

### **Предпосылки для создания настоящего изобретения** **Область техники, к которой относится настоящее изобретение**

Настоящее изобретение относится к технологии визуализации для совместной визуализации множества атрибутов в реальном масштабе времени, образуя таким образом комбинированное (совместное) изображение атрибутов. Комбинированное изображение является визуально интуитивным в том отношении, что оно различает некоторые элементы объекта, которые, по существу, являются неразличимыми.

#### **Предшествующий уровень техники**

В прикладных науках различные области изучения требуют анализа наборов двумерных или трехмерных объемов данных, в которых каждый набор данных может иметь множество атрибутов, представляющих различные физические свойства. Атрибут, иногда относящийся к значению данных, представляет конкретное физическое свойство объекта в ограниченном двумерном или трехмерном пространстве. Значение данных может быть, например, восьмизначным словом данных, которое включает в себя 256 возможных значений. Местоположение атрибута представляют с помощью (x, y, значение данных) или (x, y, z, значение данных). Если атрибут представляет давление в конкретном местоположении, то местоположение атрибута может быть выражено как (x, y, z, давление).

В области медицины для получения картины или диагностического изображения некоторой специальной области тела пациента, как правило, представляющей координату и определенный атрибут, может использоваться сканер компьютерной томографии или устройство для магнитно-резонансной томографии. Как правило, каждый атрибут в заданном местоположении должен быть визуализирован отдельно от другого атрибута. Например, один атрибут, представляющий температуру в заданном местоположении, как правило, визуализируется отдельно от другого атрибута, представляющего давление в том же самом местоположении. Таким образом, диагноз конкретного состояния, основанный на этих атрибутах, является ограниченным, благодаря способности отображения одного атрибута в заданном местоположении.

В науках о земле для исследования подпочвенной геологии земного месторождения используют сейсмическое зондирование. Подземный взрыв возбуждает сейсмические волны, подобные низкочастотным акустическим волнам, которые движутся под поверхностью земли и детектируются сейсмографами. Сейсмографы регистрируют время прибытия сейсмических волн, как прямых, так и отраженных волн. Зная время и место взрыва, время перемещения волн через недра может быть вычислено и использовано для измерения скорости волн в недрах. Подобная методика может быть использована для морской разведки нефти и газа. При морской разведке корабль буксирует источник звука и подводные гидрофоны. Низкочастотные (например, 50 Гц) звуковые волны генерируются, например, пневматическим устройством, который работает подобно разрыву баллона. Звуки отражаются скальными слоями под морским дном и улавливаются гидрофонами. В любом случае применения подповерхностные осадочные структуры, которые удерживают нефть, например трещины и куполовидные поднятия, картографируются (отображаются) отраженными волнами.

Данные собирают и обрабатывают для получения наборов данных трехмерного объема. Набор данных трехмерного объема составлен из "вокселей" или элементов трехмерного изображения, имеющих координаты x, y, z. Каждый воксель представляет значение цифровых данных (атрибут), связанное с некоторым измеренным или вычисленным физическим свойством в конкретном местоположении. Примеры значений геологических данных включают в себя амплитуду, фазу, частоту и внешний вид. Различные значения данных хранятся в разных наборах данных трехмерного объема, в которых каждый набор данных трехмерного объема представляет разный размер данных. Для анализа некоторых геологических структур, называемых "волнами", информация из различных наборов данных трехмерного объема должна быть отдельно отображена для анализа волны.

В этой области для отображения множества наборов данных трехмерного объема на одном дисплее были разработаны некоторые методики, однако не без значительных ограничений. Один пример включает в себя методику, опубликованную в журнале "Передний край" в статье Джека Лиза "Constructing Faults from Seed Picks by Voxel Tracking". Эта методика комбинирует два набора данных трехмерного объема в одном дисплее, ограничивая в соответствии с этим каждый исходный атрибут 256 размерами 128 размерами всего диапазона из 256 размерами. Разрешение дисплея, следовательно, значительно уменьшается, ограничивая в соответствии с этим способность различения некоторых волн или элементов из остальных данных. Другой стандартный способ комбинирует дисплей из двух наборов данных трехмерного объема, содержащих два различных атрибута, сделав некоторые значения данных более прозрачными, чем другие. Эта методика становится несостоятельной при комбинировании более двух атрибутов.

Другая методика, используемая для комбинирования двух различных наборов данных трехмерного объема в одном изображении, иллюстрируется в патентной заявке № 09/936780, поданной компанией Magic Earth, Inc., описание которой включено в эту заявку в качестве ссылки. В этой заявке описан способ комбинирования первого набора данных трехмерного объема, представляющего первый атрибут, и второй набор данных трехмерного объема, представляющий второй атрибут, в одном увеличенном наборе данных трехмерного объема путем сравнения каждого из объемов данных первого и второго атрибута с предварительно выбранным диапазоном или критериями значений данных. Для каждого размера дан-

ных, где критерии удовлетворяются, первый выбранный размер данных вводится в положение, соответствующее соответствующему размеру данных в увеличенном наборе данных трехмерного объема. Для каждого размера данных, где критерии не удовлетворяются, второй выбранный размер данных вводится в положение, соответствующее соответствующему размеру данных в увеличенном наборе данных трехмерного объема. Первый выбранный объем данных может быть отнесен к первому атрибуту, а второй выбранный объем данных может быть отнесен ко второму атрибуту. Результирующее изображение является увеличенным набором данных трехмерного объема, содержащим комбинацию или гибрид исходного первого набора данных трехмерного объема и второго набора данных трехмерного объема. Как результат, дополнительный этап обработки данных, необходимый для генерирования увеличенного набора данных трехмерного объема, вызывает задержки интерпретации и замедляет производительность. Кроме того, эта методика предварительной обработки подвергается опасности частичных потерь, что подвергает опасности от одного сейсмического атрибута для отображения другого сейсмического атрибута. Следовательно, имеется значительная потеря визуализации данных.

В ненаучных применениях была разработана методика определения деталей поверхности (текстуры) на неоднородных объектах, посредством освещения и затенения. Например, в области видео- или компьютерной графики одной обычно используемой технологией является текстурное отображение. Текстура, как правило, относится к выпуклостям, складкам, канавкам или другим неровностям на поверхностях. Текстурированные поверхности распознают путем взаимодействия света с неровностями поверхности. Эти неровности фактически являются частью всей геометрической формы объекта, хотя они относительно малы по сравнению с размером и формой объекта. Известны стандартные способы текстурного отображения, в которых отсутствуют необходимые детали поверхности, что обычно означают текстуру. Другими словами, стандартные способы текстурного отображения обеспечивают объекты цветным, но плоским внешним видом. В конечном счете, для преодоления этой проблемы текстурное отображение было улучшено тем, что в настоящее время называют рельефным отображением.

Рельефное отображение описано в статье Марка Килгарда "Методика практического и надежного рельефного отображения для современного графического процессора", которая включена в данное описание в качестве ссылки. В этой статье рельефное отображение описано как "способ визуализации на основе текстуры для моделирования эффектов освещения, вызываемых неровностями рисунка на других гладких поверхностях", Килгард, стр. 1. В соответствии с Килгардом "рельефное отображение моделирует внешний вид неоднородного освещения поверхности без комплексности и затрат на моделирование рисунков в качестве истинных геометрических возмущений для поверхности". Тем не менее, вычисления, требуемые для оригинальных методик рельефного отображения, предложенных Джеймсом Блинном в 1978 году, являются значительно более дорогими, чем вычисления, требуемые для стандартного аппаратного текстурного отображения, Килгард, стр. 2.

