

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, в работе обоснована необходимость создания онтологии СИ КС, возможность ее формализации с помощью диалекта AL дескриптивной логики и представления ее на языке OWL DL. На примере разработанного прототипа продемонстрированы основные принципы, которые будут положены в основу дальнейшей разработки онтологии СИ КС. В качестве инструментального средства проектирования онтологии выбран пакет *Protügi*. Онтология СИ КС будет интегрирована в процесс MBSE, что позволит повысить эффективность использования MBSE для разработки сложных систем.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Systems Engineering Handbook [Text] / INCOSE. – TP-2003-016-02, Version 2a, 1 June 2004. – USA: INCOSE, 2004. – 300 p.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введен 2005-12-29. – М. : Изд-во стандартов, 2006. – 57 с.
3. Systems Engineering Vision 2020 [Электронный ресурс] / INCOSE-TP-2004-004-02, September, 2007. – Режим доступа: [http://www.incose.org/ProductsPubs/pdf/SEVision2020\\_20071003\\_v2\\_03.pdf](http://www.incose.org/ProductsPubs/pdf/SEVision2020_20071003_v2_03.pdf)
4. Kossiakoff A. Systems engineering: principles and practice [Text] / Alexander Kossiakoff et al.–2nd ed. (Wiley series in systems engineering and management; 67)– WILEY, 2011. – 559 p.
5. OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.sysml.org/docs/specs/OMGSysML-v1.2-10-06-02.pdf](http://www.sysml.org/docs/specs/OMGSysML-v1.2-10-06-02.pdf)
6. Ontology in MBSE / INCOSE // International Council on Systems Engineering IW2011 MBSE Workshop, January 29, 2011. – USA, 2011. – 11 p.
7. Gruber, Thomas R. A translation approach to portable ontology specifications [Tex] / Thomas R. Gruber // Appeared in Knowledge Acquisition. – 1993. – №5(2). – P. 199–220.
8. ECSS-E-ST-10C. Space engineering. System engineering general requirements [Text]. – 6 March 2009. – ECSS Secretariat SA-ESTEC, Requirements & Standards Division. Noordwijk, Netherlands, 2009. – 100 p.

9. Systems Engineering Handbook [Text] / Aeronautics and Space Administration, Headquarters Washington DC 20546, SP-2007-6105 Rev1. – Washington, 2007. – 360 p.
10. NASA Exploration Information Ontology Model (NExIOM) primer and vision [Text] / National Aeronautics and Space Administration, Headquarters Washington DC 20546. – Washington, 2005. – 18 p.
11. Noy N. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology [Электронный ресурс] / Natalya F. Noy, D. L. McGuinness // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. – Режим доступа: [http://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101-noy-mcguinness.html](http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html).
12. Baader F. The Description Logic Handbook [Text] / F. Baader et al. – Cambridge University Press, 2003. – 574 p.
13. OWL Web Ontology Language Guide / W3C [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>

Стаття надійшла до редакції 23.05.2011.

Гонтар Н. А., Кудерметов Р. К.

**РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО ІНЖИНІРИНГУ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ**

У статті обґрунтована можливість створення онтологій системного інжинірингу (СІ). Онтологія СІ разом з переходом до моделі-орієнтованого СІ підвищить ефективність розробки складних систем. Запропоновано прототип онтологічної моделі, створений за допомогою дескриптивної логіки і формалізований за допомогою мови OWL DL.

**Ключові слова:** системний інжиніринг, онтологія, MBSE, дескриптивна логіка, OWL.

Gontar N. A., Kudermetov R. K.

**WORKING OUT ONTOLOGY OF SYSTEMS ENGINEERING OF SPACE SYSTEM**

This article grounded the need to create ontology of systems engineering (SE). SE ontology with the transition to model-based approach SE will increase the efficiency of development of complex systems. The prototype of the ontology model based on description logic and formalized through language OWL DL is proposed.

**Key words:** systems engineering, ontology, MBSE, description logic, OWL.

УДК 004.627: 004.272.26

Скрупский С. Ю.<sup>1</sup>, Луценко Н. В.<sup>2</sup>, Скрупская Л. С.<sup>3</sup>

<sup>1, 3</sup> Ассистент Запорожского национального технического университета

<sup>2</sup> Старший преподаватель Запорожского национального технического университета

**ПАРАМЕТРЫ КОМПРЕССИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Проанализированы основные параметры компрессии видеоинформации в распределенных системах. Экспериментально исследовано влияние этих параметров на коэффициент сжатия, уровень искажения и время сжатия видеоинформации в распределенной системе.

