

УДК 004.93'1

Е.В.Исаев, А.М.Колесник (инж., ЦНИИ РТК), В.А.Буняков, рук. отд. систем техн. зрения.

## АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Одним из традиционных технических приложений искусственного интеллекта является навигация мобильных роботов. Для получения визуальной информации об окружающем пространстве используются системы технического зрения (СТЗ). В задачи современных СТЗ входит распознавание визуальных образов (маркеров) и вычисление пространственного положения робота или его частей (например, манипуляторов) относительно системы маркеров.

Поскольку при навигации мобильного робота постоянно изменяется положение распознаваемого объекта относительно источников света и телекамер, то характер его освещенности изменяется во времени, и возникает задача адаптации СТЗ к условиям внешней освещенности.

Как известно, распознавание образов в видеоизображениях сильно зависит от освещенности объекта [2]. Это связано с различными факторами. Прежде всего, практически все телекамеры неодинаково воспроизводят цвета объекта съёмки в зависимости от интенсивности и направления света. Кроме того, свойства поверхности самого объекта, различные условия отражения (зеркальное или диффузное) также влияют на цветопередачу и качество распознавания.

Эти эффекты частично преодолеваются автоматической регулировкой диафрагмы (АРД), а также системой АРУ телекамеры. Однако в некоторых случаях этого оказывается недостаточно. Как АРД, так и АРУ обеспечивают настройку с использованием интегральной освещенности, при этом яркость изображения усредняется по всему растру. Если в кадре оказывается источник света, то все остальное изображение будет выглядеть тусклым и малоконтрастным, что затруднит распознавание в нем образов.

Предлагаемый алгоритм работает следующим образом. По заданной области изображения (это может быть весь растр или какая-либо его часть) строится гистограмма распределения уровней яркости и определяются ее статистические характеристики (математическое ожидание  $M$  и полная ширина гистограммы  $W$ ). Эти величины пропорционально связаны с параметрами устройства ввода изображений: первая – с установленным значением яркости, вторая – с установленным значением контрастности. Задавшись оптимальными значениями (математическое ожидание  $M_0$  должно соответствовать середине диапазона яркостей, а полная ширина  $W_0$  – всему диапазону), можно вычислить сигналы рассогласования по обеим величинам. Затем содержимое регистров яркости и контрастности подстраивается таким образом, чтобы свести сигналы рассогласования к минимуму.

Экспериментальные исследования алгоритма выполняются по такой схеме. Установка включает в себя телекамеру и персональный компьютер с устройством ввода видеоизображений (однокристалльный фрейм-граббер ВТ878). Каждый кадр, принимаемый с телекамеры, преобразуется в формат bitmap глубиной 16 бит/пиксель размерами 768×576 пикселей. Уровень яркости для каждого пикселя вычисляется по известной формуле [1]:

$$Y = 0.3 r + 0.59 g + 0.11 b, \quad (1)$$

где  $r, g, b$  – значения красного, зеленого и синего цвета для данного пикселя, соответственно. Поскольку в 16-разрядном формате bitmap на каждый цвет отводится пять разрядов, то гистограмма строится по 32 уровням (0..31).

По гистограмме вычисляются математическое ожидание  $M$ , полная ширина  $W$  и оба сигнала рассогласования

$$\Delta M = M - M_0, \quad \Delta W = W - W_0, \quad (2)$$

где  $M_0=16, W_0=32$ . Затем значения регистров яркости  $B$  и контрастности  $C$  корректируются на соответствующие величины:

$$B_{i+1} = B_i - K_B \Delta M, \quad C_{i+1} = C_i - K_C \Delta W, \quad (3)$$

где  $i$  – номер кадра,  $K_B, K_C$  – экспериментально подобранные коэффициенты усиления. Следующий кадр принимается уже с новыми параметрами. Таким образом, реализуется отрицательная обратная связь. Если объект неподвижен и освещенность не изменяется, то через некоторое число кадров (определяемое коэффициентами усиления) сигналы рассогласования уменьшатся до нуля, и обе величины перестанут изменяться.

Коэффициенты усиления подбираются так, чтобы обеспечить возможно большую скорость сходимости алгоритма при сохранении его устойчивости.

Областью адаптации может быть не только все изображение, но и любая его часть. Так, если выполнено предварительное, грубое обнаружение объекта и требуется уточнить его положение, то в качестве области адаптации можно выбрать некоторую окрестность точки изображения, отождествленной с объектом. При этом система настроится так, чтобы оптимизировать условия распознавания именно в этой области, игнорируя остальную часть раstra. Аналогичным образом алгоритм работает и при использовании черно-белых телекамер, как в видимом спектре, так и в других диапазонах (инфракрасном, рентгеновском).

Предварительные испытания показали, что алгоритм сходится за конечное время при любых начальных условиях. При скачкообразном изменении освещенности от максимальной к минимальной сигналы рассогласования минимизируются за 10–20 кадров, т.е. в пределах одной секунды. Таким образом, алгоритм может применяться в СТЗ, работающих в реальном времени.

Еще один важный вопрос связан с универсальностью алгоритма по отношению к различным типам телекамер. При одном и том же объекте съемки и одинаковых условиях освещения вид гистограммы различается при использовании разных камер, что связано с различиями в чувствительности ПЗС-матриц, светосиле объективов, глубине АРУ и др. Для выяснения универсальности алгоритма использовались две цветные телекамеры с существенно различными характеристиками (с АРД и без нее) и одна черно-белая. Результаты исследований показывают, что путем подбора коэффициентов  $K_B, K_C$  алгоритм может быть настроен для работы с любыми типами телевизионных камер.

Система может быть охвачена дополнительной обратной связью: вычисленные сигналы рассогласования преобразуются в аналоговый вид и используются также для управления автодиафрагмой. Это делает алгоритм адаптации еще более гибким и позволит расширить его динамический диапазон.

В 2004 г. предполагается опробовать описанный алгоритм в составе СТЗ антропоморфного мобильного робота АРНЭ-01 в процессе соревнований по футболу роботов. В случае успешной работы он может быть применен в различных системах технического зрения, разрабатываемых ЦНИИ РТК.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных сигналов. Под ред. Ю.Б. Зубарева и В.П. Дворковича. М., МЦНТИ, 1997
2. В.М. Гинзбург. Формирование и обработка изображений в реальном времени: Методы быстрого сканирования. М., Радио и связь, 1986