

ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОЛИГОНАМИ

Зуев Дмитрий Денисович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»
dimastik.9911@gmail.com

FUNDAMENTALS OF FILLING THREE-DIMENSIONAL MODELS WITH POLYGONS

D. Zuev

Summary. The aim of the research is to study and systematize the basic principles, methods, and tools for filling three-dimensional models with polygons in order to improve their quality and performance. The results of the study can be useful for specialists in the field of 3D modeling and game development, as well as for teachers and students of relevant specialties. The relevance of the topic is due to the widespread use of three-dimensional modeling in various fields such as architecture, design, film industry, gaming industry and others. Filling models with polygons is an important stage of the modeling process, on which the quality and detail of the final product depend. Optimization of this process allows you to speed up work on projects and increase their competitiveness in the market.

Keywords: modeling, polygon filling, three-dimensional models, model topology, texturing.

Аннотация. Целью исследования является изучение и систематизация основных принципов, методов и инструментов заполнения трехмерных моделей полигонами с целью повышения их качества и производительности. Результаты исследования могут быть полезны специалистам в области 3D-моделирования и разработки игр, а также преподавателям и студентам соответствующих специальностей. Актуальность темы обусловлена широким распространением трехмерного моделирования в различных областях, таких как архитектура, дизайн, киноиндустрия, игровая индустрия и других. Наполнение модели полигонами — важный этап процесса моделирования, от которого зависит качество и детализация конечного продукта.

Ключевые слова: моделирование, заполнение полигонами, трехмерные модели, топология модели, текстурирование.

Жизнь в современном мире заставляет человека создавать новые объекты и продукты, каждый из которых основывается на базовых понятиях из различных сфер жизни человека. Например, компьютерная графика играет ключевую роль в различных сферах жизни, начиная от развлекательной индустрии и заканчивая научными и инженерными областями. Использование компьютерной графики проникает во все аспекты нашей повседневной жизни, обеспечивая нам новые возможности в визуализации информации, создании виртуальных миров, моделировании процессов и многом другом. Трёхмерное моделирование играет важную роль в различных отраслях, таких как анимация, игровая индустрия, инженерное проектирование и медицинское моделирование.

Трёхмерное моделирование является важным инструментом в современной компьютерной графике, анимации, дизайне и других областях. Для создания реалистичных трехмерных объектов необходимо заполнить поверхность модели специальными полигонами, такими как треугольники или четырехугольники. Этот процесс играет ключевую роль в определении внешнего вида и поведения трехмерных моделей.

Одним из ключевых аспектов трехмерного моделирования является разработка способов заполнения трехмерных моделей специальными полигонами. Этот

процесс имеет методологические основания, определяющие эффективные подходы к созданию детализированных и реалистичных трехмерных объектов, включает в себя изучение математических принципов геометрии, алгоритмов растеризации, оптимизации и эффективности вычислений. Этот процесс также задействует в себе анализ требований конечного использования моделей, учет особенностей отображения на экране и другие аспекты, необходимые для создания реалистичных и оптимизированных трехмерных моделей.

Заполнение трехмерных моделей полигонами является важным этапом в процессе создания реалистичных и детализированных 3D-моделей. Полигональное моделирование позволяет аппроксимировать сложные формы и поверхности с помощью множества многоугольников, называемых полигонами.

Актуальность заполнения трехмерных моделей полигонами заключается в следующем:

1. Реализм и детализация: чем больше полигонов используется для заполнения модели, тем более реалистичной и детализированной она будет выглядеть. Полигональное моделирование позволяет создавать сложные формы с высокой степенью детализации.
2. Оптимизация и производительность: при создании игр, анимаций или визуализаций важно найти

баланс между количеством полигонов и производительностью. Оптимальное заполнение модели полигонами позволяет сохранить высокое качество изображения при этом не перегружая систему.

3. Возможность работы с моделью: Заполнение трехмерных моделей полигонами облегчает работу с ними при последующей обработке, текстурировании, анимации и экспорте в различные форматы.