**Ключевые слова:** видеоинформация, распределенная система, компрессия, битрейт, уровень искажения.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время видеоинформацию хранят в архивах в сжатом цифровом виде, поскольку в несжатом

виде она занимает значительные объемы памяти [1]. Проблема хранения видеоинформации особенно актуальна с распространением стандарта телевидения высо-

кой четкости (HDTV) [2], так как видеoinформация, удовлетворяющая такому стандарту, занимает существенно большие объемы памяти по сравнению с видеoinформацией, удовлетворяющей стандарту SDTV [3, 4]. Современные методы сжатия видеoinформации обладают высокой вычислительной сложностью [5], поэтому для достижения приемлемого для пользователя времени сжатия компрессию видеoinформации выполняют при помощи параллельных и распределенных компьютерных систем [6–8].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При сжатии видеoinформации в распределенной системе преследуется цель получения качественного результата с хорошим коэффициентом сжатия за относительно приемлемое для пользователя время. Достижение этой цели возможно как путем повышения производительности применяемого в распределенной системе оборудования, так и путем варьирования параметров кодера, осуществляющего компрессию видеoinформации.

Рассмотрим видеопоследовательности, разделяемые на части при помощи метода [9] и сжимаемые на узлах распределенной системы. Специфика, таких видеопоследовательностей заключается в том, что после разделения они ограничены одной сценой и их смежные кадры характеризуются значительной корреляционной зависимостью. Следовательно, наиболее трудоемкая операция оценки движения блоков в алгоритмах сжатия может быть выполнена на относительно небольшой ширине области поиска векторов движения без значительного ущерба качеству сжатия. В данной работе ставится задача экспериментально проверить эту гипотезу, а так же исследовать влияние параметров сжатия видеoinформации, разделяемой на части при помощи метода [9] и сжимаемой на узлах распределенной системы, на показатели результата компрессии.

Суть рассматриваемого метода разделения видеoinформации на части в распределенных системах заключается в вычислении коэффициентов корреляции между всеми смежными кадрами видеопоследовательности. Затем для коэффициента корреляции текущей пары кадров вычисляется значение функции чувствительности к смене сцен анализатора видеопоследовательности. Если значение функции чувствительности превышает значение модуля коэффициента корреляции, то видеопоследовательность разделяется на две части. Первая часть содержит кадры исходной видеопоследовательности до определенного с помощью функции чувствительности места слабой межкадровой корреляции, а вторая видеопоследовательность – с кадрами после места слабой межкадровой корреляции. Если же значение функции чувствительности меньше значения модуля коэффициента корреляции, тогда вычисляется значение функции чувствительности для следующей пары смежных кадров, которое сравнивается с соответствующим значением модуля коэффициента корреляции.

### АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

Рассмотрим основные параметры компрессии видеoinформации:

- битрейт – количество бит, формируемых в единицу времени для кодирования видеопоследовательности;
- ширина области поиска векторов движения операции оценки движения (ОД) блоков кадра, которую обозначим как  $\Omega$ ;
- количество восстановленных кадров операции ОД блоков кадра (*ReFrames*).

Для видеопоследовательностей, удовлетворяющих стандарту HDTV, битрейт 0,5–2 Мбит/с условно считается малым, 2–6 Мбит/с – средним, а 6 Мбит/с и более на данный момент принято считать большим [10]. Чем больше битрейт закодированной видеопоследовательности, тем меньше ее искажение относительно исходной, но тем больший объем памяти она занимает.

В соответствии с операцией ОД блоки кадры разбиваются на блоки, далее в рассматриваемом кадре для каждого блока, обозначаемого  $C_n$ , выполняется поиск в области  $\Omega$  восстановленного кадра наиболее «похожего» блока, обозначаемого  $C_k$ , смещенного на вектор движения [11]. Ширина области поиска влияет как на качество результата, так и на время сжатия видеопоследовательности. Типичными значениями ширины области поиска ОД блоков кадра полным перебором являются 16, 32, 64 и 128 пикселей [10].