Ввиду многих попыток, которые были сделаны в течение последних двух десятилетий для преобразования рельефного отображения в форму, пригодную для аппаратной реализации, Килгард предлагает новую методику рельефного отображения. Короче говоря, Килгард делит рельефное отображение на два этапа. Сначала вычисляют возмущенную нормаль к поверхности. Затем выполняют вычисление освещения при использовании возмущенной нормали к поверхности. Эти два этапа должны быть выполнены на каждом видимом фрагменте рельефно отображаемой поверхности.

Хотя новая методика Килгарда может быть пригодной для моделирования неровностей (текстуры) поверхности, характерных для истинных геометрических возмущений, она не адресована для использования подобных эффектов освещения для различения некоторых элементов объекта, которые, по существу, являются неразличимыми и нехарактерными для истинных геометрических возмущений.

### **Сущность изобретения**

Настоящее изобретение по этой причине обеспечивает систему и способ улучшения комбинированного изображения множества атрибутов, представляющих двумерные или трехмерные объекты. В одном варианте осуществления первый атрибут выбран из источника доступных атрибутов и представляет одно свойство объекта. Второй атрибут выбран из подобного источника атрибутов и представляет другое свойство объекта. В зависимости от доступного источника атрибутов могут быть выбраны дополнительные атрибуты.

Нормальное отображение создают при использовании вокселей из первого атрибута или второго атрибута. Нормальное отображение получают из значений данных, представляющих первый или второй атрибут, в дальнейшем - основного атрибута и используют для получения эффектов освещения, которые обеспечивают иллюзию высоты, глубины и геометрии на планарной поверхности.

Для получения более точного эффекта освещения применяют программу вершин к вершинам, которые накладывают ограничения к планарной поверхности основного атрибута, и к вершинам, которые накладывают ограничения на соответствующую планарную поверхность нормального отображения. Как результат, таким образом создают новую пространственную систему координат (новое координатное пространство), образуя матрицу, обычно называемую касательное пространство, которое позднее используется объединителями регистра.

Объединители регистра, или ретушеры (прикладные программы для отображения текстуры поверхности в трехмерной графике) текстуры, используют для вычисления эффектов окружающего и рассеянного света (освещения) для нормального отображения после применения программы вершин и другого первого или второго атрибута, которые комбинируют для формирования улучшенного изображения, представляющего первый и второй атрибуты. В этом случае воспроизводится комбинированное изображение совместно визуализированных атрибутов, обнаруживающее, таким образом, некоторые элементы объекта, представленного атрибутами, которые, по существу, являются неразличимыми в их естественной среде.

В другом варианте осуществления выбранные элементы объекта интерактивно выделяют путем изменения коэффициентов освещения, представляющих отраженную и/или рассеянную составляющую воображаемого источника света. В этом случае объединители регистра снова используют для изменения эффектов окружающего и рассеянного света и выделения определенных элементов объекта при отображении комбинированного изображения.

В другом варианте осуществления источник света интерактивно переставляют или комбинированное изображение интерактивно поворачивают для обнаружения выбранных элементов объекта, представленных атрибутами. При повороте изображения или перестановке источника света определенные воксели, представляющие первый атрибут, становятся темнотенеными или затененными, тогда как другие воксели, представляющие второй атрибут, становятся видимыми, и наоборот. По этой причине такой вариант осуществления полезен для улучшения изображений выбранных элементов объекта, которые в их естественной среде являются неотличимыми от остального объекта. В этом случае снова применяют программу вершин и объединители регистра и воспроизводят изображение.

В другом варианте осуществления интерактивно регулируют высоту освещения на пиксель. Высота освещения на пиксель часто называют высоту выступов или глубину углублений, определяемую эффектом освещения, получаемым на пиксель. При изменении высоты освещения на пиксель, вновь вычисляют нормальное отображение, вновь используют программу вершин и объединители регистра и воспроизводят изображение.

В еще одном варианте осуществления для визуализации других выбранных элементов объекта описанным способом выбирают один или более других атрибутов. Таким образом, в этом варианте осуществления вышеуказанные этапы и методики используют вновь при воспроизведении нового комбинированного изображения.

В еще одном варианте осуществления для воспроизведения выбранных элементов объекта в других местоположениях осуществляют интерактивное регулирование (движение/изменение размера) комбинированного изображения. В этом случае вновь осуществляют выбор атрибутов, вновь вычисляют нормальное отображение, вновь используют программу вершин и объединители регистра и воспроизводят комбинированное изображение в его новом местоположении.

#### **Краткое описание чертежей**

Патент или заявка содержат по меньшей мере один чертеж, выполненный в цвете. Копии этого патента или публикации патентной заявки с цветным чертежом (цветными чертежами) будут обеспечены офисом после запроса и необходимой оплаты.

Настоящее изобретение будет описано со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых подобные элементы указаны подобными ссылочными номерами:

фиг. 1 - блок-схема, иллюстрирующая один вариант программно реализованной программы для реализации настоящего изобретения;

фиг. 2 - схема последовательности операций одного варианта осуществления способа реализации настоящего изобретения;

фиг. 3 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий вид в качестве атрибута сейсмических данных;

фиг. 4 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий амплитуду в качестве атрибута сейсмических данных;

фиг. 5 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий комбинированное изображение обоих атрибутов, иллюстрируемых на фиг. 3 и 4;

фиг. 6 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий комбинированное изображение, иллюстрируемое на фиг. 5, с источником света, расположенным слева от изображения;

фиг. 7 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий комбинированное изображение, иллюстрируемое на фиг. 5, с источником света, расположенным перпендикулярно изображению;

фиг. 8 - (цветной) чертеж, иллюстрирующий комбинированное изображение, иллюстрируемое на фиг. 5, с источником света, расположенным справа от изображения.

Хотя настоящее изобретение описано со ссылкой на приведенные предпочтительные варианты осуществления, очевидно, что не предполагается ограничивать настоящее изобретение этими вариантами осуществления. Наоборот, предполагается охват всех альтернатив, модификаций и эквивалентов, соответствующих сущности настоящего изобретения.

#### **Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления**

Настоящее изобретение может быть реализовано при использовании аппаратных средств, программных средств или их комбинации и может быть реализовано в вычислительной системе или другой

системе обработки данных. В следующем описании изложено применение настоящего изобретения для обработки различных атрибутов сейсмических данных, которые содержатся в определенном пространстве или объеме, называемом образцом. Каждый образец содержит данные вокселей, представленные  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , значением данных. Каждое значение данных связано с конкретным атрибутом сейсмических данных в определенном местоположении ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Таким образом, настоящее изобретение может использовать один или более компонентов аппаратного средства и программного средства, требуемых для отображения и манипулирования образцом, как описано в патентной заявке США № 09/119634 компании Magic Earth, Inc., описание которой включено в эту заявку в качестве ссылки. Для более полного описания требований образца делается ссылка на патентную заявку США № 09/119634.

