



ТЕХНОЛОГИЯ БЫСТРОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ

РЯБУХА Ю.Н.

Показывается, что в сфере мониторинга объектов в кризисных ситуациях значительная роль принадлежит комплексам воздушного видеонаблюдения. Объясняется, что для систем аэромониторинга обеспечение информационной безопасности связано с выполнением требований по категориям доступности и целостности. Обосновывается возникновение проблемных вопросов относительно обеспечения безопасности динамических видеoinформационных потоков. Делается вывод относительно необходимости использования методов с дополнительным учетом межкадровой структурной избыточности в условиях меняющегося семантического содержания для кадров в видеопотоке. Излагаются основные этапы разработки технологии трехмерной обработки динамического видеoinформационного ресурса.

1. Введение

В решении целого комплекса задач в сфере мониторинга объектов в кризисных ситуациях значительная роль принадлежит комплексам воздушного видеонаблюдения [1; 2]. Информация, которая формируется на борту и несет сведения о состоянии объектов управления и на основе которой будут приниматься решения, приобретает статус государственного ресурса. Соответственно на первый план выводятся вопросы обеспечения информационной безопасности. В первую очередь для систем аэромониторинга – это выполнение требований по характеристикам категорий доступности и целостности [3]. При этом важное место занимают методы и технологии обработки видеоданных на бортовых комплексах [4; 5]. Однако возникают проблемные вопросы относительно обеспечения безопасности видеoinформационных потоков, которые формируются с использованием видеокамер переднего обзора. Такая информация образует динамический видеoinформационный ресурс (ДВИР). Поэтому направление, связанное с обеспечением безопасности ДВИР, является актуальной проблемой научно-прикладных исследований.

Эффективным подходом к решению сформулированной проблемы является использование обработки видеопотоков без потери целостности на основе трехмерных структурных методов обработки [6]. В то же время требуется дополнительно учитывать межкадровую структурную избыточность в условиях меняющегося семантического содержания для кадров в видеопотоке. Здесь предлагается использовать метод обработки, изложенный в статье [7]. Однако предложенный метод связан с дополнительными вычислительными затратами на обработку ДВИР. Данная особенность может привести к ограничению эффективности метода обработки в условиях использования бортовой вычислительной аппаратуры. В связи с этим цель исследования заключается в разработке технологии быстрого кодирования ДВИР в условиях меняющегося семантического содержания кадров для бортовых комплексов аэромониторинга кризисных ситуаций.

2. Разработка конвейерной и параллельной схем формирования кода-номера для ТДПЧ

По аналогии со схемой параллельного кодирования ТПЧ получим выражения для распараллеливания процесса формирования кодов-номеров для ТДПЧ [8].

Рассмотрим *первый этап распараллеливания* (распараллеливание по столбцам). Для этого распишем отдельные разряды $R_j^{(n_{стр}, n_c)}$ по формулам:

$$R^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)} = (R_1^{(n_{стр}, n_c)} \times \Delta V_2^{(n_{стр}, n_c)} + R_2^{(n_{стр}, n_c)}) \times \prod_{\eta=3}^{n_{стб}} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + (R_3^{(n_{стр}, n_c)} \times \Delta V_4^{(n_{стр}, n_c)} + R_4^{(n_{стр}, n_c)}) \times \prod_{\eta=5}^{n_{стб}} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + \dots + (R_{n_{стб}-1}^{(n_{стр}, n_c)} \times \Delta V_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} + R_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)}). \quad (1)$$

Обозначив суммы в скобках как $R_{j, j+1}^{(n_{стр}, n_c)}$, получим

$$R^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)} = (R_{1,2}^{(n_{стр}, n_c)} \prod_{\eta=3}^4 \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + R_{3,4}^{(n_{стр}, n_c)}) \times \prod_{\eta=5}^{n_{стб}} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + (R_{5,6}^{(n_{стр}, n_c)} \times \prod_{\eta=7}^8 \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + R_{7,8}^{(n_{стр}, n_c)}) \times \prod_{\eta=9}^{n_{стб}} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + \dots + (R_{j, j+1}^{(n_{стр}, n_c)} \times \prod_{\eta=j+2}^{j+3} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + R_{j+2, j+3}^{(n_{стр}, n_c)}) \times \prod_{\eta=j+4}^{n_{стб}} \Delta V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)} + \dots + (R_{n_{стб}-1, n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)}). \quad (2)$$

где $R_{j, j+1}^{(n_{стр}, n_c)}$ – попарно-укрупненный по j -му и $j+1$ -му столбцам разряд ТПЧ.

Дальнейшего распараллеливания процесса трехмерной полиадической нумерации можно добиться, если разработать схему параллельного вычисления разрядов $R_j^{(n_{стр}, n_c)}$.