Для более точного поиска векторов движения в современных стандартах сжатия видеoinформации применяют уточнение векторов движения до половины или даже до четверти пиксела. Для этого путем интерполяции формируют три дополнительных базовых блока, смещенных относительно найденного блока  $C_k$  на половину пиксела вправо, на половину пиксела вниз и на половину пиксела вправо-вниз. Затем из полученных четырех векторов-кандидатов выбирается лучший по какому-либо критерию вектор. Аналогично выполняется уточнение до четверти пиксела. Чем точнее поиск в операции ОД, тем ниже уровень искажения результата, но тем больше времени потребуется кодеру для сжатия видеoinформации.

Для оценки движения блоков текущего кадра могут быть использованы не один, а несколько предыдущих или последующих в порядке воспроизведения восстановленных кадров. Тогда для совместного поиска векторов движения используются эти восстановленные кадры, что позволяет улучшить качество результата сжатия, но при этом увеличивается объем вычислений в алгоритме сжатия. Типичными значениями количества восстановленных кадров операции ОД являются 1, 3, 5 и 7 кадров [10].

К основным показателям результата сжатия относятся следующие [11]:

- коэффициент сжатия;
- уровень искажения;
- время сжатия видеопоследовательности.

Коэффициент сжатия характеризует эффективность сжатия – отношение размера выходного файла, содержащего сжатую видеопоследовательность, к размеру входного файла, содержащего исходную видеопоследовательность. Чем эффективнее метод сжатия, тем меньше коэффициент сжатия.

Объективной характеристикой качества результата сжатия является уровень искажения восстановленной видеопоследовательности относительно исходной. Наиболее распространенной метрикой уровня искажения является Peak signal-to-noise ratio – PSNR, которая измеряется в дБ и вычисляется по формуле:

$$PSNR(x, y) = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2 \cdot W \cdot H}{\sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (x_{ij} - y_{ij})^2}, \quad (1)$$

где  $W$  и  $H$  – ширина и высота кадра видеопоследовательности, соответственно;  $x$  – восстановленная видеопоследовательность;  $y$  – исходная видеопоследовательность;  $i, j$  – индексы пиксела в кадре. Чем больше значение PSNR, тем ниже уровень искажения и качественнее сжатая видеопоследовательность.

Время сжатия видеопоследовательности – это время, затрачиваемое кодером для осуществления алгоритма сжатия видеопоследовательности.

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В распределенную компьютерную систему компрессии видеоинформации на узел-анализатор поступает видеоинформация для сжатия. Анализатор принимает ее и выполняет разделение видеопоследовательностей на части предложенным в [9] методом.

Получаемые в результате разделения части видеопоследовательностей по мере появления становятся в очередь на сжатие вычислительными узлами. Если какой-либо вычислительный узел свободен, то он изымает видеопоследовательность из очереди и сжимает ее с заданными параметрами при помощи программы, реализующей алгоритмы стандарта MPEG-4/H264 [12]. В качестве такой программы использован видеокompрессор FFmpeg [13]. Сжатая часть видеоинформации поступает в хранилище. Если все ресурсы заняты, то видеопоследовательность ожидает в очереди пока не освободится хотя бы один процессор. Такая организация вычислительного процесса позволяет избежать накладных расходов на синхронизацию процессоров, а так же сжимать части видеопоследовательностей по мере их поступления от узла-анализатора.

Для проведения экспериментов использован предоставленный для исследования методов сжатия видеоинформации кластер Института проблем моделирования в энергетике (ИПМЭ) им. Г. Е. Пухова г. Киев: 4 узла следующей конфигурации:

- процессор Intel Xeon 5405;
- оперативная память 4×2 ГБ DDR-2 на каждый вычислительный узел;

– коммуникационная среда InfiniBand 20Гб/с.

На узлах кластера, задействованных в экспериментах, помимо FFmpeg установлено промежуточное ПО (middleware): пакет ARC [14] с планировщиком Torque [15] на операционной системе CentOS 5.2.