Целью работы является анализ методической литературы, посвященной заполнению объёмных моделей специализированными полигонами, рассмотрим основные принципы и методы разработки способов заполнения трехмерных моделей специальными полигонами, их влияние на качество моделей и перспективы использования данной техники в будущем.

Ранее уже говорилось о том, что применение технологии заполнения полигонами трехмерных моделей применяется при создании моделей разных направленностей: анимация, графический дизайн, проектирование объёмных моделей (интерьерного и строительного характера). Это позволяет говорить о большой востребованности технологии моделирования, а следовательно, и заполнения объектов моделей базовыми композициями.

Рассмотрим, что же в целом можно называть моделью, в том числе и трёхмерной, а также различные варианты разработки способов заполнения трёхмерных моделей специальными полигонами.

Под моделью понимается некоторое приближение, описывающее с той или иной точностью реальные свойства заданного объекта или процесса. Рассмотрим модели объектов, к которым следует отнести разнообразные приборы и системы, их узлы и детали. Модели технологических и производственных процессов будут в основном рассматриваться как процессы смены состояний объектов — например, изменение состояния операционной заготовки при ее обработке или изменение состояния изделия при сборке.

Модели могут быть классифицированы по двум критериям. Первым критерием является принадлежность модели к классу физических или классу аналитических. Физические модели изготавливаются из реальных материалов, тогда как аналитические представляют собой расчетные или геометрические компьютерные модели, которые могут включать в себя также и графические модели, с которыми удобно работать в теории и практически применять при работе с готовыми объектами.

Второй критерий относит модель к классу локальных или классу полных. Полная модель отражает большин-

ство свойств объекта или процесса, тогда как локальная обеспечивает моделирование одного или незначительного числа свойств. Например, полная физическая модель (прототип) изделия может быть передана потребителям в целях тестирования основных проектных решений (концепции изделия), в это же время локальные модели используются для анализа и отработки отдельных проектных решений.

Под 3D моделью объекта понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая может включать в себя также набор атрибутов, описывающих объект. 3D модели могут создаваться на различных этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Условно эту схему можно представить в виде схемы, содержащие этапы:

1. Идея.
2. Поиск поддержки (спонсоров и компаньонов).
3. Проектирование.
4. Технологическая подготовка производства (аналитическая и практическая).
5. Производство (в свою очередь можно разделить на техническое создание, проверка целостности системы, оценка адекватности созданной модели, проверка на наличие ошибок внутри производства и первоначальное тестирование полученного продукта).
6. Реализация.
7. Эксплуатация и оценка сторонними пользователями полученного продукта.
8. Ремонт и обслуживание.
9. Усовершенствование.
10. Утилизация.

Первые два пункта этой схемы можно оставить в стороне, так как зарождение идеи появляется в случае полученного спроса на тот товар или вид деятельности, который эта идея способна устранить. Этап поиска спонсоров является обязательным для реализации любого проекта, так как финансовые вложения и влияния должны поступать из вне для получения развития запущенного проекта.

Этап проектирования иногда разделяют на концептуальное проектирование и рабочее (детальное) проектирование. Концептуальное проектирование формируют и уточняют технические требования к изделию, осуществляются поиск и выбор принципиальных решений, обеспечивающих требуемую функциональность. При детальном проектировании выбранные концептуальные решения конкретизируются, определяются состав узлов и деталей, точные геометрические размеры изделия, а также используемые материалы, формируется конструкторская документация в том виде, в котором её изначально задумывали, пытаясь создать тот продукт, который был изначально задуман.

Этап концептуального проектирования 3D модели могут использоваться для представления концептуальных решений, как, например, при создании некоторого механического устройства. Это также позволяет осуществить анализ и отбор последующих решений по продвижению первоначальной идеи. На старте рабочего продукта использование конструктора 3D моделей позволяет объединять черновой вариант продукта с усовершенствованными функциями и объемам, которые не были доступны в плоскости на бумаге. Новые представления геометрической информации об изделии позволяют производить компьютерные вычисления больших массивов данных в разы быстрее, позволяя анализировать даже самые мелкие узлы и детали.

