

С. И. Вяткин, канд. техн. наук,
А. Н. Романюк¹, д-р техн. наук, проф.,
Т. И. Трояновская¹, канд. техн. наук, доц
Н. Л. Нечипорук¹, студент.

¹Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина

Синтез двунаправленных текстурных функций для функционально заданных поверхностей

Представлен метод синтетической генерации двунаправленной функции текстуры (BTFs) функционально заданных поверхностей. В отличие от обычной двумерной текстуры, BTF - это шестимерная функция, описывающая внешний вид текстуры как функцию освещения и ракурсов. С помощью BTF можно визуализировать мелкие геометрические детали на поверхностях. Предлагаемый подход генерирует BTFs в три этапа. Во-первых, он восстанавливает приблизительную 3D геометрию деталей поверхности, используя создание формы методом затенения. Затем он генерирует новую версию геометрических деталей, которые имеют те же статистические свойства, что и поверхность образца с непараметрическим методом выборки. Далее, используется сохраненная процедура синтеза новых изображений для восстановленных или сгенерированных геометрических деталей с помощью различных настроек освещения, которые задаются в BTF. Результаты моделирования демонстрируют эффективность предлагаемого подхода.

Ключевые слова: двунаправленные текстурные функции, отражения и модели затенения, синтез текстуры, формы с использованием затенения, фотометрическое стерео, рендеринг на основе изображений.

DOI: 10.31474/1996-1588-2018-2-27-46-52

Введение

Моделированием внешнего вида поверхностей занимались исследователи еще в начале развития компьютерной графики [1-3]. Внешний вид модели тесно связан с геометрией. Есть три уровня масштабов в геометрии, а именно, уровень макроструктуры, уровень мезоструктуры [4] и уровень микроstructures. Геометрическая модель обычно относится к уровню макроструктуры и часто описывается набором полигональных или криволинейных поверхностей. Уровень мезоструктуры включает геометрические детали, которые относительно малы, но все еще видны как бугорки и вдавленные места на конкретной поверхности. Микроstructure включает в себя поверхность микро граней, которые визуально неотличимы человеческим глазом. Последние два уровня геометрии относятся к свойствам внешнего вида поверхности. Например, карты рельефа используются для моделирования уровня мезоструктуры при BRDFs (bidirectional texture functions) модели уровня микроstructures. Представляет интерес моделирование внешнего вида уровня мезоструктуры для функционально заданных поверхностей. Наличие таких мелких деталей создает богатый набор визуальных эффектов, включая взаимное затенение, взаимные отражения, окклюзии и ракурс, в дополнение к изменению ориентации нормалей поверхности. Без такого влияния, поверхности смотрелись бы слишком

ровными для того, чтобы быть реальными. Бугорковые и методы нормалей отображения (Bump and normal mapping techniques) могут моделировать эффекты, вызванные изменениями ориентаций нормалей, но не более. Однако, все визуальные эффекты для бугорковых поверхностей, а также, как и меняющиеся в зависимости от пространства отражения, могут быть сгенерированы с помощью двунаправленной функции текстуры (BTFs). BTF определяется как шестимерная функция с 2D-текстурой, которая ассоциируется с каждым возможным сочетанием освещения и просмотра направления, которые составляют другие четыре измерения. BTF имеет два дополнительных размера для текстур по сравнению с 4D BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) — функция распределения двунаправленного отражения, это некая математическая модель, применяемая для расчёта отражений и зеркальности материалов. В работе [5] описан экспериментальный подход, с помощью которого визуализируются материалы образцов под различными направлениями освещения и просмотра, и их сочетанием. Благодаря этой работе, созданы базы данных, которые имеют разреженный набор изображений, частично покрывающих полусферу освещения и просмотра для каждого образца. Однако такая разреженная выборка не является точной для рендеринга графических изображений. С другой стороны, получить плотный набор образцов на практике сложно, поскольку BTF имеет шесть измерений.