В экспериментах использованы тестовые видеопоследовательности, удовлетворяющие стандарту HDTV, подробнее описанные в работе [9] и приведенные в таблицах данной статьи. Они были получены конкатенацией файлов, содержащих общепринятые для тестирования методов сжатия видеопоследовательности [16, 17] с разрешением кадра 1920×1080 пикселей. Конкатенация обеспечивала дополнительные смены сцен. После разделения тестовых видеопоследовательностей на части анализатором при помощи упомянутого выше метода, получаемые части видеопоследовательностей ограничены одной сценой, а их смежные кадры характеризуются значительной корреляционной зависимостью.

Во всех экспериментах применено дискретное косинусное преобразование (DCT) для устранения интракадровой избыточности и контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (CABAC) для статистического кодирования без потерь [11, 18]. Од блоков выполнялась полным перебором векторов движения с четвертьпиксельной точностью. Параметры DCT и CABAC являются общепринятыми в сжатии видеоинформации, поэтому в данной работе подробно на них останавливаться не будем.

Путем варьирования параметров кодера, осуществляющего компрессию видеоинформации в распределенной системе, экспериментально было исследовано влияние каждого из проанализированных параметров компрессии на показатели результата сжатия.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Далее приводятся усредненные значения результатов многократных экспериментов на четырех узлах кластера при сжатии описанных выше тестовых видеопоследовательностей. Такие видеопоследовательности однотипны, т. е. ограничены одной сценой, их смежные кадры характеризуются значительной корреляционной зависимостью, следовательно, результаты экспериментов для данной выборки видеопоследовательностей позволяют сформировать выводы в целом относительно влияния параметров сжатия видеоинформации, разделяемой на части при помощи метода [9] и сжимаемой на узлах распределенной системы, на показатели результата компрессии. В следующих таблицах величина «среднее значение PSNR» вычислена по формуле (1) и усреднена по всем кадрам видеопоследовательности.

Коэффициенты сжатия, средние значения PSNR и время сжатия, полученные в результате экспериментов при битрейте 0,5 Мбит/с и пяти восстановленных кадрах ( $ReFrames=5$ ) для ОД блоков, приведены в табл. 1–3.

Таким образом, при битрейте 0,5 Мбит/с расширенные области поиска векторов движения с 16 до 128 пикселей ведет к незначительному улучшению качества

результата (до 1,36 %) и увеличению коэффициента сжатия (до 7,14 %). Время сжатия существенно возрастает (в 9,2 раза) за счет увеличения количества сравниваемых векторов движения при расширении области поиска. При этом для описания векторов движения требуется больший объем памяти, поэтому коэффициент сжатия возрастает.

Результаты аналогичных экспериментов, но при битрейте 4 Мбит/с и пяти восстановленных кадрах для ОД блоков приведены в табл. 4–6.

**Таблица 1.** Коэффициенты сжатия при битрейте 0,5 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	$8,6 \cdot 10^{-4}$		$8,7 \cdot 10^{-4}$	
Blue sky Pedestrian area part2	$10^{-3}$			
Riverbed Station part1	$2,4 \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-3}$	
Riverbed Station part2	$7,4 \cdot 10^{-4}$		$7,5 \cdot 10^{-4}$	
Rush hour Tractor part1	$8,1 \cdot 10^{-4}$		$8,2 \cdot 10^{-4}$	
Rush hour Tractor part2	$1,4 \cdot 10^{-3}$		$1,5 \cdot 10^{-3}$	

**Таблица 2.** Средние значения PSNR (дБ) при битрейте 0,5 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	32,45	32,47	32,55	32,56
Blue sky Pedestrian area part2	32,58	32,65	32,7	32,76
Riverbed Station part1	27,98	28,16	28,28	28,36
Riverbed Station part2	34,9	34,96		34,97
Rush hour Tractor part1	35,02	35,08	35,14	
Rush hour Tractor part2	29,54	29,61	29,68	29,72

**Таблица 3.** Время сжатия (с) при битрейте 0,5 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	18,07	28,19	57,74	147,82
Blue sky Pedestrian area part2	27,09	42,43	87,38	222,43
Riverbed Station part1	33,71	55,51	115,54	289,67
Riverbed Station part2	27,75	43,85	89,82	236
Rush hour Tractor part1	17,72	26,54	52,58	136,77
Rush hour Tractor part2	34,37	56,66	121	317,02

