, .FBX, .WRL and .STL. Analysis of 3D formats was conducted by comparing the volume occupied on the hard drive, low poly and high poly models of products and compression ratios by using the algorithm LZSS. On the basis of the research of 3D formats it was described their field of application, compatibility with different operating systems, with the main comparative characteristics. The article identifies the most efficient and optimal 3D format for storing models in problems related to intelligent systems and virtual reality technologies. This article will be useful, especially for the system designer, the basis of which is principles on virtual reality technology.

**Keywords:** 3D formats, 3D objects, three-dimensional modeling, virtual reality, virtual laboratory, mivar, intelligent systems, LZSS, stereolithography, prototyping.

---

ISSN 2306-1561

**Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)**

2014. – №4. – С. 3-14.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-1

---



УДК 004.92

## **Сравнительный анализ 3D форматов хранения данных в интеллектуальных системах и системах виртуальной реальности**

**Чувиков Дмитрий Алексеевич**

Российская Федерация, студент кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

d.chuvikov@mivar.ru

**Феоктистов Виктор Петрович**

Российская Федерация, студент кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

feoktistov\_v\_p@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье проанализированы наиболее популярные форматы для хранения трехмерной геометрии, которые играют важную роль в развитии новых интеллектуальных систем, например, форматы: .3DS, .MAX, .OBJ, .FBX, .WRL и .STL. Анализ 3D форматов был проведен методом сравнения объема, занимаемого на жестком диске, низкополигональной и высокополигональной моделей изделия и коэффициентов сжатия при использовании алгоритма LZSS. На основе проведенного исследования 3D форматов, описывается их сфера использования, совместимости с различными операционными системами, формулируются основные сравнительные характеристики. В статье определен наиболее эффективный и оптимальный 3D формат для хранения моделей в задачах, связанных с интеллектуальными системами и технологиями виртуальной реальности. Данная статья будет полезной, прежде всего, для проектировщиков систем, базис которых основывается на технологии виртуальной реальности.

**Ключевые слова:** 3D форматы, 3D объекты, трехмерное моделирование, виртуальная реальность, виртуальная лаборатория, мивар, интеллектуальные системы, LZSS, стереолитография, прототипирование.

## 1. Введение

3D форматы необходимы для хранения различных математических моделей трехмерных объектов (3D объекты), которые успешно используются в различных областях. Тип 3D формата играет важную роль в сфере трехмерного моделирования для создания и обучения интеллектуальных систем. При создании новых виртуальных тренажеров и обучающих систем, а также виртуальной реальности для проведения научных исследований и трехмерной визуализации большинство специалистов сталкивается с проблемой выбора правильного формата для хранения 3D моделей и объектов.

В информатике выделяют пять основных этапов: сбор, передача, накопление, обработка и представление информации. Именно на этапе представления информации используются технологии трехмерного моделирования. При использовании данных технологий возникает вопрос о правильном хранении самих трехмерных объектов. Ведь существует множество различных форматов файлов для хранения 3D объектов. Многие из них устарели, но по-прежнему являются актуальными. Поиск более удобного формата для хранения 3D объектов позволит эффективно хранить информацию об объекте в репозитории интеллектуальной системы, например, такой как миварная интеллектуальная система распознавания образов.

Проведенные исследования показали необходимость использования трехмерных моделей для дальнейшего развития интеллектуальных систем. Например, при решении задач распознавания образов необходимо обрабатывать фотографии одного и того же объекта, полученные с разных ракурсов и в разных условиях. Совершенно точно, что хранить все возможные двухмерные фотографии подобных объектов физически невозможно. Следовательно, остается только хранить в памяти компьютера трехмерные модели объектов и сравнивать их с полученными двухмерными фотографиями и другими изображениями [1]. В подобных задачах важную роль играет выбор формата хранения трехмерных объектов. Следовательно, появляется необходимость исследования существующих 3D форматов, с целью выявления наиболее эффективного типа файлов для хранения 3D объектов.

