УДК 621.391.268

АЛГОРИТМ СОПРОВОЖДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ КЛЕТОК НА ОСНОВЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

В. М. АРТЕМЬЕВ, А. О. НАУМОВ, Л. Л. КОХАН
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Новое поколение микроскопов обладает повышенной разрешающей способностью и возможностью регистрации видеоизображений процессов в реальном масштабе времени. В целях реализации возможностей таких устройств требуется разработка их информационного обеспечения в виде пакета программ для автоматической обработки получаемых данных. Ранее авторами были проведены исследования по выделению отдельных клеток на изображениях со сложным фоном, получаемых с микроскопов [1, 2]. В данной работе предлагается алгоритм сопровождения, который позволяет проводить анализ поведения биологических структур с течением времени. Результатом использования данного алгоритма является отслеживание траекторий движения биологических клеток, для которых далее могут быть определены параметры их движения и взаимодействия.

В настоящее время основными методами нахождения алгоритмов сопровождения являются: фильтр Калмана (ФК) и максимального правдоподобия (МП). Наивысшей точностью по критерию минимума дисперсий ошибок сопровождения обладает ФК, однако для своей реализации он требует знания модели движения объектов и измерения их координат. Поскольку траектории движения и условия измерений весьма разнообразны, обоснованное нахождение таких моделей проблематично.

Алгоритмы сопровождения на основе МП обладают худшей точностью в указанном смысле, однако используют значительно меньший объем априорной информации. В то же время, такие алгоритмы требуют больших вычислительных затрат, поскольку приходится решать нелинейные уравнения посредством итерационных процедур, что затрудняет их использование в реальном масштабе времени.

Более практичным вариантом нахождения алгоритмов сопровождения может служить метод наименьших квадратов (МНК). С его помощью удается получать алгоритмы в явной форме записи с использованием априорных предположений только о гладкости траектории движения и скорости ее изменения. Особенностью решения задачи сопровождения является необходимость оценок не только координат положения объекта, но и скорости, что используется для экстраполяции координат на следующий период измерений. В рамках МНК задача решается на основе введения функционала качества сопровождения, в составе которого необходимо учитывать гладкость изменения координат и скорости. Такая задача

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

относится к категории плохо определенных и для ее решения необходимо использовать способы регуляризации путем введения в состав функционала слагаемых с весами, задаваемыми коэффициентами регуляризации.

В работе предложен вариант функционала качества и способ нахождения входящих в него коэффициентов регуляризации. Получены алгоритмы сопровождения МНК со сглаживанием координат и скорости, а также со сглаживанием только координат (рис. 1).

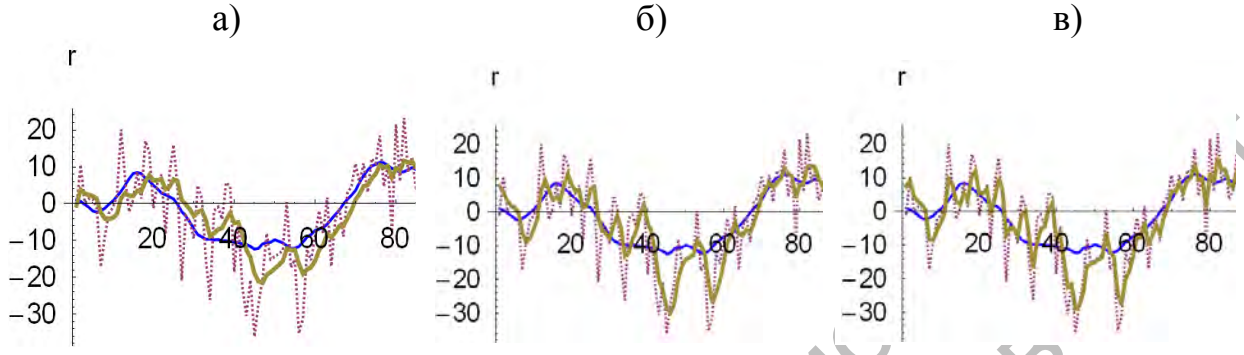

Рис. 1. Исходная траектория (тонкая линия), измерения (штриховая линия) и результаты ее сопровождения (толстая линия) алгоритмами: а – фильтра Калмана; б – МНК со сглаживанием координаты и скорости; в – МНК со сглаживанием только координаты

На конкретном примере дана сравнительная оценка дисперсии ошибок сопровождения алгоритмами МНК и фильтром Калмана. Сделан вывод о том, что при использовании МНК целесообразно выбирать алгоритм сопровождения со сглаживанием координат и скорости, поскольку он обеспечивает более высокую точность оценок скорости по сравнению с вариантом сглаживания только координат.

В целях снижения дисперсий ошибок, в дальнейшем, целесообразно рассмотреть другие виды функционалов качества и способов нахождения коэффициентов регуляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Артемьев, В. М.** Обнаружение объектов конечных размеров на изображениях в условиях неопределенности / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан // Информатика. – 2010. – № 4. – С. 5–14.

2. **Артемьев, В. М.** Алгоритмы кластеризации и селекции изображений биологических клеток / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Могилев. обл. испол. ком., Нац. акад. Респ. Беларусь, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И. С. Сазанов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – Ч. 2. – С. 138–139.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета