

Проведенные исследования модели показывают, что, применяя только ДВП, невозможно добиться высоких степеней сжатия. Однако данный способ демонстрирует неплохие сжимающие и шумоплавляющие свойства, и, применяя схему сжатия на основе ДВП и алгоритмов последующей обработки, можно достичь высоких коэффициентов сжатия с приемлемой погрешностью восстановления.

В ходе проведенного анализа была доказана эффективность применения схемы сжатия данных на основе ДВП для построения блока сбора и обработки данных многоканальных измерительных систем. На основе предложенной адаптивной структуры и проведенного исследования данной структуры предложена оптимальная реализация дискретного вейвлет-преобразования, позволяющего представлять и передавать данные измерительных систем более компактным образом. Использование систем на основе предложенной структуры предоставляет возможность проводить эффективную обработку и сжатие нестационарных сигналов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Биленко А.А., Ситников В.С.* Компьютерная система сжатия и восстановления многомерных сигналов на основе вейвлет-преобразования // Научный вестник Черновецкого университета. – 2008. – № 423.
2. *Кругляк К.* Одноплатные компьютеры для встраиваемых систем // Современные технологии автоматизации. – 2003. – № 4.
3. *Воробьев В.И., Грибунин В. Г.* Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: ВУС, 1999. – 204 с.
4. *Штрак Г.-Г.* Применение вейвлетов для ЦОС. – М.: Техносфера, 2007. – 192 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.В. Тарарыкин.

Федулеева Марина Владимировна – Открытое Акционерное Общество «Научно исследовательский институт физических измерений» (г. Пенза); e-mail: niifi@sura.ru; 440026, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10; тел.: 88412591932; ведущий инженер-программист.

Feduleeva Marina Vladimirovna – Open Joint-stock company «Scientifically research institute of physical measurements» (Penza); e-mail: niifi@sura.ru; 8/10, Volodarskogo street, Penza, 440026, Russia; phone: +78412591932; engineer-programmer.

УДК 004.896

Ю.В. Чернухин, Ю.С. Доленко, П.А. Бутов

БИОНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ В НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Рассматриваются особенности использования бионического подхода при обработке сенсорной информации нейросетевой системой управления интеллектуального мобильного робота. Описывается подход к построению бортовой системы отображения информационной модели внешней среды в управляющую нейросеть. Информационная модель является результатом обработки данных, полученных с бортовых сенсоров мобильного робота (аналоговые ПЗС камеры, радиальный фасеточный светочувствительный датчик). Предлагаемый бионический подход построения и отображения модели внешней среды базируется на математической модели ганглиозных клеток сетчатки, а также предлагаемой пороговой функции, формирующей единый подход к восприятию препятствий и целей (вне зависимости от условий освещенности для каждой из камер).

Нейронные сети; бионический подход; робототехника; системы технического зрения.

Yu.V. Chernukhin, Yu.S. Dolenko, P.A. Butov

THE BIONIC APPROACH OF SENSORY DATA PROCESSING IN NEURAL NETWORK CONTROL SYSTEMS OF INTELLIGENT MOBILE ROBOTS.

The features of the use of bionic approach to processing sensory information for neural network control systems of intelligent mobile robots are reviewed. The approach to the development of onboard mapping system of the information model of environment to the neural network control system is described. The information model is the result of onboard sensors data processing (analog CCD camera, the radial facet light sensor). The proposed bionic approach to development and model mapping of the environment based on a mathematical model of retinal ganglion cells, as well as the proposed threshold function, forming a unified approach to recognizing the obstacles and targets (regardless of lighting conditions for each of the cameras).

Neural networks; bionic approach in robotics; computer vision systems.

Введение. Автоматическая обработка информации о состоянии среды функционирования является одной из главных задач, решаемых системами управления интеллектуальных мобильных роботов. Такая обработка должна происходить в реальном масштабе времени с целью оперативного определения местоположения целевых объектов, препятствий и свободных для перемещения путей в условиях динамически изменяющейся внешней среды. Высокая сложность и, как следствие, ресурсоемкость решающих данную задачу программных алгоритмов накладывает ряд повышенных требований к вычислительным ресурсам и используемых для их реализации бортовых компьютеров. В первую очередь эти требования касаются производительности, которая должна быть достаточно высокой. Однако повышение производительности, как известно, ведет к увеличению массогабаритных параметров и параметров энергопотребления вычислительных устройств. В связи с этим задача поиска новых подходов к построению и использованию бортовых систем обработки информации интеллектуальных мобильных роботов является весьма актуальной.