**Таблица 4.** Коэффициенты сжатия при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей
	16, 32, 64, 128
Blue sky Pedestrian area part1	$6 \cdot 10^{-3}$
Blue sky Pedestrian area part2	
Riverbed Station part1	$8,2 \cdot 10^{-3}$
Riverbed Station part2	$5,9 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part1	$6,3 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part2	$6,5 \cdot 10^{-3}$

Таким образом, при битрейте 4 Мбит/с расширение области поиска векторов движения ведет к незначительному улучшению качества результата (до 0,44 %). Качество сжатия улучшается менее заметно, чем при битрейте 0,5 Мбит/с, поскольку кодер может формировать больше бит за секунду для описания векторов движения, следовательно, расширять область поиска не обязательно. При этом коэффициент сжатия не изменяется, а время сжатия существенно увеличивается (в 11,3 раз).

Подобные эксперименты были проведены так же при битрейте 8 Мбит/с и пяти восстановленных кадрах для ОД блоков. Результаты приведены в табл. 7–9.

**Таблица 5.** Средние значения PSNR (дБ) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	41,08	41,1	41,1	41,2
Blue sky Pedestrian area part2	40,9			40,91
Riverbed Station part1	31,55	31,6	31,65	31,69
Riverbed Station part2	41,88		41,89	
Rush hour Tractor part1	41,92	41,93		
Rush hour Tractor part2	36,09	36,11	36,14	36,16

**Таблица 6.** Время сжатия (с) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	51,24	95,3	204,82	504
Blue sky Pedestrian area part2	70,54	129,5	283,4	728
Riverbed Station part1	70,1	129,11	287,27	746
Riverbed Station part2	61,79	112,07	247,7	698,16
Rush hour Tractor part1	57,37	104,06	230,58	588
Rush hour Tractor part2	63,53	104,51	264,1	727,1

**Таблица 7.** Коэффициенты сжатия при битрейте 8 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей
	16, 32, 64, 128
Blue sky Pedestrian area part1	$12,2 \cdot 10^{-3}$
Blue sky Pedestrian area part2	$12,1 \cdot 10^{-3}$
Riverbed Station part1	$15,4 \cdot 10^{-3}$
Riverbed Station part2	$12,4 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part1	$12,5 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part2	$12,7 \cdot 10^{-3}$

**Таблица 8.** Средние значения PSNR (дБ) при битрейте 8 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	42,7	42,72	42,73	42,74
Blue sky Pedestrian area part2	42,46			
Riverbed Station part1	33,97		34	
Riverbed Station part2	42,48			
Rush hour Tractor part1	42,81			
Rush hour Tractor part2	38,35	38,36	38,37	38,38

Таким образом, при битрейте 8 Мбит/с расширение области поиска векторов движения ведет к еще менее существенному улучшению качества результата (до 0,08 %). При этом коэффициент сжатия не изменяется, а время сжатия существенно увеличивается (примерно в 12,5 раз). Следовательно, расширять область поиска векторов движения при битрейте 8 Мбит/с и более не целесообразно.

Для исследования влияния количества восстановленных кадров операции ОД блоков на показатели результата сжатия выполнены аналогичные эксперименты, в которых при фиксированном битрейте 4 Мбит/с изменялось количество восстановленных кадров ОД. Результаты экспериментов приведены в табл. 10–15.

Таким образом, из таблиц 4–6 и 10–15 видно, что увеличение количества восстановленных кадров с одного до семи для ОД блоков при фиксированном битрейте 4 Мбит/с незначительно повышает качество сжатия (до 0,7 %) и не влияет на коэффициент сжатия, однако время сжатия увеличивается существенно (в 3 раза).

**Таблица 9.** Время сжатия (с) при битрейте 8 Мбит/с и  $ReFrames=5$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	81,2	155,44	324,5	778
Blue sky Pedestrian area part2	94,06	177,11	393,18	1005
Riverbed Station part1	98,24	188,12	435	1155
Riverbed Station part2	85,52	160,73	358,8	929
Rush hour Tractor part1	80,22	155,1	347	870
Rush hour Tractor part2	81,08	151,38	362,3	1017