Помимо требований образца, настоящее изобретение может быть реализовано при использовании современной высококачественной компьютерной графики и аппаратных средств персонального компьютера массового спроса для гарантии выполнения операций в реальном масштабе времени. Примеры выпускаемых на промышленной основе аппаратных средств для персонального компьютера включают в себя графические платы, подобные видеокартам типа GeForce®, продаваемых NVIDIA®, и компьютерные процессоры набора команд 2,4 ГГц×86, выпускаемые компаниями INTEL® или AMD®.

Один вариант осуществления программных средств или программной структуры для реализации настоящего изобретения иллюстрируется на фиг. 1. В основе программной структуры 100 лежит операционная система 102. Пригодные операционные системы могут включать в себя, например, операционные системы UNIX® или LINUX®, Windows NT® и другие операционные системы, в общем, известные из предшествующего уровня техники.

Программные средства 104 меню и интерфейса перекрывают операционную систему 102. Программные средства 104 меню и интерфейса используют для обеспечения различных меню и окон для облегчения взаимодействия с пользователем и для получения ввода и команд пользователя. Программные средства 104 меню и интерфейса могут включать в себя, например, программные средства Microsoft Windows®, X Free86®, MOTIF® и другие программные средства меню и интерфейса, в общем, известные из предшествующего уровня техники.

Основная библиотека 106 графики перекрывает программные средства 104 меню и интерфейса. Основная библиотека 106 графики является интерфейсом прикладного программирования (API) для трехмерной компьютерной графики. Функции, выполняемые основной библиотекой 106 графики, включают в себя, например, геометрические и растровые примитивы, систему цветопередачи RGBA, расширенную элементом альфа, используемым для управления смешиванием цветов, или цветовой режим индексации, дисплейный список или непосредственный режим, трансформации визуализации и моделирования, освещение и затенение, удаление невидимой поверхности, альфа-сопряжение (полупрозрачность), сглаживание цветов, текстурное отображение, атмосферные эффекты (туман, дым, атмосферная дымка), обратную связь и выбор, плоскости шаблона и накопительный буфер.

Особенно полезной основной библиотекой 106 графики является библиотека OpenGL®, поставляемая компанией Silicon Graphics, Inc. ("SGI®"). OpenGL® API является многоплатформным промышленным стандартом, который является независимым от аппаратных средств, окна и операционной системы. OpenGL® предназначен для вызова из языков программирования C, C++, FORTRAN, Ada и Java. OpenGL® выполняет каждую из функций, перечисленных выше для основной библиотеки 106 графики. Некоторые команды в OpenGL® определяют геометрические объекты для отображения, а другие управляют манипулированием объектами. Все элементы состояния OpenGL®, даже содержимое памяти текстур и кадрового буфера, могут быть получены посредством клиентского приложения при использовании OpenGL®. OpenGL® и клиентское приложение могут работать на одном или разных компьютерах, поскольку OpenGL® имеет прозрачность сети. OpenGL® описан более подробно в Руководстве по программированию OpenGL® (ISBN: 0-201-63274-8) и в Справочном руководстве OpenGL® (ISBN: 0-201-63276-4), содержания которых включены в изобретение в качестве ссылки.

Библиотека 108 графики визуального моделирования перекрывает основную библиотеку 106 графики. Библиотека 108 графики визуального моделирования является интерфейсом прикладного программирования (API) для создания прикладных программ для многопроцессорной обработки трехмерного визуального моделирования графики в реальном масштабе времени. Библиотека 108 графики визуального моделирования обеспечивает функции, которые связывают вместе функции управления состоянием библиотеки графики, например освещение, материалы, текстуру и прозрачность. Эти функции контролируют изменение состояния и создание дисплейных списков, которые могут быть визуализированы позднее.

Особенно полезной библиотекой 108 графики визуального моделирования является библиотека OpenGL Performer®, которая доступна из SGI®. OpenGL Performer® поддерживает библиотеку графики OpenGL®, описанную выше. OpenGL Performer® включает в себя две основные библиотеки (libpf и libprg) и четыре объединенные библиотеки (libpfdu, libpfdb, libpfui, libfutil).

Основой OpenGL Performer® является библиотека libprg визуализации исполнения, библиотека низкого уровня, обеспечивающая функции высокоскоростной визуализации на основе GeoSets и контроля

состояния графики при использовании GeoStates. GeoSets являются коллекциями поддающейся извлечению геометрии, которые группируют примитивы графики подобного типа (например, треугольники или квадраты) в одном объекте данных. GeoSet сама не содержит геометрии, а только указатели к массивам данных и массивам индексов. Поскольку все примитивы в GeoSet являются примитивами одного типа и имеют подобные атрибуты, то визуализация большинства баз данных осуществляется при максимальной скорости аппаратных средств. GeoStates обеспечивает определения состояния графики (например, текстуры или материала) для GeoSets.

Выше librg расположен слой libpf среды визуального моделирования в реальном масштабе времени, обеспечивающий быстроедействующую многофункциональную систему визуализации базы данных, которая оптимизирует использование микропроцессорных аппаратных средств. Библиотека утилиты базы данных, libpfdu, обеспечивает функции для определения геометрических и видовых атрибутов трехмерных объектов, совместно использует состояние и материалы и генерирует треугольные полосы из независимого полигонального входного сигнала. Библиотека libpfdb базы данных использует технические средства libpfdu, libpf и librg для импорта файлов базы данных в ряд форматов базы данных промышленного стандарта. Библиотека libfui является библиотекой пользовательского интерфейса, которая обеспечивает стандартные блоки для пишущих компонентов манипуляции для пользовательских интерфейсов (языков программирования C и C++). Наконец, библиотека libpfutil является библиотекой утилиты, которая обеспечивает подпрограммы для выполнения задач и инструментальных средств графического пользовательского интерфейса (GUI).

Прикладная программа, которая использует OpenGL Performer® и OpenGL® API, как правило, выполняет следующие этапы в получении трехмерного визуального моделирования:

1. Инициализация OpenGL Performer®.
2. Определение числа конвейеров графики, выбор конфигурации мультипроцессорной обработки и при необходимости определение режима работы аппаратных средств.
3. Инициализация выбранного режима мультипроцессорной обработки.
4. Инициализация частоты кадров и установка стратегии длительности кадра.
5. Создание, конфигурирование и открытие окон, при необходимости.
6. Создание и конфигурирование каналов формирования изображения, при необходимости.

Как только прикладная программа создала графическую среду визуализации благодаря выполнению этапов 1-6, описанных выше, то прикладная программа, как правило, итерирует через следующий основной цикл моделирования один раз за кадр:

1. Вычисление динамики, обновление модельных матриц и т.д.
2. Задержка до времени следующего кадра.
3. Выполнение задержки, критичной с точки зрения обновлений.
4. Вычерчивание кадра.

В альтернативном варианте в качестве библиотеки 108 графики визуального моделирования может быть использована библиотека Open Scene Graph®. Open Scene Graph® работает подобным образом, что и OpenGL Performer®, обеспечивая инструментальные средства программирования, записанные в C/C++ для большого множества компьютерных платформ. Open Scene Graph® основана на OpenGL® и доступна через [www.openscenegraph.com](http://www.openscenegraph.com).

Программа 110 совместной визуализации множества атрибутов, соответствующая настоящему изобретению, перекрывает библиотеку 108 графики визуального моделирования. Способом, в общем хорошо известным из предшествующего уровня техники, программа 110 сопрягается с библиотекой 108 графики визуального моделирования и использует функции, выполняемые библиотекой 108 графики визуального моделирования, основной библиотекой 106 графики, программными средствами 104 меню и интерфейса, операционной системой 102 и образцом, описанным в заявке США № 09/119634. Программа 110 предпочтительно написана ориентированным на объект языком программирования для обеспечения возможности создания и использования объектов и функциональности объектов. Одним предпочтительным ориентированным на объект языком программирования является C++.

В этом конкретном варианте осуществления программа 110 хранит набор данных трехмерного объема так, как это, в общем, хорошо известно из предшествующего уровня техники. Например, формат для конкретного объема данных может содержать две части: заголовок объема, за которым следует массив данных, величина которого определяется размером набора данных. Заголовок объема, как правило, включает в себя информацию в предписанной последовательности, например маршрут файла (местоположение) набора данных, значение, размеры в направлениях x, y, z, аннотации для осей x, y, z, аннотации для объема данных. Массив данных является бинарной последовательностью байтов и может включать в себя один или более байтов на единицу объема данных. Например, первый байт является значением данных при местоположении объема (0, 0, 0); второй байт является значением данных в местоположении объема (1, 0, 0); а третий байт является значением данных в местоположении объема (2, 0, 0). При исчерпывании x-размера приращивается y-размер и z-размер соответственно.

Этот вариант осуществления никоим образом не ограничен конкретным форматом данных.

Программа 110 облегчает ввод от пользователя для идентификации одного или более наборов данных трехмерного объема, чтобы использовать визуализацию и анализ. Если используется множество объемов данных, то объем данных для каждого из множества объемов данных представляет другой физический параметр или атрибут для одного географического пространства. Например, множество объемов данных может включать в себя объем геологического строения, объем температуры и объем влагонасыщения. Воксели в объеме геологического строения могут быть выражены в виде  $(x, y, z, \text{сейсмическая амплитуда})$ . Воксели в объеме температуры могут быть выражены в виде  $(x, y, z, ^\circ\text{C})$ . Воксели в объеме влагонасыщения могут быть выражены в виде  $(x, y, z, \% \text{ насыщения})$ . Физическое и географическое пространство, ограниченное вокселями в каждом из этих объемов, является одинаковым. Однако для любого специального пространственного местоположения  $(x_0, y_0, z_0)$  сейсмическая амплитуда будет содержаться в объеме геологического строения, температура - в объеме температуры, а влагонасыщение - в объеме влагонасыщения. Работа программы 110 описана со ссылкой на фиг. 2-8.

На фиг. 2 иллюстрируется способ 200 совместной визуализации множества атрибутов в комбинированном изображении. Следующее описание относится к некоторым алгоритмам и методикам рельефного отображения, описанным Килгардом.

На этапе 202 выбирают первый атрибут и второй атрибут из доступных атрибутов при использовании инструментальных средств графического пользовательского интерфейса (GUI) (программные средства 104 меню и интерфейса), описанные со ссылкой на фиг. 1. Хотя могут быть использованы другие хранящиеся доступные атрибуты, например частота и фаза, в качестве первого атрибута, иллюстрируемого на фиг. 3 в образце 300, использовали внешний вид, а в качестве второго атрибута, иллюстрируемого на фиг. 4 в образце 400, использовали амплитуду. Сейсмические данные отображают на видимых планарных поверхностях образца при использовании стандартных методик затенения/непрозрачности (текстурного отображения), однако могут быть отображены в планарных поверхностях, ограничивающих образец при использовании методик объемной визуализации, в общем, хорошо известных из предшествующего уровня техники. Таким образом, для отображения сейсмических данных описанным способом, данные вокселей считывают из памяти и преобразуют в определенный цвет, представляющий специальную текстуру. Текстуры разбиваются на элементы мозаичного изображения в изображениях размером 256 пикселей  $\times$  256 пикселей. Для больших объемов многие элементы мозаичного изображения существуют на одной планарной поверхности образца. Квалифицированные специалисты в этой области техники этот процесс обычно относят к дискретизации и координируют среди множества процессоров на элемент мозаичного изображения. Эти и другие методики, используемые в этой работе, дополнительно описываются и иллюстрируются в патентной заявке США № 09/119634.

На этапе 204 вычисляют нормальное отображение для преобразования текстуры, основанной на атрибуте внешнего вида, иллюстрируемом на фиг. 3, иногда называемой полем высот, в нормальное отображение, которое кодирует данные освещения, которые будут использованы позднее объединителями регистра. Эта методика дает возможность применения освещения на пиксель для волюметрических данных также как образец отображает волюметрические данные. Другими словами, двумерный объект, который фактически отображается, поскольку он содержит данные вокселей и скорость, с которой он отображается, выглядит как трехмерный объект. Короче говоря, этот этап преобразует значения данных, представляющие атрибут внешнего вида в возмущенных нормализованных векторах, которые используются видеокартами для вычисления эффектов освещения, которые дают иллюзию глубины и геометрии, когда фактически отображается планарная поверхность.

Нормальное отображение содержит множество возмущенных нормальных векторов, которые совместно используют для получения иллюзии высоты, глубины и геометрии на планарной поверхности. Каждый нормальный вектор получают из векторного произведения вертикальной и горизонтальной составляющих для каждого значения данных на данной поверхности (например, 310) на фиг. 3. Каждый возмущенный нормальный вектор хранится в аппаратных средствах как единица текстуры (нормального отображения), в которой для каждой пространственной координаты  $(x, y, z)$  для каждого возмущенного нормального вектора назначено специальное значение красного, зеленого или синего (RGB) цвета. Координатное пространство, в котором для этих координат назначены значения RGB, в общем, известно как текстурное координатное пространство. Таким образом, синяя составляющая возмущенного нормального вектора представляет пространственную координату  $(z)$ . Пиксель в текстуре, которая вся является синей, будет, следовательно, представлен тангенциальным вектором в планарных объектах, например, в поверхности 310 на фиг. 3. Когда значения данных изменяются, внешний вид нормального отображения становится менее синим и выглядит почти меловым. Методики, необходимые для получения нормального отображения из поля высот, в общем, описаны в разделе 5.3 работы Килгарда. Путем использования уравнений, относящихся к разделу 2.6 работы Килгарда, со значениями данных, показанными в образце 300 на фиг. 3, может быть получено нормальное отображение. В приложении Е к работе Килгарда иллюстрируется набор команд для осуществления этого способа и методики.

Для получения более точного эффекта освещения на этапе 206 используют программу вершин для вершин, которые ограничивают планарную поверхность 310 основного атрибута, иллюстрируемого на

фиг. 3, и для вершин, которые ограничивают соответствующую планарную поверхность нормального отображения (не показано). Новое координатное пространство, касательное пространство, ограничено в матрице преобразования, используемой программой вершин. Программируемые аппаратные средства на видеокарте используют для визуализации преобразований координатного пространства, которые возбуждает программа вершин. Касательное пространство получено из расчета на вершину, и, как правило, требует от центрального процессора обеспечения векторов угла освещения на вершину и векторов полуугла в качестве координат трехмерной текстуры. Секторы угла освещения и векторы полуугла аналогичным образом преобразуют для касательного пространства при умножении на матрицу касательного пространства. Этот этап использует методики, описанные, в общем, в разделе 5.1 работы Килгарда.