Рассмотрим *второй этап распараллеливания* (распараллеливание по строкам). В этом случае отдельные разряды $R_{ji}^{(n_c)}$ в формуле (2) надо расписать по формулам:

$$R_j^{(n_{стр}, n_c)} = (R_{j1}^{(n_c)} \times \Delta V_{j2}^{(n_c)} + R_{j2}^{(n_c)}) \times \prod_{k=3}^{n_{стб}} V_{jk}^{(n_c)} + (R_{j3}^{(n_c)} \times \Delta V_{j4}^{(n_c)} + R_{j4}^{(n_c)}) \times \prod_{k=5}^{n_{стб}} \Delta V_{jk}^{(n_c)} + \dots + (R_{j, n_{стр}-1}^{(n_c)} \times \Delta V_{j, n_{стр}}^{(n_c)} + R_{j, n_{стр}}^{(n_c)}). \quad (3)$$

По аналогии с предыдущим этапом обозначим сумму в скобках как $R_{ji, i+1}^{(n_c)}$. Тогда выражение (3) на следующем шаге примет вид

$$R_j^{(n_{стр}, n_c)} = (R_{j1,2}^{(n_c)} \times \prod_{k=3}^4 \Delta V_{jk}^{(n_c)} + R_{j3,4}^{(n_c)}) \times \prod_{k=5}^{n_{стб}} \Delta V_{jk}^{(n_c)} + (R_{j5,6}^{(n_c)} \times \prod_{k=7}^8 \Delta V_{jk}^{(n_c)} + R_{j7,8}^{(n_c)}) \times \prod_{k=9}^{n_{стб}} \Delta V_{jk}^{(n_c)} + \dots + (R_{ji, i+1}^{(n_c)} \times \prod_{k=i+2}^{i+3} \Delta V_{jk}^{(n_c)} + R_{ji+2, i+3}^{(n_c)}) \times \prod_{k=i+4}^{n_{стб}} \Delta V_{jk}^{(n_c)} + \dots + (R_{j, n_{стр}-1, n_{стр}}^{(n_c)}), \quad (4)$$

где $R_{ji, i+1}^{(n_c)}$ – попарно-укрупненный по i -й и $i+1$ -й строкам разряд ТПЧ.

Дополнительное распараллеливание процесса формирования кода-номера для параллелепедной структуры организуется за счет параллельного вычисления кодов-номеров $R_{ji}^{(n_c)}$ ji -х вертикалей.

Рассмотрим *третий этап распараллеливания* (распараллеливание по сечениям). На этом этапе требуется разработать схему параллельного вычисления величин $R_{ji}^{(n_c)}$. Для этого необходимо представить выражение в виде попарного укрупнения смежных разрядов d_{jiz} . Для попарного укрупнения (вычисление диполиадических чисел для вертикалей) разрядов d_{jiz} ТПЧ примет вид

$$R_{ji}^{(n_c)} = (d_{j11} \times s_{j12} + d_{j12}) \times \prod_{\gamma=3}^{n_c} s_{j1\gamma} + (d_{j13} \times s_{j14} + d_{j14}) \times \prod_{\gamma=5}^{n_c} s_{j1\gamma} + \dots + (d_{j1, n_c-1} \times s_{j1n_c} + d_{j1n_c}). \quad (5)$$

По аналогии с предыдущими этапами распараллеливания на следующем шаге формула (5) преобразуется к виду

$$R_{ji}^{(n_c)} = (d_{j11,2} \times \prod_{\gamma=3}^4 s_{j1\gamma} + d_{j13,4}) \times \prod_{\gamma=5}^{n_c} s_{j1\gamma} + (d_{j15,6} \times \prod_{\gamma=7}^8 s_{j1\gamma} + d_{j17,8}) \times \prod_{\gamma=9}^{n_c} s_{j1\gamma} + \dots + (d_{jiz, z+1} \times \prod_{\gamma=z}^{z+1} s_{j1\gamma} + d_{jiz+2, z+3}) \times \prod_{\gamma=z+4}^{n_c} s_{j1\gamma} + \dots + (d_{j1, n_c-1, n_c}), \quad (6)$$

где $d_{jiz, z+1}$ – диполиадическое число, полученное за счет укрупнения разрядов d_{jiz} для z -го и $z+1$ -го сечений.

Обобщенная для трех этапов (по трем направлениям) схема формирования кода-номера R_v выводится на основе выражения

$$R_{\max} = \sum_{z=1}^{n_c} \sum_{i=1}^{n_{стр}} \sum_{j=1}^{n_{стб}} d_{ij}^{(z)} \delta_{ij}^{(z)}, \text{ если } d_{ij}^{(z)} = \Delta a_{ij}^{(z, \max)},$$

где $\delta_{ij}^{(z)}$ – накопленное произведение оснований $S_{ji}^{(z)}$ (основание укрупненного разряда межплоскостного трехмерного дифференциального полиадического числа, образованного для $z-1$ -го сечения по $n_{стб} \times n_{стр}$ разрядов, $n_{стб} - j$ разрядов i -й строки и $n_{стр} - i$ строк по $n_{стб}$ разрядов).

В этом случае распараллеливание достигается за счет одновременного попарного укрупнения разрядов d_{jiz} ТПЧ по всем вертикалям.

Таким образом, получены системы выражений, обеспечивающих распараллеливание процесса трехмерного дифференциального полиадического кодирования данных на следующих этапах.

