

5. Статика корабля: учебник / В. В. Рождественский [и др.]. — Л.: Судостроение, 1986. — 240 с., ил.

6. Зувев В. А. Оптимизационные задачи проектирования судов: учеб. пособие / В. А. Зувев; Нижегород. политехн. ин-т. — Н. Новгород, 1991.

7. Грамузов Е. М. Постановка задачи оптимизации характеристик спасательных судов и спасательного флота / Е. М. Грамузов, В. К. Май // Инновации в науке, образовании и бизнесе—2013: материалы Междунар. науч. конф., 25–27 сентября 2013 г. — Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. — 403 с.

8. Грамузов Е. М. Обоснование проектных характеристик речных ледоколов / Е. М. Грамузов, Н. Е. Тихонова // Тр. НГТУ. — Н. Новгород, 2013. — № 3.

9. Май Ван Куан. Оптимизация характеристик спасательных судов и пополнения спасательного флота Вьетнама / Май Ван Куан // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: «Морская техника и технология». — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2013. — Вып. 2.

10. Май Ван Куан. Особенности проектной оценки ходкости спасательных судов для применения во Вьетнаме / Май Ван Куан // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — Курск, 2011. — № 3 (57).

УДК 681.5

Е. В. Лавров,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ГЕНЕРАЦИЯ ПАНОРАМНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ВИЗУАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

THE CREATION OF PANORAMIC IMAGE IN SHIP'S AUTOMATED VISUAL WATCHING SYSTEM

В статье приведено описание метода генерации панорамного изображения, являющейся одной из функций, выполняемых судовой автоматизированной системой визуального наблюдения. За счет программной стабилизации предложенный метод позволяет получать панорамное изображение при использовании установленной на судне группы видеокамер, не имеющих гиросtabilизирующих систем.

There is a description of the panoramic image creation method. This process is function of ship's automated visual watching system. The proposed method allows to obtain panoramic image using group of cameras, which are installed onboard and don't have gyro-stabilization systems.

*Ключевые слова: визуальное наблюдение, автоматизация, стабилизация изображений.
Key words: visual watching, automation, image stabilization.*

ВЕДЕНИЕ визуального наблюдения на судне является неотъемлемой частью процесса судовождения и одной из важнейших мер по обеспечению его безопасности. В настоящее время данное средство оценки навигационной обстановки имеет ограниченные возможности, а также сильно подвержено влиянию человеческого фактора. Автоматизация данного процесса позволила бы расширить возможности визуального наблюдения, уменьшить влияние человеческого фактора и в результате повысить надежность данного метода оценки навигационной обстановки.

Для решения проблем визуального наблюдения предлагается создать автоматизированную судовую систему визуального наблюдения, одной из ключевых особенностей которой является обеспечение панорамного обзора в 360° вокруг судна. Для реализации данной функции в предложенной системе предлагается использование группы видеокамер. Углы обзора и месторасположение устанавливаемых видеокамер выбираются таким образом, чтобы группа камер, установленная по периметру судна, смогла обеспечить панорамный 360° -градусный обзор, а углы обзора двух соседних камер имели перекрытие, равное $7-8^\circ$ по горизонтали. При этом необходимо помнить, что угол обзора используемых камер не должен быть слишком большим. В противном случае высока вероятность возникновения дисторсии и других aberrаций оптической системы видеокамер [1].

Генерация панорамного изображения осуществляется за счет склейки отдельных изображений, получаемых от отдельных видеокамер, состоящих в единой группе. В связи с тем, что судно, как и любой другой морской объект, подвержено качке, необходимо обеспечить стабилизацию изображений, получаемых от группы видеокамер. В противном случае линия горизонта на разных кадрах будет иметь различные угол наклона и высоту и на склеенном изображении горизонт примет форму ломаной линии.

В настоящее время решением данной проблемы является использование видеокамер на гиросtabilизирующих платформах, которые, в свою очередь, являются достаточно дорогостоящим и сложным оборудованием. С учетом того, что в предлагаемой системе требуется использование нескольких видеокамер, стоимость и сложность такой системы многократно возрастает. В качестве альтернативного решения вместо применения гиросtabilизирующих платформ предлагается использование программной стабилизации, позволяющей без дополнительного оборудования осуществлять выравнивание изображений, захваченных с видеокамер, по горизонту при определенных пределах бортовой и килевой качки.