Например, нормальные и тангенциальные векторы вычисляют в расчете на вершину для данной геометрической модели, подобной образцу 300 на фиг. 3. Бинормальный вектор вычисляют путем векторного произведения тангенциальной и нормальной векторных составляющих для каждой вершины. Таким образом, тангенциальный, нормальный и бинормальный векторы образуют ортонормальную основу на каждой вершине. Ортонормальная основа представляет матрицу, используемую для преобразования объектов, пространства, освещения и центра проекции в касательном пространстве. Один набор команд для реализации этой методики иллюстрируется в приложении С работы Килгарда.

Объединители регистра или ретушеры текстуры (не показаны) используются видеокартами на этапе 208 для вычисления уравнений освещения, описанных в разделах 2.5-2.5.1 работы Килгарда. Объединители регистра GeForce® и Quadro®, доступные через NVIDIA®, обеспечивают конфигурируемые, но не программируемые, средства для определения предварительного пиксельного фрагментного окрашивания/затенения, и заменяют стандартную постоянную функциональную текстурную среду OpenGL®, суммирование цвета и затуманивание улучшенным механизмом для окрашивания/затенения фрагментов. С многотекстурной OpenGL® фильтрованные тексели из каждой единицы текстуры, представляющей нормальное отображение и второй атрибут (амплитуду), иллюстрируемый в образце 400 на фиг. 4, последовательно комбинируются с текущим цветом фрагментов. Объединители регистра, в общем, описанные в разделе 4.2 работы Килгарда, как последовательное применение общих ступеней объединителя, которые достигают кульминации на конечной ступени объединителя, которая выдает для фрагмента цвет RGBA. Один набор команд для программирования объединителей регистра OpenGL® иллюстрируется в приложении В работы Килгарда.

Как дополнительно описано в разделе 5.4 работы Килгарда, объединители регистра конфигурированы вычислять окружающее и рассеянное освещение для совместно визуализированного изображения, которое отображается на этапе 210 с помощью средств, в общем, известных из предшествующего уровня техники. Короче говоря, объединители регистра используют для вычисления эффектов окружающего и рассеянного освещения для нормального отображения после использования программы вершин и второго атрибута, который комбинируется для формирования улучшенного изображения, представляющего первый и второй атрибуты. Результирующие значения данных для комбинированного изображения представляют смешанную текстуру или комбинированную текстуру обоих первого и второго атрибутов. Один набор команд для программирования объединителей регистра для вычисления окружающего и рассеянного освещения иллюстрируется в приложении G работы Килгарда.

В альтернативном варианте фрагментированные подпрограммы, в общем хорошо известные из предшествующего уровня техники, могут быть использованы с объединителями регистра для обеспечения более улучшенного эффекта освещения для нормального отображения.

Как иллюстрируется на фиг. 3, некоторые геологические элементы, например трещины, представленные кодами 312 черного цвета, отличаются от кодов 314 синего цвета вследствие нарушения непрерывности между соседними значениями данных, полученными измерением вдоль оси z. На фиг. 4 подобные геологические элементы 412 являются едва различимыми, поскольку они иллюстрируются посредством другого атрибута (амплитуды), которому назначены коды множества цветов и который содержит более совместимые соседние значения данных вдоль оси z. Подобные геологические элементы 512 даже более легко различимы на фиг. 5 вследствие улучшенной текстуры поверхности, которая придает планарной поверхности 510 на образце 500 глубину и высоту.

На фиг. 5 первый атрибут (внешний вид) отличается затенением от второго атрибута (амплитуды), которая показана кодами различного цвета. Эта иллюзия нехарактерна для действительного геологического элемента, который, по существу, неразличим в его естественной среде. Хотя оба атрибута не являются видимыми в одно время на планарной поверхности 510 образца 500, они изображены в одном пространстве и способны одновременно наблюдаться в зависимости от угла образца 500 относительно источника света. Таким образом, при вращении образца 500, определенные воксели, представляющие первый атрибут, маскируются, тогда как другие воксели, представляющие второй атрибут, становятся видимыми и наоборот. Эта методика полезна для улучшения изображений определенных элементов объекта, которые, по существу, неразличимы в их естественной среде. Настоящее изобретение может быть применимо при использовании подобных методик для изображения атрибутов объемно визуализированных сейсмических данных.

Когда изображение визуально воспроизводится на этапе 210, несколько опций, описываемых со ссылкой на этапы 212-220, может интерактивно регулироваться с помощью программных средств 104 меню/интерфейса для сравнения и анализа каких-либо различий между различными изображениями.

На этапе 212 для изменения эффектов затенения/освещения, используемых для комбинированного изображения, могут интерактивно регулироваться коэффициенты отраженного или рассеянного света. В соответствии с этим объединители регистра вновь используют на этапе 208 для улучшения изображения, воспроизводимого на этапе 210.

На этапе 214 воображаемый источник света может быть интерактивно переставлен или образец может быть интерактивно повернут для изображения других геологических элементов, обнаруживаемых посредством атрибутов. Движение образца осуществляют с помощью средств, в общем, описанных в патентной заявке США № 09/119634. На фиг. 6-8 планарная поверхность 510 образца 500, иллюстрируемого на фиг. 5, является неподвижной в положении, перпендикулярном зрительной оси, когда источник света интерактивно переставляется. При движении источника света, в соответствии с положением источника света становятся освещенными разные воксели. Этот эффект аналогичен тому эффекту, который достигается при вращении образца. В соответствии с этим этапы 206 и 208 вновь используют для обеспечения различных перспектив изображения, воспроизводимого на этапе 210.

Например, на фиг. 6 источник света расположен слева от поверхности 610 образца, так что воксели 612, которые воспринимаются как углубления, становятся темнее, тогда как воксели 614, которые воспринимаются как выступы, становятся светлее или более освещенными. Если источник света переставлен справа от поверхности 810 образца, как показано на фиг. 8, то различные воксели 812, 814 становятся темнее и светлее, чем воксели, иллюстрируемые на фиг. 6. Как иллюстрируется на фиг. 7, источник света расположен перпендикулярно поверхности 710 образца, и все изображение становится светлее. Этот эффект связан с составляющей отраженного света уравнивания освещения и увеличивает иллюзию глубины и высоты в изображении, когда источник света переставляют или поворачивают образец. Один набор команд, объясняющий то, как конфигурировать объединители регистра для вычисления составляющей отраженного света, иллюстрируется в приложении Н работы Килгарда. В этом случае комбинированным изображением можно интерактивно манипулировать для одновременного обнаружения множества атрибутов с номинальной потерей четкости изображения каждого атрибута.

На этапе 216 высоту освещения на пиксель интерактивно регулируют для изменения нормальной глубины углублений и/или высоты выступов, которые затевают и освещают, как описано со ссылкой на этап 208. Высоту освещения на пиксель интерактивно регулируют масштабированием каждого возмущенного нормального вектора от нуля, которое аннулирует любые углубления или выступы. Если освещение на пиксель масштабируют с положительными приращениями, то высота (выступ) или глубина (углубление) каждого возмущенного нормального вектора увеличивается. И наоборот, если освещение на пиксель масштабируют с отрицательными приращениями, то высота или глубина каждого возмущенного нормального вектора уменьшается. Результирующий эффект дает изображение, которое выглядит как изменение положение источника света, так что увеличиваются различные элементы объекта. В соответствии с этим этапы 204, 206 и 208 повторно используют для получения различных перспектив (проекций) изображения, воспроизводимого на этапе 210.