3. Оценка характеристик процесса сжатия данных разработанным методом

Основными характеристиками процесса сжатия являются количество операций на кодирование, коэффициент сжатия и величина показателя погрешности сжатия. Поскольку для разработанного метода погрешности отсутствуют, то рассмотрим первые две характеристики.

Оценка коэффициента сжатия для разработанного метода кодирования.

В соответствии с формулой (2) максимальное количество разрядов $W_{d, \max}^{(3)}$, отводимых на представление кода-номера R_v параллелепедной структуры данных, равно

$$W_{d,\max}^{(3)} = \log_2 \left(\prod_{j=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{i=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{z=1}^{n_c} s_{jiz} - 1 \right) + 1. \quad (7)$$

Тогда минимальное значение $k_{d,\min}^{(3)}$ коэффициента сжатия для разработанного метода относительно исходного представления находится по формуле

$$k_{d,\min}^{(3)} = \frac{n_{\text{стр}} n_{\text{стр}} n_c b}{\log_2 \left(\prod_{j=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{i=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{z=1}^{n_c} s_{jiz} - 1 \right) + 1}, \quad (8)$$

где b – количество разрядов, затрачиваемых на представление одного элемента d_{jiz} параллелепипедной структуры.

С учетом формулы (8) дополнительное значение k_d коэффициента сжатия за счет перехода от ТПЧ к ТДПЧ равно

$$k_d = \frac{\log_2 \left(\prod_{j=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{i=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{z=1}^{n_c} \psi_{jiz} - 1 \right) + 1}{\log_2 \left(\prod_{j=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{i=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{z=1}^{n_c} s_{jiz} - 1 \right) + 1}. \quad (9)$$

Из анализа выражения (9) следует, что значение k_d будет тем больше, чем меньше основания ТДПЧ относительно оснований ТПЧ:

$$s_{jiz} < \psi_{jiz}. \quad (10)$$

При этом дополнительное повышение величины k_d достигается за счет выбора минимума из двух значений $R_{\min,v}$, $R_{\max,v}$.

4. Выводы

1. Разработана технология трехмерной обработки ДВИР, базирующаяся на системе выражений, обеспечивающих распараллеливание процесса трехмерного дифференциального структурного кодирования данных на следующих этапах:

– параллельное вычисление кодового значения R_v за счет последовательного попарного укрупнения (получение диполиадиических чисел по столбцам) разрядов $R_j^{(n_{\text{стр}} \cdot n_c)}$ по столбцам;

– параллельное вычисление кодового значения $R_j^{(n_{\text{стр}} \cdot n_c)}$ для j -й строки за счет последовательного

попарного укрупнения (получение диполиадиических чисел по строкам) разрядов $R_{ji}^{(n_c)}$ по строкам;

– распараллеливание для формирования кодового значения $R_{ji}^{(n_c)}$ вертикалей на основе параллельного попарного укрупнения разрядов d_{jiz} ТДПЧ;

– распараллеливание за счет одновременного попарного укрупнения разрядов d_{jiz} ТДПЧ по всем вертикалям.

2. Экспериментальная оценка степени компактного представления изображений на основе разработанного метода показала, что значения коэффициентов информационной плотности в среднем изменяются в пределах от 3 до 10 раз в зависимости от степени насыщенности их мелкими деталями и от величины изменения семантического содержания между кадрами в последовательности.

Литература: 1. *Лабутина И.А.* Дешифрование аэрокосмических снимков: Учебное пособие. М: Аспект-Пресс, 2004. 184 с. 2. *Кашкин В.Б.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений: Конспект лекций. Красноярск : ИПК СФУ. 2008. 121 с. 3. *Горбулін В.П.* Актуальні проблеми системного забезпечення інформаційної безпеки України / В.П. Горбулін, М.М. Биченок, П.М. Копка // Матер. міжнар. наук.-практ. конф. “Форми та методи забезпечення інформаційної безпеки держави”. К.: Національна академія СБ України. 2008. С. 79–85. 4. *Баранник В.В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. Х.: ХУПС, 2009. 252 с. 5. *Баранник В.В.* Метод компрессии видеопотока на основе полиадиического кодирования предсказываемых кадров / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, Н.А. Харченко // Радиоэлектроника и информатика. № 2. 2013. С. 23 - 28. 6. *Рябуха Ю.Н.* Метод кодирования трехмерных структур данных по вертикально-горизонтальной архитектуре // Сучасна спеціальна техніка. К.: ДНДІ МВС України. 2014. № 1. С. 12 - 21. 7. *Рябуха Ю.Н.* Метод трехмерного дифференциального межкадрового кодирования без потери целостности информационного ресурса // АСУ и приборы автоматики. 2014. № 169. С. 22 - 30. 8. *Рябуха Ю.Н.* Технология трехуровневой параллельной реализации трехмерного кодирования структур видеоданных // АСУ и приборы автоматики. 2013. № 165. С 3 - 7.

Поступила в редколлегию 05.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Юдин О.К.

Рябуха Юрий Николаевич, канд. техн. наук, соискатель Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: информационно-телекоммуникационные технологии, кодирование, защита и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская 77/79, тел. 8 050-3038971.