## 2. Обзор 3D форматов

На данный момент существует достаточно много различных 3D форматов. Для выявления наиболее эффективного формата файла для хранения 3D объектов, были взяты самые распространенные из них: .3DS, .MAX, .OBJ, .FBX, .WRL и .STL.

**Формат .3DS** (Autodesk 3ds Max graphics file) - 3D формат, который был разработан в 1990 г. Этот формат файла использовался по умолчанию в старой программе Autodesk 3D Studio для операционной системы DOS. Файл 3DS содержит атрибуты, конфигурации

видовых экранов, растровые ссылки, данные для сглаживания групп, данные сетки, местоположение камеры, а также информацию об освещении и данные анимации объектов, что все вместе представляют собой трехмерную сцену.

Данный формат является бинарным. Формат основан на блоках (chunk), причем каждый раздел данных, встроен в блок, который содержит идентификатор блока и длину данных, чтобы обеспечить расположение следующего основного блока, а также сами данные. Блоки образуют иерархическую структуру, похожую на дерево XML [2]. Формат .3DS имеет ограничение по количеству полигонов в 65535 индексов (размерность 16-битного слова).

С выходом программного обеспечения 3D Studio MAX 1.0 в 1996 г., формат .3DS был заменен на .MAX файлы. Но тем не менее, формат .3DS все еще широко используется.

**Формат .MAX** (3D Studio Max scene file) - 3D формат, который был разработан в 1996 г., чтобы заменить .3DS файлы. Используется, по умолчанию, в Autodesk 3ds Max, содержит в себе полный набор данных для 3D-рендеринга: модели, структуры, настройки освещения, тени и т.д. Данный формат не имеет ограничения по количеству полигонов, имеет закрытую структуру и не является кроссплатформенным.

**Формат .OBJ** (OBJ geometry format) - это простой формат данных, который содержит только 3D геометрию, а именно, позицию каждой вершины, связь координат текстуры с вершиной, нормаль для каждой вершины, а также параметры, которые создают полигоны. Формат файла является открытым и считается одним из самых популярных форматов передачи 3-х мерной компьютерной геометрии.

Данный формат хранит ссылку на файл MTL (Material Library) с помощью инструкции: mtllib [имя файла MTL]. MTL содержит информацию о внешнем виде объектов, их текстуры. MTL является стандартом, установленным компанией Wavefront Technologies. Вся информация представлена в ASCII виде. Стандарт MTL так же очень популярен и поддерживается большинством пакетов для работы с 3D-графикой [3].

**Формат .FBX** (Filmbox) - этот формат разработан в 1996 г. для захвата данных о движении объекта с регистрирующих движение устройств. Формат файла имеет объектно-ориентированную модель, позволяющую хранить данные о передвижении объекта, а также 2D и 3D данные, и поддерживать аудио и видео данные.

FBX является проприетарным недокументируемым форматом, он может храниться на диске в виде бинарных или ASCII данных. FBX поддерживает: геометрию (вершины, NURBS), текстуры, материалы, деформацию, анимацию, ограничители и цепочки инверсной кинематики, а также этот формат могут расширять другие компании.

**Формат .WRL** или язык .VRML (Virtual Reality Modeling Language — язык моделирования виртуальной реальности) – язык, разработанный компанией Web3D в 1994 г., для интегрирования в URL и связи с графическими компонентами. Формат VRML предназначен для описания трехмерных изображений и оперирует объектами, описывающими геометрические фигуры и их расположение в пространстве.

VRML-файл представляет собой обычный текстовый файл, интерпретируемый браузером, и отличается открытостью исходного кода. Файлы WRL представлены в текстовом формате в виде ASCII [4].

**Формат .STL** (STereoLithography Model File) — формат файла, разработанный компанией Albert Consulting group в 1987 г., для использования в технологиях быстрого прототипирования. В основе проектирования прототипов лежит метод лазерной стереолитографии (создание моделей из смол), откуда и название самого формата [5]. Формат STL использует последовательность треугольников (фасетов) для представления формы цифровой 3D-модели. Файл характеризуется открытостью, может быть текстовым (ASCII) или двоичным.

