

# Сравнительный анализ двух стратегий формирования панорамного видеоизображения

И.А. Кудинов<sup>1</sup>, М.Б. Никифоров<sup>1</sup>, И.С. Холопов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, Гагарина, 59/1, Рязань, Россия, 390005

## Аннотация

Получены аналитические выражения для оценки количества элементарных вычислительных операций, требуемых для формирования персональных областей интереса пользователей панорамной обзорной системы технического зрения с распределённой апертурой. Они позволяют для известной конфигурации панорамной системы определить оптимальную по критерию объема вычислений стратегию формирования нескольких персональных областей интереса.

## Ключевые слова

Панорама, матрица гомографии, перемещаемая персональная область интереса

## 1. Введение

Обзорные системы технического зрения (СТЗ) могут разрабатываться по принципу систем с распределённой апертурой (РА). Такие СТЗ формируют широкоугольное видеоизображение по информации от нескольких пространственно разнесённых камер, навигация внутри которого осуществляется по принципу перемещаемой персональной области интереса (ППОИ) пользователя. Системы данного типа являются альтернативой обзорным СТЗ с механическим перемещением линии визирования (ЛВ), так как в них обеспечивается независимая работа сразу нескольких операторов. Для авиационных СТЗ управление ЛВ и отображение ППОИ могут быть реализованы с помощью нашлемных информационно-управляющих систем [1, 2].

Можно выделить две наиболее популярных стратегии формирования панорамных изображений и ППОИ по информации от нескольких камер:

- поиск сюжетных соответствий [3] путём выделения особых точек, описание их окрестностей с помощью дескрипторов, автоматический поиск пар соответствий и оценка матриц гомографии (либо непосредственно матриц внутренних и внешних параметров [4]) для перехода от системы координат одной камеры к системе координат другой камеры; данная стратегия не требует априорных сведений о камерах;
- стратегия, основанная на предварительной фотограмметрической калибровке камер СТЗ с РА и оценке матрицы гомографии по априорной информации о матрицах параметров камер и ракурсе съёмки [5, 6]; достоинствами данной стратегии являются робастность ошибок шивки к показателям качества изображений и рабочему спектральному диапазону.

В работе выполнено сравнение двух алгоритмов реализации стратегии 2 по критерию количества элементарных вычислительных операций (ЭВО) для формирования ППОИ.

## 2. Алгоритмы формирования панорамного видеоизображения без учёта информации о сюжетных соответствиях

Первый алгоритм (стратегия 1) предполагает [6] первоначальное формирование сектора панорамы с информацией от всех камер СТЗ с РА и последующий выбор из него областей, соответствующих ППОИ пользователей. Второй алгоритм (стратегия 2) предполагает [5] непосредственное формирование областей интереса для каждого пользователя, на которые проецируются пиксели изображений с камер СТЗ. Авторами показано, что для формирования ППОИ по рассмотренным стратегиям 1 и 2 требуется следующее количество ЭВО:

$$\begin{aligned} \text{ЭВО}_1 = & [(16 + 3N_k)WH + 31N_{\text{ппои}}wh]\text{ЭВО}_\times + 2[(7 + N_k)WH + 13N_{\text{ппои}}wh]\text{ЭВО}_+ + \\ & + 2N_{\text{ппои}}wh\text{ЭВО}_{\text{Триг}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{ЭВО}_2 = (3N_k + 42)N_{\text{ППОИ}}wh\text{ЭВО}_x + (2N_k + 31)N_{\text{ППОИ}}wh\text{ЭВО}_+, \quad (2)$$

где  $\text{ЭВО}_x$ ,  $\text{ЭВО}_+$  и  $\text{ЭВО}_{\text{Триг}}$  обозначают количество операций умножения, сложения и вызовов обратных тригонометрических функций  $\arcsin(x)$  и  $\text{atan2}(x)$  соответственно,  $N_k$  – количество камер в СТЗ с РА,  $N_{\text{ППОИ}}$  – количество ППОИ,  $W$ ,  $H$  и  $w$ ,  $h$  – ширина и высота в пикселях сектора панорамы СТЗ с РА и ППОИ соответственно.