**Таблица 10.** Коэффициенты сжатия при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=1$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	$6 \cdot 10^{-3}$			
Blue sky Pedestrian area part2	$6 \cdot 10^{-3}$			
Riverbed Station part1	$8,2 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$		
Riverbed Station part2	$5,9 \cdot 10^{-3}$			
Rush hour Tractor part1	$6,3 \cdot 10^{-3}$			
Rush hour Tractor part2	$6,5 \cdot 10^{-3}$			

**Таблица 11.** Средние значения PSNR (дБ) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=1$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	41,07			
Blue sky Pedestrian area part2	40,81			
Riverbed Station part1	31,41	31,42	31,47	31,51
Riverbed Station part2	41,86	41,86	41,86	41,86
Rush hour Tractor part1	41,85			
Rush hour Tractor part2	36	36,02	36,04	36,06

**Таблица 12.** Время сжатия (с) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=1$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	33,21	57,21	116,17	279,6
Blue sky Pedestrian area part2	43,12	73,35	152,43	381,6
Riverbed Station part1	36,32	60,7	129,45	328,53
Riverbed Station part2	43,18	73,35	155,48	393,75
Rush hour Tractor part1	35,66	59,28	126	315
Rush hour Tractor part2	40,57	67,91	147,42	389

**Таблица 13.** Коэффициенты сжатия при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=7$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей
	16, 32, 64, 128
Blue sky Pedestrian area part1	$6 \cdot 10^{-3}$
Blue sky Pedestrian area part2	$6 \cdot 10^{-3}$
Riverbed Station part1	$8,2 \cdot 10^{-3}$
Riverbed Station part2	$5,9 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part1	$6,3 \cdot 10^{-3}$
Rush hour Tractor part2	$6,5 \cdot 10^{-3}$

**Таблица 14.** Средние значения PSNR (дБ) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=7$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	41,09		41,1	
Blue sky Pedestrian area part2	40,92			
Riverbed Station part1	31,59	31,64	31,69	31,73
Riverbed Station part2	41,88			
Rush hour Tractor part1	41,93	41,94		
Rush hour Tractor part2	36,1	36,13	36,15	36,16

**Таблица 15.** Время сжатия (с) при битрейте 4 Мбит/с и  $ReFrames=7$

Видеопоследовательность	$\Omega$ , пикселей			
	16	32	64	128
Blue sky Pedestrian area part1	69,22	125,44	273,33	685
Blue sky Pedestrian area part2	92,81	175	388,6	1007
Riverbed Station part1	89,98	167,74	374,25	982
Riverbed Station part2	76,26	142,82	322,05	850
Rush hour Tractor part1	71,59	135,36	305,58	788
Rush hour Tractor part2	80,84	150,89	356,38	993,2

## ВЫВОДЫ

Результаты экспериментов позволяют сделать выводы о том, что на видеопоследовательности, получаемые после разделения видеoinформации на части в распределенной системе предложенным в [9] методом, параметры компрессии оказывают следующее влияние:

– повышение битрейта с 0,5 Мбит/с до 8 Мбит/с ведет к существенному улучшению качества (до 31,59 %), но, в то же время, к значительному ухудшению коэффициента сжатия (в 16,75 раз) и увеличению времени сжатия (в 6,6 раз);

– увеличение количества восстановленных кадров с одного до семи для ОД блоков при фиксированном битрейте 4 Мбит/с незначительно повышает качество сжатия (до 0,7 %) и не влияет на коэффициент сжатия, при этом время сжатия увеличивается существенно (в 3 раза);

– при фиксированном битрейте расширение области поиска векторов движения для ОД блоков существенно увеличивает время сжатия (в 9,2 раз при битрейте 0,5 Мбит/с, в 11,3 раз при битрейте 4 Мбит/с и в 12,5 раз при битрейте 8 Мбит/с). При этом, чем больше битрейт, тем меньше выигрыш в качестве от расширения области поиска ОД блоков. Коэффициент сжатия при битрейте 0,5 Мбит/с увеличивается от расширения области поиска ОД блоков, при битрейте 4 Мбит/с и более – не изменяется.