### **3. Анализ и выбор 3D форматов для виртуальной лаборатории и интеллектуальных систем**

Использование виртуальных лабораторий в учебном процессе играет важную роль и позволяет предоставить возможность обучающемуся провести эксперименты с материалами и оборудованием, которое в реальной лаборатории отсутствует. Этот подход позволяет перевести традиционную лабораторию на новый уровень технологий, соответствующий сегодняшнему уровню развития науки и техники [6].

При создании виртуальной лаборатории, проектировщик сталкивается с выбором формата хранения 3D моделей. Данный анализ поможет наиболее эффективно и оптимально подобрать 3D формат под поставленную задачу.

Современным интеллектуальным системам необходимо применение технологий трехмерного моделирования - это является важным условием развития качественно новых интеллектуальных систем. Такой системой являются миварные интеллектуальные системы, которые позволяют обеспечить новый уровень в понимании компьютерами образов [7-31]. Использование технологий трехмерного моделирования является необходимым условием для успешной работы с образами, следовательно, применение технологий трехмерного моделирования для интеллектуальных систем является актуальной задачей. При решении которой проектировщик обязательно столкнется с выбором формата хранения 3D моделей, которые необходимы для реализации перехода от "распознавания образов" к новому понятию "понимание образов" [8].

Существуют три основных принципа системы виртуальной реальности - зрение, слух и движение. "Зрение" необходимо для трехмерного зрительного представления информации для пользователя. Для реализации данного принципа требуются визуализировать трехмерные компьютерные объекты, которые будут наполнять виртуальный мир. Трехмерные объекты должны соответствовать двум основным требованиям:

- детализированность - максимально приближенный внешний вид модели к реальному изделию.
- объем файла - размер файла, занимаемого на жестком диске.

Детализированность изделия является важным требованием для построения новых поколений мультимодальных человеко-компьютерных интерфейсов. Данные

интерфейсы позволяют создавать интерактивные обучающие виртуальные среды, симуляторы, тренажеры и многое другое. Таким образом, системы виртуальной реальности позволяют "погрузить человека" в миварное пространство [9-31], где по мере необходимости, можно переходить из одного трехмерного базиса в другой, "путешествуя" по всему многомерному информационному пространству и изучая его [31].

Обычно при высокой детализации модели неизбежен большой размер файла. Современные трехмерные пакеты позволяют экспортировать 3D объект в различные форматы трехмерной компьютерной геометрии. Каждый из форматов хранит информацию о трехмерной модели по-разному, в том числе объем файла занимаемый на жестком диске.

Для анализа наиболее подходящего 3D формата для использования в виртуальной лаборатории или в интеллектуальной системе, предлагается составить таблицу сравнения 3D форматов (таблицы 1, 2).

**Таблица 1 - Сравнение 3D форматов**

Тип данных	Формат данных	Объем файла модели		Объем файла после сжатия модели		Степень сжатия модели, Кс		Хранение текстур в файле	Поддержка ОС
		Низк, Кб	Высок, Кб	Низк, Кб	Высок, Кб	Низк, %	Высок, %		
.3DS	Открытый	9,78	621	3,28	100	33,54	16,10	+	Windows, Mac OS
.MAX	Закрытый	176	176	13,5	14	7,67	7,95	+	Windows
.OBJ	Открытый	15,04	1638	4,7	330	31,25	20,15	+ (хранит в отдельном файле .mtl)	Кроссплатформенный
.FBX	Закрытый	21,2	671	10,6	402	50,00	59,91	+	Кроссплатформенный
.WRL	Открытый	8,6	958	2,3	176	26,74	18,37	+	Windows, Mac OS, Linux Wine
.STL	Открытый	12,8	1251	4,4	445	34,38	35,57	-	Кроссплатформенный

Стоит обратить внимание на нижеследующие критерии сравнения.