Один из возможных путей решения данной задачи состоит в разработке и применении специальных проблемно-ориентированных вычислительных средств. Для построения таких средств наиболее перспективными представляются нейро-процессорные сети, реализующие бионические методы обработки информации [1]. Их использование в нейросетевых системах управления интеллектуальных мобильных роботов позволяет не только оперативно решать задачи автоматического принятия решений о целесообразном поведении роботов в динамически изменяющемся мире, но и эффективно реализовать бионические модели восприятия и обработки сенсорной информации об окружающей среде.

В данной работе рассматриваются особенности использования бионического подхода при обработке видеoinформации нейросетевой системой управления интеллектуального мобильного робота, функционирующего в среде, препятствия, свободные пути и цели в которой являются условными и определяются интенсивностью и цветовыми характеристиками света (нечто яркое – цель, нечто темное – препятствие, нечто серое – свободный путь). Экспериментальные исследования действующего макета робота с бортовой программно-аппаратной системой управления нейросетевого типа, с аппаратной нейросетью реализованной на базе ПЛИС [2] показали, что такой робот может автономно решать задачу навигации, т.е. достигать условных целей в объезд условных препятствий. При этом качество решения задачи навигации и сложность среды, в которой данная задача может быть решена, напрямую зависит от набора применяемых сенсоров, архитектуры сенсорной системы и структуры, отображающей сформированную информационную модель внешней среды в нейронную сеть.

Бионическая система обработки видеoinформации. Отображающая информационную модель внешней среды структура, в совокупности с набором бортовых сенсоров, также может представлять собой систему бионического типа. Один из возможных вариантов построения последней рассмотрен ниже.

С целью упрощения задачи отображения, среда функционирования робота представляет собой полигон, состоящий из целевых объектов, объектов – препятствий и проходимых участков, представленных различными оттенками серого. Ранжирование целевых объектов, объектов-препятствий и проходимых участков среды выполняется посредством максимального и минимального пороговых значений яркости, задаваемых вручную или вычисляемых системой автоматически. Препятствия, как и цели, могут быть как статичными, так и перемещающимися.

Сенсорная система представляет собой систему технического зрения (СТЗ), состоящую из двух аналоговых ПЗС камер, образующих периферическое зрение робота, и многоканального бортового фреймграббера, оцифровывающего аналоговый сигнал и затем передающий его на бортовой микрокомпьютер (МК). Учитывая специфику полигона, для последующей обработки полученное изображение конвертируется в оттенки серого цвета.

Формирование целей и препятствий производится с помощью математической модели рецептивных полей (РП) ганглиозной клетки сетчатки. Под РП клетки понимается совокупность рецепторов, посылающих данному нейрону сигналы через один или большее число синапсов.

Ганглиозные клетки подразделяются на клетки on-центром и off-центром. Клетка с on-центром возбуждается, если пятно света находится внутри округлой центральной области, и вытормаживается, если пятно света попадает на кольцеобразную область с определенным внутренним и внешним диаметром. Клетка с off-центром характеризуется противоположным поведением – возбуждается, если пятно находится на периферии и вытормаживается, если пятно попадает на округлую центральную область [3].

Таким образом, обнаружение цели, которая представляет собой наиболее яркий участок изображения, производится с помощью математической модели on-клетки, а темные участки, рассматриваемые как препятствия – с помощью математической модели off-клетки.

Для дискретного изображения рецепторам сопоставляются пиксели изображения, а ответ клетки рассчитывается с помощью математической модели РП, представляющей собой разницу по Гауссу(1) [3], и пороговой функции (2):

$$W(r) = W_c(r) - W_s(r) = k_c \cdot e^{-(r/r_c)^2} - k_s \cdot e^{-(r/r_s)^2} \quad (1)$$

$$\Theta = M + (I_{\max} - M) \cdot \left(\frac{M}{I_{\max}} \right)^\alpha, \quad M = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w I_{ij}}{w \cdot h}, \quad (2)$$

где подстрочные символы с и s означают центральную и периферическую области рецептивного поля, r_c и r_s – их радиусы, а k_c и k_s – максимальные значения их весовых функций соответственно; M – среднее арифметическое значение интенсивности света по изображению, w и h – ширина и высота изображения соответственно, Θ – порог, α – коэффициент управления динамикой возрастания порога, I_{\max} – максимальное значение интенсивности света, в данном случае используются оттенки серого цвета с разрешением 8 бит, т.е. максимальное значение равно 255, умноженное на максимальное значение в векторе, полученном разницей соответствующих ядер Гаусса.