Мысленные образы чертежей с помощью 3D конструктора заменяются образами моделей, что позволяет не только приобрести более глубокое пространственное мышление, но также и проявить свою творческую натуру. Это также подкрепляется и свободой в использовании сложных геометрических фигур, которые доступны в различных модуляторах.

Еще одним преимуществом использования 3D конструкторов можно считать работу с готовыми (аналоговыми) продуктами, которые нуждаются в некой доработке. Благодаря широким возможностям современных технологий, конструктору не придется начинать с нуля работу над таким проектом, так как в систему изначально заложен анализ того объекта (продукта, товара), над которым идет работа в диалоговом окне (рабочем режиме).

И самым главным преимуществом, которое можно выделить в данном способе, разработки моделей можно считать уменьшение количества ошибок за счет автома-

тической проверки: конструктор наглядно может увидеть результат своей работы в процессе проектирования, виды чертежа формируются на основании модели автоматически, поэтому не может возникнуть ситуация конфликта данных. При проектировании сборочных единиц имеется возможность проверять собираемость и выявлять ошибки своевременно, если таковые возникают.

Полигональная сетка — это самый распространенный способ создания 3D-моделей из простых плоских фигур, таких как, например, треугольники или четырехугольники. Для моделирования трехмерного нового шара на бумаге нам нужно использовать лишь свои школьные знания о стереометрии, пару чертежных принадлежностей и бумагу. Но компьютеру может быть сложно обрабатывать гладкую сферу в графическом редакторе, поэтому для упрощения работы он превращает все изогнутые поверхности в совокупности плоских геометрических фигур, например четырехугольников. Каждый из них — это полигон, а все они вместе — полигональная сетка, потому что визуально напоминают сеть из нитей. Пример работы с полигонами можно увидеть на рисунке 1.

Одним из методологических оснований разработки способов заполнения трехмерных моделей полигонами является минимизация числа полигонов при сохранении необходимой детализации и формы. Это позволяет оптимизировать процесс отображения модели на экране компьютера или другом устройстве, что особенно важно при работе с большими объемами данных.

Один из основных подходов к минимизации числа полигонов — это использование техник сокращения полигонов (polygon reduction techniques). Эти методы позво-