В данной работе описывается как синтезировать непрерывный BTF для функционально заданной поверхности с деталями мезоструктуры. В частности, из разреженного набора текстурных образцов, мы синтезируем новую текстуру с помощью установки освещения и просмотра. Кроме того, новые BTFs синтезируются из заданного BTF, для эмуляции стохастических свойств текстурных изображений заданного BTF, подобно синтезу 2D текстур. Мы представляем метод для решения вышеуказанных проблем, используя геометрические и фотометрические свойства образцов материалов и эффективно интегрируя их вместе. Сначала мы восстанавливаем карту высот [6] на материале из небольшого количества изображений и синтезируем новые структуры 3D для такого же материала. Восстановленные или синтезированные карты высот используются для рендеринга синтетических изображений материала под различными комбинациями направлений освещения и видимости. Визуализированные изображения затем используются для процедуры синтеза текстуры вместе с набором полученных изображений образца, для высококачественных изображений. Таким образом, предлагается метод, с помощью которого синтезируется полный BTFs, в том числе статистические структуры и текстуры, из разреженного набора образцов изображений. Во-вторых, разработан метод восстановления карт рельефа из фотографии реальных материалов.

Двунаправленные текстурные функции

BTF можно рассматривать как отображение из 4D-пространства освещения и направления просмотра к пространству всех 2D изображений:

$$L \times V \rightarrow I \quad (1)$$

где L и V-параметризованные направления освещения и просмотра по паре углов наклона и азимута (θ, ϕ); I-само отображение из R^2 в цветовое пространство RGB. Это определение в основном рассматривает BTF как коллекция изображений, так и благоприятствует анализу и синтезу текстур.

Каждое изображение в BTF представляет однородную Марковская модель случайного поля (MRF), которая является основой по синтезу текстур [7, 8]. Для визуальных эффектов, с различными направлениями освещения и просмотра, каждое изображение в BTF имеет отдельную модель MRF. Методы MRF моделирования образа представляют реализации локальных и стационарных случайных процессов. То есть каждый пиксель текстурного изображения характеризуется небольшим набором соседних пикселей пространства, и эта характеристика одинакова для всех пикселей. Модель MRF позволяет рассматривать каждое BTF изображение как набор соседей. Каждую реализацию модели MRF можно

рассматривать как случайную перестановку этих локальных окрестностей на плоскости изображения. Карта высот и BTF на образце имеют однородную модель MRF, которая позволяет синтезировать экземпляры карты высот с использованием существующих алгоритмов синтеза текстур.

Карты высот и скалярные функции возмущения

Рассматривая структуру геометрической модели, рельеф формируется с помощью базовой поверхности второго порядка и функции возмущения, которая определена в бесконечно длинном параллелепипеде. Значения функции возмущения задаются в поперечном сечении параллелепипеда двумерной таблицей высот. В качестве базовой поверхности можно использовать плоскость, тогда направление нормали несущей плоскости должно совпадать с продольным направлением параллелепипеда - области определения функции возмущения.

Для реализации функции возмущения типа ландшафт требуется создать объект геометрической модели, исходными данными для которого является выборка значений, расположенных в узлах прямоугольной сетки. Поскольку во время растеризации возмущение должно оценивать максимум своей функции на трехмерном или одномерном интервале, то для эффективности вычислений предварительно составляются карты *уровней детальности*. Исходные данные составляют уровень n, если размерность сетки равна $2^n \times 2^n$. Данные для уровня n-1 получаются выбором максимума из четырех смежных значений уровня n, остальные три далее не учитываются, т.е. получаем размерность сетки $2^{n-1} \times 2^{n-1}$. Уровень 0 состоит из единственного значения - максимума по всей карте высот. При определении максимума возмущения вычисляется характерный размер проекции текущего интервала, исходя из которого выбирается уровень детальности. Для большего интервала соответственно выбирается более грубое приближение исходной функции. Если требуется более точное представление, чем имеется в наличии, то производится билинейная или бикубическая интерполяция значений высот, составляющих последний уровень детальности. Такой подход позволяет сокращать количество вычислений за счет увеличения объема памяти для хранения дополнительных данных и, в основном, за счет динамической регулировки сложности вычислений по критерию необходимой точности результата.