**Формат данных** – возможность или невозможность просмотра исходного кода.

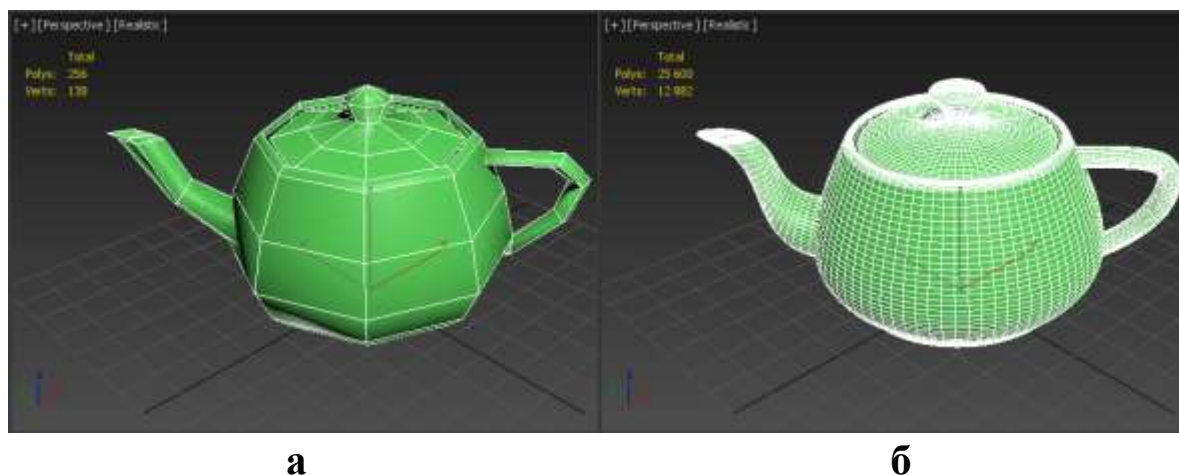
**Объем файла** – сравнение объема файлов у низко и высоко полигональных моделей (в килобайтах).

**Степень сжатия** - это процесс преобразования информации, хранящейся в файле, к виду, при котором уменьшается избыточность в ее представлении и соответственно требуется меньший объем памяти для хранения. Использовался алгоритм сжатия LZSS (Lempel–Ziv–Storer–Szymanski). Для расчета коэффициента сжатия применялась формула:  $K_c = \frac{V_c}{V_o} 100\%$ , где  $V_c$  – объем сжатого файла,  $V_o$  – объем исходного файла.