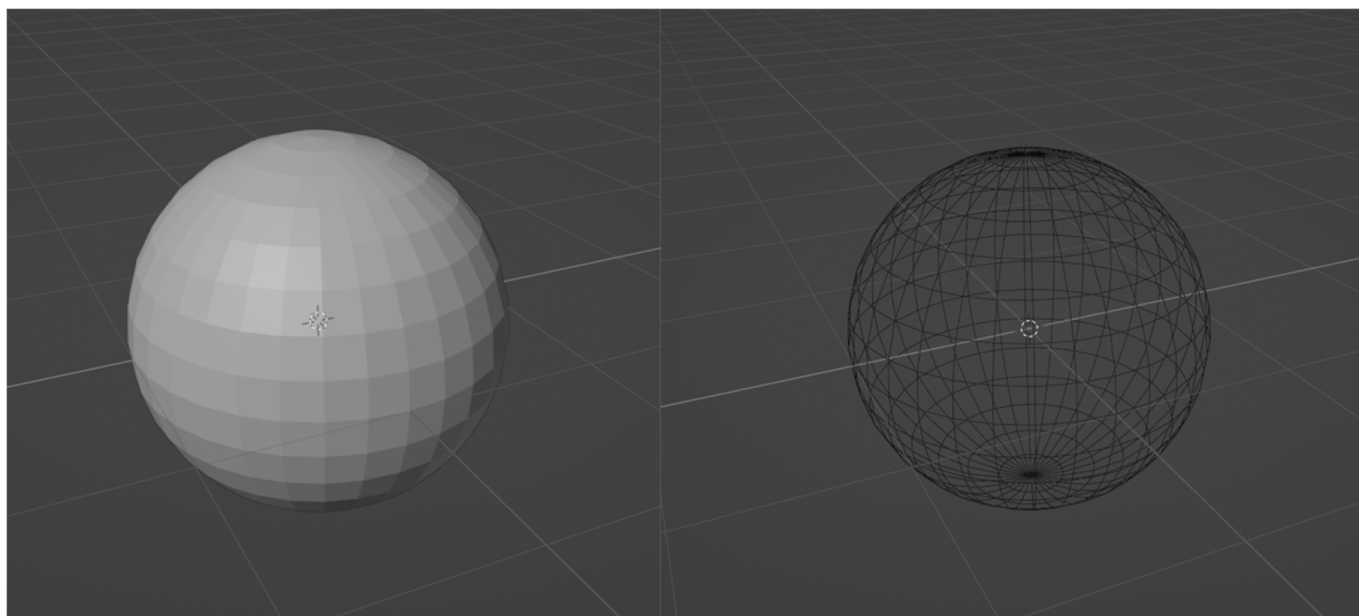


Рис. 1. Пример заполнения объекта полигонами

ляют автоматически уменьшать количество полигонов путем объединения и упрощения геометрических деталей модели. Такие техники особенно полезны при работе с высоко детализированными моделями, например, при создании персонажей для видеоигр или анимации.

Другой способ минимизации числа полигонов — это использование упрощенных версий модели для различных уровней детализации. Например, для дальних планов в играх или анимациях можно использовать менее детализированные версии модели, что позволит существенно сократить количество полигонов и улучшить производительность при рендеринге.

Также важно учитывать оптимальное распределение полигонов по модели, чтобы сохранить её форму и детализацию, используя минимальное количество полигонов. Это требует баланса между количеством полигонов и качеством визуального представления модели.

Минимизация числа полигонов имеет ряд преимуществ, таких как улучшение производительности при обработке и отображении моделей, уменьшение занимаемого ими места в памяти компьютера, а также повышение эффективности работы с трехмерными объектами в различных программах и движках. В целом, минимизация числа полигонов при создании трехмерных моделей является важным шагом для оптимизации процесса работы с графикой и обеспечения высокой производительности и качества визуального представления моделей в различных приложениях и средах.

Другим важным аспектом является сохранение топологии модели при заполнении полигонами. Правильная топология обеспечивает правильное отображение объ-

екта, его анимацию и взаимодействие с другими объектами в сцене. Поэтому разработка способов заполнения трехмерных моделей должна учитывать этот фактор для обеспечения корректного функционирования модели.

Топология модели определяет структуру её геометрии и взаимосвязи между вершинами, рёбрами и полигонами. При заполнении модели новыми полигонами необходимо учитывать сохранение этой.

Один из ключевых аспектов сохранения топологии модели при добавлении новых полигонов — это соблюдение правил её геометрической структуры. Например, при добавлении новых полигонов следует учитывать порядок обхода вершин (вершины должны быть упорядочены по часовой или против часовой стрелке), а также правильное соединение рёбер и полигонов для предотвращения появления искажений или ошибок в модели.

Так же важным аспектом является сохранение симметрии и пропорций модели при добавлении новых полигонов. При создании дополнительной геометрии необходимо учитывать равномерное распределение деталей по всей модели, чтобы избежать искажений формы и сохранить её естественный вид.

Необходимо соблюдать плавность поверхности модели при заполнении новыми полигонами. Для этого рекомендуется использовать инструменты сглаживания и подгонки формы, чтобы обеспечить естественные переходы между существующей и новой геометрией. Пример сглаживания можно увидеть на рисунке 2.