Синтез текстурной функции

Параметры просмотра/освещения представляют комбинацию видимости и направления освещения. На внешний вид неровных поверхностей влияют два фактора: 3D структура бугорков и вариации пространственного отражения. Геометрическая структура производит тени и окклю-

зии. Оба фактора вместе генерируют текстуры и эффекты затенения, включая блики. Первым шагом подхода является восстановление геометрии поверхности. Однако статистические свойства 3D-структуры более важны, чем точная геометрия из-за случайного пространственного распределение 3D объектов. В методе представляем геометрию поверхности, используя карту высоты сверху опорной плоскости поверхности. Из набора изображений, взятых при различных настройках просмотра/освещения, мы получаем геометрию и карту высот, как описано в [9]. Из восстановленных карт высот мы можем синтезировать другие статистические данные эквивалентные карте высоты, которые затем можно использовать для создания новых BTFs. Рассматривая карту высоты в качестве образца (серого) изображения, применяя ранее разработанные алгоритмы синтеза 2D текстур, синтезируем новые карты высоты. Метод синтеза BTF синтезирует BTF-изображение из двух входных изображений. Одно, это изображение шаблона, которое визуализируется с тенями из входных данных карты высот. Другое эталонное изображение, которое выбирается из набора образцов изображения материала. Оба изображения должны иметь одинаковые вид/настройку освещения синтезируемого BTF-изображения. Любую исходную или восстановленную карту высот можно использовать для рендеринга изображения шаблона. Этот шаблон изображения с правильными тенями, окклюзией для синтезированной карты высот и приближенным затенением. Это не точный цвет, затенение и взаимное освещение, так как у нас нет точечного 4D отражения функций поверхности на данном этапе. С другой стороны, ссылка на изображение имеет правильную информацию о цвете и затенении. Однако геометрия может отличаться от входной карты высот. Наш способ может объединить полезную информацию этих двух изображений. Метод копирования текстуры из эталонного изображения похож на метод блок-копирования. Синтез блок-копий работает намного быстрее, чем пиксельная схема синтеза, принятая в алгоритмах синтеза 2D текстур. Эталонное изображение для синтеза текстур должно иметь те же направления просмотра и освещения, что и изображение шаблона. Наше решение состоит в том, чтобы найти "ближайшее" изображение, а затем привести его в соответствие с желаемыми просмотром/установкой освещения. Более серьезная проблема заключается в том, что набор изображений образца не может быть распределен равномерно в 4D пространстве. Требования, которые нужно предъявлять к набору входных образцов изображений:

- а) изображения должны покрывать разумное количество случайных нерегулярных структур материала;
- б) для анизотропных материалов необходим

разреженный набор изображений, покрывающих 4D пространство направлений просмотра и освещения;

в) для изотропных материалов, нужны только изображения, покрывающие 3D подпространство просмотра/настройки освещения, начиная с азимутального угла направления освещения.

Восстановление геометрии

Восстановление геометрии - классическая проблема компьютерного зрения. Многие алгоритмы восстановления геометрии используют различные визуальные подсказки, такие как несоответствие, затенение, фокусировка и расфокусировка [10]. В данной работе используется затенение в качестве основы для учета вариации затенения, которые присутствуют в наборе входных образцов изображений из-за изменения направления освещения. Применяется метод форма-от-затенения - высотой от затенения [9]. В отличие от большинства форм-затенения и фотометрического стерео, этот метод вычисляет карту высот напрямую, а не через нормали поверхности. Показано [9], что вышеприведенная методика восстанавливает карты высот для гладких объектов. К работе с тенями, окклюзией и бликами, которые существуют обычно на поверхностях мезоструктуры, мы делаем следующие модификации. Делаем классификацию пикселей, в отличие от [9], где каждый пиксель одного изображения имеет одинаковый вес для расчета. Используем небольшое количество зарегистрированных изображений и задаем разный вес для вклада каждого пикселя согласно своему типу: нормальный пиксель, пиксель тени и освещенный пиксель. Нормальные пиксели имеют больший вес, чем теневые и выделенные пиксели, которые рассматриваются как выбросы. То есть предложены попиксельно адаптивные веса, и условия регуляризации, которые имеют решающее значение для борьбы с тенями и зеркальными бликами. В нашей реализации мы сначала определяем степень гладкости во всех точках поверхности, обнаруживая края интенсивности входных изображений. Затем точкам с большими краевыми свойствами присваиваются меньшие веса регуляризации. Меньшие веса не обязательно приводят к геометрическим разрывам. Разрывы интенсивности могут быть вызваны границами тени или прерывистым отражением на поверхности. Задача нелинейной минимизации решается численно с использованием алгоритма сопряженного градиента [11].

Восстановленная высота рассматривается как изображение в сером масштабе преобразования значений высоты в интенсивности пикселей. Можно применить 2D

алгоритмы синтеза текстур для генерации новой геометрии поверхности. Изображение карты высот обладает стохастическими свойствами. Предлагаемый метод синтеза является ускоренной версией непараметрической выборки метода [12]. Он основан на модели текстуры MRF, которая предполагает, что значения пикселей в текстуре определяются вероятностно их окружением (патчем) [12]. Оптимизированный алгоритм поиска на основе K-D дерева применяется для ускорения процесса согласования патчей.

Синтез BTF

Ввиду разреженного набора образцовых изображений, цель процедуры синтеза состоит в том, чтобы BTF для карты высот, которое имеет статистически эквивалентные мезоструктуры, учитывала материал поверхности. Предлагаемый подход работает таким же образом и для восстановленных, и для синтезированных карт высот. В основном необходимо синтезировать изображения для просмотра/настройки освещения. Эта задача не может быть выполнена только с применением обычного 2D алгоритма синтеза текстур на каждом изображении отдельно. Они не могут быть изображениями одного и того же BTF, потому что, в мезоструктуре детали меняются от изображения к изображению. Причина в том, что все изображения синтезированы независимо, и ограничения на основные детали мезоструктуры не вводятся. BTF-изображения возникают не только из пространственных изменений отражения поверхности, но также и от пространственных вариаций геометрии поверхности, что приводит к локальным затенениям, взаимным отражениям, теням и окклюзии локальных поверхностных элементов соседними элементами. Геометрия играет важную роль в создании текстуры. Мы используем геометрию для визуализации шаблона изображения, а затем применяем его в качестве ограничения при синтезе текстуры. Одним из самых важных моментов в синтезе BTF, это генерация с разными установками просмотра / освещения, последовательных изменений объекта, вызванные базовой геометрией. Поэтому мы генерируем синтезированное изображение геометрии в сером масштабе с элементами, такими как тени, окклюзии и блики, под каждым данным просмотром/установкой освещения, и используем его в качестве шаблона текстуры в синтезе текстуры. Мы допускаем незначительные ошибки в восстановленной или синтезированной геометрии, потому что геометрия никогда не используется непосредственно для производства окончательного изображения, и только используется для представления промежуточного звена шаблона изображений. Каждый пиксель в окончательном изображении должен