**Таблица 2 – Преимущества и недостатки 3D форматов**

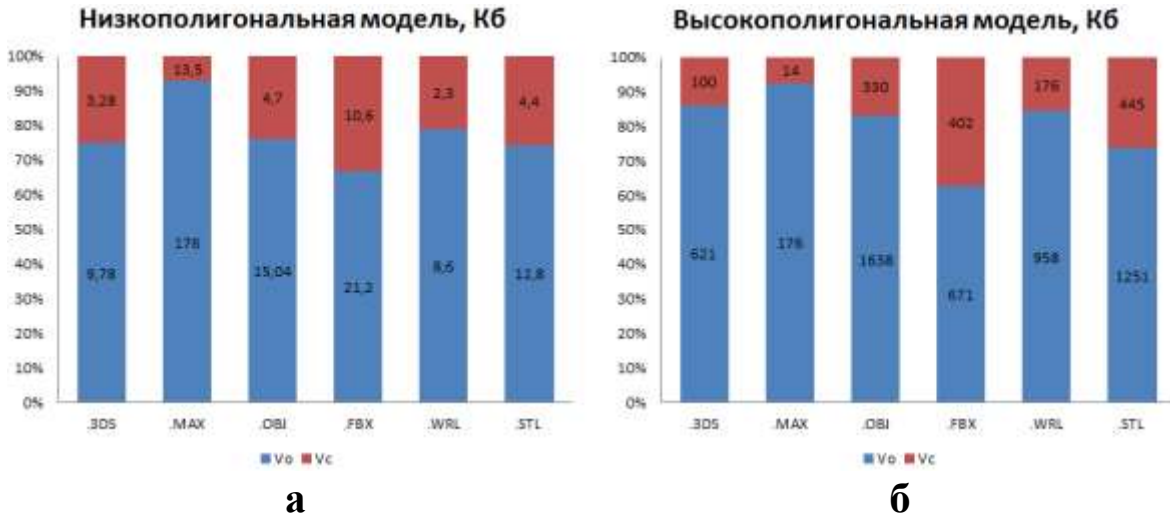
Тип данных	Преимущества	Недостатки
.3DS	Открытый формат, возможность чтения другими программами	Ограниченное количество полигонов, устаревшая технология по сравнению с .max
.MAX	Хорошая степень сжатия	Закрытый формат, большой объем файла, открывается только с помощью программы Autodesk 3ds Max
.OBJ	Открытый формат, маленький объем файла, бинарный и ASCII, самый распространенный среди других форматов, легко воспринимается пользователями без изучения дополнительных языков программирования	Формат не хранит иерархию и связи объектов сцены, не поддерживает анимацию
.FBX	Поддерживает анимацию, настройку освещения, расположение камер, поддерживается и обновляется компанией Autodesk, обладает бесплатной и открытой SDK, поддерживает сценическую графику, формат ASCII имеет древовидную структуру с четкими обозначениями идентификаторов	Проприетарное программное обеспечение, закрытый исходный код
.WRL	Открытый формат, используется в качестве файлового формата для обмена 3D-моделями в САПР, используется в интернет-браузерах	Устаревшая технология по сравнению с .x3d
.STL	Кроссплатформенность, открытость исходного кода	Невысокая точность геометрии, большой объем файла для сложных моделей

Для критериев "Объем файла" и "Степень сжатия" была взята для сравнения 3D модель одного и того же изделия с различной степенью детализации. Модель чайника с низкой детализацией состоит из 256 полигонов, которые соединены 138 точками (рисунок 1, а). И модель чайника с высокой детализацией, которая состоит уже из 25600 полигонов, соединенных 12882 точками (рисунок 1, б).



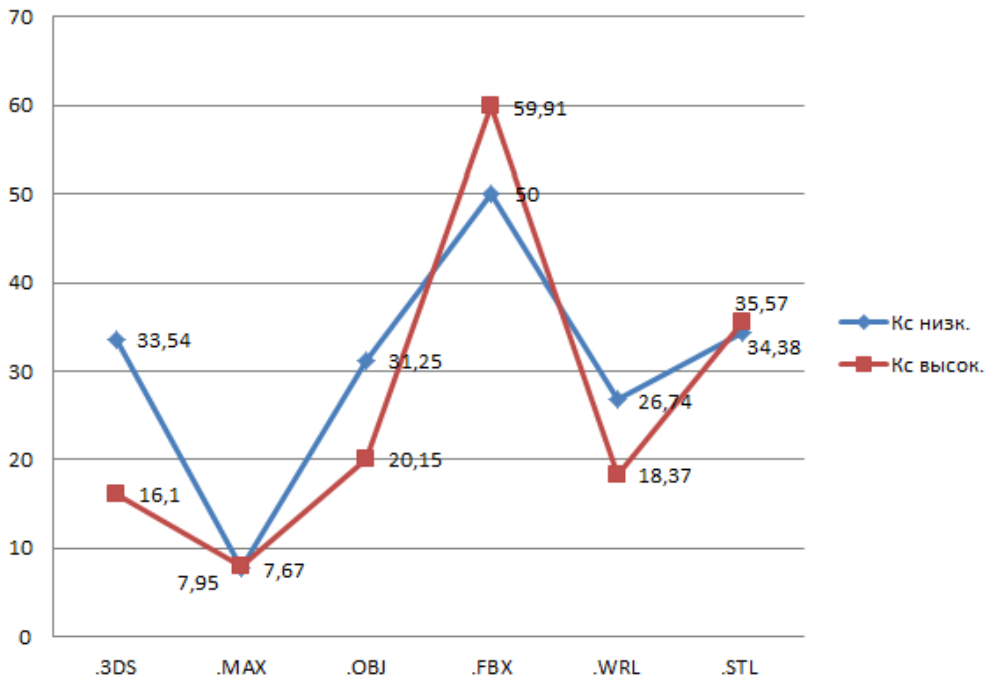
**Рисунок 1 – Низкополигональная (а) и высокополигональная модель (б)**