При разработке способов заполнения полигонами трехмерных моделей ученые и инженеры сталкиваются

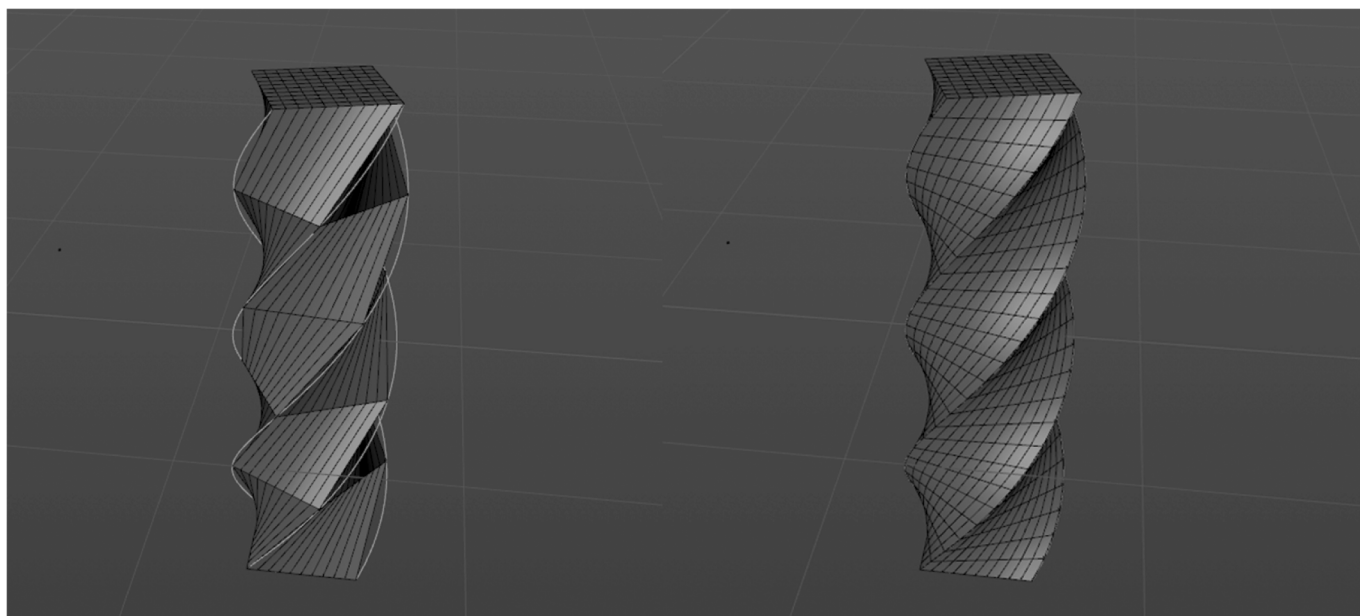


Рис. 2. Пример применения сглаживания при заполнении неровной фигуры полигонами

с рядом сложностей, требующих уникальных подходов и инновационных решений. Одной из основных задач является оптимизация производительности алгоритмов, чтобы обеспечить быструю и эффективную обработку моделей с тысячами и даже миллионами полигонов.

Создание алгоритмов, способных правильно заполнять сложные формы и сохранять топологию модели, является еще одним важным аспектом разработки. Такие алгоритмы должны учитывать особенности геометрии объектов, правильно соединять вершины и рёбра, а также обеспечивать плавные переходы между полигонами.

Для повышения качества визуализации трехмерных моделей алгоритмы заполнения полигонами также должны поддерживать текстурирование и освещение. Это позволяет создавать реалистичные сцены с деталями и эффектами, приближенными к реальному миру.

В процессе разработки новых способов заполнения трехмерных моделей полигонами используются современные методы машинного обучения, компьютерного зрения и глубокого обучения. Эти технологии позволяют создавать более точные и эффективные алгоритмы, способные обрабатывать сложные сцены и объекты с высокой степенью реализма.

Быстрые и оптимизированные алгоритмы позволяют работать с трехмерными моделями в реальном времени, что особенно актуально для игровой индустрии и виртуальной реальности.