Ниже приводится схема и алгоритм генерации панорамного изображения с применением программной стабилизации (рис. 1):

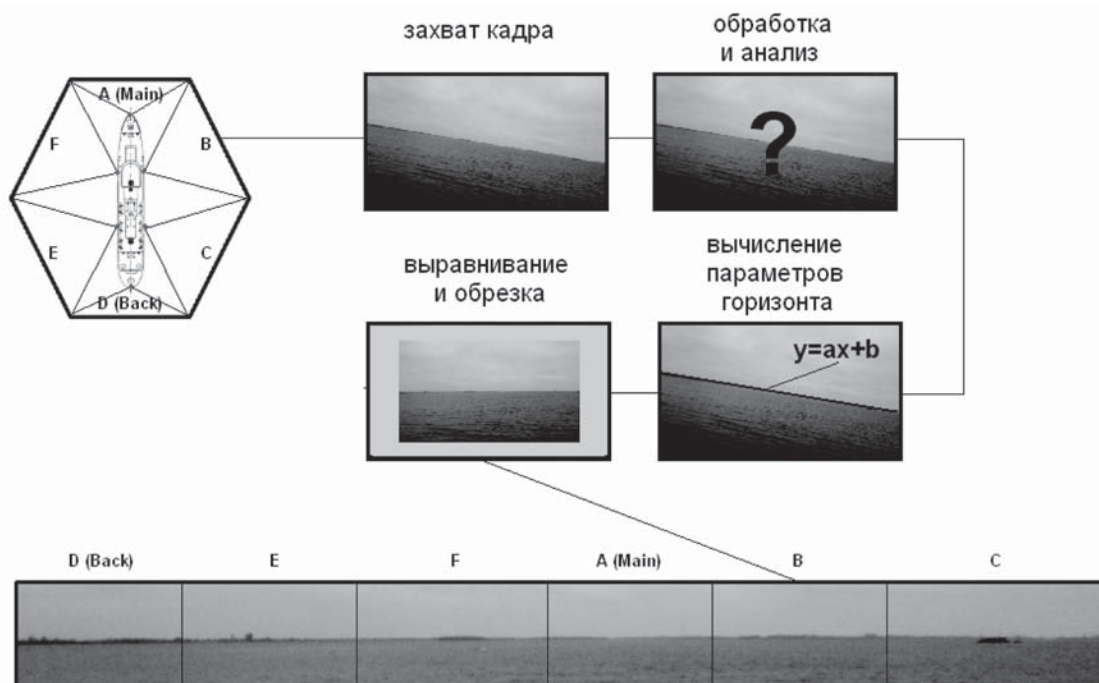


Рис. 1. Алгоритм генерации панорамного изображения

1) на вычислительное устройство поступают изображения, полученные со всех видеокамер в один и тот же момент времени. Одновременный захват изображений со всех видеокамер обеспечивается системой синхронизации;

2) вычислительное устройство осуществляет предварительную обработку захваченных изображений, после чего анализирует их и вычисляет угол наклона и параметр сдвига горизонта относительно условного идеального расположения линии горизонта, под которым понимается следующее положение: линия горизонта расположена по центру кадра и делит изображение по вертикали на две равные части. Параметр сдвига горизонта также является условным числом и равняется количеству пикселей между линией, соответствующей условному идеальному расположению горизонта, и линией горизонта, обнаруженного на захваченном изображении;

3) выполняется выравнивание каждого изображения с учетом известного угла наклона и параметра сдвига для получения выровненного изображения;

4) происходит обрезка изображения по краям, в результате чего изображение уменьшается на 25 % относительно оригинального стоп-кадра;

5) на заключительном этапе выполняется подстановка данного изображения в общую группу выровненных и обрезанных изображений, которые вместе образуют панорамную картину обстановки вокруг судна.

Остановимся более подробно на каждом из этапов алгоритма.

Предварительная обработка изображения заключается в создании миниатюры изображения и переводе ее цветовой схемы RGB в цветоразностную схему YUV, из которой в дальнейшем используется только яркостная характеристика Y. Создание миниатюры и переход к схеме YUV позволяют значительно уменьшить количество вычислений, которые необходимо производить в дальнейшем при анализе изображения и поиске линии горизонта. Так как все расчеты выполняются с изображением, представленном в матричном виде, перевод цветовой схемы дает возможность оперировать только одним, яркостным, значением каждой точки вместо трех значений в схеме RGB. Создание миниатюры в свою очередь уменьшает количество исследуемых точек изображения. Например, для изображений с разрешением 1280×720 пикселей миниатюра будет иметь разрешение 320×180 пикселей. Таким образом, при использовании миниатюры количество исследуемых точек уменьшается с 921 600 до 57 600, что дает значительный выигрыш в скорости выполняемых расчетов.

Анализ миниатюры входного изображения заключается в определении трех параметров:

- 1) общей яркости всего изображения;
- 2) средней контрастности точек по вертикали изображения;
- 3) максимально яркой точки на всем изображении.

