

СТРУКТУРА ПРОЦЕССА РЕКОНСТРУКЦИИ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ

А.Б. Усатов, В.В. Комраков¹

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого,
г. Гомель

Распространение цифровых видеокамер во второй половине XX века привело к появлению нового класса задач, связанных с оптическими микроскопами. Задача измерения и визуализации микрорельефа поверхности является актуальной для различных областей науки, промышленности и техники. В работе рассмотрена структура процесса реконструкции микрорельефа поверхности.

Ключевые слова: погрешность, микрорельеф поверхности, морфометрическая карта, микроскоп, метод фокусировки.

С момента появления первого оптического микроскопа в конце XVI – начале XVII века – это устройство плотно вошло в жизнь человека.

Сейчас практически невозможно представить себе современное общество без этого изобретения. В данный момент оптические микроскопы находят применение в широком спектре приложений, начиная от рутинных медицинских и биологических исследований, заканчивая контролем качества на высокотехнологичных производствах. Распространение цифровых видеокамер во второй половине XX века привело к появлению нового класса задач, связанных с оптическими микроскопами. Появление возможности захвата изображений в цифровом формате дало толчок развитию технологий автоматического улучшения и анализа изображений, полученных с помощью микроскопа.

Благодаря стремительному росту вычислительных мощностей процессоров круг задач по обработке и анализу изображений с микроскопа расширяется с каждым годом, ставя перед исследователями все новые и новые задачи. Задача измерения и визуализации микрорельефа поверхности является актуальной для различных областей науки, промышленности и техники. Для качественного анализа рельефа применяется растровая микроскопия. Для количественного определения параметров микрорельефа используются различные профилометры, в некоторых случаях атомно-силовая и зондовая микроскопия.

¹ К.т.н., доцент

Большая часть указанных методов хорошо работает только в случае мезоскопически плоских поверхностей. В случае сложного субмиллиметрового мезорельефа определение характеристик микроскопической (микронной) шероховатости весьма проблематично и требует специального оборудования и разработки отдельных методик.

Также, нельзя не отметить, что для большинства методов исследования микрорельефа поверхности (кроме оптического метода) необходимо весьма дорогостоящее оборудование и различные составляющие к нему.

Реконструкция рельефа поверхности в рамках данной работы предполагает создание твердотельной модели исследуемой поверхности. Для реализации этой задачи анализируется набор кадров одного участка поверхности объекта с различными значениями фокусного расстояния [1]. Процесс реконструкции можно условно разбить на два этапа.

1. Анализ исходного набора фотографий с целью определения резко изображаемого пространства. Реализация данного этапа даст возможность строить морфометрические карты глубины и решить одну из основных проблем оптической микроскопии – расширение глубины фокуса, что позволит получать чёткие снимки микроструктур.

2. Построение твердотельной модели реконструируемой поверхности. Реализацией этого этапа является 3D модель поверхности, представленная в распространённых форматах STL и STEP. На данном этапе также будет проводиться анализ точности определения высоты, и вноситься соответствующие корректировки в результирующую 3D модель.

Структурная схема процесса реконструкции отображает основные этапы рассматриваемой задачи (рис. 1.) Узлами схемы являются модели, методы и алгоритмы обработки, приходящей на них информации. Поименованные связи на схеме отражают входящие и исходящие (обработанные) потоки информации каждого узла.

Исходными данными разработанной модели являются:

- набор цифровых снимков, отражающих информацию о глубине резкости, то есть сделанные на разных расстояниях объектива и поверхности исследования;
- данные о высоте фотографий – разница в положении объектива при фотографировании двух различных кадров (обычно соседних) приведенная к микрометрам;
- размер пикселя – величина, которая позволяет сопоставить размер в пикселях размеру в микрометрах.