Говоря об эффективности алгоритмов заполнения полигонами, можно выделить несколько ключевых моментов из уже названных ранее:

1. Оптимизация производительности: эффективные алгоритмы заполнения полигонами позволяют быстро и эффективно обрабатывать трехмерные модели даже с большим количеством полигонов. Оптимизированный код алгоритма способствует снижению нагрузки на вычислительные ресурсы и ускоряет процесс визуализации.
2. Сохранение топологии: хорошие алгоритмы заполнения полигонами учитывают сохранение топологии модели, обеспечивая правильное соединение вершин, рёбер и полигонов. Это помогает избежать ошибок и искажений в геометрии объекта. Ранее уже отмечалась важность сохранения топологических аспектов в работе с трехмерными изображениями, поэтому необходимо отметить, насколько легче может стать этот процесс благодаря эффективному алгоритму.
3. Поддержка сложных форм: эффективные алгоритмы позволяют заполнять полигональные сетки с различными формами и сложными геометрическими особенностями. Они способны обрабаты-

вать как простые, так и сложные модели, сохраняя при этом высокое качество визуализации. Некоторые алгоритмы заполнения полигонами обладают возможностью автоматического сглаживания поверхности модели и добавления дополнительной детализации.

4. Поддержка текстурирования и освещения: хорошие алгоритмы заполнения полигонами учитывают особенности текстурирования и освещения трехмерных моделей. Они позволяют корректно отображать текстуры на поверхности объектов и учитывать освещение для создания реалистичных эффектов.

Наконец, при разработке способов заполнения трехмерных моделей полигонами необходимо учитывать потребности конечного пользователя. Различные отрасли требуют различных подходов к моделированию, поэтому методология должна быть гибкой и адаптированной под конкретные задачи.

Разработки способов заполнения трехмерных моделей специальными полигонами включают в себя оптимизацию числа полигонов, сохранение топологии, эффективность алгоритмов и учет потребностей пользователей. Правильный подход к этому процессу позволяет создавать качественные и реалистичные трехмерные модели, отвечающие требованиям современных отраслей компьютерной графики.

Конечная цель разработки эффективных алгоритмов заполнения трехмерных моделей полигонами заключается не только в создании красивых и реалистичных изображений, но и в обеспечении интерактивности и плавности отображения в реальном времени. Это особенно важно для видеоигр, виртуальной реальности, анимации и других областей, где требуется быстрая обработка трехмерных данных.

Важным аспектом является также поддержка различных форматов файлов для трехмерных моделей, что позволяет эффективно обмениваться данными между различными программами и платформами. Стандарты, такие как OBJ, FBX, Collada и другие, играют ключевую роль в обмене трехмерными моделями между различными приложениями.

В будущем развитие технологий компьютерной графики будет продолжать улучшать алгоритмы заполнения трехмерных моделей полигонами, делая визуализацию более реалистичной, эффективной и доступной для широкого круга пользователей.

Трехмерное моделирование является важным инструментом в современной компьютерной графике, анимации, дизайне и других областях. В создании ре-

алистичных трехмерных объектов необходимо заполнять поверхность модели специальными полигонами. И именно этот процесс играет ключевую роль в определении внешнего вида и поведения трехмерных моделей. Полигональные сетки используют для проектирования, моделирования и анализа зданий, мостов, дорог, метрополитена и других архитектурных объектов. Они позволяют визуализировать и оптимизировать форму,

структуру, материалы и функциональность сооружений, проверять их устойчивость и надежность.

В будущем развитие компьютерных технологий будет совершенствоваться, а значит и графические приложения будут становиться мощнее и лучше, продолжая совершенствоваться в том числе и в заполнении трехмерных моделей полигонами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Assassin's Creed II — официальный сайт. URL: <https://www.ubisoft.com/en-gb/game/assassins-creed/assassins-creed-II> (Дата обращения: 16.05.2024)
2. Bruce Baumgart, Winged-Edge Polyhedron Representation for Computer Vision. National Computer Conference, May 1975. Архивированная копия. URL: <https://www.baumgart.org/winged-edge/winged-edge.html> (Дата обращения: 15.05.2024)
3. Аммерал Л. Машинная графика на персональных компьютерах / Л. Аммерал; пер. с англ. — М.: Сол Систем, 2019. — 232 с.
4. Проектирование полигонов твердых бытовых отходов / О.П. Дружакина. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2022. — 28 с.
5. СанПиН 2.1.7.722–98 Требования к устройству и содержанию полигонов.

© Зуев Дмитрий Денисович (dimastik.9911@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»