Три данных параметра поступают на классификатор сцен, который позволяет определить: является ли снимок дневным или ночным, а в последнем случае — если на данном ночном снимке имеются какие-либо яркие пятна, которые возможно будет использовать в качестве опорных точек для поиска линии горизонта и последующего выравнивания изображения. После классификации сцены выбирается оптимальный алгоритм нахождения линии горизонта для каждой конкретной сцены.

Далее согласно выбранному алгоритму осуществляется поиск линии горизонта на миниатюре изображения путем выделения контуров объектов за счет фильтрации Собеля [2]. Пороговое значение для данного фильтра устанавливается с помощью параметров, полученных при анализе миниатюры входного изображения. В случае если снимок, захваченный с видеокамеры, классифицирован как ночной и на нем нет опорных точек, фильтрация такого изображения не производится и дальнейшие действия по выравниванию изображения не выполняются.

При расчете оптимального порогового значения необходимо обеспечить несколько условий:

- 1) гарантированность выделения контура горизонта;
- 2) уменьшение вероятности выделения на изображении контуров других объектов, не являющихся горизонтом;

3) способность к выделению контуров на зашумленных изображениях и изображениях с низкой контрастностью.

После выделения контуров объектов осуществляется поиск последовательности точек, составляющих линию. Необходимо учитывать, что последовательность точек может быть как прерывной, так и непрерывной. Поиск данной последовательности осуществляется с помощью подстановки координат точек контуров в уравнение прямой:

$$y = a \times x + b,$$

где y — координата исследуемой точки по высоте изображения (пиксель);
 x — координата исследуемой точки по ширине изображения (пиксель);
 a — переменная, принимающая значения от $-0,35$ до $0,35$;
 b — переменная, принимающая значения от 0 до 180 .

Границы области значений переменных a и b соответствуют параметрам уравнений прямых, которые ограничивают зону возможного нахождения линии горизонта. Самая длинная последовательность точек, отвечающих уравнению прямой при фиксированных значениях a и b , образует самую длинную прямую линию на миниатюре изображения. Данная линия предположительно и является линией горизонта, а значения параметров a и b соответствуют углу и параметру сдвига горизонта.

После выполняется поворот и сдвиг изображения на соответствующий угол и параметр сдвига горизонта. Поворот изображения выполняется с помощью алгоритма CORDIC [3], а сдвиг изображения — с помощью изменения координат точек миниатюры изображения, представленного в матричном виде. Так как расчет параметра сдвига линии горизонта выполнялся на уменьшенной копии входного изображения (миниатюре), необходимо провести масштабирование данного параметра в соответствии с соотношением размеров входного изображения и его миниатюры. После выполнения данных операций поворота и сдвига местоположение горизонта на изображении соответствует условно идеальному расположению линии горизонта.

Далее выполняется обрезка изображения по краям. Данная операция необходима для обеспечения одинакового размера выровненных изображений, захваченных и обработанных со всех видеокамер, для подстановки в общее панорамное изображение. Кроме того, обрезка краев изображений позволяет избежать отображения его пустых областей, возникающих в результате поворота изображения.

В конечном итоге выровненное изображение добавляется в общую группу изображений, которая в сумме составляет панорамное изображение окружающей обстановки. Также полученное панорамное изображение в матричном виде передается на следующие части программы, отвечающие за распознавание морских объектов, нанесение графических обозначений на изображение и запись кадров на носитель информации.

На основе данного алгоритма генерации панорамного изображения написана программа на языке программирования Pascal в среде разработки Borland Delphi [4] с целью тестирования данного алгоритма с помощью групп тестовых изображений, представляющих собой фотоизображения морского горизонта в разное время суток и при различных погодных условиях. Для создания групп изображений написана дополнительная программа, выполняющая смещение линии горизонта на изображениях, симулирующая влияние качки на изображения, полученные с видеокамер, расположенных по периметру судна и не имеющих гиросtabilизирующих платформ. Результаты тестирования показали, что данный алгоритм успешно выполняет генерацию панорамного изображения, а скорость обработки изображений позволяет использовать его в режиме реального времени.

Список литературы

1. *Борн М.* Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. — 2-е изд. — М.: Наука, 1973. — 716 с.
2. *Фисенко В. Т.* Компьютерная обработка и распознавание изображений / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. — 192 с.
3. *Volder J. E.* The CORDIC trigonometric computing technique / J. E. Volder; The Institute of Electrical and Electronic engineers // IRE Transactions on Electronic Computers. — 1959. — Vol. 8, № 3. — 532 с.
4. *Архангельский А. Я.* Программирование в Delphi для Windows / А. Я. Архангельский. — М.: Бином Пресс, 2007. — 1248 с.