Таким образом, можно сделать вывод, что формат FBX, имеет сравнительно большой объем файла до и после сжатия, в отличие от других форматов (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Сравнение объема файла низкополигональной (а) и высокополигональной модели (б) до и после сжатия**

Также, он имеет самый большой коэффициент сжатия, как низкополигональной, так и высокополигональной модели (рисунок 3). Это означает, что данный формат не является оптимальным для хранения высокополигональных моделей в репозитории интеллектуальной системы. Также, он не удовлетворяет критериям свободного программного обеспечения, а именно свободному копированию, распространению и изменению исходного кода формата. Учитывая, что формат FBX хранит информацию о захвате данных объекта с регистрирующих движение устройств, его часто используют в кинематографе и современной игровой индустрии.



**Рисунок 3 – Сравнение коэффициентов сжатия низкополигональной и высокополигональной модели**



Наилучший коэффициент сжатия у низкополигональной и высокополигональной моделей имеет формат MAX, однако следует учитывать его недостатки, а именно - не является кроссплатформенным и имеет закрытый формат. Исходя из этого, данный формат пригоден лишь для моделирования в программе Autodesk 3ds Max.

Формат STL имеет приблизительно одинаковый коэффициент сжатия низкополигональной модели, который равен 34%, и высокополигональной модели, равный 36%, это означает, что коэффициент сжатия почти не зависит от объема файла. Принимая во внимание тот факт, что STL имеет открытый исходный код и кроссплатформенность, его используют в создании средств разработки программных продуктов, и в технологиях, связанных с изготовлением физических прототипов деталей методом стереолитографии.

Исходя из рисунка 3, форматы 3DS, OBJ и WRL, имеют более низкий коэффициент сжатия высокополигональной модели по сравнению с низкополигональной - от 15 до 35%. Учтем недостатки типа 3DS - его ограничение в количестве полигонов и устаревшей технологии хранения и передачи трехмерной компьютерной геометрии, что не позволит добиться качественной детализации 3D объектов. Это является важным требованием для построения новейших мультимодальных интерфейсов, позволяющих создать современные виртуальные лаборатории. Несмотря на то, что формат OBJ не поддерживает анимацию, он является одним из самых распространенных форматов среди разработчиков, с общедоступной спецификацией хранения данных, что позволяет его использовать в качестве наиболее эффективного типа файлов для хранения 3D объектов. Учитывая, что WRL является устаревшим форматом хранения 3D моделей, он до сих пор является перспективным и универсальным форматом хранения и обмена мультимедийной информацией в сети Интернет. В свою очередь WRL используется в качестве файлового формата для обмена 3D-моделями, особенно в системах автоматизированного проектирования (САПР), а также в образовательной и исследовательской сфере, где наиболее ценятся открытые спецификации.

Таким образом, исходя из выполненного анализа, следует признать, что наиболее эффективным 3D форматом для хранения трехмерных объектов в виртуальной лаборатории или интеллектуальной системе является формат OBJ. На примере миварной интеллектуальной системы [9-31], при решении задач распознавания образов возникает проблема необходимости обработки фотографий одного и того же объекта с разных ракурсов и в разных условиях. Обосновано, что надо хранить трехмерные модели в памяти компьютера и потом сравнивать их с полученными двухмерными фотографиями. Рекомендуется хранить трехмерные объекты в формате OBJ, так как он оптимально сочетает в себе размер файла занимаемого на жестком диске, а также максимально приближен к реальному изделию. При таком подходе, затраты на распознавание объектов станут минимальными.