В дальнейшем представляется перспективным исследовать влияние динамического изменения ширины области поиска векторов движения для каждого блока кадра видеопоследовательности на производительность компрессии видеоинформации в распределенных системах.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Lossless Video Compression for Archives: Motion JPEG2k and Other Options / Media Matters Whitepapers. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.media-matters.net/docs/WhitePapers/WPMJ2k.pdf> – 1.02.2006 г. – Загл. с экрана.
- Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange : ITU-R Recommendation BT.709, 2008. – 32 p.
- Understanding and Using High-Definition Video / Adobe Systems. – Access mode: \www/ URL: <http://www.adobe.com/products/premiere/pdfs/hdprimer.pdf> – 1.11.2010 г. – Title from screen.
- H.261: Video codec for audiovisual services : ITU-T Recommendation H.261, 1993. – 29 p.
- Performance analysis and architecture evaluation of MPEG-4 video codec system : IEEE International Symposium on Circuits and Systems / H.-C. Chang, L.-G. Chen, M.-Y. Hsu, Y.-C. Chang. – Geneva, 2000. – P. 449–452.
- Performance Evaluation of Parallel MPEG-4 Video Coding Algorithms on Clusters of Workstations : PARELEC '04 Proceedings of the international conference on Parallel Computing in Electrical Engineering / A. Rodriguez, A. Gonzalez, M. P. Malumbres. – Washington DC, 2004. – P. 354–357.
- Parallel Scalability of H.264 : Proceedings of the first Workshop on Programmability Issues for Multi-Core Computers / C. H. Meenderinck, A. Azevedo, M. Alvarez, B. H. Juurlink, A. Ramirez. – Goteborg, Sweden, 2008.
- ON-DEMAND HD VIDEO USING JINI BASED GRID : ICME 2008 / S. Kent, P. Broadbent, N. Warren, S. Gulliver, 2008. – P. 1045–1048.
- Скрупский, С. Ю. Повышение эффективности сжатия видеоинформации в распределенных компьютерных системах / С. Ю. Скрупский // Электронное моделирование. – 2011. – №6 (33). – С. 57–72.
- H.264/MPEG-4 AVC – Access mode: \www/ URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4\\_AVC](http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC) – 28.09.2010 г. – Title from screen.
- Скрупский, С. Ю. Методы компрессии видеоинформации / С. Ю. Скрупский // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – 2011, №21 (183). – С. 122–130.
- Advanced video coding for generic audiovisual services : ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 (AVC), 2003. – 90 p.
- FFmpeg. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.ffmpeg.org/> – 1.10.2010 г. – Загл. с экрана.
- Ellert, M. Advanced Resource Connector middleware for lightweight computational Grids / M. Ellert, M. Grønager, A. Konstantinov, B. Köny, J. Lindemann, I. Livenson, J. L. Nielsen, M. Niinimäki, O. Smirnova, A. Wäänänen // Future Generation Computer Systems. – 2007, Vol. 23, Issue 2 – P. 219–240.
- Система пакетной обработки заданий torque. Руководство пользователя. – М. : Т-Платформы, 2008. – 31 с.
- YUV Video Sequences / Arizona State University. – Режим доступа: \www/ URL: <http://trace.eas.asu.edu/yuv/> – 1.11.2010 г. – Загл. с экрана.
- Xiph.org Test Media. – Режим доступа: \www/ URL: <http://media.xiph.org/video/derf/> – 1.11.2010 г. – Загл. с экрана.
- Парфенова, А. О. Порівняльний аналіз основних стандартів відео для передачі по 4-G мережам / А. О. Парфенова, А. Ю. Макаренко, С. Б. Могильний // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». – 2010, №40. – С. 171–176.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2011.

Скрупський С. Ю., Луценко Н. В., Скрупська Л. С.

### ПАРАМЕТРИ КОМПРЕСІЇ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

Проаналізовані основні параметри компресії відеоінформації в розподілених системах. Експериментально досліджено вплив цих параметрів на коефіцієнт стискування, рівень викривлення та час стискування відеоінформації в розподіленій системі.

**Ключові слова:** відеоінформація, розподілена система, компресія, бітрейт, рівень викривлення.

Skрупsky S. Y., Lucenko N. V., Skрупskaya L. S.

### THE PARAMETERS OF VIDEO INFORMATION COMPRESSION PROCESS IN DISTRIBUTED SYSTEMS

The paper deals with the analysis of the main parameters of video information compression process in distributed systems. The influence of these parameters on compression coefficient, distortion level and compression time of video information in distributed system is experimentally investigated.

**Key words:** video information, distributed system, compression, bit rate, distortion level.