Расчет пороговой функции производится таким образом, чтобы решить проблему, связанную с различием в уровнях освещенности областей пространства, охватываемых камерами. Суть этого расчета проиллюстрирована на рис. 1, где представлены графики функций: 1 – пороговое значение в зависимости от среднего арифметического по изображению, 2 – среднее арифметическое по изображению и 3 – разность порогового значения и среднего арифметического по изображению.

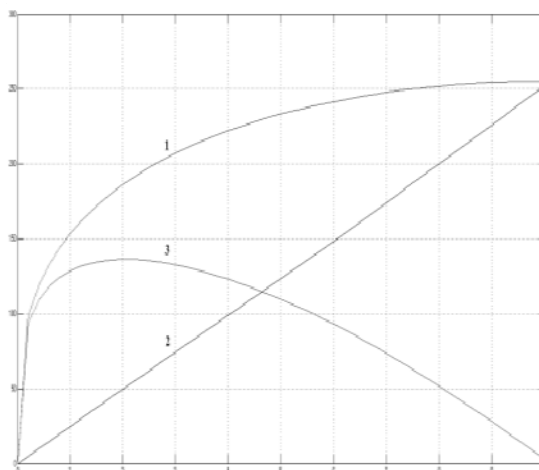


Рис. 1. Графики функций

Как следует из рис. 1, пороговое значение резко возрастает на малых значениях среднего арифметического по изображению, что является необходимым в условиях слабой освещенности, так как целевой объект значительно ярче. Такая динамика изменения значения пороговых величин позволяет избежать появления ложных целевых объектов.

Вычисление on- и off-ответов клеток производится в несколько этапов: сначала изображение обрабатывается фильтром “разница по Гауссу”, после чего применяется фильтр пороговой обработки изображения.

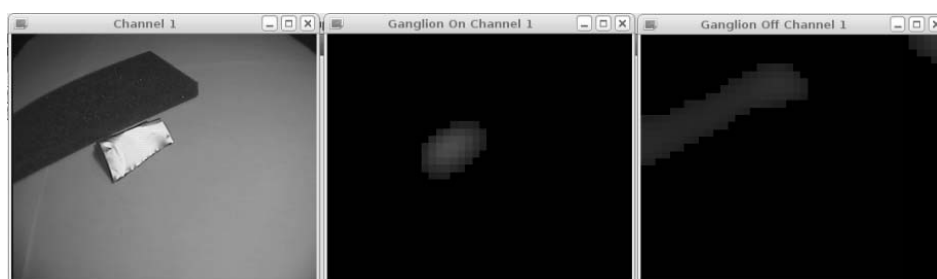


Рис. 2. Изображения (слева направо): исходное изображение с 1-й камеры; ответы on-клеток; ответы off-клеток.

В результате для каждого изображения формируются on- и off-ответы, которые соответствуют целям и препятствиям, находящимся во внешней среде (см. рис. 2), и представляют собой двумерные массивы числовых значений, готовых к отображению в нейропроцессорную сеть.

Данный подход позволяет регулировать размер воспринимаемых целей и препятствий с помощью заданной конфигурации РП, что разрешает проблемы, связанные с влиянием бликов и других шумов, а также формирует единое представление о целях и препятствиях на изображениях камер, которые могут находиться в разных световых условиях, с помощью рассчитываемых адаптивных порогов.

Описанная выше система может быть дополнена радиальным фасеточным светочувствительным датчиком, позволяющим более точно определить направление движения к целевому объекту (как к наиболее яркому объекту на полигоне). Использование сенсорной информации с данного датчика системой отображения свойств внешней среды позволяет исключить влияние бликов на определение целевых объектов и расширить периферическое восприятие мобильного робота до 180 градусов.

