Реконструкция 3D модели поверхности микроскопического объекта по серии изображений

СО: Есть серия изображений поверхности объекта с малой глубиной резкости. Изображения получены микросъемкой одного и того же объекта на разной высоте. Также имеется информация об оптической системе (фокусное расстояние, наблюдаемая ширина в фокусе, коэффициент для вычисления абсолютной высоты фокуса).

Допущение: Рассматриваются только непрозрачные объекты, а их изображения имеют одинаковый размер.

Задача: Необходимо определить координаты точек принадлежащих поверхности восстанавливаемых объектов, равномерно распределенных по исследуемой области, а также восстановить изображение объекта с высокой глубиной резкости.

Математическая модель[[1]](#footnote-1)

Исходные параметры:

- количество изображений поверхности объекта

– размер полученных изображений: (m\*s пикселей)

– относительная высота оптической системы, на которой получено i-ое изображение,

F – фокусное расстояние

W – наблюдаемая ширина в фокусе

сoef - коэффициент для вычисления абсолютной высоты фокуса

- матрица координат эталонной модели.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | ... | m |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |
| s |  |  |  |  |

- высота точки (z-координата) эталонной модели, соответствующая пикселям , ;

R – параметр равномерности, выраженный в процентах

Структура решения:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | ... | m |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |
| s |  |  |  |  |

Решение представляет собой матрицу Z размером m\*s. Элемент матрицы:

Ограничения на решения:

Точки восстанавливаемых объектов, высоты которых найдены алгоритмом, должны быть равномерно распределены по исследуемой области. Для этого необходимо вычислить вектор:

, где

– количество уровней равномерного распределения.

Координата вектора:

, , где

– количество областей i-ого уровня, содержащих хотя бы одну точку с найденной высотой.

– количество областей i-ого уровня, на которые делим изображение.

Поэтому исходя из параметра равномерности необходимо выполнение следующего условия:

Оценка решения:

Матрицам и Z поставим во взаимно однозначное соответствие вектора:

Пусть , тогда с точностью до обозначения:

Пусть – множество высот точек 3D изображения ( содержит элементы множества за исключением элементов равных: -1). Оценка решения происходит на основе сравнения найденных высот 3D изображения с высотами эталонной модели.

Необходимо минимизировать модуль среднего отклонения решения от эталонной модели (при расчете не учитываются точки, чьи высоты не найдены):

Пример:

Есть эталонная 3D модель изображения 4\*4 пикселя:

Параметр равномерности R=50.

Эталонная модель: Решение:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 2 | 3 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | -1 | -1 | 2 | -1 |
| 2 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 4 | -1 | 0 | 3 | 3 |

Пусть Z – решение задачи. Проверим, удовлетворяет ли оно ограничению равномерности.

Будем делить область сначала на 4, затем на 16 подобластей.

Таким образом, будет 2 уровня.

На 1-ом уровне только три области содержат точки, у которых найдены высоты.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Z | 3 | 4 |
| 1 | 2 | -1 |
| 2 | 2 | 0 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Z | 1 | 2 |
| 3 | 0 | 1 |
| 4 | -1 | 0 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Z | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 0 |
| 4 | 3 | 3 |

Рис.1 Области, содержащие хотя бы одну точку с найденной высотой

На 2-ом уровне только 6 из 16 областей не имеют достоверных точек. Это области:

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 1 |
| 1 | -1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 2 |
| 1 | -1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 1 |
| 2 | -1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 2 |
| 2 | -1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 4 |
| 1 | -1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Z | 1 |
| 4 | -1 |

Рис.2 Области, не содержащие ни одной точки с найденной высотой

Вычисляем координаты вектора :

;

Проверяем ограничение: . Таким образом, ограничение выполняется. А среднее отклонение решения от эталонной модели составляет:

1. Версия 1.2 [↑](#footnote-ref-1)