### 3. Пример выбора стратегии формирования нескольких ППОИ по критерию минимума ЭВО

Пусть СТЗ с РА состоит из  $N_k = 10$  видеокамер (например, по аналогии с СТЗ Brightnite™ компании Elbit Systems), которые позволяют сформировать сектор панорамы разрешением  $W \times H = 3600 \times 2400$  пикселей (при разрешении 20 пикселей/° такому сектору соответствуют угловые размеры поля зрения  $\Delta\alpha \times \Delta\beta = 180^\circ \times 120^\circ$ ), а разрешение ППОИ  $w \times h = 1024 \times 768$  пикселей ( $\Delta\alpha_{\text{ППОИ}} \times \Delta\beta_{\text{ППОИ}} \approx 51^\circ \times 38^\circ$ ). Тогда графики зависимостей  $\text{ЭВО}_1(N_{\text{ППОИ}})$  и  $\text{ЭВО}_2(N_{\text{ППОИ}})$  будут иметь вид, приведённый на рисунке 1: для рассматриваемой конфигурации СТЗ при  $N_{\text{ППОИ}} \leq 14$  рационально применять стратегию 2 [5]. При аппроксимации обратных тригонометрических функций (с погрешностью не более 4 мрад) график зависимости  $\text{ЭВО}_1^*(N_{\text{ППОИ}})$  показан пунктирной линией: стратегию 2 рационально применять при  $N_{\text{ППОИ}} \leq 7$ .

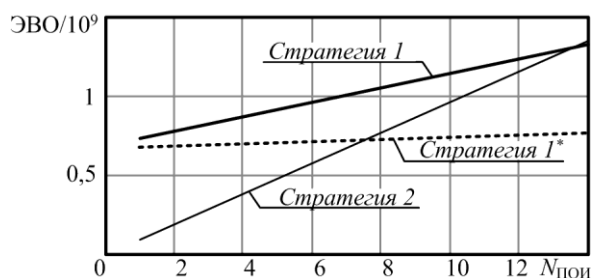


Рисунок 1: Количество ЭВО для формирования ППОИ

### 4. Заключение

Получены аналитические выражения для оценки количества элементарных вычислительных операций, требуемых для реализации каждой из стратегий формирования области интереса, что позволяет для известной конфигурации системы технического зрения с распределённой апертурой минимизировать вычислительные затраты на реализацию панорамного обзора.

### 5. Литература

- [1] Rash, E.T. Helmet-mounted displays: sensation, perception, and cognition issues / E.T. Rash, M.B. Russo, T.R. Letowski, E.T. Schmeisser. – Fort Rucker: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory, 2009. – 590 p.
- [2] Воробьёв, А.В. Ввод-вывод изображений в авиационных системах технического зрения / А.В. Воробьёв, М.Б. Никифоров. – М.: Физматлит, 2020. – 240 с.
- [3] Donon, Y. Blur-robust image registration and stitching / Y. Donon, R. Paringer, A. Kupriyanov, Y. Goshin // Journal of Physics: Conference Series. – 2019 – Vol. 1368. – P. 052043.
- [4] Гошин, Е.В. Метод оценки параметров движения камеры по малому числу соответствующих точек с использованием кватернионов / Е.В. Гошин, А.П. Котов // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 3. – С. 446-453. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-683.
- [5] Kudinov, I.A. Camera and auxiliary sensor calibration for a multispectral panoramic vision system with a distributed aperture / I.A. Kudinov, M.B. Nikiforov, I.S. Kholopov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019 – Vol. 1368. – P. 032009.
- [6] Kholopov, I.S. Spherical video panorama stitching from multiple cameras with intersecting fields of view and inertial measurement unit / I.S. Kholopov, O.V. Pavlov // Proc. of Int. Siberian Conf. on control and communications SIBCON. – Moscow, 2016. – P. 7491682.