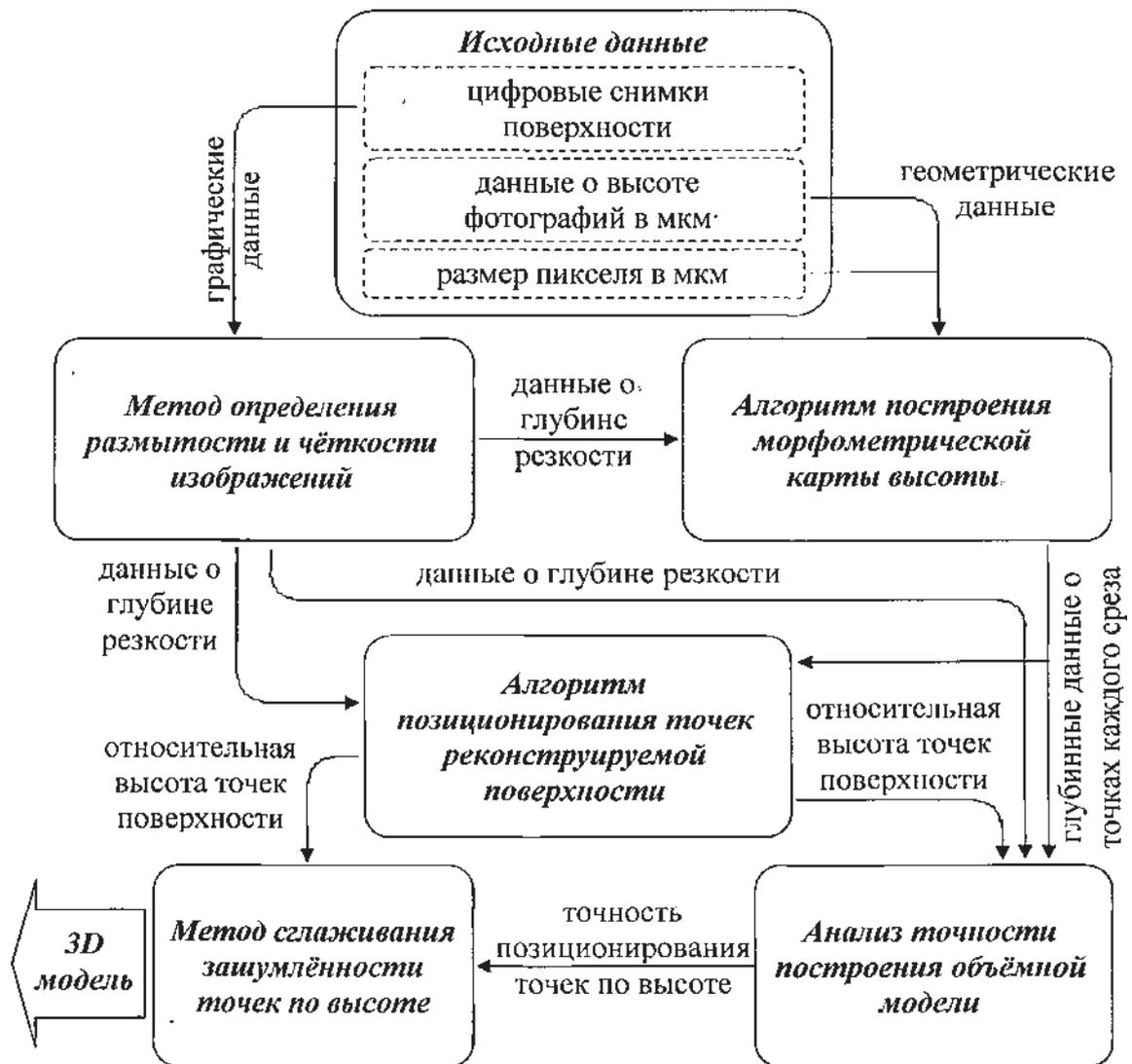


Рис. 1. Структура процесса реконструкции

Анализ исходных данных позволяет сделать вывод, что объёмные модели можно строить для любой поверхности, если возможно получить набор фотографий этой поверхности с разной глубиной резко изображаемого пространства.

Рассмотрим основные узлы структурной схемы. Метод определения размытости и чёткости изображений представляет математическую модель, которая выражает чёткость любой точки на фотографии в числовом виде. Использование числовых данных позволяет сравнивать точки различных снимков и определять наиболее чёткий снимок для каждой области.

Зная наиболее чёткий снимок для локальной области поверхности и относительное положение объектива в момент фотографирования можно определить высоту рассматриваемой локальной области.

За объединением информации о высоте всех локальных областей набора фотографий отвечает алгоритм построения морфометрической карты высоты.

Построение морфометрической карты даёт представление о положении точек для каждого среза, определяемого положением объектива, но точки, лежащие на одном уровне среза, имеют различную высоту. За точное определение высоты точек отвечает алгоритм позиционирования; точек реконструируемой поверхности [2]. Алгоритм основан на сравнении чёткости точек принадлежащий одному срезу высоты. Точки с наибольшей чёткостью располагаются ближе всего к действительному положению объектива, а с наименьшей чёткостью позиционируются выше или ниже данной высоты.

Определение высоты каждой точки не является одинаково точным, то есть погрешность позиционирования для всех точек различна. Обусловлено это тем, что метод определения размытости и чёткости изображений очень сильно зависит от текстуры поверхности и плохо применим для сравнения чёткости различных областей одной фотографии. За определение погрешности позиционирования отвечает метод анализа точности построения объёмной модели. Описанный метод учитывает данные не только о чёткости, но также высоту позиционирования точки и её удалённость от основного среза высоты морфометрической карты.

Используя данные о положении точки в пространстве и погрешность её позиционирования можно построить, результирующую 3D модель. Но так как существует погрешность позиционирования; результирующая модель будет содержать высокочастотные шумы определения: высоты точек, что не благоприятно скажется на ее внешнем виде. Для устранения описанной проблемы, применяется метод сглаживания зашумлённости позиционирования точек по высоте, в результате работы которого и получается твердотельная модель поверхности образца с выровненной погрешностью позиционирования для всех точек.

Литература

1. Бейтс, Р. Восстановление и реконструкция изображений / Р. Бейтс – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Потапов, А.А. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов, А.А. Пахомов, С.А. Никитин, Ю.В. Гуляев – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.