#### **4. Заключение**

В настоящее время, технологии трехмерного моделирования играют важную роль в развитии качественно новых интеллектуальных систем. В данной работе были

сопоставлены между собой наиболее популярные форматы для хранения трёхмерных моделей.

Рассмотренные 3D форматы используются в различных областях: в кинематографе, индустрии компьютерных игр, интерактивных обучающих виртуальных средах, разработки методов прототипирования, объемной 3D голографии, системах автоматизированного проектирования САПР и так далее.

Проведенный анализ показал, что каждый из 3D форматов имеет свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при решении различных задач. Для задач, связанных с интеллектуальными системами, технологиями виртуальной реальности, широко применяемыми в различных сферах деятельности человека, наиболее эффективным форматом хранения трехмерной геометрии является OBJ.

### Список информационных источников

- [1] Чуви́ков Д.А., Каза́кова Н.А., Варла́мов О.О., Хади́ев А.М. Анализ технологий трехмерного моделирования и создания 3D объектов для различных интеллектуальных систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2. – С. 84-97. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-9.
- [2] Расширение файлов, типы файлов. Описание форматов, типов и расширений файлов. Чем открыть файлы различных форматов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fileext.ru> (дата обращения: 28.10.2014).
- [3] Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 28.10.2014).
- [4] CIT Forum [Электронный ресурс]. URL: [http://citforum.ru/internet/vrml/vrml\\_ex.shtml](http://citforum.ru/internet/vrml/vrml_ex.shtml) (дата обращения: 28.10.2014).
- [5] Михаил Кузьминский. Изготовление физических моделей методом стереолитографии // Автоматизация проектирования. 1999. № 02.
- [6] Баринов К.А., Николаев А.Б., Остроух А.В. Аппаратно-программные средства создания виртуальных лабораторных работ// Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. – 2013. – № 1.
- [7] Варламов О.О., Адамова Л.Е., Елисеев Д.В., Майборода Ю.И., Антонов П.Д., Сергушин Г.С., Чибирова М.О. О миварном подходе к моделированию процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов. новые возможности расширения границ автоматизации умственной деятельности человека // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2. С. 38-51.
- [8] Varlamov O.O., Adamova L.E.E., Eliseev D.V., Mayboroda Yu.I., Antonov P.D., Sergushin G.S., Chibirova M.O. Mivar Technologies in Mathematical Modeling of Natural Language, Images and Human Speech Understanding // International Journal of Advanced Studies. 2013. Т. 3. № 3. С. 17-23.
- [9] Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. – М.: Радио и связь, 2002. – 288 с.
- [10] Варламов О.О. Создание интеллектуальных систем на основе взаимодействия миварного информационного пространства и сервисно-ориентированной архитектуры // Искусственный интеллект, 2005, № 3, с. 13.
- [11] Варламов О.О. Анализ взаимосвязей GRID и САС ИВК, SOA и миварного подхода // Искусственный интеллект, 2005, № 4, с. 4.

