

Селекция аномальных ошибок установления соответствия в монокулярном режиме

Гришин В. А.

vgrishin@iki.rssi.ru

Москва, Институт космических исследований РАН

В системах технического зрения, предназначенных для использования в составе систем управления полетом беспилотных летательных аппаратов, находят применение монокулярные датчики оптического потока. Величина ошибок и устойчивость процесса измерений существенно зависят от эффективности селекции аномальных ошибок установления соответствия изображения одной и той же точки поверхности на разных кадрах [1, 2].

Уменьшение количества аномальных ошибок достигается как путем выбора точек изображения, обладающих хорошими свойствами привязки, так и выбором и оптимизацией метода установления соответствия. Тем не менее, полностью исключить аномальные ошибки установления соответствия не представляется возможным. Положение осложняется тем, что сетка отсчетов оптического потока является не регулярной и сильно разреженной, что связано с ограничениями на вычислительную мощность процессора, который должен осуществлять обработку изображений в реальном времени. Это существенно затрудняет использование классических методов анализа векторных полей.

Применение известных в статистике методов селекции аномальных ошибок [3, 4] осложняется рядом обстоятельств.

Во-первых, помимо нормальных и аномальных ошибок измерения имеется ярко выраженный тренд, которым, собственно, и является измеряемый оптический поток. Этот тренд должен быть исключен для применения статистических методов.

Во-вторых, как область определения функции потока, так и область ее значений является двумерными пространствами.

Для селекции аномальных ошибок предлагается анализировать структуру оптического потока по степени её локальной «согласованности». Предлагаемый алгоритм следует рассматривать как алгоритм предварительной селекции, позволяющий отбрасывать только грубые ошибки и требующий для своей реализации небольших ресурсов. Тем не менее, отбрасывание грубых ошибок существенно ускоряет сходимость алгоритмов оценивания линейных и угловых перемещений. Более тонкая селекция может осуществляться по величине невязок алгоритмов оценивания линейных и угловых координат, а также путем отдельной обработки безвихревой и соленоидальной компонент оптического потока, порождаемых, соответственно, линейными и угловыми перемещениями.

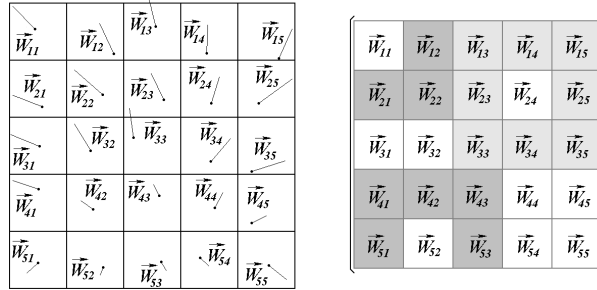


Рис. 1. Точки, по которым измеряется оптический поток

Алгоритм оценивания потока работает следующим образом.

Все поле зрения разбивается на $N \times K$ непересекающихся областей (см. Рис. 1). В каждой из областей осуществляется поиск точки, отличающейся наиболее хорошими свойствами привязки. Для каждой такой точки устанавливается соответствие на следующем кадре.

Рассмотрим наиболее простой случай определения векторов перемещения $\vec{W}_{i,j}$ только по двум соседним кадрам.

Для каждой проверяемой точки формируется окрестность, которая в идеальном случае может содержать от 3 до 8 отсчетов оптического потока. На Рис. 1 справа выделены окрестности угловой точки $\vec{W}_{1,1}$, точки на границе $\vec{W}_{5,2}$ и внутренней точки $\vec{W}_{2,4}$. Если число отсчетов меньше 3, то такая точка отбрасывается как заведомо ненадежная, т. к. нет возможности проанализировать локальную структуру оптического потока. Из указанного количества отсчетов может быть сформировано от 1 до 56 «троек» векторов (число сочетаний из 8 по 3). Поскольку в окрестности проверяемой точки также могут находиться anomальные ошибки оценивания потока, то проверяется каждая тройка векторов. Если конец вектора потока в проверяемой точке попадает в выпуклую оболочку векторов потока какой-либо из троек $\vec{W}_i, \vec{W}_j, \vec{W}_k$, то считается, что anomальная ошибка определения потока в данной точке отсутствует, и процесс проверки троек прекращается. Если после обработки всех троек конец проверяемого вектора \vec{W}_0 не попал ни в одну из них, то величина δ (Рис. 2) сравнивается с порогом. Если δ не превосходит порога, то считается, что в проверяемой точке нет anomальной ошибки. Величина порога зависит от степени разреженности сетки отсчетов, профиля поверхности, характера движения объекта, и определяется экспериментально, либо адаптивно подстраивается в процессе работы системы технического зрения.

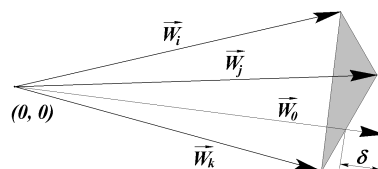


Рис. 2. Выпуклая оболочка трех векторов

Величина аномальных ошибок в пикселях	20	30	40	50
Правильно обнаружено аномальных ошибок	9	15	24	24
Пропущено аномальных ошибок	15	9	0	0

Таблица 1. Результаты моделирования процесса селекции.

Результаты моделирования работы алгоритма представлены в Таблице 1. Средняя длина векторов оптического потока менялась от 40 до 101 пикселя (в зависимости от пары кадров). Величина порога была установлена равной 10 пикселям. Для данной величины порога доля неправильно обнаруживаемых аномальных ошибок составила 10,6%. В основном, в данную категорию попали угловые точки.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты №06-08-01497-а и №06-01-00524-а.

Литература

- [1] Johnson A. E., Matthies L. H. Precise Image-Based Motion Estimation for Autonomous Small Body Exploration // 5th Int. Symp. on Artificial Intelligence, Robotics and Automation in Space (iSAIRAS'99), 1999. — Pp. 627–634.
- [2] Гришин В. А. Системы технического зрения в решении задач навигации и терминального управления // Космическое приборостроение. Программа и тезисы докладов выездного семинара. Россия. Таруса. 7–9 июня 2006, Москва: Институт космических исследований РАН, 2006. — С. 22–23.
- [3] Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.
- [4] Крянев А. В., Лукин Г. В. Математические методы обработки неопределенных данных. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 216 с.