соответствовать изображению образца входного сигнала. Необходимо взять пиксели из эталонного изображения, т. е., пример изображения, сделанного при тех же настройках просмотра/освещения как синтезируемого образа BTF. С реальным эталонным изображением и синтетическим шаблоном изображения, можно эффективно синтезировать окончательную текстуру BTF. Делается это блок за блоком, а не пиксель за пикселем. Метод синтеза текстуры работает следующим образом. Для каждого пикселя изображения шаблона, вычисляется соответствующий размер эталонного изображения, который наилучшим образом соответствует соседним патчам в образе шаблона, и затем копируется в соответствующую область с центром в пикселе. Этот процесс повторяется до тех пор, пока синтезированное изображение заполняется. Поскольку эталонное изображение берется с камеры, а шаблонное изображение синтетически визуализируется, аналогичные характеристики образца материала могут иметь разную интенсивность и цветовые контрасты на двух изображениях из-за различий в формировании изображения. Поэтому эталонный образ преобразуется в изображение серого масштаба. Сначала выравниваются изображения шаблона и эталонного изображения. Скопированные блоки берутся из оригинального цветного эталонного изображения. Метод синтеза состоит из следующих трех основных шагов: упорядочение особенностей, сопоставление объектов, копирование блоков. Для начала запускается детектор функций, чтобы пиксели изображения шаблона соответствовали изменению градиента в изображении. Затем, начиная с самого высокого приоритета пикселя, соответствующего окружающего блока находится блок с аналогичными функциями в эталонном изображении. Наконец, найденные блоки копируются из эталонного изображения на соответствующие позиции в шаблоне изображения. Оптимально размер блоков должен быть установлен адаптивно. На практике метод тестирует блоки с помощью несколько различных предопределенных размеров и выбирает лучший. Предопределенные блоки состоят из серии N квадратов. Для простоты и эффективности, используется суммирование квадратов различий (SSD), как и в некоторых алгоритмах синтеза 2D текстур. Поскольку неправильно напрямую сравнивать SSD между блоками различных размеров, следует нормализовать SSD числом пикселей в каждом блоке. Для достижения эффективности, надо избегать блоков перекрытия, с тем, чтобы отбраковать пиксели, которые могут быть многократно скопированы. Однако это приводит к появлению незаполненных пикселей после копирования блока. Поэтому нужно их заполнить в конце. В действительности

заполнение очень похоже на блок копирования, за исключением того, что используется меньший размер для блоков.

Генерация эталонного изображения

Большое значение имеет освещение. Измеряется расстояние, с использованием полярного и азимутального углов направления обзора и освещения. Угол обзора не так важен, как разница между просмотром и углом азимута освещения. Поэтому, усложненная метрика расстояния принята для равно свойственных материалов:

$$dist_{iso}(C_1, C_2) = \min_r \left\{ dist(C_1, C_2(r)), dist(\hat{C}_1, C_2(r)) \right\}, \quad (1)$$

где $C(r)$ - вращение C на угол r вокруг нормали поверхности, и \hat{C} отраженная версия направления света C .

Предполагается ортогональная проекция, и что параллакс введен картой высоты на материале и поверхность минимальна. Если параметр просмотра / освещения "ближайший", его нужно трансформировать. Необходимо учитывать два важных фактора: эффект ракурса, вызванный углом наклона обзора направления и азимут направления освещения. Первый влияет на соотношение сторон деталей мезо структуры, а второй создает световые эффекты, такие как блики и тени. Алгоритм работает в три этапа. Сначала проецируется образец изображения (I0) на плоскость поверхности для получения промежуточного изображения (I1), согласно параметру камеры, используемой для захвата изображения. Во-вторых, поворачиваем проецируемое изображение (I1) вокруг поверхности. Нормаль такая, что азимут ее первоначального направления освещения совпадает с азимутом желаемого направления освещения синтезированной текстуры. Можно выполнить это преобразование потому что распределение мезо структуры геометрии изотропно. Полученное изображение называется I2. В-третьих, окончательное эталонное изображение (I3) получается путем перепроецирования I2, т.е. это повернутая версия обратно проецируемого изображения I1, для поддержания правильного ракурса.

Использование нескольких эталонных образов

В вышеуказанном методе синтеза, используется только одно изображение для каждого изображения шаблона. Лучшие результаты можно получить используя больше изображений. И соответствующие результаты взвешиваются и усредняются для получения окончательного синтезированного изображения. Используются веса на основе расстояния. Метод обеспечивает плавный переход при удалении самого дальнего изображения из набора и добавления нового эталонного образа. Это схема интерполяции для неравномерно разбросанных данных, поэтому он хорошо работает даже при вводе изображения. Для изображений образца с регулярно распределенным освещением и просмотр направлений, используется квадролинейная интерполяция в 4D пространстве.

Заключение

В работе представлен метод к синтетическому генерированию двунаправленной функции текстуры. Он состоит из трех шагов. Во-первых, восстанавливается приблизительная 3D геометрия поверхности и детали. Затем генерируется новая версия геометрических деталей, которая имеет те же статистические свойства как поверхность образца с непараметрической выборкой. Далее происходит процедура синтеза новых изображений для восстановленных или синтезированных геометрических деталей под различными установками просмотра / освещения. Экспериментальные результаты показывают, что метод эффективно и результативно генерирует VTFs (рис. 1-3). Существуют некоторые ограничения метода в восстановлении деталей мезо структуры. Например, вводятся условия регуляризации как для геометрии, так и для отражения. Хотя они были сделаны пространственно-адаптированы, определить скачкообразности, все еще трудно при восстановлении геометрии природных объектов. И метод восстановления карты высот нуждается в доминирующей локальной диффузной компоненте.

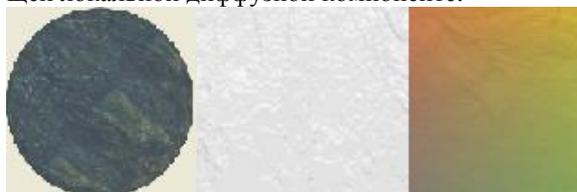


Рисунок 1-3 – Результаты моделирования

Список літератури

1. J.F. Blinn. Models of Light Reflection for Computer Synthesized Pictures. In Computer Graphics, SIGGRAPH'77, 1977, Vol.11, P.192–198.
2. J.F. Blinn. Simulation of Wrinkled Surfaces. In SIGGRAPH'78, 1978, P 286–292.
3. E.Catmull. A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces. PhD thesis, Univ. of Utah, 1974. Report UTEC-CSc-74-133.
4. J.J. Koenderink, A.J. van Doorn. Illuminance Texture Due to Surface Mesostructure. J. Opt. Soc. Am.A, 13(3):452–463, 1996.
5. K.J. Dana, B. van Ginneken, S. K. Nayar, J. J. Koenderink. Reflectance and Texture of Real World Surfaces. ACM Transactions on Graphics, 18(1):1–34, 1999.
6. S.I. Vyatkin, Complex Surface Modeling Using Perturbation Functions, Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, Volume 43, Number 3, 2007, P. 226-231.
7. S. Zhu, Y. Wu, D. Mumford. Filters, Random Fields and Maximum Entropy Frame-Towards a Unified Theory for Texture Modeling. International Journal of Computer Vision, 27(2):107–126, 1998.
8. L.-Y. Wei, M. Levoy. Fast Texture Synthesis using Tree-Structured Vector Quantization. In Proceedings of Siggraph-2000, P. 479–488.
9. Y.G. Leclerc, A.F. Bobick. The Direct Computation of Height from Shading. In Proc. of IEEE Conf. on Comp. Vision and Patt. Recog., 1991. P. 552–558.
10. Faugeras, O. Three-Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint; The MIT Press: Cambridge, MA USA, 1993. <https://mitpress.mit.edu/books/three-dimensional-computer-vision>
11. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky, and W.T. Vetterling. Numerical Recipes in C. Cambridge Univ. Press, New York, 1988.
12. A. A. Efros, T. K. Leung. Texture Synthesis by Non-parametric Sampling. IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, September 1999. <http://www.faculty.idc.ac.il/arik/seminar2009/papers/efros-iccv99.pdf>