На этапе 218 различные атрибуты интерактивно выбирают так, как это описано со ссылкой на этап 202. В соответствии с этим этапы 204, 206 и 208 повторно используют для получения полностью нового изображения, иллюстрируя на этапе 10 различные значения данных. Кроме того, изображение, воспроизводимое на этапе 210, может иллюстрировать более двух атрибутов, которые выбраны на этапе 218. Например, если доступные атрибуты включают в себя амплитуду, фазу и внешний вид, то нормальное отображение создается для любых двух из этих атрибутов так, как это описано со ссылкой на этап 204. Другими словами, вычисляют нормальное отображение или каждый из двух выбранных атрибутов и результирующую величину для каждого возмущенного нормального вектора в одном нормальном отображении затем добавляют к величине каждого возмущенного нормального вектора в другом нормальном отображении в том же местоположении для создания одного нормального отображения, которое используют так, как описано со ссылкой на этапы 206 и 208. В альтернативном варианте воксели для одного из выбранных атрибутов могут быть добавлены к вокселям другого выбранного атрибута в том же местоположении, и нормальное отображение вычисляют для комбинированных величин вокселей так, как описано со ссылкой на этап 204. После этого нормальное отображение используют так, как описано со ссылкой на этапы 206 и 208. В любом применении, где имеется более двух атрибутов, один атрибут будет служить в качестве статического атрибута до этапа 208, тогда как другие будут использоваться, как это было описано.

На этапе 220 образец интерактивно регулируют так, чтобы он мог изменять размер или двигаться так, как это более подробно описано в патентной заявке США № 09/119634. Этот этап обязательно изменяет воксели, воспроизводимые на планарных поверхностях образца для комбинированного изображения, воспроизводимого на этапе 210. Как результат, на этапе 222 должна быть сделана повторная выборка первого и второго атрибутов, а этапы 204, 206 и 208 должны быть повторно использованы для воспроизведения нового изображения на этапе 210, иллюстрируя те же атрибуты в другом местоположении.



Методики, соответствующие настоящему изобретению, описанные выше, исключают этап дополнительной обработки, который, обычно, используют в стандартных методиках рельефного отображения путем интерактивной обработки атрибутов подпрограмм графики аппаратных средств, обеспечиваемых видеокартами персональных компьютеров широкого применения. По этой причине эти методики являются особенно полезными для открытия и разработки источников энергии.

Вышеприведенное описание настоящего изобретения является иллюстративным и объяснительным, а квалифицированным специалистам в этой области техники будет очевидно, что без отклонения от сущности настоящего изобретения могут быть сделаны различные изменения в размере, форме и материалах, использовании механических эквивалентов, а также в деталях иллюстрируемой конструкции или комбинации признаков различных элементов.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выделения изображения одного или более атрибутов, представляющих свойство объекта, который содержит

выбор первого и второго атрибутов из множества атрибутов, причем каждый первый и второй атрибуты имеет свои собственные вершины;

создание карты нормалей при использовании по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованного для создания карты нормалей, в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованного для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов для образования выделенного изображения, представляющего по меньшей мере одно из свойств объекта.

2. Способ по п.1, в котором по меньшей мере один из первого атрибута и второго атрибута содержит комбинацию двух или более атрибутов.

3. Способ по п.2, в котором комбинация из двух или более атрибутов образует гибридный атрибут.

4. Способ по п.2, в котором первый атрибут содержит любую комбинацию из двух или более атрибутов, содержащих амплитуду, частоту, фазу, мощность, внешний вид, когерентность, глубину, азимут, градиент, гидродинамический коэффициент, акустический импеданс, скорость, давление, пористость, проницаемость, стратиграфические особенности и литологические особенности, а второй атрибут содержит по меньшей мере один атрибут, выбранный из группы, содержащей амплитуду, частоту, фазу, мощность, внешний вид, когерентность, глубину, азимут, градиент, гидродинамический коэффициент, акустический импеданс, скорость, давление, пористость, проницаемость, стратиграфические особенности и литологические особенности.

5. Способ по п.1, в котором составляющую общего света и составляющую рассеянного света комбинируют с первым атрибутом, а второй атрибут используют для создания карты нормалей.

6. Способ по п.1, в котором составляющую общего света и составляющую рассеянного света комбинируют с первым атрибутом, а первый атрибут используют для создания карты нормалей.

7. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий следующие этапы:

выбор третьего атрибута, имеющего свои собственные вершины;

создание другой карты нормалей при использовании по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов, причем другая карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин другой карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов, использованных для создания другой карты нормалей, в другую матрицу, представляющую другую карту нормалей касательного пространства;

вычисление другой составляющей рассеянного света из другой карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов, использованных для создания другой карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с другой составляющей рассеянного света и по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов для образования выделенного изображения, представляющего другое свойство объекта.

8. Способ по п.7, в котором третий атрибут содержит комбинацию составляющей общего света, составляющую рассеянного света и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов.

9. Способ по п.8, в котором другую карту нормалей создают при использовании по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, а третий атрибут комбинируют с составляющей общего света и другой составляющей рассеянного света для образования другого выделенного изображения.

10. Способ по п.8, в котором другую карту нормалей создают при использовании третьего атрибута и третий атрибут комбинируют с составляющей общего света и другой составляющей рассеянного света

для образования другого выделенного изображения.

11. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий этап воспроизведения для пользователя по меньшей мере части выделенного изображения.

12. Способ по п.11, в котором воспроизводимое выделенное изображение воспроизводят по меньшей мере на части одной из множества планарных поверхностей, ограничивающих образец.

13. Способ по п.11, в котором воспроизводимое выделенное изображение воспроизводят, по меньшей мере, частично во множестве планарных поверхностей, ограничивающих образец.

14. Способ по п.1, в котором каждый первый атрибут и второй атрибут содержит множество значений данных и соответствующие пространственные координаты, причем каждое значение данных имеет трехмерную пространственную координату.

15. Способ по п.14, в котором карта нормалей содержит множество возмущенных нормальных векторов, которые получены из векторного произведения вертикальной составляющей и горизонтальной составляющей для каждого значения данных.

16. Способ по п.1, в котором программу вершин используют для преобразования вершин карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей в матрицу, представляющей карту нормалей касательного пространства.

17. Способ по п.1, в котором каждую составляющую рассеянного света и составляющую общего света вычисляют при использовании объединителя регистра.

18. Способ по п.17, в котором составляющую общего света, составляющую рассеянного света и по меньшей мере один из первого и второго атрибутов комбинируют при использовании объединителей регистра для образования выделенного изображения.

19. Способ по п.1, в котором первый атрибут и второй атрибут содержат медицинские данные.

20. Способ по п.1, в котором первый атрибут и второй атрибут содержат сейсмические данные.

21. Способ по п.1, в котором составляющая общего света является предварительно определенной постоянной.

22. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий следующие этапы:

вычисление составляющей отраженного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей отраженного света, составляющей общего света, составляющей рассеянного света и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов для образования выделенного изображения.

23. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий следующие этапы:

применение воображаемого источника света для выделенного изображения;

воспроизведение части выделенного изображения для пользователя;

интерактивное переставление по меньшей мере одного из воображаемых источников света и воспроизводимого выделенного изображения относительно зрительной оси воспроизводимого для пользователя выделенного изображения;

повторение этапов преобразования, вычисления и комбинирования по п.1.