- [12] Белоусова А.И., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. Подход к формированию многоуровневой модели мультиагентной системы с использованием миваров // Перспективы науки, 2011, № 20, С. 57-61.
- [13] Варламов О.О., Владимиров А.Н., Бадалов А.Ю., Чванин О.Н. Развитие миварного метода логико-вычислительной обработки информации для АСУ, тренажеров, экспертных систем реального времени и архитектур, ориентированных на сервисы // Труды Научно-исследовательского института радио, 2010, № 3, с. 18-26.
- [14] Владимиров А.Н., Варламов О.О., Носов А.В., Потапова Т.С. Применение многопроцессорного вычислительного кластера НИИР для распараллеливания алгоритмов в научно-технических и вычислительных задачах // Труды Научно-исследовательского института радио, 2009, № 3, с. 120-123.
- [15] Варламов О.О. Миварные технологии: переход от продукции к двудольным миварным сетям и практическая реализация автоматического конструктора алгоритмов, управляемого потоком входных данных и обрабатывающего более трех миллионов продукционных правил // Искусственный интеллект, 2012, № 4, с.11.
- [16] Максимова А.Ю., Варламов О.О. Миварная экспертная система для распознавания образов на основе нечеткой классификации и моделирования различных предметных областей с автоматизированным расширением контекста // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2011, т. 125, № 12, с. 77-87.
- [17] Варламов О.О. Миварный подход к разработке интеллектуальных систем и проект создания мультипредметной активной миварной интернет-энциклопедии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2011, № 1, с. 55-64.
- [18] Подкосова Я.Г., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2011, № 2, С.104-111.
- [19] Варламов О.О. Разработка адаптивного механизма логического вывода на эволюционной интерактивной сети гиперправил с мультиактивизаторами, управляемой потоком данных // Искусственный интеллект, 2002, № 3, с. 363.
- [20] Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний. Миварное информационное пространство // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2007, т. 77, № 2, с. 77-81.
- [21] Варламов О.О., Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В. "Облачная" реализация миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью относительно правил "если-то-иначе" // Автоматизация и управление в технических системах, 2013, № 2, С. 7.
- [22] Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В., Варламов О.О. "Облачная" реализация миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью относительно правил "если-то-иначе" // Автоматизация и управление в технических системах, 2013, № 2, С. 22-38.
- [23] Варламов О.О., Санду Р.А., Владимиров А.Н., Носов А.В., Оверчук М.Л. Миварный подход к созданию мультипредметных активных экспертных систем в целях обучения информационной безопасности и управления инновационными ресурсами в образовании // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2010, т.112, № 11, с. 226-232.
- [24] Санду Р.А., Варламов О.О., Остроух А.В. Миварные автоматизированные системы управления технологическими процессами для нефтяной промышленности России

- // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 2011, № 11, с. 37-40.
- [25] Сергушин Г.С., Варламов О.О., Чибирова М.О., Елисеев Д.В., Муравьева Е.А. Исследование возможностей информационного моделирования сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий // Автоматизация и управление в технических системах, 2013, № 2, с. 46.
- [26] Варламов О.О. Создание теории активного отражения как обобщения теории искусственного интеллекта и возможность ее реализации в миварном инфопространстве // Искусственный интеллект, 2007, № 3, с. 17.
- [27] Варламов О.О., Носов А.В., Владимиров А.Н., Потапова Т.С. Программа «УДАВ»: реализация линейной вычислительной сложности матричного метода поиска маршрута логического вывода на основе миварной сети правил // Искусственный интеллект, 2009, № 3, с. 443.
- [28] Варламов О.О., Бадалов А.Ю., Санду Р.А., Владимиров А.Н., Тожа К.Э. Активная миварная интернет-энциклопедия и развитие миварных сетей на основе многомерных бинарных матриц для одновременной эволюционной обработки более 10 000 правил в реальном времени // Искусственный интеллект, 2010, № 4, с. 549.
- [29] Варламов О.О., Санду Р.А., Владимиров А.Н., Бадалов А.Ю., Тожа К.Э. Миварный метод логико-вычислительной обработки информации для АСУ, тренажеров и экспертных систем реального времени // Искусственный интеллект, 2010, № 4, с. 558.
- [30] Варламов О.О. О необходимости перехода от теории искусственного интеллекта к разработке теории активного отражения // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2007, т.77, № 2, с. 89-95.
- [31] Варламов О.О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного похода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3млн правил => понимание смысла+ сингулярность в виртуальной реальности. - Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. - 700 с. ISBN: 978-3-8473-1953-5.