References

1. Blinn, J.F. (1977), Models of Light Reflection for Computer Synthesized Pictures. In Computer Graphics, SIGGRAPH'77, Vol.11, P.192–198.
2. Blinn, J.F. (1978), Simulation of Wrinkled Surfaces. In SIGGRAPH'78, P 286–292.
3. Catmull, E. (1974), . A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces. PhD thesis, Univ. of Utah, Report UTEC-CSc-74-133.
4. Koenderink, J.J., van Doorn, A.J.(1996), Illuminance Texture Due to Surface Mesostructure. J. Opt. Soc. Am.A, 13(3):452–463.
5. Dana, K.J., van Ginneken, B., Nayar, S. K., Koenderink, J. J. (1999), Reflectance and Texture of Real World Surfaces. ACM Transactions on Graphics, 18(1):1–34.
6. Vyatkin, S.I. (2007), Complex Surface Modeling Using Perturbation Functions, Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, Volume 43, Number 3, P. 226-231.
7. Zhu, S., Wu, Y., Mumford, D. (1998), Filters, Random Fields and Maximum Entropy Frame-Towards a Unified Theory for Texture Modeling. International Journal of Computer Vision, 27(2):107–126.
8. Wei, L.-Y., Levoy, M. (2000). Fast Texture Synthesis using Tree-Structured Vector Quantization. In Proceedings of Siggraph-2000, P. 479–488.
9. Leclerc, Y.G., Bobick, A.F. (1991), The Direct Computation of Height from Shading. In Proc. of IEEE Conf. on Comp. Vision and Patt. Recog., P. 552–558.
10. Faugeras, O. (1993), Three-Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint; The MIT Press: Cambridge, MA USA. <https://mitpress.mit.edu/books/three-dimensional-computer-vision>
11. Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky S.A., and Vetterling, W.T. (1988). Numerical Recipes in C. Cambridge Univ. Press, New York.
12. Efros, A. A., Leung, T. K. (1999), Texture Synthesis by Non-parametric Sampling. IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, September 1999. <http://www.faculty.idc.ac.il/arik/seminar2009/papers/efros-iccv99.pdf>

Надійшла до редакції 15.11.2018

С.И. ВЯТКИН, А. Н. РОМАНИУК¹, Т.И. ТРОЯНОВСКАЯ¹, Н. Л. НЕЧИПОРУК¹

¹Винницький національний технічний університет, г. Вінниця, Україна

СИНТЕЗ ДВОНАПРАВЛЕНИХ ТЕКСТУРНИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО ЗАДАНИХ ПОВЕРХОНЬ

Запропоновано метод синтетичної генерації двонаправлених функцій текстур (ВТФ) функціонально заданих поверхонь. ВТФ - це шестивимірна функція, що описує зовнішній вигляд текстур як функції

освітлення та ракурсів. За допомогою BTF можна візуалізувати дрібні геометричні деталі на поверхнях. Запропонований метод генерує BTF в три етапи. Спочатку він відновлює приблизну 3D геометрію деталей поверхні, використовуючи формування методом затінення. Потім він генерує нову версію геометричних деталей, які мають ті ж статистичні властивості, що і поверхня зразка з непараметричним методом вибірки. Далі, використовується збережена процедура синтезу нових зображень для відновлених або згерованих геометричних деталей з використанням різних видів освітлення, які задаються в BTF.

Ключові слова: *двонаправлені текстурні функції, відображення та моделі затінення, синтез текстур, форми з використанням затінення, фотометричне стерео, рендеринг на основі зображень.*

S. I. VYATKIN, O. N. ROMANYUK¹, T. I. TROYANOVSKAYA¹, N. L. NECHYPORUK¹

¹Vinnitsia National Technical University

SYNTHESIS OF BINARY TEXTURAL FUNCTIONS FOR FUNCTIONAL SURFACES

When forming graphic images, it is necessary to realistically reproduce the surfaces of objects. In this case, the texturing procedure is widely used.

The method for the synthetic generation of a bidirectional texture function is purposed. It consists of three steps. The first step is the approximate 3D geometry of the surface and parts is restored. Then a new version of geometric details is generated, which has the same statistical properties as the surface of the sample with non-parametric sampling. Next, the procedure for synthesizing new images for reconstructed or synthesized geometric parts under various viewing / lighting installations occurs. Experimental results show that the method effectively and efficiently generates BTFs (Figure 1-3). There are some limitations of the method in restoring the details of the meso structure. For example, regularization conditions are introduced for both geometry and reflection. Although they were spatially adapted, it is still difficult to determine the discontinuities when restoring the geometry of natural objects. And the elevation map recovery method needs a dominant local diffuse component.

Key words: *bidirectional texture functions, reflection and shading patterns, texture synthesis, shading shapes, photometric stereo, rendering based on images.*