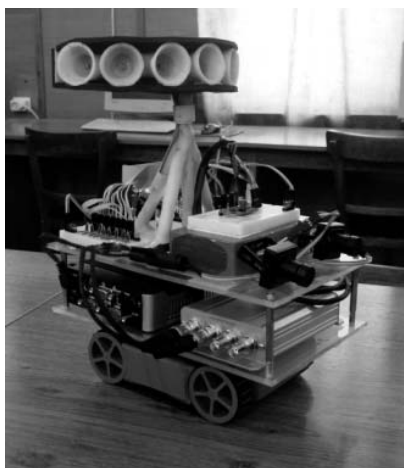


Рис. 3. Макет мобильного робота

Заключение. Очевидно, что используемая модель внешней среды является сильным упрощением естественной окружающей среды (улицы, офисные помещения и т.п.). Однако опыт построения и исследование свойств рассмотренной бионической модели восприятия и обработки информации об окружающей среде подтверждает перспективность использованного подхода. Дальнейшие исследования, связанные с усложнением подобных систем восприятия и отображения, позволят решать задачи распознавания более сложных препятствий и целевых объектов, а переход от программной к аппаратной реализации позволит значительно увеличить их производительность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернухин Ю.В. Нейропроцессорные сети. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. – 439 с.
2. Чернухин Ю.В., Сапрыкин Р.В., Бутов П.А. Подходы к реализации нейросетевых систем управления интеллектуальными мобильными роботами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 1 (114). – С. 157-162.
3. Kuffler S.W. Discharge patterns and functional organization of mammalian retina // Journal of Neurophysiology. – 1953. – № 16. – P. 37-68.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Чернухин Юрий Викторович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: chernukhin@dce.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП-17А; тел.: 88634371656; кафедра вычислительной техники; д.т.н.; профессор,

Доленко Юрий Сергеевич – e-mail: dolenko.yury@gmail.com; кафедра вычислительной техники; специалист; аспирант.

Бутов Павел Александрович – e-mail: pbootoff@gmail.com; кафедра вычислительной техники; специалист; аспирант.

Chernukhin Yuri Victorovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: chernukhin@dce.tsure.ru; GSP-17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371656; the department of computer engineering; dr. of eng. sc.; professor.

Dolenko Yuri Sergeevich – e-mail: dolenko.yury@gmail.com; the department of computer engineering; specialist; postgraduate student.

Butov Pavel Aleksandrovich – e-mail: pbootoff@gmail.com; the department of computer engineering; specialist; postgraduate student.

УДК 621.391

С.В. Кравцов

МЕТОДЫ УЧЕТА РАССОГЛАСОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ СТЕРЕОЗРЕНИЯ В ИЗМЕРЕНИЯХ ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ НАБЛЮДАЕМОЙ СЦЕНЫ

Актуальной является задача повышения точности измерений цифровой системы стереозрения при наличии рассогласований её параметров. В качестве цифровой системы стереозрения анализируется система из двух сонаправленных цифровых видеокамер.

Рассматриваются методы учета рассогласований параметров цифровой системы стереозрения в измерениях точечных объектов наблюдаемой сцены. Приводятся результаты экспериментов по учету в измерениях точечных объектов наблюдаемой сцены рассогласований параметров цифровой системы стереозрения. При учете оценок рассогласований в измерениях рассогласованной цифровой системы стереозрения достигается приемлемое качество измерений. Методы учета рассогласований параметров могут применяться для повышения точности измерений цифровой системы стереозрения при наличии рассогласований её параметров.

Стереозрение; ошибки измерений.

S.V. Kravtsov

METHODS OF THE ACCOUNT OF DIGITAL STEREOVISION SYSTEM MISMATCHES IN OBSERVABLE SCENE POINT OBJECTS MEASUREMENTS

Is actual the task of improving the measurement accuracy of digital stereovision system in the presence of mismatches of parameters. As a digital system is analyzed stereovision system of two collinear digital cameras.

Consider methods of digital stereovision system mismatches accounting in measurements point objects observed scene. Results of experiments under the account in measurements of an observable scene dot objects of digital stereovision system parameters mismatches are resulted. Разрешить написание латиницей. When taking into account estimates of mismatches in measurements mismatched digital stereovision system achieved an acceptable quality of the measurements. The methods can be used to enhance the accuracy of digital stereovision system in the presence of mismatches of parameters.

Stereovision; measurement error.