24. Способ выделения изображения одного или более атрибутов, представляющих свойство объекта, который содержит

выбор атрибута из множества атрибутов, причем атрибут имеет свои собственные вершины;

создание карты нормалей при использовании атрибута, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин атрибута в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и атрибута;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и атрибутом для образования выделенного изображения, представляющего по меньшей мере одно свойство объекта.

25. Способ выделения изображения множества атрибутов, представляющих свойство объекта предусматривающий следующие этапы:

выбор первого атрибута и второго атрибута из множества атрибутов, причем каждый первый и второй атрибуты имеют свои собственные вершины;

создание карты нормалей при использовании по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей, в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и первого и второго атрибутов для образования выделенного изображения первого и второго атрибутов;

воспроизведение для пользователя по меньшей мере части выделенного изображения, части воспроизведенного для пользователя выделенного изображения, содержащей по меньшей мере часть первого атрибута и часть второго атрибута.

26. Способ по п.25, в котором первый и второй атрибуты представляют геофизические свойства объекта.

27. Система, содержащая запоминающее устройство для хранения программ, считываемых компьютером, причем запоминающее устройство включает в себя программу команд, выполняемых компьютером для выделения изображения одного или более атрибутов, представляющих свойство объекта, при этом команды содержат следующие этапы:

выбор первого атрибута и второго атрибута из множества атрибутов, причем каждый первый атрибут и второй атрибут имеет свои собственные вершины;

создание карты нормалей по меньшей мере из одного из первого и второго атрибутов, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей, в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов для образования выделенного изображения, представляющего по меньшей мере одно свойство объекта.

28. Система по п.27, в которой по меньшей мере один из первого и второго атрибутов содержит комбинацию двух или более атрибутов.

29. Система по п.28, в которой комбинация из двух или более атрибутов образует гибридный атрибут.

30. Система по п.28, в которой первый атрибут содержит любую комбинацию из двух или более атрибутов, содержащих амплитуду, частоту, фазу, мощность, внешний вид, когерентность, глубину, азимут, градиент, гидродинамический коэффициент, акустический импеданс, скорость, давление, пористость, проницаемость, стратиграфические особенности и литологические особенности, а второй атрибут содержит по меньшей мере один атрибут, выбранный из группы, содержащей амплитуду, частоту, фазу, мощность, внешний вид, когерентность, глубину, азимут, градиент, гидродинамический коэффициент, акустический импеданс, скорость, давление, пористость, проницаемость, стратиграфические особенности и литологические особенности.

31. Система по п.27, в которой составляющую общего света и составляющую рассеянного света комбинируют с первым атрибутом, а второй атрибут используют для создания карты нормалей.

32. Система по п.27, в которой составляющую общего света и составляющую рассеянного света комбинируют с первым атрибутом и первый атрибут используют для создания карты нормалей.

33. Система по п.27, дополнительно содержащая

выбор третьего атрибута, имеющего свои собственные вершины;

создание другой карты нормалей, получаемой по меньшей мере из одного первого, второго и третьего атрибутов, причем другая карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин другой карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов, использованных для создания другой карты нормалей, в другую матрицу, представляющую другую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из другой карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого, второго и третьего атрибутов, использованных для создания другой карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с другой составляющей рассеянного света и по меньшей мере одним из первого, второго и третьего атрибутов для образования другого выделенного изображения, представляющего другое свойство объекта.

34. Система по п.33, в которой третий атрибут содержит комбинацию составляющей общего света, составляющую рассеянного света и по меньшей мере один из первого и второго атрибутов.

35. Система по п.34, в которой другую карту нормалей создают при использовании по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов и третий атрибут комбинируют с составляющей общего света и другой составляющей рассеянного света для образования другого выделенного изображения.

36. Система по п.34, в которой другую карту нормалей создают при использовании третьего атрибута, а третий атрибут комбинируют с составляющей общего света и другой составляющей рассеянного света для образования другого выделенного изображения.

37. Система по п.27, дополнительно содержащая воспроизведение для пользователя по меньшей мере части выделенного изображения на мониторе.

38. Система по п.27, в которой каждый первый атрибут и второй атрибут содержит множество значений данных и соответствующие пространственные координаты, причем каждое значение данных име-

ет трехмерную пространственную координату.

39. Система по п.38, в которой карта нормалей содержит множество возмущенных нормальных векторов, которые получены из векторного произведения вертикальной составляющей и горизонтальной составляющей для каждого значения данных.

40. Система по п.27, в которой первый атрибут и второй атрибут содержат медицинские данные.

41. Система по п.27, в которой первый атрибут и второй атрибут содержат сейсмические данные.

42. Система по п.27, в которой составляющая общего света является предварительно определенной постоянной.

43. Система по п.27, дополнительно содержащая

вычисление составляющей отраженного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере один из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей отраженного света, составляющей общего света, составляющей рассеянного света и по меньшей мере один из первого и второго атрибутов для образования выделенного изображения.

44. Система по п.27, дополнительно содержащая

применение для выделенного изображения воображаемого источника света;

воспроизведение для пользователя части выделенного изображения;

интерактивное переставление, по меньшей мере, воображаемого источника света или воспроизводимого выделенного изображения относительно зрительной оси воспроизводимого для пользователя выделенного изображения;

повторение преобразования, вычисления и комбинирования по п.27.

45. Система, содержащая запоминающее устройство для хранения программ, считываемых компьютером, причем запоминающее устройство включает в себя программу команд, выполняемых компьютером для выделенного изображения одного или более атрибутов, представляющих свойство объекта, при этом команды содержат следующие этапы:

выбор атрибута из множества атрибутов, причем атрибут имеет свои собственные вершины;

создание карты нормалей, полученной из атрибута, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин атрибута в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и атрибута;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и атрибутом для образования выделенного изображения, представляющего по меньшей мере одно свойство объекта.

46. Система, содержащая запоминающее устройство для хранения программ, считываемых компьютером, причем запоминающее устройство включает в себя программу команд, выполняемых компьютером для выделения изображения множества атрибутов, представляющих свойство объекта, при этом команды содержат следующие этапы:

выбор первого атрибута и второго атрибута из множества атрибутов, причем каждый первый атрибут и второй атрибут имеет свои собственные вершины;

создание карты нормалей, получаемой по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, причем карта нормалей имеет свои собственные вершины;

преобразование вершин карты нормалей и вершин по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей, в матрицу, представляющую карту нормалей касательного пространства;

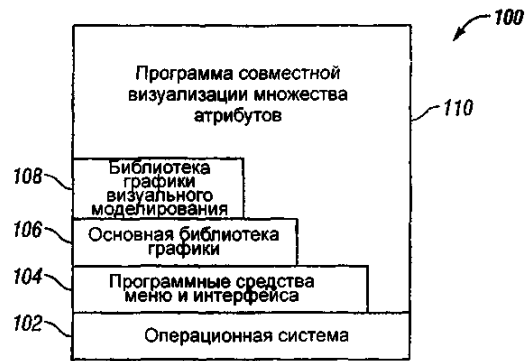
вычисление составляющей рассеянного света из карты нормалей касательного пространства и по меньшей мере одного из первого и второго атрибутов, использованных для создания карты нормалей;

комбинирование составляющей общего света с составляющей рассеянного света и первым и вторым атрибутами для образования выделенного изображения первого и второго атрибутов;

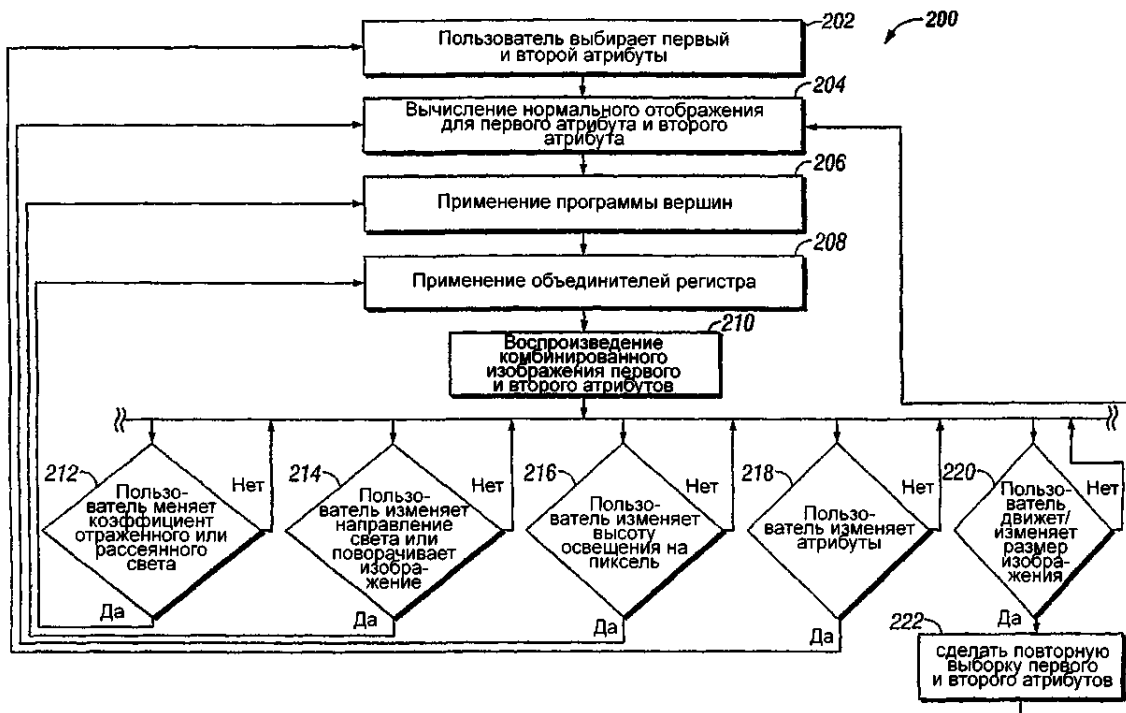
воспроизведение для пользователя по меньшей мере части выделенного изображения, при этом часть воспроизведенного выделенного изображения содержит по меньшей мере часть первого атрибута и часть второго атрибута.

47. Сигнал передачи данных компьютера, реализованный в передающей среде, содержащий изображение, представляющее выбранный элемент объекта, содержащего множество атрибутов, причем изображение содержит первый атрибут и второй атрибут, выбранные из множества атрибутов, по меньшей мере часть изображения является видимой для пользователя, часть видимого изображения содержит по меньшей мере часть первого атрибута и часть второго атрибута.

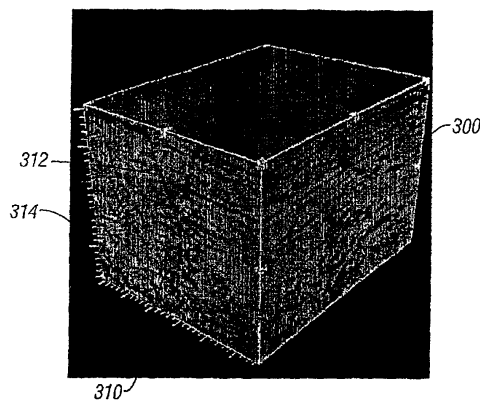
48. Сигнал передачи данных компьютера, реализованный в передающей среде, содержащий изображение, представляющее выбранный элемент объекта, который является, по существу, неразличимым в его естественной среде, причем объект содержит множество атрибутов, а изображение содержит атрибут, выбранный из множества атрибутов, при этом по меньшей мере часть изображения является видимой для пользователя.



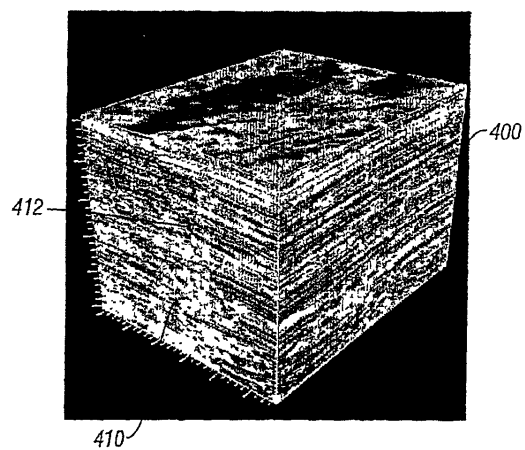
Фиг. 1



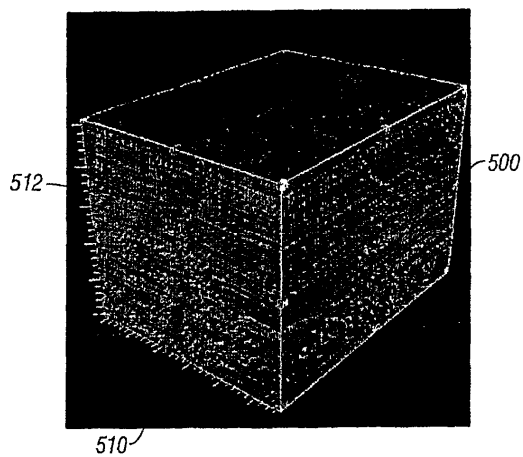
Фиг. 2



Фиг. 3



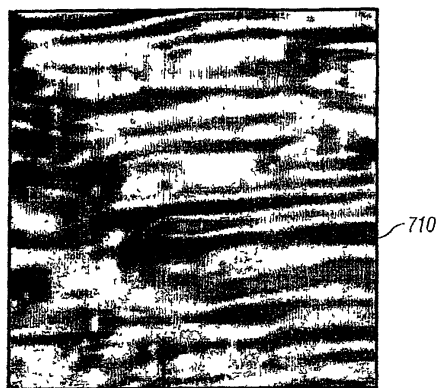
Фиг. 4



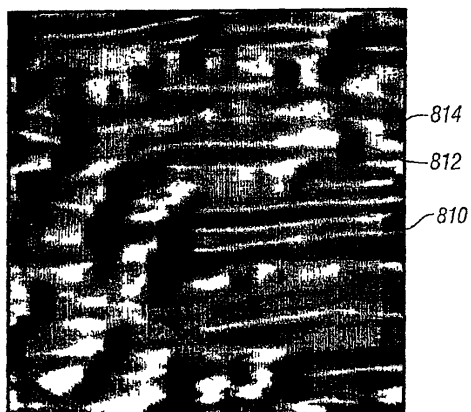
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

